

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion  
Département des Sciences Economiques

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER EN SCIENCES ECONOMIQUES

Option : Economie quantitative

### L'INTITULE DU MEMOIRE

**L'impact des énergies renouvelables sur la croissance  
économique :**

**Analyse empirique du cas de l'Algérie de 1990 à 2022**

Préparé par :

- CHAGAIBOUNE Essanad Youssouf
- PORGO Abdoul Salam

Dirigé par :

Pr ABDERRAHMANI Fares

Date de soutenance : 25/06/2024

**Jury :**

Président : AIT ATHMANE Foudil

Examineur : Dr TIAB Faycal

Rapporteur : Pr ABDERRAHMANI Fares

Année universitaire : 2023/2024

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail,*

*En premier à mes parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, et leurs prières tout au long  
de mon parcours universitaire,*

*En deuxième à ce pays (Algérie) et à tous ceux qui m'ont permis d'être à ce niveau.*

***CHAGAIBOUNE Essanad Youssouf***

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon infatigable père, Mr **PORGO Mamadou**, mon exemple éternel, mon soutien moral, et source de joie et de bonheur. Il s'est toujours sacrifié pour me voir réussir., m'a toujours soutenu et cru en moi ; que Le Bon Dieu te donne une longue vie près de nous.*

*Ma somptueuse mère, Mme **PORGO Djénébou Traoré**, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur qui n'a ménagé aucun effort pour que je réussisse mes entreprises.*

*Mon oncle Mr **PORGO Sékou Harouna** et sa famille qui n'ont cessé de m'encourager durant tout mon parcours.*

*A mes chères sœurs **Hawa, Alimatou Mamadou et Koténé** et mon cher frère **Aboudrouhamane**.*

*A tous les membres de ma famille petits et grands.*

*A mes aimables oncles, tantes, cousins, cousines, vous avez partagé ma joie ; vos conseils et encouragements m'ont rendu tout exubérant.*

*A mes meilleures rencontres **CISSE Nouhoum, SIDIBE Ahmadou Cheick, SIDIBE Kassoum, FOFANA Mahamoud, TRAORE Daouda, KONE Mamadou, SANGHO Malick Abba, ONGOIBA Abdoulaye, COULIBALY Ichaka**. Vous êtes cette deuxième famille que l'Algérie m'a accordée, merci pour votre soutien et vos encouragements.*

*A toutes ces personnes qui ont participé à ma formation jusqu'ici.*

*Et enfin à toute ma promotion :2019, et les anciens que j'ai connu jusqu'à maintenant.*

**PORGO Abdoul Salam**

## Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous voulons d'abord grâce à Allah le Tout-Puissant, Maître de de l'Univers et nous Le remercions de nous avoir donné la foi et la volonté d'accomplir ce travail.

Que la paix et le Salut soient sur la meilleure des créatures Muhammad, sur sa famille et ses compagnons.

Par ce modeste mémoire, nous rendons hommage à nos parents en guise de notre éternelle reconnaissance et de notre profond amour. Merci d'avoir été et de continuer à être ces flambeaux qui illuminent nos vies.

Nos vifs remerciements vont particulièrement à notre cher encadrant Pr **ABDERRAHMANI Fares** pour sa disponibilité, son soutien et ses précieux conseils. Nous vous serons éternellement reconnaissants.

Nous remercions également l'ensemble du corps administratif et pédagogique de l'université Abderrahmane Mira de Béjaia, plus précisément au département des sciences économiques pour leurs enseignements de qualité et leur suivi tout au long de notre parcours.

Nous ne pourrions finir, sans adresser nos remerciements chaleureux à tous nos proches et ami(e)s qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de l'élaboration de ce mémoire.

\_CENR : Consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation nationale d'énergie)

ADF: Augmented Dickey-Fuller

AIC: Akaike Information Criterion

AIER : Institut Algérien des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique

APRUE: Agence nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie

ARDL: Auto Regressive Distributed LAG

BM: Banque Mondiale

BT: Basse Tension

BTU: British Thermal Unit

CDER: Centre de Développement des Énergies Renouvelables

CEREFÉ : Commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique

CNE : Consommation Nationale d'Énergie

CNRE: Centre National de Recherche en Énergies Renouvelables

CO2\_HABITANT : Émissions du dioxyde de Carbone (tonnes métriques/habitant)

CREDEG: Centre de Recherche et Développement de l'Électricité et du Gaz

CV: Cheval-Vapeur

DF: Dickey Fuller

DS: Differency Stationary

DW: Durbin Watson

ECM: Error Correction Model

FBCF : Formation Brute de Capital Fixe

FNER : Fond National pour les Énergies Renouvelables

FNME: Fonds National pour la Maîtrise de l'Énergie

G : Dépenses publiques

HTA: Haute Tension A

KW/H : Kilowattheures

L\_CENR : Logarithme de la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie)

LCNE : Logarithme de la consommation Nationale d'Energie

LCO2\_HABITANT : Logarithme des émissions du dioxyde de carbone en tonnes métriques par Habitant

LFBCF : Logarithme de la Formation Brute de Capital Fixe

LPIBH : Logarithme du Produit Intérieur Brut par Habitant

M : Importations

Mb/j : Millions de Barils par jour

MCE : Modèle à Correction d'Erreur

MCO : Moindres carrées ordinaires

MENA: Middle East and North Africa

MTEP : Million de Tonnes équivalent Pétrole

MW: Mégawatts

NEAL: New Energie Algeria

OCDE: Organisation for Econmic Co-operation and Development

ONS : Office National des Statistiques

OPEP : Organisation des pays exportateurs de pétrole

PIBH : Produit Intérieur Brut par Habitant

PNB : Produit National Brut

PNEREE : Programme National des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique

PP : Philips Perron

SC : Schwarz Information Criterion

SKTM: Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida

SONELGAZ : Société Nationale de l'électricité et du Gaz

SONELGAZ-EnR : Société Nationale de l'électricité et du Gaz- Energies Renouvelables

TEP : Tonnes d'Equivalent Pétrole

TS : Trend Stationary

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

TWH : Téravatts Heure

UDTS: Unité de Développement des Energies Renouvelables

VAR : Vecteur Auto Régressif

VECM: Vector Error Correction Model

X: Exportations

## Sommaire

**Introduction générale..... 1**

### **Chapitre I : Généralités et revue de littérature sur les énergies renouvelables et la croissance économique**

Introduction ..... 3

Section 01 : Généralités sur les énergies renouvelables et la croissance économique..... 3

Section 02 : Revue de la littérature sur le lien entre énergies renouvelables et croissance économique. .... 10

Conclusion..... 14

### **Chapitre II : Les énergies renouvelables**

Introduction ..... 15

Section 01 : Programme algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique... 15

Section 02 : Le développement des énergies renouvelables en Algérie ..... 28

Conclusion..... 33

### **Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique sur la période allant de 1990-2022**

Introduction ..... 34

Section 01 : Présentation des variables et de la méthodologie..... 34

Section 2 : Estimation empirique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique en Algérie..... 42

Conclusion..... 77

**Conclusion générale ..... 79**

# ***INTRODUCTION GÉNÉRALE***

L'énergie est un élément clé du développement économique et social des nations.

L'augmentation de la consommation énergétique mondiale se fait malheureusement au détriment de l'environnement et des ressources non renouvelables. Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) sont exploitées de manière excessive, entraînant pollution et limitation des ressources. La communauté scientifique reconnaît aujourd'hui les conséquences dramatiques sur les équilibres physiques, sociaux, économiques et politiques de notre planète.

Face à ces enjeux, une prise de conscience mondiale s'opère sur l'importance des énergies renouvelables, qui deviennent une priorité pour l'avenir. Ces sources d'énergie se renouvellent rapidement et sont considérées comme inépuisables à l'échelle humaine.

Les énergies renouvelables sont cruciales pour un pays comme l'Algérie, qui bénéficie d'un climat propice au développement de ce secteur, notamment pour la production d'électricité. L'Algérie possède l'un des potentiels en énergie renouvelable les plus importants au monde, particulièrement en énergie solaire grâce à son climat méditerranéen et à l'étendue de son désert. C'est pourquoi le pays a lancé un ambitieux programme de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, visant à utiliser un mix énergétique, préserver les ressources, assurer un développement énergétique durable, maintenir un environnement sain et améliorer les infrastructures. Néanmoins, le pays dépend encore fortement de ses ressources souterraines pour équilibrer sa balance commerciale (import-export) et soutenir son développement industriel. A l'avenir, l'Algérie devra chercher des alternatives pour répondre à ses besoins croissants en énergie et pour compenser la diminution des ressources fossiles, tout en prenant la dégradation continue de l'environnement.

Pour comprendre la relation entre les énergies renouvelables et la croissance économique en Algérie, nous nous proposons de répondre la question suivante :

### **Les énergies renouvelables ont-elles un impact sur la croissance économique en Algérie ?**

Cette question constitue le cœur de notre étude, et y répondre est notre objectif principal.

Pour mener à bien notre travail de recherche, nous avons dégagé l'hypothèse de travail suivant : L'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique est asymétrique dans le long terme.

Pour vérifier cette hypothèse, la méthodologie adoptée repose sur les modèles économétriques ARDL et NARDL qui examinent la relation entre le PIBH et les énergies renouvelables en incluant d'autres variables telles que les émissions du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) tonnes métriques par habitant, la consommation nationale d'énergie et la formation brute de capital fixe. Les données utilisées couvrent la période de 1990 à 2022 et proviennent de la Banque Mondiale, du ministère algérien de l'énergie et des mines et du site de Perspective Monde (Université de Sherbrooke, Québec, Canada).

En suivant cette méthodologie, notre travail sera structuré en trois (03) chapitres :

- Le premier chapitre, intitulé « Généralités et revue de littérature sur les énergies renouvelables et la croissance économique » exposera les généralités sur les énergies renouvelables et la croissance économique ainsi que leurs évolutions dans les différentes théories économiques en premier lieu. Ensuite, dans la deuxième section, nous réaliserons une revue de littérature théorique et empirique sur le sujet, afin d'analyser l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique dans divers pays,

qu'ils soient développés ou en développement, et de déterminer si les théories existantes correspondent aux réalités observées.

- Le deuxième chapitre sera consacré aux énergies renouvelables en Algérie et les différentes stratégies mises en œuvre pour le développement de ces énergies.
- Le troisième et dernier chapitre consistera en une analyse (étude) économétrique ou empirique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique en Algérie durant la période 1990-2022 par les approches ARDL (AutoRegressive Distributed Lag) et NARDL (Nonlinear AutoRegressive Distributed Lag).

Notre travail se conclura par une conclusion générale qui synthétisera les diverses interprétations des résultats d'estimation de notre travail, les recommandations pour orienter les politiques publiques ainsi que les perspectives de recherche.

**CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS  
ET REVUE DE  
LITTÉRATURE SUR LES  
ÉNERGIES  
RENOUVELABLES ET LA  
CROISSANCE ÉCONOMIQUE**

## **Introduction**

Le secteur des énergies renouvelables a enregistré une croissance remarquable ces dernières années et a connu un grand succès grâce aux progrès technologiques et à la prise de conscience mondiale de l'abandon des sources fossiles.

La croissance économique contribue essentiellement à l'amélioration des conditions et du niveau de vie des individus. Raison pour laquelle elle a été au centre de nombreuses études dans le but de comprendre ses causes et les facteurs qui permettent de la maintenir sur le long terme. Notre étude porte sur les énergies renouvelables comme l'un des facteurs du développement socioéconomique et de l'environnement. Le chapitre 01, subdivisé en deux sections, porte en premier lieu sur les généralités relatives aux énergies renouvelables et son impact sur la croissance économique tant sur le plan conceptuel que théorique. La deuxième section quant à elle, porte sur la revue de littérature des études empiriques penchées sur les énergies renouvelables comme l'un des facteurs influençant la croissance économique.

## **Section 01 : Généralités sur les énergies renouvelables et la croissance économique.**

### **1. Énergies renouvelables :**

#### **1.1. Cadre conceptuel des énergies renouvelables :**

##### **➤ Définition :**

Il existe de nombreux concepts relatifs aux énergies renouvelables. Mais elle peut être définie comme une énergie produite à partir de sources naturelles renouvelables, c'est-à-dire des sources qui se renouvellent assez rapidement de telle sorte que l'utilisation actuelle n'ait pas d'impact sur la disponibilité future. Dans ce sens on appelle énergies renouvelables ou énergies vertes toutes énergies qui ne nuisent pas à l'environnement, parce qu'elles font appel à des éléments qui se recréent naturellement<sup>1</sup>.

Les énergies renouvelables sont des énergies provenant de sources naturelles qui se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation. La lumière du soleil et le vent, par exemple, constituent de telles sources qui se renouvellent constamment. Les sources d'énergie renouvelables sont abondantes et sont présentes partout autour de nous<sup>2</sup>.

Les principales énergies renouvelables sont :

- L'énergie solaire ;
- L'énergie éolienne ;
- La géothermie ;
- L'énergie de biomasse ;
- L'énergie hydraulique.

#### **1.2. Les différents types d'énergies renouvelables :**

##### **1.2.1. L'énergie solaire :**

L'énergie solaire est l'une des sources d'énergies renouvelables et la plus abondante au monde, c'est le rayonnement solaire qui peut être utilisé, y compris la production de réactions chimiques, la production de chaleur et la production d'électricité, elle a récemment assisté à une

---

<sup>1</sup> Mekki Mounira, récupération des déperditions d'énergie dans les complexes industriels et leur conversion en énergie électrique exploitable, thèse de doctorat en électrotechnique option (Réseaux électriques), Algérie, 2014, page 15.

<sup>2</sup> <https://www.un.org/fr/climatechange/what-is-renewable-energy> , consulté le 15/04/2024.

baisse des coûts de production d'une manière qui la qualifie pour concurrencer le pétrole et le gaz.

Le soleil émet des rayonnements principalement dans la partie « visible » du spectre (lumière, entre 400 et 700 nm), plus la longueur d'onde du rayonnement est courte, plus la quantité d'énergie portée par les photons est grande. Cette énergie peut se transmettre sous forme de chaleur, l'énergie va exciter les atomes composant la matière, qui vont s'agiter et s'échauffer. Exposés aux rayons du soleil, les capteurs vont convertir l'énergie des photons, soit en énergie thermique, soit en énergie électrique<sup>3</sup>.

L'énergie solaire est utilisée de telle sorte que les rayons du soleil seront captés et transformés en électricité, ou en utilisant leur chaleur ; d'après les recherches que nous avons menées il existe trois types d'énergie solaires qui sont :

- **L'énergie solaire photovoltaïque :** L'exploitation photovoltaïque de l'énergie solaire, à partir de l'utilisation des modules ou panneaux photovoltaïques, composés de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation. Elle est directement obtenue à partir des rayonnements du soleil.
- **L'énergie solaire thermique :** produisant de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge, afin de chauffer de l'eau, de l'air ou un autre fluide (la technologie est assez simple, comparée au photovoltaïque) donc moins onéreuse. Il s'agit de capter les calories grâce à des surfaces absorbant de la chaleur, des plaques métalliques peintes en noir par exemple, ils sont très répandus dans les pays à fort ensoleillement pour produire de l'eau sanitaire destinée aux habitations n'ayant pas besoin de chauffage central (pays d'Afrique, Grèce...).
- **L'énergie thermodynamique :** concerne de grandes centrales équipées de concentrateurs du rayon solaire, sous forme de miroirs galbés dont la fonction est de chauffer un fluide à haute température afin de générer de la vapeur par échange thermique pour ensuite produire de l'électricité à la moyenne de turbine à vapeur, c'est sur ce principe que fonctionnent le four solaire de « FONT-ROMEUE » en France<sup>4</sup>.

### **1.2.2. L'énergie éolienne :**

Par définition, l'énergie éolienne est l'énergie produite par le vent. Elle est le fruit de l'action d'aérogénérateurs, de machines électriques mues par le vent et dont la fonction est de produire de l'électricité.<sup>5</sup>

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable idéale. Il s'agit d'une forme d'énergie indéfiniment durable et propre, elle ne nécessite aucun carburant, elle ne crée pas de gaz à effet de serre<sup>6</sup>. Elle est l'une des plus importantes et la plus prometteuse des sources d'énergies renouvelables à travers le monde en termes de développement, car elle est non polluante. Les

<sup>3</sup> Bernard Thonon, Question de physique autour de l'énergie solaire, page 8,23.

<sup>4</sup> Anne Labouret, Michel Violez, préface de Jean-Louis Bal, énergie solaire photovoltaïque, Livre France, 2009, page 7,8.

<sup>5</sup> Ministère de l'énergie et des mines : Programme des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique Février, 2011.

<sup>6</sup> Nadjah.M, Khechan.M, Laiche.L Ouksel.T, et Mahfoudi. C « Etude de l'hélice d'une éolienne de 5 k.w. » Revue des énergies renouvelables CISM'08 Oum El Bouaghi, 2008, p.257

énergies éoliennes contrairement aux autres sources d'énergies classiques, c'est l'énergie générée par le mouvement de l'air par l'utilisation de turbines qui produit l'électricité<sup>7</sup>.

Les éoliennes se regroupent en deux grandes familles<sup>8</sup> :

- **Les éoliennes à axe vertical** : ne nécessitent pas de dispositifs d'orientation mais sont complexes et assez répandues.
- **Les éoliennes à axe horizontal** : fonctionnant face aux vents et nécessitant donc un système de guidage. Ces dernières sont les plus développées.

### **1.2.3. La géothermie :**

Est l'exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol. Soit pour la production d'électricité ou bien pour la production de chaleur. La géothermie est une énergie thermique naturelle dépendant de la capture de la chaleur de la croûte terrestre pour produire de l'électricité (température entre 90 et 150°), ou de la chaleur (température inférieure à 90°), elle est composée de deux mots grecs (Gê signifie la terre et Thermie signifie la chaleur)<sup>9</sup>. Par rapport à d'autres sources d'énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (pluie, soleil, vent...).

### **1.2.4. L'énergie de biomasse :**

Le terme biomasse désigne l'ensemble de la matière vivante (matière organique végétale ou issue des êtres vivants, aussi des déchets organiques) ; la biomasse est produite par les organismes vivants principalement par l'activité photosynthétique des plantes mais aussi des animaux, des insectes, des microorganismes... Elle est essentiellement constituée de polymères complexes de carbone, hydrogène, oxygène et azote, de soufre en faible proportion et d'éléments inorganiques.

La biomasse réunit le bois, la paille, les rafles de maïs, le biogaz et les biocarburants. Le bois de l'énergie représenté 14% de la consommation énergétique mondiale. Issue des déchets de la forêt ou des industries du bois, il est brûlé pour produire de la chaleur.

Le biogaz est issu de la fermentation des déchets organiques. Sa combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité par cogénération. Les biocarburants proviennent de plantes cultivées (tournesol, betterave, colza...).

- **Le biodiesel** : provient de biomasse oléagineuse, huiles végétales, huiles usagées d'origine végétale ou animale ;
- **Le bioéthanol** : provient de betteraves, déchets de meunerie, petit-lait, plantes contenant de l'amidon ou de la cellulose.

---

<sup>7</sup> Saïdou Madougou, Etude du potentiel éolien du jet nocturne dans la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent ,thèse de doctorat ,France,2003,page ,14,15.

<sup>8</sup> Yan de Kerorguen : Guide de toutes les énergies, connues et inconnues, édition technip, 2010.

<sup>9</sup> .Mekki Mounira, récupération des déperditions d'énergies dans les complexes industriels et leur conversion en énergie électrique exploitable thèse de doctorat en électrotechnique option (Réseaux électriques), Algérie ,2014, page 15.

### **1.2.5. L'énergie hydraulique :**

L'énergie hydraulique est l'énergie mise en jeu lors du déplacement ou de l'accumulation d'un fluide incompressible telle que l'eau douce ou l'eau de mer ; ce déplacement va produire un travail mécanique qui est utilisée directement ou converti sous forme d'électricité<sup>10</sup>.

Elle également appelée hydroélectricité qui ait la source d'énergie renouvelable la plus exploitée car elle représente 19% de la production mondiale d'électricité.

### **1.3. L'importance des énergies renouvelables :**

Les énergies renouvelables ont des avantages et des inconvénients tant au niveau énergétique, environnemental, social et économique.

#### **1.3.1. Sur le plan énergétique :**

L'importance des énergies renouvelables sur le plan énergétique ait que les coûts d'exploitation et d'entretien sont relativement faibles par rapport à ceux des systèmes énergétiques classiques une fois engagé l'investissement initial pour installer le système. Ce facteur peut être bénéfique pour les petits entrepreneurs dès lors qu'il réduit leurs coûts globaux de fonctionnement et les rendent moins vulnérables aux fluctuations des prix des combustibles fossiles.

#### **1.3.2. Sur le plan économique :**

Les énergies renouvelables permettent de mieux stabiliser les prix de l'énergie, en rendant le marché de l'énergie nettement moins sensible aux fluctuations des combustibles fossiles, et diminuent les dépenses énergétiques. Par ailleurs, elles contribuent à l'activité économique locale via les entreprises actives dans le secteur (fabricants, installateurs, équipementiers, ou encore entreprises chargées de l'exploitation, l'entretien ou la maintenance des installations).

L'investissement dans les énergies renouvelables s'accompagne d'avantages économiques potentiels qui varient d'un pays et d'un cas à l'autre en fonction de la pertinence du choix du bouquet d'énergies renouvelables utilisées (solaire, éolien, géothermie, hydraulique ou biomasse).

#### **1.3.3. Sur le plan social :**

Les installations utilisant les énergies renouvelables induisent généralement la création d'emplois durables et difficilement dés localisables. Leur caractère diffus et décentralisé permet par ailleurs aux populations locales de maîtriser la production d'énergie nécessaire à leurs besoins, tout en permettant une réorientation de l'activité économique. Ainsi par exemple, la production de biomasse-énergie constitue une possibilité de diversification assurant par là des revenus complémentaires pour les secteurs agricole et sylvicole. Dans le domaine du bois énergie.

Localement, l'implication de la population dans les énergies renouvelables est également une excellente entrée en matière d'éducation à une utilisation rationnelle de l'énergie. En outre, au niveau international, l'autonomie énergétique des régions réduit les tensions géopolitique, limite ainsi les risques de conflit et permet la solidarité entre les peuples.

#### **1.3.4. Sur le plan environnemental :**

Les énergies renouvelables contribuent à la réduction des gaz à effet de serre, réduisant la pollution de l'air, de l'eau et de sol, ne nécessitent pas d'extraction ni de transport de

---

<sup>10</sup> Mekki Mounira, Récupération des déperditions d'énergie dans les complexes industriels et leur conversion en énergie électrique exploitable, thèse de doctorat en électrotechnique option (Réseaux électriques), Algérie, 2014, page 15.

combustibles et limitent ainsi les risques d'accident, ne génèrent pas de déchets dangereux. Elles préservent les stocks de ressources naturelles et énergétiques. Cependant elles peuvent avoir des impacts environnementaux locaux spécifiques à chaque installation. Dans la plupart des cas cependant, une évaluation des incidences environnementales locales permet de mettre en œuvre des solutions adaptées aux particularités locales<sup>11</sup>.

#### **1.4. Mesure de l'énergie :**

Parmi les nombreuses unités de mesure de l'énergie, les principales sont <sup>12</sup>:

- Kilowatt /heures (KW/H) : pour mesurer l'électricité ; elle est égale à 3,6 millions de joules ;
- Baril (bbl) : estime couramment le pétrole brut : cela équivaut 159 litres, soit en moyenne 0,126 Tonne ;
- Gaz : il peut être compté en KWH, en mètres cubes, en British Thermal (BTU) ;
- Carburant : en litres (L).

Aussi les coefficients d'équivalence <sup>13</sup>comme la TEP (Tonne Equivalent Pétrole) qui ait une unité d'énergie universelle, utilisée dans de nombreux domaines tels que l'industriel, l'économique, ou encore l'écologique Elle sert à comparer entre de différentes sources d'énergie (pétrole, charbon, bois, gaz, etc.), autorisant ainsi des comparaisons sur la base d'une valeur énergétique commune. Sa valeur est de (7,33 barils) pour le pétrole, (41.868 GJ) pour l'électricité et (1000m3) pour le gaz. Et notons que le pétrole est actuellement la source d'énergie la plus utilisée, il a été naturellement choisi par les économistes comme référence dans ce domaine.

## **2. Croissance économique :**

### **2.1. Cadre conceptuel de la croissance économique :**

#### ➤ **Définition :**

La croissance économique reflète la situation et la performance économique d'un pays. C'est l'objectif de toute politique économique. C'est « *un processus complexe auto-entretenu d'évolution à long terme qui se traduit par un accroissement des dimensions caractéristiques de l'économie et par une transformation des structures de la société. Elle est mesurée par les variations d'un indicateur exprimé en volume – le PIB réel* »<sup>14</sup>. D'une manière générale elle quantifie l'évolution économique d'une nation et permet l'amélioration des conditions de vie de cette dernière.

Selon la définition de François Perroux, « la croissance économique est l'augmentation soutenue pendant une ou plusieurs longues périodes d'un indicateur de dimension ; pour une nation : le produit global brut ou net en termes réels »<sup>15</sup>.

#### ➤ **La mesure de la croissance économique :**

---

<sup>11</sup> Schenkel Y. Temmerman M. Marchald. Schaar C : une analyse comparative de l'impact sur l'emploi d'une installation de chauffage de bois. Biotechnol.Agron. Soc.Environ, 2005.

<sup>12</sup> Association SOLAGRO, « Energie : les notions fondamentales », TOULOUSE.

<sup>13</sup> Qui permettent de comptabiliser conventionnellement dans une unité commune (TEP : Tonne Equivalent Pétrole), des quantités d'énergies de natures diverses.

<sup>14</sup> C.Bourdanove & F. Martos, « Lexique de théorie économique », Ellipses 1992, p.34.

<sup>15</sup> François Perroux, les théories de la croissance », Edition DUNOD, paris, 2004, p254.

Il est possible de mesurer la croissance économique d'un pays étant donnée sa nature quantitative. Il existe cependant plusieurs mesures de la croissance économique dont les principales sont le PIB, le PNB et le Niveau de vie.

- Le produit intérieur brut (PIB) : principal indicateur de croissance, le PIB correspond à l'ensemble des biens et services produits sur le territoire national quel que soit la nationalité du producteur sur une période donnée généralement une année. Il existe trois méthodes pour le calculer à savoir la méthode de production, de revenus et de dépenses. La méthode de production stipule que le PIB est égal à la somme des valeurs ajoutées des agents économiques résidents calculés au prix du marché et des taxes indirectes (TVA et droits de douane) retranchées des subventions (PIB= somme des valeurs ajoutées + les taxes indirectes - subventions sur les produits). La méthode revenue quant à elle stipule que le PIB est égal à la somme des rémunérations brutes des agents économiques institutionnels de laquelle on soustrait les subventions sur les produits (PIB= salaires + profits + revenus de propriétés + impôts et taxes indirectes - subventions sur les produits). La méthode dépense, elle découle de l'équation fondamentale de l'économie qui égalise l'offre globale à la demande globale (PIB= consommation finale des ménages + FBCF+ variation de stocks+ G+ (X-M)).
- Le produit national brut (PNB) : à l'inverse du PIB, le PNB est un indicateur de la croissance fondé sur le critère de territorialité qui comptabilise la production des entreprises nationales établies sur le territoire et à l'étranger. Il reflète plus la richesse et donc le niveau de vie des résidents d'un pays.  $PNB = PIB + \text{solde de transferts (revenus des nationaux établis à l'étranger - revenus des étrangers établis sur le territoire national)}$ .
- Le niveau de vie : est aussi un indicateur qui évalue la richesse et la prospérité d'une nation en mesurant généralement la qualité et la quantité des biens et services que cette dernière peut avoir.

➤ **Cycle de la croissance économique :**

On appelle cycle économique toute fluctuation périodique de l'activité économique. Le cycle économique comporte quatre phases, une d'expansion, une de récession, une de crise (plus fort niveau de l'activité économique) et une de reprise (plus faible niveau de l'activité économique). La phase d'expansion se caractérise par une accélération soutenue de l'activité économique ; elle débute à partir d'une phase de reprise et prend fin à une de crise. Toute phase d'expansion commence par une période de reprise, qui part de la récession et dure jusqu'à l'expansion. La phase de récession se caractérise par un ralentissement soutenu de l'activité économique ; elle débute à partir d'une phase de crise et prend fin à une de reprise. La phase de crise quant à elle part de l'expansion et dure jusqu'à la récession<sup>16</sup>.

Etant donné leurs diversités en matière de durée, il est important de faire une classification des différents types de cycles économiques. On en distingue trois types <sup>17</sup>:

Les cycles **Kitchin** : c'est le cycle le plus court (durée de trois à cinq ans) qui s'explique par les phénomènes de stockage et déstockage des entreprises. En effet, les entreprises accumulent des stocks en période d'expansion pour répondre à la demande d'où une croissance de la production et des prix. Une fois atteint un niveau de stock considéré comme optimal, elles cessent

<sup>16</sup> <https://www.maxicours.com/se/cours/l-expansion-et-la-recession-economique/> (consulté le 15/04/2024)

<sup>17</sup> Bertrand Affilé, Christian Gentil « les grandes questions de l'économie contemporaine », L'Etudiant 2003, p.63.

d'accroître les stocks d'où le ralentissement de la production. Elles peuvent même déstocker, provoquant en plus une baisse des prix.

Les cycles **Juglar** : ils ont une durée de sept à onze ans. En période d'expansion les entreprises accroissent leur capacité de production en investissant plus, cela crée une surcapacité dès que la demande croît moins vite, d'où un ralentissement ou une réduction de la production.

Les cycles **Kondratieff** : Ils ont une durée de 40 à 60 ans, et se caractérisent par des vagues longues de hausse puis de baisse des prix. Ils sont composés d'une phase A d'expansion d'à peu près 50 ans marquée par une augmentation des prix et de la production et d'une phase B de récession marquée par la baisse des prix pendant presque une durée identique.

➤ **Les facteurs de croissance :**

- **Travail** : Il se compose de la main-d'œuvre. Cette dernière peut être définie comme un ensemble de personnes qui offrent leur temps, leurs efforts physiques et intellectuels à différentes organisations productives moyennant un salaire. Une hausse du volume de travail permet d'augmenter la production et ainsi la croissance économique. À long terme, le volume de travail dépend de l'augmentation de la population active et à court et moyen termes, il faut tenir compte du taux d'activité (rapport actifs/inactifs) et de la durée du travail. Cependant il faut noter qu'avec la loi des rendements décroissants, au fur et à mesure que le volume de travail s'accroît, la production augmente de plus en plus faiblement.
- **Capital (investissement)** : C'est un ensemble de biens durables (machines, usines etc.) résultant de l'investissement qui vont permettre la production d'autres biens. Le capital permet, d'une part, d'accroître la capacité productive de l'économie et, d'autre part, incorpore les progrès techniques dans les machines. Toutefois, l'augmentation de la production ralentit au fur et à mesure que l'on accumule du capital, en raison des rendements factoriels décroissants et à long terme seul le progrès technique permet de remédier ce problème.
- **Progrès technique** : Le progrès technique correspond à l'ensemble des découvertes scientifiques et technologiques qui permettent d'améliorer la productivité globale des facteurs de production. Il est important de noter que l'augmentation du volume des facteurs de production ne permet pas une croissance durable, cependant une hausse continue de leur productivité est indispensable pour celle-ci. Le progrès technique est donc un facteur nécessaire à la croissance économique à long terme.
- **Ressources naturelles** : Ce sont des matières premières fournies par la nature, telles que la terre, les rivières et les gisements de minerais. Leur disponibilité dans l'économie peut être un avantage pour la croissance. On en distingue deux formes : les ressources renouvelables (ex la forêt) et les ressources non renouvelables (ex le pétrole). Contrairement au facteur travail et capital qui peuvent être accumulés, les ressources naturelles sont souvent non renouvelables et si elles sont indispensables pour offrir des matières premières cela peut s'avérer dangereux pour la production et ainsi pour la croissance économique.
- **Commerce international** : Il n'est pas aussi un facteur à négliger car il permet d'avoir une ouverture sur l'international permettant la libéralisation des

échanges, l'arrivée des investisseurs étrangers et des investisseurs à l'étranger etc.

## 2.2. Théorie de la croissance :

De nombreuses théories furent élaborées autour de la croissance nous pouvons distinguer les théories anciennes et les théories modernes.

### ➤ Théorie de la croissance exogène :

Les théories anciennes étaient celles qui ont tenté de donner une existence à la croissance. **Adam Smith [1723-1790]** était le premier à se lancer en envisageant une possibilité de croissance indéfinie. Dans son célèbre ouvrage, *recherches sur la nature et les causes des richesses des nations* (1776), il effectue une analyse des effets de la division du travail sur la croissance des richesses au terme de laquelle il conclut que la division du travail peut être une source de croissance durable. Pour **David Ricardo [1772-1823]** et **Malthus [1766-1834]** l'économie tend naturellement vers un état stationnaire au-delà duquel le taux de croissance est nul. **R. Solow** considérant le progrès technique comme étant exogène (résidu) dans les hypothèses de son modèle de croissance élaboré en [1956], vient à démontrer que seule une hausse continue de ce facteur résiduel peut expliquer le maintien durable de la croissance économique. **Harrods-Domar**, deux économistes postkeynésiens viennent à démontrer aussi grâce à leur modèle que la croissance est instable.

### ➤ Théories de la croissance endogène :

Les théories modernes sont celles de la croissance endogène qui expliquent la croissance par des variables internes. Selon **P. Romer**, la croissance repose sur le caractère endogène du progrès technique, généré par les investissements dans la recherche-développement<sup>18</sup>. Pour **Lucas**, c'est l'accumulation individuelle en matière de formation, d'éducation, de santé, etc. (capital humain) qui explique la croissance endogène.

## Section 02 : Revue de la littérature sur le lien entre énergies renouvelables et croissance économique.

La relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique a été largement sous-étudiée dans les pays en développement. En réponse aux crises énergétiques et à la hausse des prix de l'énergie, plusieurs études ont été menées pour explorer ces phénomènes. Stern (1993) a souligné l'importance de l'énergie comme facteur de production et de croissance économique.

Stern (2000), Lee et Chang (2008) ont intégré l'énergie dans la fonction de production, montrant que le PIB dépend également de la consommation d'énergie.

De même Yang (2000) a utilisé la causalité de Granger pour examiner le lien entre l'énergie et la croissance économique à Taïwan entre 1954 et 1997 et il a confirmé l'hypothèse de rétroaction.<sup>19</sup>

Cette problématique a été abordée dans diverses études, telles que celle de T. Chien et J-L. Hu (2007) qui ont analysé l'impact des énergies renouvelables sur l'efficacité économique de 45

---

<sup>18</sup> A. Beitone, E. Buisson-Fenet, C. Dollo, «Economie-Aide-mémoire», Sirey 2012, p.496.

<sup>19</sup> Akaike H., 1973, *Information theory an an extenion of the maximum likelihood principle*, in B.N.Petrov an F.Csáki, eds, 2<sup>nd</sup> International Symposium of Information Theory, Akadémia Kiado, Budapest, 267-281. [https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/regerence/details/reference\\_id/591](https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/regerence/details/reference_id/591), consulté le 16/04/204/2024

pays OCDE et non-OCDE, montrant que l'utilisation accrue des énergies renouvelables améliore cette efficacité<sup>20</sup>.

Canning et Pedroni (2008) ont également constaté une relation positive à long terme entre les énergies renouvelables et la croissance économique pour 80 pays. R. Sari et al. (2008) ont étudié l'impact des différentes sources d'énergie sur la production industrielle aux États-Unis, concluant que certains facteurs ont des effets contradictoires sur la consommation d'énergie. Belloumi (2009) a confirmé l'existence d'une relation de causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique en Tunisie sur une longue période allant de 1974 à 2004<sup>21</sup>. Payne (2009) a exploré la relation entre les énergies renouvelables, les énergies non renouvelables et la croissance économique. Il a mené des tests de causalité aux États-Unis, vérifiant l'hypothèse de neutralité entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique<sup>22</sup>. Sadorsky (2009) a confirmé une causalité unidirectionnelle de la croissance économique à la consommation d'énergies renouvelables pour 18 pays émergents par l'utilisation d'un modèle à correction d'erreur (MCE) d'un panel bivarié sur la période 1992-2007. Apergis et Payne (2010) ont analysé 13 pays de 1992 à 2007, confirmant une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergies renouvelables et la croissance économique à court et long terme<sup>23</sup>. Ozturk et Acaravci (2010) ont confirmé la neutralité pour la Turquie de 1968 à 2005 en utilisant le modèle ARDL et la causalité de Granger<sup>24</sup>.

Aussi, Menegaki (2011) a confirmé l'hypothèse de neutralité pour 27 pays européens de 1997 à 2007 par l'utilisation d'un modèle à correction d'erreur (MCE). N. Apergis et J. E. Payne (2011) ont examiné 16 pays émergents de 1990 à 2007, trouvant une causalité unidirectionnelle de PIB à la consommation d'énergie renouvelable à court terme et bidirectionnelle à long terme<sup>25</sup>. C.T. Tugcu et al. (2012) ont étudié les pays du G7 de 1980 à 2009, ne trouvant pas de causalité entre la consommation d'énergie renouvelable et le PIB pour certains pays<sup>26</sup>.

---

<sup>20</sup> Chien T. et Jin-Li Hu, (Juillet 2007), Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies, *Energy Policy*, 35 (7), 3605-3615. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.03>, consulté le 15/04/2024.

<sup>21</sup> Reilly J. (2015), Energie et développement dans les pays émergents, *Revue d'économie du développement*, Vol 23, 19-41. <https://www.cairn.info/revue-d-economiedu-developpement-2015-3-page-19.htm>, consulté le 15/04/2024

<sup>22</sup> Apergis N. et Payne James E., (Décembre 2011), Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies, *Applied Energy*, 88 (12), 5226-5230. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.06.041>, consulté le 15/04/2024.

<sup>23</sup> Apergis N. et Payne James E., (Décembre 2011), Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies, *Applied Energy*, 88 (12), 5226-5230. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.06.041>, consulté le 15/04/2024.

<sup>24</sup> Tugcu C.T., Ozturk I., Aslan A., (Novembre 2012), Renewable and non-renewable energy consumption and growth relationship revisited: Evidence from G7 countries, *Energy Economics*, 34(6), 1942-1950. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.021>, consulté le 15/04/2024.

<sup>25</sup> Apergis N. et Payne James E., (Décembre 2011), Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies, *Applied Energy*, 88 (12), 5226-5230. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.06.041>, consulté le 15/04/2024.

<sup>26</sup> Tugcu C.T., Ozturk I., Aslan A., (Novembre 2012), Renewable and non-renewable energy consumption and growth relationship revisited: Evidence from G7 countries, *Energy Economics*, 34(6), 1942-1950. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.021>, consulté le 15/04/2024.

E. Yildirim et al. (2012) ont examiné les États-Unis de 1949 à 2010, trouvant une causalité bidirectionnelle seulement pour la biomasse<sup>27</sup>. Usama Al-mulali et al. (2013) ont constaté une causalité bidirectionnelle pour les pays à revenu élevé de 1980 à 2009<sup>28</sup>. Farhani (2013) a étudié la région MENA, montrant une influence du PIB sur la consommation d'énergies renouvelables. La théorie de rétroaction suppose une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique. M.S.B. Aïssa et al. (2014) ont examiné 11 pays africains de 1980 à 2008, ne trouvant pas de causalité à court terme<sup>29</sup>. A. Omri et al. (2015) ont trouvé une causalité bidirectionnelle pour certains pays développés et émergents<sup>30</sup>.

M.B.Jebli et Slim (2015) ont étudié la relation qui existe entre l'énergie électrique renouvelable et non renouvelable et le commerce international pour le cas de 69 pays, observant une causalité bidirectionnelle à long terme entre le PIB et la consommation d'énergie électrique renouvelable<sup>31</sup>. Tsangyao Chang et al. (2015) ont trouvé une causalité unidirectionnelle pour les pays du G7. R. Inglesi-Lotz (2016) a étudié 34 pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), trouvant une relation à long terme positive entre la consommation d'énergies renouvelables et le PIB. Pour cela, l'auteur a utilisé le modèle de production de Cobb-Douglas et elle affirma qu'une augmentation de 1% dans la consommation d'énergie renouvelable va accroître le produit intérieur brut (PIB) de 0,105% et le PIB par habitant de 0,1%. Ensuite, une augmentation de 1% de la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie va accroître le PIB de 0,089% et le PIB par habitant de 0,09%. M.Bhattacharya et al. (2016) ont conclu que les énergies renouvelables doivent être incluses dans le cycle de production pour assurer le développement durable. Ils ont trouvé une relation positive entre la variable du PIB et les énergies renouvelables pour le cas des pays suivants : l'Autriche, la Bulgarie, le Canada, le Chili, la Chine, la République Tchèque, le Danemark, le Finlande, la France, L'Allemagne, la Grèce, l'Italie, le Kenya, la Corée du Sud, le Maroc, le Pays-Bas, la Norvège, le Pérou, la Pologne, le Portugal, la Roumanie, l'Espagne et la Grande-Bretagne. La relation a été négative entre le PIB et la consommation d'énergies renouvelables pour le cas de l'Inde, l'Ukraine et les Etats-Unis d'Amérique (USA)<sup>32</sup>. A. Alper et O.Oguz (2016) ont étudié la relation entre les énergies renouvelables et le développement économique dans huit pays européens sur la période 1990-2009, utilisant la méthode ARDL et la causalité asymétrique. Ils ont constaté une absence de causalité dans cinq pays, une causalité unidirectionnelle du PIB aux énergies renouvelables en République Tchèque, et une causalité

---

<sup>27</sup> Yildirim E, Saraç Ş. Et Aslan A. (Décembre 2012), Energy consumption and economic growth in the USA : Evidence from renewable energy , *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (9) , 6770-6774. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.004>, consulté le 15/04/2024.

<sup>28</sup> Al-Mulali U., (Juin 2013), Examining the bidirectional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22,209-222. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.005>, consulté le 15/04/2024.

<sup>29</sup> Ben Aïssa M.S., Ben Jebli M., et Ben Youssef S., (Mars 2014), Output renewable energy consumption and trade in Africa, *Energy Policy*, 66,11-18. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.023> , consulté le 15/04/2024.

<sup>30</sup> Omri A., Ben Mabrouk N. et Sassi-Tmar A., (Février 2015), Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42,1012-1022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008715> , consulté le 15/04/2024.

<sup>31</sup> Ben Jebli M. et Ben Youssef S., (November 2015), Output renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries, *Renewable Energy*, 83,799-808. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.061>, consulté le 15/04/2024.

<sup>32</sup> Bhattacharya M., Paramati S.R, Bhattacharya S., (15 Janvier 2016), The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries, *Applied Energy*,83,799-808. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104>, consulté le 15/04/2024.

inverse en Bulgarie<sup>33</sup>. Montassar Kahia et al (2016) ont examiné l'influence des énergies renouvelables et des énergies non renouvelables sur le développement économique dans deux groupes des pays du MENA, sur la période 1980-2012, constatant une relation de cointégration pour les deux groupes avec une augmentation de 1% de la consommation des énergies augmentant le PIB de 0,058%<sup>34</sup>. Ben Mbarek et al. (2016) ont montré une relation bidirectionnelle entre la consommation d'énergies renouvelables et la croissance économique en Tunisie, remettant en cause l'hypothèse de neutralité énergétique. Jebli et al. (2016) ont souligné l'efficacité des énergies renouvelables pour maintenir la durabilité du développement économique, notant une causalité unidirectionnelle de la croissance économique vers la consommation d'énergie. Cheng et Lai (1997), Chen et al. (2016) ont démontré à travers l'utilisation de la théorie de cointégration et la causalité de Granger pour des pays asiatiques que l'augmentation du PIB affecte la consommation d'énergie<sup>35</sup>.

Les études de F. Amri(2017) sur 72 pays développés et émergents, D.S.Armeanu et al. (2017) sur les pays MENA, et A.A.Rafindadi et I. Ozturk (2017) sur l'Allemagne, ont toutes trouvé des relations positives entre les énergies et le développement économique, avec diverses méthodologies : ARDL et le VECM(le vecteur de correction d'erreur)<sup>36</sup>.

A.Fethi(2017) a constaté l'absence de relation entre les énergies renouvelables et le développement économique en Algérie, suggérant un seuil non atteint pour leur contribution positive au PIB.<sup>37</sup>

Les études de Sari Hassoun et Mékidiche M (2018), Khobai et al. (2018), Saad et al. (2018), et Ozcan et al. (2019) ont toutes mis en évidence des liens entre la consommation d'énergies renouvelables et la croissance économique, soulignant des relations bidirectionnelles ou unidirectionnelles selon les contextes nationaux et temporels Ils ont trouvé une neutralité sauf que la Pologne, l'importance de l'investissement dans les énergies renouvelables pour stimuler la croissance<sup>38</sup>.

Enfin, Kabiru Maji et al. (2019) ont souligné que dans certains pays d'Afrique de l'Ouest, une forte utilisation de la biomasse pourrait freiner la croissance économique, recommandant une transition vers des sources d'énergies renouvelables moins polluantes. Ils ont montré que la consommation d'énergies renouvelables ralentit la croissance économique en Afrique de l'Ouest<sup>39</sup>.

---

<sup>33</sup> Aslan Alper, Ozcal Oguz, (Juillet 2016), The role of renewable energy consumption in economic growth : Evidence from asymmetric causality, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60,953-959. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.123>, consulté le 15/04/2024.

<sup>34</sup> Kahia M., Ben Aissa M.S.et Lanouar C.,(1 Décembre 2016), Impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth : New evidence from the Mena Net Oil Exporting Countries( NOECs), *Energy*,116, Part1,102-115. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.126> , consulté le 15/04/2024.

<sup>35</sup> Aslan Alper, Ocal Oguz, (Juillet 2016), The role of renewable energy consumption in economic growth : Evidence from asymmetric causality, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60,953-959. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.123>, consulté le 15/04/2024.

<sup>36</sup> Amri F., (Mars 2017 a), Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries, 69,527-534. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.230> , consulté le 15/04/2024.

<sup>37</sup> Hamaz, T. & Ait taleb, A. (2020). La transition énergétique en Algérie : stratégie et enjeux, *Revue Journal of Business Administration and Economic Studies* 01 :257-272.

<sup>38</sup> Sari Hassoun S. et Mékidiche M. (Juin 2018). Etudier l'Impact des Energies Renouvelables sur le Facteur Economique du Développement Durable en Algérie : Essai de Modélisation. <https://www.researchgate.net/publication/325896748> , consulté le 15/04/2024.

<sup>39</sup> Maji, Ibrahim Kabiru, et Chindo Sulaiman. « Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus: A Fresh Evidence from West Africa ». *Energy Reports* 5 (novembre 2019) :384-92. <https://doi.org/10.1016/j.egry.2019.03.005> ,consulté le 20/04/2024

Les chercheurs notent que l'absence de causalité ne signifie pas que les énergies renouvelables ne jouent aucun rôle crucial dans la croissance économique. Cependant, cela suggère que les investissements actuels dans les énergies renouvelables ne sont peut-être pas suffisants pour stimuler la croissance économique. Il est probable qu'il existe un seuil non encore atteint, au-delà duquel l'utilisation des énergies renouvelables commencera à avoir un impact positif sur la croissance économique.

### **Conclusion**

Les énergies jouent un rôle crucial dans notre avenir énergétique. Elles favorisent le développement futur et constituent un défi énergétique et environnemental.

La croissance influence fortement la démographie et le niveau de vie des sociétés. Par ailleurs, l'augmentation de la richesse issue de la croissance économique peut contribuer à la réduction de la pauvreté.

Ce chapitre vise à établir le cadre théorique et empirique des énergies renouvelables et de la croissance économique. Nous observons d'abord que l'importance des énergies renouvelables et de la croissance économique a évolué au fil des temps, reflétant des conceptions et des considérations qui ont changé. À l'issue de la revue de littérature, nous avons pu cerner quelques études empiriques concernant l'estimation de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique ; en considérant que les énergies renouvelables comme un facteur influençant la croissance, les recherches montrent que l'impact diffère d'un pays à un autre.

# CHAPITRE II : LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

### Introduction

Les énergies renouvelables jouent un rôle essentiel dans le développement socioéconomique et la préservation de l'environnement, et l'Algérie s'engage pleinement dans cette voie avec un programme ambitieux. Le programme national de développement des énergies renouvelables visant à atteindre 22 000 MW de capacité renouvelable d'ici 2030, dont 13575 MW seront produits par l'énergie solaire.

Les autorités publiques prennent progressivement en compte les énergies renouvelables comme une nouvelle source d'énergie, aux côtés des énergies conventionnelles, dans le but de créer un mix énergétique national.

Ce programme vise à exploiter les ressources inépuisables telles que le solaire pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'avenir du pays. L'objectif est de devenir un acteur majeur dans la production d'électricité à partir du photovoltaïque, de l'éolien et d'autres sources renouvelables, ce qui stimulera un développement économique durable et une croissance innovante. Ce chapitre se divise en deux sections, la première présente le programme algérien en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, tandis que la seconde se focalise sur le développement spécifique de ces énergies en Algérie, c'est-à-dire les initiatives de l'Etat visant à développer le domaine des énergies renouvelables.

### Section 01 : Programme algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

L'Algérie s'engage avec détermination sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origines fossiles

#### 1. Etat des lieux de la situation énergétique en Algérie

En Algérie, les hydrocarbures occupent une place très importante dans le développement économique du pays. L'accroissement de la rente pétrolière suite à l'augmentation conjointe des volumes produits et du cours des hydrocarbures, a permis une croissance moyenne du PIB de 4% par an entre 2001 et 2007. Avec des hypothèses de taux de croissance économique de 3%, et un taux de croissance démographique de 1,6 % par an, pour la période 2007- 2030, le taux de croissance de la demande énergétique serait compris entre 2,8 % et 4, 3 % par an pour la période de projection ; le marché algérien absorberait en énergie primaire, 91,54 Mtep en 2030 ; et 66,45 Mtep en 2030, du scénario faible.

Le Gaz Naturel, avec un taux de croissance annuel moyen de la consommation de 4,7 % (scénario Fort) et 3 % (scénario faible) entre 2007 et 2030, prendra des parts de marché au pétrole, qui verra tomber sa part de la consommation totale d'énergie primaire, mesurée par le ratio réserves/production.

L'espérance de vie des réserves en Algérie est d'environ 35ans ; à partir de 2008. Sur cette période, le tiers des réserves sera destiné pour couvrir les besoins du marché domestique, le reste soit les 2/ 3 sera destiné à l'exportation. La production de pétrole évoluera d'une moyenne de 2 % par an jusqu'en 2015 pour atteindre le plateau de production, ensuite elle déclinera d'une moyenne de 5,6% par an jusqu'en 2020 puis de 7 % jusqu'à la fin de période de projection. Concernant le Gaz, l'Algérie augmentera de 30% sa capacité de production de Gaz Naturel Liquéfié. Cependant, les exportations vont croître de 2 % par an jusqu'au 2015, puis atteindre

le plafond de 1092,5 Milliards de barils équivalent pétrole, pour ensuite décliner de 1,3 % par an<sup>40</sup>.

La croissance des exportations liquides sera portée par les exportations du pétrole brut cependant selon les estimations, le quota de l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole) pour les exportations algériennes atteint 1,70 mb/j en 2015. Ces travaux de prospective ont, ainsi, pour vocation d'éclairer la décision publique, alors que les choix à opérer mettent en jeu des ressources considérables. Les investissements à réaliser en matière énergétique sont d'une grande ampleur financière et technique.

Du pétrole et du gaz il y'en aura encore pour de nombreuses années en Algérie, même en suivant les scénarios les plus pessimistes. Les ressources sont considérables, mais rien ne saurait garantir quelles seront exploitées assez rapidement pour faire face au niveau de la demande prévue dans les différents scénarios. Aussi, les incertitudes sur les sources d'approvisionnement nécessaire pour répondre à la demande croissante, ainsi que sur le coût de production de ce pétrole et sur son prix à la consommation, sont très élevés.

Pour s'assurer de disposer d'approvisionnement énergétiques suffisants, une action du gouvernement s'impose pour réduire la consommation en incitant les entreprises, les ménages et les automobilistes à changer leur mode de consommation afin d'améliorer l'efficacité énergétique, par la mise en place d'incitations financières voire même des cadres<sup>41</sup>. Réglementaires appropriés ; à titre d'exemple la suppression des subventions des prix locaux pourrait grandement contribuer à la diminution de la consommation domestique<sup>42</sup>.

Au temps actuel, le pétrole et le gaz sont deux sources énergétiques vitales pour l'économie de notre pays, la prospérité future dépend du secteur des hydrocarbures : assurer des approvisionnements énergétiques suffisants pour répondre à la croissance de la demande, avec des prix raisonnables, reste le défi majeur pour notre pays. Aujourd'hui l'économie algérienne est totalement dépendante du pétrole et du gaz, mais il est encore temps d'emprunter une nouvelle trajectoire, en développant des énergies alternatives.

Les statistiques sur les énergies fossiles algériennes sont en baisse selon l'ONS en 2007, car ils sont non renouvelables. L'accélération du rythme d'épuisement des ressources fossiles doit trouver des compensations valables à long terme pour assurer la relève de l'après pétrole. La durée des réserves pétrolières étant estimée à 30ans environ, l'Algérie a décidé de prendre des mesures nécessaires en vue d'assurer son indépendance énergétique future. Une politique qui consiste à économiser le pétrole et ses dérivés :

- En maintenant le niveau de la production pétrolière ;
- En déployant ses efforts en matière de développement des énergies nouvelles essentiellement dans le solaire<sup>43</sup>.

En fin 2021, le solaire photovoltaïque représente 92% des énergies renouvelables en Algérie, sans compter l'hydroélectricité, et 84% du solaire total est connecté au réseau. L'énergie solaire

<sup>40</sup> Office nationale des statistiques (ONS) 2007.

<sup>41</sup> Voir la nouvelle revue de presse, « *L'avenir énergétique en Algérie* », Avril 2013, n°16, p.04.

<sup>42</sup> <https://www.algerie360.com> , consulté le 07/05/2024

<sup>43</sup> Office National des Statistiques (ONS), 2007.

thermique était de 6% et l'éolien de 2% des sources d'énergies renouvelables du pays, sans compter les sources hydroélectriques<sup>44</sup>.

L'Algérie lança deux programmes dans ce contexte, à savoir le PNEREE (Programme National Des Energies Renouvelables Et De L'Efficacité Energétique) (2011-20230) et le programme national de transition énergétique (2020-2035), en se basant sur les dernières données gouvernementales la capacité d'énergies renouvelables en Algérie à la fin du mois de Décembre 2021.

Un récent rapport officiel a révélé l'intégration des énergies renouvelables en Algérie dans tous les secteurs, notamment dans les plans et programmes de développement à l'intérieur du pays. Fin décembre 2021, la capacité installée totale de l'Algérie pour les énergies renouvelables s'élevait à 567,1 MW, dont 438,2 hors hydroélectricité. Selon le rapport, la capacité totale installée comprenait 401,3 MW connectés au réseau (dont 12 mégawatts de solaire PV qui a commencé à fonctionner en 2021), et 36,9 MW hors réseau (dont 15,6 MW au cours des deux dernières années (2021 et 2021)<sup>45</sup>.

L'année 2024 est précédée de la promesse d'un bond en avant dans la réalisation du programme national des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie. Dès Janvier, le projet de 2.000 mégawatts (MW) d'énergie solaire photovoltaïque, initié par Sonelgaz, est lancé. Il devrait être bouclé au plus tard au premier semestre 2025, avec l'installation d'une puissance d'énergies renouvelables, au niveau national, bien plus élevée que les 589,7 MW recensés dans le bilan établi par le commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique (Cerefe) sur toute la période allant de 2011 à décembre 2022. Le projet des 2.000 MW consiste en la réalisation de 14 centrales solaires photovoltaïques au lieu des 15 prévues initialement (un lot concernant une centrale de 80 MW ayant été annulé), réparties su 11 wilayas, d'une puissance unitaire variant entre 80 et 220 MW, en plus des raccordements au réseau de transport électrique.

Selon le site d'informations Algérie Eco, qui réfère à l'avis d'attribution provisoire des marchés après l'appel d'offres national et international lancé par Sonelgaz Energies renouvelables (Sonelgaz-EnR), 9centales solaires seront réalisés par des entreprises chinoises et 5 des entreprises algériennes<sup>46</sup>.

### 2. Les énergies renouvelables comme alternative

Actuellement l'Algérie s'engage dans une transition énergétique durable, et visant à accroître la production d'électricité et d'autres sources d'énergies renouvelables ou nouvelles.), notamment solaire (principalement au Sud de l'Algérie).

Le pays doit créer des stratégies à long terme pour préserver les combustibles fossiles et pour éviter l'effet du gaz à effet de serre qui est lié au réchauffement climatique, surtout éviter aussi d'autres problèmes qui sont liés aux pollutions de l'environnement, enfin le développement des énergies renouvelables.

L'augmentation de la production et la consommation d'énergies fossiles entraîne le rejet de méthane et la déforestation, contribuant ainsi à l'augmentation des gaz à effet de serre, ce qui

<sup>44</sup> Ammar A. (2022-10-05), Les énergies renouvelables en Algérie, 6 chiffres sur les faits saillants (infographie), <https://attaqa.net/2022/10/05/لطاقاة-دلمتجدة-ني-فالجز-اقا-6-ر-مأز-ن-عأ/>, consulté le 10/05/2024

<sup>45</sup> Badr A. (2022-09-12), Les énergies renouvelables en Algérie. Un rapport officiel révèle deux années de réalisations, <https://attaqa.net/2022/09/12/لطاقاتا-دلمتجدة-ني-فالجز-اسر-تقري-ر-م/>, consulté le 10/05/2024.

<sup>46</sup> <https://portail.cder.dz>, consulté le 07/05/2024

provoque une élévation de la température. Ces changements climatiques sont souvent associés à l'occurrence de catastrophes naturelles.

Depuis 2004, les autorités algériennes ont pris diverses mesures pour promouvoir les énergies alternatives telles que l'éolien et le photovoltaïque. Cette transition vise à réduire la dépendance aux énergies fossiles à long terme, ce qui répond aux besoins internes croissants en gaz naturel et en électricité.

Les niveaux des nécessités internes de l'Algérie en gaz naturel ont atteint 45 milliards de m<sup>3</sup> en 2020 et seront à 55 milliards dix ans plus tard. Cette évolution de la demande interne sera accompagnée par des volumes énormes à exporter et dont la rente sera nécessaire pour changer l'économie nationale. La consommation d'électricité a augmenté, elle serait entre 130 et 150 TWH (Térawatts heure) en 2030. 67 projets de centrales solaires photovoltaïques, solaires thermiques et éoliennes hybridées avec du gaz naturel ou du diesel prodigué, le nouveau programme vise une vingtaine de wilayas du Sud, des hauts plateaux et aussi au Nord du pays (énergie éolienne)<sup>47</sup>.

### 3. Programme national des énergies renouvelables

L'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de réservation des ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux pour le développement des énergies renouvelables qui a été adopté par le Gouvernement en février 2011, révisée en mai 2015 et placée au rang de priorité nationale en février 2016, par l'ancien président Monsieur BOUTEFLIKA Abdelaziz lors du Conseil Restreint Gouvernement. Le pays s'engage dans une nouvelle ère durable énergétique. Le programme algérien de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique par ses deux versions lancées en 2011 et 2015, vise à produire environ 40% de l'électricité d'origines renouvelables à l'horizon 2030, le programme a mis l'accent sur l'exploitation des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire et la promotion de l'économie d'énergie.

L'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. Le programme des énergies renouvelables dans sa version actualisée, consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22000 MW à l'horizon 2030 (dont 4500MW ont été réalisés dans l'année 2020), pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique, si les conditions du marché le permettent<sup>48</sup>.

La promotion des énergies renouvelables en Algérie ne date pas d'aujourd'hui, mais bien avant, pendant la période coloniale, à titre d'exemple nous citons :

- En 1942 à l'institut national d'agronomie d'El Harrach (Alger) : un groupe de chercheur a installé un digesteur anaérobie pour la production de biogaz pour alimenter les cuisines et les laboratoires de l'institut ;
- En 1953 à Adrar les services de l'hydraulique ont installé une éolienne de 25CV pour irriguer un périmètre agricole. C'était l'une des trois éoliennes existantes à travers le monde : Allemagne, Argentine et Algérie ;
- En 1954 à Bouzaréah, une commune de la wilaya d'Alger ; la construction du plus puissant four solaire du monde ;

<sup>47</sup><https://portail.cder.dz>, consulté le 07/05/2024

<sup>48</sup> Ministère de l'énergie et des mines : programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, <https://www.enenergy.gov.dz>, consulté le 07/05/2024

- Cyril Gomella a installé des distillateurs solaires de type serre pour dessaler les eaux saumâtres de Biskra, El Oued et Touggourt<sup>49</sup>.

La ratification du protocole de Kyoto (accord international, bâti sur la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques, met en place des objectifs et des délais pour réduire les émissions de gaz à effet de serre) et la loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable sont venues confirmer la volonté politique algérienne et l'engagement de notre pays pour l'exploitation de ces ressources naturelles renouvelables et non polluantes.

Un programme national ambitieux de développement de ces énergies propres a été tracé pour la période 2011-2030, afin de produire à l'horizon 2030, 40% de la consommation nationale d'électricité d'origine renouvelable. Ces ambitieux projets d'énergies renouvelables seront menés en trois étapes :

- **2011-2013** : réalisation des projets pilotes pour tester les différentes technologies disponibles (Version de 2011) ;
- **2014-2015** : début du déploiement du programme ;
- **2016-2030** : déploiement à grande échelle<sup>50</sup>.

La synthèse de ce programme par type de filière de production, se présente ainsi :

### **-Energie solaire**

L'Algérie est en effet l'un des plus importants gisements d'énergie solaire au monde avec une durée d'insolation de 2.000 à 3.900 heures par an, et une irradiation journalière de 3.000 à 6.000 Wh/M2, soit l'équivalent de 10 fois la consommation mondiale.

### **-Energie solaire photovoltaïque**

A l'égard de ces statistiques particulièrement favorables au développement de l'énergie photovoltaïque, le gouvernement algérien avait décidé de lancer dès l'année 2011, un programme à long terme d'énergie renouvelable de 22.000 MW destiné à la production d'électricité qui se faisait jusqu'alors à base d'énormes quantités du gaz. Le programme en question prévoyait la mise en place à l'horizon 2030, d'une capacité de production d'électricité de 12.000 MW exclusivement destinée au marché intérieur.

Tout un éventail d'énergies renouvelables parmi lesquels 7.200 MW en thermo solaire, 2.800 MW en photovoltaïque, et 2.000 en éolien devaient en être issus. Une tranche supplémentaire de 10.000 MW était même prévue pour être exportée vers la Tunisie et le Maroc. L'objectif ouvertement affiché était d'économiser au maximum le gaz naturel en grande partie destiné à l'exportation. Mais comme le lancement de ce programme a pris du retard et que les technologies solaires avaient entre temps beaucoup évolué, le gouvernement algérien a décidé en février 2015 de modifier de façon importante le programme initial. La capacité de production envisagée est certes restée la même avec de 22.000 MW, mais elle est entièrement destinée à la production d'électricité avec 10.575 MW en photovoltaïque<sup>51</sup>.

<sup>49</sup> Boughali.S, Bechki.D, Mennouche.H, Bouguetia.H et Bouchekima.B, « *Opportunités et challenges de la promotion des énergies renouvelables en Algérie* », Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences et de la matière, Université kasdiMarbah Ouargla, Laboratoire des énergies nouvelles et renouvelles dans les zones arides, Mai 2012, p.57.

<sup>50</sup> Voir programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, Document élaboré par Ministère de l'énergie et des mines, Mars 2011, p.09.

<sup>51</sup> <https://www.energy.gov.dz.consulté> le 07/05/2024.

### --L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la transformation de rayonnement solaire en énergie thermique. Cette transformation peut être utilisée directement ou indirectement, en utilisant la chaleur transmise par rayonnement plutôt que le rayonnement lui-même, ces modes de transformation de l'énergie se distinguent des autres formes d'énergie comme les cellules photovoltaïques. L'Algérie prévoit de mettre en valeur son potentiel solaire, l'un des plus importants au monde, en lançant des projets importants en solaire thermique.

Deux projets de central thermique à concentration avec stockage d'une puissance totale d'environ 150MW ont été lancés sur la période 2011/2013. Ces projets sont ajoutés à la centrale hybride de Hassi R'Mel d'une puissance de 250 MW dont 25 MW en solaire.

Sur la période 2016/2020, quatre centrales solaires thermiques avec stockage d'une puissance totale d'environ 1.200 MW devraient être mises en service. Le programme de la phase 2021/2030 prévoit l'installation de 500 MW par an jusqu'au 2023, puis 600 MW par an jusqu'au 2030<sup>52</sup>.

### -Energie éolienne

Suite à la révision du programme national en 2015, la part de l'énergie éolienne a été rehaussée de 2000 MW à 5010 MW et occupe désormais la seconde place derrière le photovoltaïque, loin devant les autres filières. L'importance accordée à l'éolien est certainement due à l'amélioration considérable des coûts moyens du kilowatt/heure (kWh) qui sont, après ceux de la géothermie, les plus bas du renouvelable.

Le programme des énergies renouvelables algérien prévoit dans un premier temps, sur la période :

- 2015/2020 : 1 010 MW dont 10MW de la ferme éolienne de Kabertene en service (Adrar).
- 2021/2030 : 4 000 MW, soit un total cumulé de 5010 MW<sup>53</sup>.

**Tableau 1:** Répartition des énergies renouvelables par filières et par phase( en MW)

	1 <sup>ère</sup> phase 2015-2020	2 <sup>ème</sup> phase 2021-2030	Total
<b>Photovoltaïque</b>	3000	10575	13575
<b>Eolien</b>	1010	4000	5010
<b>CSP</b>	-	2000	2000
<b>Cogénération</b>	150	250	400
<b>Biomasse</b>	360	640	1000
<b>Géothermie</b>	05	10	15
<b>TOTAL</b>	4525	17475	<b>22000</b>

Source : Salon International des Energies Renouvelables, des Energies Propres et du Développement Durable.

<sup>52</sup> Atmania.H, Op.cit., p.75.

<sup>53</sup> Choumane. A, Boukhari O, « L'énergie éolienne en Algérie potentiel et réalisation, Colloque scientifique international sur les stratégies des énergies renouvelables dans le développement durable » Université de Blida p.06.

La consistance du programme en énergies renouvelables à réaliser pour le marché national sur la période 2015-2030 est de 22.000 MW dont la répartition par filière est ci-dessus.

### 4. Programme national de l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est une urgence en Algérie surtout avec l'augmentation de la demande intérieure en énergie et la baisse des prix des matières premières sur les marchés mondiaux. Cette dernière décennie, la demande en énergie a augmenté dans tous les secteurs d'activités du pays avec un taux de croissance de 6%. Cette augmentation est due principalement à l'amélioration du niveau de vie des citoyens, l'augmentation du nombre de logements, et le rebondissement économique engendré par la réalisation de plusieurs projets structurels importants et dans tous les secteurs.

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie à favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'exploiter toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la communication utile et optimale<sup>54</sup>.

En Algérie et à l'exemple d'autres pays, l'efficacité énergétique permet d'économiser des fonds qui, traditionnellement, sont affectés à d'autres dépenses énergétiques. Pour le gouvernement algérien de l'Energie, le programme national de l'efficacité énergétique permettra de dégager une économie de pas moins de 42 milliards de dollars. Le gouvernement a tracé un programme ambitieux dont l'objectif est de réaliser l'économie de l'énergie qui atteindra 92 millions de tonnes d'équivalent de pétrole (Mtep) à l'horizon 2030, ce qui permettra l'économie de 42 milliards de dollars, à travers la réduction de 9% de la consommation de l'énergie, résultant de l'exécution du programme national de l'efficacité énergétique.

Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activité sont multiples. Cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen mais constitue, également, une réponse appropriée au défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emploi et de richesses, en plus de la préservation de l'environnement<sup>55</sup>.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment du transport et de l'industrie.

#### 4.1. Pour le secteur du bâtiment

##### ▪ Isolation thermique :

En Algérie, le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 42% la consommation finale. Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire d'environ 40% de la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation des logements. L'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 07 millions de TEP.

##### ▪ Chauffe-eau solaire :

Concernant l'usage (individuel et collectif) de l'eau chaude sanitaire, la priorité accordée par les pouvoirs publics, par ce programme, est la substitution du chauffage de l'eau par les moyens classiques par le chauffage solaire. A ce titre, des efforts considérables seront fournis, en vue de favoriser la pénétration massive des chauffe-eaux solaire avec une attention particulière pour

<sup>54</sup> Keramane A, « L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables », IPAMED, N°8, Mars 2010, p.02.

<sup>55</sup> Boubou. N, « Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie », en sciences de gestion, Thèse de doctorat, Université Abou bakr Belkaid de Tlemcen, 2015, p.175.

leur fabrication locale à l'horizon 2030. L'objectif est de réaliser une économie d'énergie à plus de 02 millions de tonnes équivalent de pétrole (Mtep).

- **Lampe basse de consommation (LBC) :**

L'objectif assigné à la stratégie d'action est l'interdiction graduelle de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques couramment utilisées par le marché national). Des millions de lampes seront mises sur le marché ; les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de Tep.

- **Eclairage public :**

Le poste éclairage public est l'un des postes les consommateurs d'énergies du patrimoine des collectivités locales. Le programme de maîtrise de l'énergie dédié aux collectivités locales consiste à substituer la totalité des lampes à mercure (énergétivores) par des lampes à sodium économiques. Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030. L'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près de 01 million Mtep, à l'horizon de 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités<sup>56</sup>.

### 4.2. Pour le secteur des transports

Le programme vise à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants, en l'occurrence, le GPLC (Gaz de Pétrole Liquéfié pour la Carburant) et le GNC (Gaz Naturel Comprimé) : l'objectif étant d'enrichir la structure de l'offre des carburants et de contribuer à réduire la part du gasoil, en plus des retombées bénéfiques sur la santé et l'environnement. Ceci se traduirait par une économie, à l'horizon 2030, de plus de 16 millions de TEP.

### 4.3. Pour le secteur de l'industrie

Le programme vise à amener les industriels à plus de sobriété dans leurs consommations énergétiques. En effet, l'industrie représente un enjeu pour la maîtrise de l'énergie du fait que sa consommation énergétique est appelée à s'accroître à la faveur de la relance de ce secteur. Pour ce secteur, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées.

En résumé, la concrétisation sur le terrain du programme national d'efficacité énergétique permettra de réduire graduellement la croissance de la demande énergétique. Ainsi, les économies d'énergie cumulées engrangées seraient de l'ordre de 93 millions de TEP, dont 63 millions de TEP d'ici 2030 et le reste au-delà de cet horizon. C'est dire toute l'importance que revêt ce programme d'économie d'énergie qui implique la concrétisation d'un certain nombre de mesures, notamment, l'implication des parties concernées, dont l'industrie publique et privée et l'adaptation du cadre juridique régissant l'efficacité énergétique.

Afin de concrétiser cette politique énergétique du renouvelable ainsi que celle de l'efficacité, énergétique à l'horizon 2030 dans le cadre du développement durable il faut impérativement que les pouvoirs publics décident de :

- Sensibiliser et informer le public sur les enjeux énergétiques en lançant une réflexion ou un débat national avec des couvertures médiatiques (presse, radio, télévision) et au sein des écoles, universités, mosquées, associations, partis politiques, etc. ;
- Aligner les prix de l'électricité, carburant et eau à leur véritable prix de revient et cela d'une façon progressive, afin que les citoyens fassent plus attention et les préservent aujourd'hui nous arrivons à payer la différence entre le prix réel et le prix subventionné

---

<sup>56</sup> Kharchi. R, « l'efficacité énergétique dans le bâtiment, bulletin des énergies renouvelables », n°28, 2013, p .08.

grâce à la manne pétrolière, peut être que dans un proche avenir nous ne pourrions plus le faire ;

- Obliger les édifices publics (Ministères, hôpitaux, universités...) à utiliser des chauffe-eaux solaires pour le chauffage des eaux sanitaires. L'utilisation du photovoltaïque pour l'éclairage public ;
- Exiger un audit énergétique préalable à la construction des nouveaux et grands bâtiments (audit sur plan) ;
- Promouvoir la production combinée de chaleur et d'électricité dans l'industrie et le tertiaire ;
- Améliorer les plans directeurs de transport pour les grandes villes (Alger, Oran, Constantine ; Annaba, Ouargla, Bechar...) en utilisant des carburants propres ou moins polluants (gaz ; hydrogène, pile à combustible, etc.) ;
- Bannir de l'esprit des décideurs que l'énergie renouvelable est réservée uniquement aux sites isolés dans le sud, en lançant des installations concrètes au niveau du nord du pays ;
- Mobiliser les efforts de recherche et développement pour la maîtrise et l'optimisation des procédés de conversion, de transformation et de stockage de ces énergies ;
- Développer un savoir-faire allant de l'étude jusqu'à la réalisation des installations sur site en associant les chercheurs algériens et en leur facilitant l'accès aux installations existantes et opérationnelles comme c'est le cas de la centrale électrique mixte, hybride solaire de HassiR'mel, car l'aspect des ressources humaines est capital ;
- Associer la diaspora algérienne travaillant dans le domaine du renouvelable en les invitant à nous faire part de leurs expériences dans le domaine ;
- Subventionner les énergies renouvelables au détriment des énergies classiques ; afin de booster leur développement ;
- Favoriser la coopération de partenaire étranger, en particulier, d'origine algérienne ;
- Faire participer les universités et les centres de recherche dans la prise de décision ;
- Créer des filières de formation en énergies renouvelables dans le domaine de la formation professionnelle<sup>57</sup>.

### 5. Le développement des capacités industrielles

Pour accompagner et réussir le programme des énergies renouvelables, l'Algérie envisage de renforcer le tissu industriel pour être à l'avant-garde des mutations positives, aussi bien sur les plans industriels et techniques que sur les plans de l'ingénierie et de la recherche. L'Algérie est également déterminée à investir dans tous les segments créateurs de valeur et à les développer localement<sup>58</sup>.

#### ➤ Solaire photovoltaïque :

Sur la période 2014-2020, l'objectif était d'atteindre un taux d'intégration des capacités algériennes de 80%. Pour ce faire, la construction d'une usine de fabrication de silicium était prévue. La mise en place d'un réseau de sous-traitance national pour la fabrication des onduleurs, des batteries, des transformateurs, des câbles et ces autres équipements entrant dans la construction d'une centrale photovoltaïque.

L'Algérie devrait disposer également, sur la même période, de capacité de conception, de réalisation capable d'atteindre un taux d'intégration de l'ordre de 60% par des entreprises algériennes. Il était également prévu la réalisation d'un centre d'homologation des équipements destinés aux installations des énergies renouvelables.

<sup>57</sup> Michaut, S, « la cogénération : efficacité énergétique et utilisation rationnelle des ressources en gaz naturel de l'Algérie », Bulletin des énergies renouvelables 2013, n°26, p.21.

<sup>58</sup> <https://www.algerie.eco.com>, consulté le 07/05/2024.

Sur la période 2021-2030, l'objectif est d'atteindre un taux d'intégration supérieur à 80%. C'est pourquoi, la capacité de production des modules photovoltaïques devrait être étendue pour atteindre les 200MWC/an. Cette période serait marquée par le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements nécessaires à la construction d'une centrale photovoltaïque. Elle devrait également être marquée par la maîtrise totale des activités d'engineering, de construction des centrales et des unités de dessalement des eaux saumâtres. Il est prévu au courant de cette même période d'exporter non seulement l'électricité produite à partir des renouvelables mais aussi le savoir-faire et les équipements entrant dans la production d'électricité à partir des énergies renouvelables.

### ➤ **Solaire thermique :**

Sur la période 2014-2020, un taux d'intégration de 50% à travers la mise en œuvre des trois projets majeurs qui ont été menés en parallèle à des actions de renforcement des capacités d'engineering :

- Construction d'une usine de fabrication de miroirs ;
- Construction d'usines de fabrication d'équipements de fluide caloporteur et de stockage d'énergie ;
- Construction d'une usine pour la fabrication des équipements du bloc de puissance ;
- Développement de l'activité engineering et capacité de conception.

Sur la période 2021-2030, le taux d'intégration devrait être supérieur 80% à concrétisation des projets suivants :

- Extension de la capacité de fabrication des miroirs ;
- Extension de la capacité de fabrication des équipements de fluides caloporteurs et de stockage d'énergie ;
- Extension de la capacité de fabrication des équipements du bloc de puissance
- Conception, procurer ment et réalisation de centrales par des moyens propres.

### ➤ **L'éolien :**

A l'horizon 2030, il est prévu de lancer les études pour la mise en place de l'industrie éolienne. Sur la période 2014-2020, déjà passée : marqué par un taux d'intégration de 50%.

Cette période a été marquée par les actions suivantes :

- La construction d'une usine de fabrication de mâts et de rotors d'éoliennes ;
- Création d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de nacelle ;
- Montée en compétence de l'activité engineering et capacité de conception procurèrent et réalisation capable d'atteindre un taux d'intégration d'au moins 50% par des entreprises algériennes.

Le taux d'intégration devrait être supérieur à 80% sur la période 2021-2030, grâce à l'extension des capacités de fabrications des mâts et des rotors d'éolienne et le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de la nacelle. Il est prévu aussi la conception, le procurèrent et la réalisation d'éolienne par des moyens propres ainsi que la maîtrise des activités d'engineering, de procurèrent et de construction de centrales et d'unités de dessalement des eaux saumâtres<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> Atmania, H, mémoire de magister « la stratégie d'implantation des énergies en Algérie cas de la photovoltaïque », université d'Oran Mohamed Ben Ahmed 2015, p.52.

### 6. Cadre juridique et réglementaire, et les mesures incitatives des énergies renouvelables<sup>60</sup>:

Cette réglementation est caractérisée par un cadre juridique et réglementaire, et mesures incitatives pour un meilleur développement des énergies renouvelables.

#### ➤ Le cadre juridique :

L'adoption du cadre juridique favorable à la promotion des énergies renouvelables et à la réalisation d'infrastructures y afférentes est défini principalement par des mesures pour une solution meilleure du développement des énergies renouvelables.

Le développement des énergies renouvelables ou nouvelles et de l'efficacité énergétique est encadré par un ensemble de textes législatifs :

- La loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie ;
- La loi n° 02-01 du 5 février 2002, modifiée et complétée, relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisations (JO n° 08 du 06 février 2002), a entre autres, institué un opérateur marché (non installé à ce jour) au même titre que l'opérateur système ainsi qu'une commission de régulation du secteur (Commission de Régulation de l'Électricité et du Gaz (CREG)). C'est cette dernière qui a pour mission de veiller au fonctionnement concurrentiel et transparent du marché national de l'électricité et du gaz, dans l'intérêt des consommateurs ainsi que les opérateurs impliqués. C'est cette loi qui a par ailleurs ouvert la porte à l'introduction de textes spécifiques favorables à la promotion des énergies renouvelables pour accompagner la mise en œuvre du PNEREE, notamment sur le plan financement.
- La loi n° 04-09 du 14 août 2004, relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

La réglementation a été renforcée par la publication des textes (décrets) suivants :

---

<sup>60</sup> Programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie. <https://portail.cder.dz/spip.php?rubrique44> , consulté le 08/05/2024.

- Décret exécutif n°11-423 du 08 décembre 2011 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spécial n° 302-131 intitulé : « Fonds national pour les énergies renouvelables et la cogénération (FNER) ».
- Arrêté interministériel du 28 octobre 2012 précisant les modalités du suivi et de l'évaluation du Fonds National des Énergies Renouvelables (FNER). Ainsi, la loi de finance complémentaire pour 2011 (loi n°11-11 du 18 juillet 2011), a relevé de 0.5% à 1% le niveau de la redevance pétrolière qui alimente essentiellement le FNER, mis en place sous forme

D'un compte d'affectation spéciale (CAS) du Trésor dont le champ d'application est étendu aux installations de cogénération<sup>61</sup>.

Son objectif à long terme serait de constituer un marché autour de la maîtrise de l'énergie et l'efficacité énergétique. Le FNME est alimenté par divers produits financiers comme les subventions du gouvernement, des taxes sur la consommation d'énergie haute et moyenne tension pour l'électricité et haute et moyenne pression pour le gaz naturel et des taxes sur les appareils énergivores (Équipe ERA, 2017). Ce fonds financerait des actions et des projets menés par les acteurs publics et privés au niveau national.

Concernant les collectivités territoriales le FNME a déjà financé les actions pour le remplacement des lampes énergivores par des lampes économiques, et l'installation de systèmes de gestion de l'éclairage ; achat et installation de chauffe-eau solaire pour les locaux et les bâtiments publics.

- Dans le même ordre d'idées, nous citerons également le décret exécutif n°13-218, paru en juin 2013, fixant les conditions d'octroi des primes au titre des coûts de diversification de la production nationale d'électricité.
- Décret exécutif n°13-424 du 18 décembre 2013 modifiant et complétant le décret exécutif n°05-495 du 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.
- Arrêtés ministériels du 02 février 2014 fixant les tarifs d'achat garantis pour la production d'électricité à partir d'installations utilisant la filière photovoltaïque et les conditions de leur application.
- Arrêté interministériel du 21 Chabane 1435 correspondant au 19 juin 2014 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 20 Chaouia 1431 correspondant au 29 septembre 2010 portant sur l'agrément des bureaux d'audit et des experts.
- Décret exécutif n° 17-98 du 26 février 2017 définissant la procédure d'appel d'offres pour la production des énergies renouvelables ou de cogénération et leur intégration dans le système national d'approvisionnement en énergie électrique.
- Décret Exécutif n° 21-158 du 24 avril 2021 modifiant le décret exécutif n° 17-98 du 26 février 2017 définissant la procédure d'appel d'offres pour la production des énergies renouvelables ou de cogénération et leur intégration dans le système national d'approvisionnement en énergie électrique.

---

<sup>61</sup> Dans le cadre de la stratégie énergétique, un fonds est créé le 10 avril 2016, il est issu de la fusion du FNME créé en 2000 et le FNER créé en 2010, institué auparavant pour financer les actions et les projets inscrits dans le cadre du développement des énergies renouvelables (JORADP, 2016) : le FNME est créé principalement pour financer les actions et les projets couverts par le sous-programme national pour la maîtrise de l'énergie (PNME).

En 2014, les tarifs d'achats garantis (Feed-in-Tarif) ont été introduits comme moyen de rémunération pour l'électricité produite par des sources décentralisées telles que l'éolien et le solaire photovoltaïque (Arrêté du 2 Février 2014, JO n°23 du 23 Avril 2014). Cependant, malgré un appel aux investisseurs pour des installations solaires de 1 à 10 MWC aucun investissement n'a été soumis, bien que ce système soit largement utilisé dans le monde pour encourager le développement durable. En 2019, le Ministère de l'Energie a publié une première mise à jour des règles techniques de raccordement au réseau électrique, incluant les énergies renouvelables, bien après la construction des centrales solaires de SKTM. Cela a modernisé un document datant de 2008, qui ne concernait que les centrales conventionnelles, laissant encore à faire pour les règles de raccordement des installations renouvelables des installations au réseau de distribution (HTA et BT).

### ➤ Mesures incitatives et fiscales

Pour mieux répondre aux priorités d'actions énoncées dans le programme des énergies renouvelables et encourager les initiatives des particuliers et des entreprises, des modifications législatives et réglementaires seront apportées.

Il s'agit notamment, de s'assurer que les utilisateurs, les intervenants et les différents investisseurs profitent d'un cadre législatif et réglementaire permettant de répondre efficacement aux défis à relever en matière d'énergies renouvelables.

Outre le cadre général régissant le développement de l'investissement dont le régime spécifique de la convention peut être ouvert à la promotion de ces énergies, le cadre juridique en vigueur prévoit des soutiens directs et indirects aux énergies renouvelables.

Des mesures d'incitation et d'encouragement sont notamment prévues par la loi relative à la maîtrise de l'énergie (les avantages financiers, fiscaux et de droit de douane) pour les actions et projets qui concourent à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la promotion des EnR. Le FNME a été également institué pour financer ces projets.

De plus, pour encourager les investisseurs locaux, des incitations fiscales sont prévues, tandis que les réductions de droits de douane et de TVA sont envisagées pour les composants et matériaux utilisés dans la fabrication d'équipements dans le domaine des énergies renouvelables. En, outre un mécanisme de tarifs d'achat garantis est mis en place pour soutenir les producteurs d'énergie renouvelable sur une période de 20 ans.

L'objectif de ces mesures et d'encourager les produits locaux et de fournir des conditions avantageuses, notamment fiscales, aux investisseurs désireux de s'impliquer dans les différentes filières d'énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

### ➤ Mesures réglementaires :

La politique volontariste de l'Algérie, dans la réalisation du programme de développement des énergies propres, se fera à travers l'octroi de subventions pour couvrir les surcoûts qu'il induit sur le système électrique national et sur le coût de mise à disposition de l'eau potable, notamment pour le programme de dessalement des eaux saumâtres. Aussi, des mesures réglementaires encadreront les apports de l'État et définiront les conditions et les mécanismes de contrôle adéquats pour permettre une utilisation optimale des fonds publics qui sont alloués à ce programme.

La nécessité de mettre à jour la réglementation est évidente pour répondre aux besoins actuels. Ainsi l'établissement d'un nouveau cadre réglementaire et institutionnel, comprenant la loi sur la production d'électricité à partir des énergies renouvelables, la création de fonds de transition énergétique et la révision du code des hydrocarbures, doit être une priorité gouvernementale. Il est également crucial de développer un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé pour atteindre les objectifs en matière d'énergies renouvelables sans surcharger le budget de l'Etat<sup>62</sup>.

## **Section 02 : Le développement des énergies renouvelables en Algérie**

La position géographique de l'Algérie offre un avantage significatif pour l'exploitation des énergies renouvelables. Elle figure parmi les pays africains et méditerranéens bénéficiant du plus grand potentiel dans ce domaine et disposant de la capacité la mieux adaptée pour développer et exploiter ce potentiel. La diversité des sources énergétiques renouvelables représente un atout majeur.

Dans cette section, nous examinerons les diverses possibilités offertes par les énergies renouvelables en Algérie.

### **1. Le potentiel des énergies renouvelables en Algérie**

#### **1.1. Le potentiel solaire :**

Vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> soit près de 3 KWh/m<sup>2</sup> au nord et dépasse 5,6 KWh/ au Grand Sud (TAMENRASSET)<sup>63</sup>. Les possibilités de l'énergie solaire du pays sont assises sur trois parties : le désert, les hauts plateaux et le Sahel ; la zone désertique occupe la scène avec une durée moyenne du rayonnement solaire d'une valeur de 3500 h/an et sa valeur est de 2650 KWh/m<sup>2</sup>/an, puis les hauts plateaux avec 3000 h/ an et sa valeur est de 1900 KWh/m<sup>2</sup>/an, et en dernier le sahel avec 2650 h/an et sa valeur est de 1700 KWh/m<sup>2</sup>/an.

**Tableau 2:** Tableau représentatif du potentiel solaire en Algérie

<b>Régions</b>	<b>Régions côtières</b>	<b>Hauts plateaux</b>	<b>Sahara</b>
<b>Superficie (%)</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>86</b>
<b>Durée moyenne D'ensoleillement (Heures/an)</b>	<b>2650</b>	<b>3000</b>	<b>3500</b>
<b>Energie moyenne Reçue (KWh/m<sup>2</sup>/an)</b>	<b>1700</b>	<b>1900</b>	<b>2650</b>

Source : Centre de Développement des Energies renouvelables (CDER)

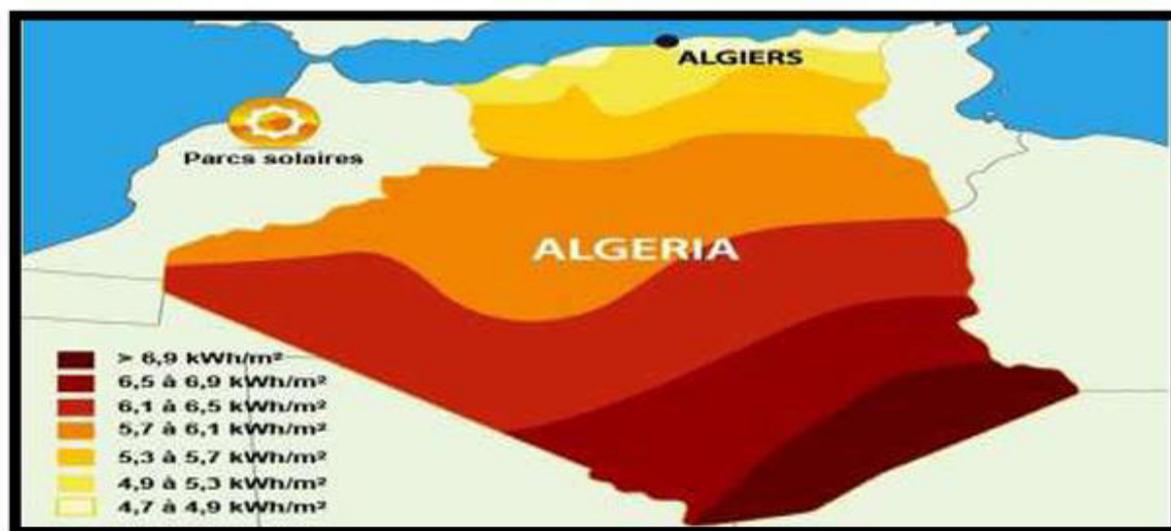
<sup>62</sup> Le ministère de l'énergie et des mines, conception et réalisation SATINFO.

<sup>63</sup> Programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie 2016 op cit p 19.

Ce potentiel peut constituer un facteur important de développement durable dans cette région s'il est exploité de manière économique ou rationnelle.

Le volet de l'énergie solaire le plus utilisé dans notre pays est le solaire photovoltaïque mais les autres volets solaires thermiques et thermodynamiques restent toujours au stade d'expérience. L'Algérie possède le potentiel pour devenir le premier producteur mondial d'électricité à base d'énergie solaire desservant l'Europe et les autres pays de l'Afrique. Le désert du Sahara dispose d'un fort potentiel solaire thermique du Sahara, équivalent à 10 fois la consommation globale mondiale, gagnerait à exploiter cet avantage comparatif pour devenir un grand producteur mondial, non pas de gaz mais d'électricité<sup>64</sup>.

**Figure 1:** Carte représentative des variations de l'ensoleillement en Algérie



Source : Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER).

Cette représentation géographique de l'évolution de l'ensoleillement en Algérie révèle une répartition inégale, en comparaison avec l'Europe où la concentration principale se trouve au nord du pays. Par exemple, le niveau moyen de rayonnement solaire en Europe de 800 kWh/m<sup>2</sup> à seulement environ 1,80 kWh/m<sup>2</sup>. L'Algérie, en tant que premier producteur de gaz naturel et possédant la deuxième plus grande réserve de gaz en Afrique après le Nigéria, envisage d'exploiter le soleil et le gaz naturel conjointement pour augmenter sa production de gaz.

De plus, la croissance continue de la consommation mondiale d'électricité, qui représentait 18% de la consommation énergétique mondiale en 2013, comparée au gaz naturel (15%), motive également le pays à développer davantage son secteur de l'énergie solaire.

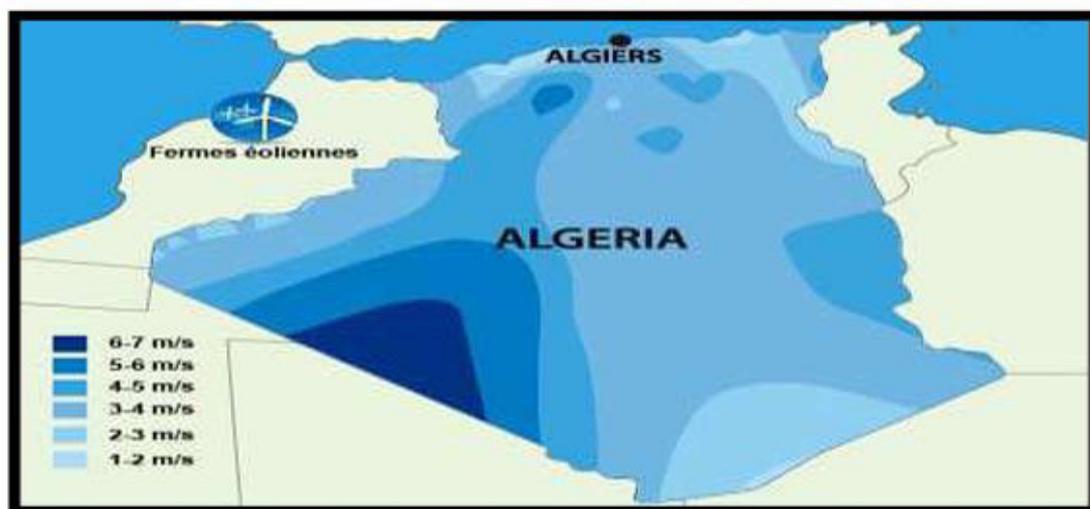
### 1.2. Potentiel éolien :

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifié. En effet, le vaste pays se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes. Le Nord méditerranéen qui est caractérisé, par un littoral de 1200 Km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas saharien. Les études montrent que le Sud algérien est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-Est avec des vitesses supérieures à 7 m/s et qui dépassent la valeur de 8/s dans la région de Tamanrasset (In Amguel). Concernant le

<sup>64</sup> Bentouba. S, « Les énergies renouvelables dans le cadre du développement durable en Algérie wilaya du grand Sud exemple », Mémoire de fin d'étude, Universitaire de Bechar-Algérie, 2007, p.183.

Nord, nous remarquons globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. Nous notons cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaïa, et Annaba, sur les hauts plateaux de Tébessa, Biskra, M'Sila et El bayadh (6 à 7 m/s), et le Grand Sud (>8m/s).

**Figure 2:** Carte géographique représentative du potentiel éolien en Algérie



Source : Centre de Développements des Energies Renouvelables (CDER)

Nous pouvons remarquer d'après cette carte géographique représentative de potentiel éolien en Algérie que l'énergie cinétique du vent constitue une ressource énergétique inépuisable mais fluctuante. Pour toute installation d'une éolienne dans un endroit, il faut d'abord une étude des caractéristiques du site considéré.

### 1.3. Potentiel hydraulique :

Les quantités globales tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 millions de m<sup>3</sup>, mais finalement profitent peu au pays : concentration sur des espaces limités, fortes évaporation, évacuation rapide vers la mer, nombre réduit de jours de précipitation. Schématiquement, les ressources de surface décroissent du nord au sud. On évolue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m<sup>3</sup> dont environ 2/3 pour les ressources en surface, 103 sites de barrages ont été recensés, et plus de 50 barrages sont actuellement en exploitation<sup>65</sup>.

En conclusion, l'Algérie disposera 139 barrages hydrauliques opérationnels sur l'ensemble de son territoire en 2024. Selon le ministère des ressources en eau, le pays compte actuellement 80 barrages en exploitation et 05 autres en cours de réalisation. Les prévisions du secteur à l'horizon 2030 sont de 139 barrages.

### 1.4. Le potentiel géothermique

L'Algérie étant le plus grand pays d'Afrique en superficie, elle dispose forcément d'un important potentiel en nappes albiennes (80 % du territoire algérien). La géothermie reste néanmoins sous exploitée en Algérie.

<sup>65</sup> Rabehi.M., « Contribution des énergies renouvelables dans le développement durable », Mémoire pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'affaire, Paris Graduateschool of Managment, juillet 2009, p.05.

La région d'étude est située dans le Sahara du pays. La compilation des données géologiques, géochimiques et géophysiques a permis d'identifier plus de 200 sources chaudes qui ont été inventoriées dans la partie Nord du pays. Un tiers environ (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45° C. Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118° C à Briska.

Des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5° C/100m. Les principales zones sont les suivantes :

- Zone de Relizane et Mascara ;
- Zone d'Aïne Boucif et Sidi Aïssa ;
- Zone de Guelma et Djebel El Onk <sup>66</sup>.

### 1.5. Le potentiel de la biomasse

Actuellement, le potentiel actuel de la biomasse en Algérie est évalué dans les recherches fournies. Avec une superficie totale de 238 174 100 hectares, le pays possède un potentiel important en énergie biomasse important en énergie biomasse, notamment dans les régions forestières et les déchets agricoles et urbains. Ce potentiel est étudié en vue de développer des filières de bois énergie et de valoriser les ressources forestières du pays pour contribuer au développement durable et à la transition énergétique vers des sources renouvelables.

#### 1.5.1. Potentiel de la forêt

Le potentiel actuel est évalué à environ 37 Millions de Tep (Tonne Equivalent de Pétrole). Le potentiel récupérable est de l'ordre de 3,7 Mtep. Le taux de récupération actuel est de l'ordre de 10%<sup>67</sup>.

#### 1.5.2. Potentiels énergétiques des déchets urbains et agricoles

La valorisation des déchets organiques et principalement des déjections pour la production du biogaz pourrait être considérée comme une solution économique, décentralisée et écologique avec une autonomie énergétique qui permettra un développement durable des zones rurales. Cinq millions de tonnes de déchets urbains et agricoles ne sont pas recyclés. Ce potentiel représente un gisement de l'ordre de 1.33 millions de Tep/an<sup>68</sup>.

## 2. Recherches et développement dans le domaine des énergies renouvelables en Algérie

L'Algérie favorise la recherche pour faire du programme des énergies renouvelables un véritable catalyseur du développement d'une industrie nationale qui valorisera les différentes potentialités algériennes (humaines, matérielles, scientifiques, etc..). Le rôle de la recherche et d'autant plus crucial qu'elle constitue un élément primordial dans l'acquisition des technologies, le développement des savoirs et l'amélioration des performances énergétiques. Pour l'Algérie, accélérer l'acquisition et le recours aux technologies essentielles notamment en matière de photovoltaïque, solaire thermique, l'éclairage, l'isolation thermique et la climatisation.

L'Etat encourage également la coopération avec les centres de recherches en vue de développer les technologies et les procédés innovant en matière d'efficacité énergétique et d'énergie

---

<sup>66</sup> Les énergies renouvelables, une priorité en Algérie, in <https://portail.cder.dz/spip.php?article1149>, consulté le 08/05/2024.

<sup>67</sup> Bilan 2010, Direction Générale des forêts

<sup>68</sup> Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie 2014, Agence Nationale des Déchets.

renouvelable. Les universités, les centres de recherches, les entreprises et les différents du programme des énergies renouvelables collaborent pour sa mise en œuvre et interviennent sur les différentes étapes de la chaîne d'innovation.

Ils valorisent ainsi d'avantage les atouts dont dispose le pays. En effet, le développement à grande échelle des énergies renouvelables et la prise en charge de la problématique de l'efficacité énergétique exigent un encadrement de qualité en ressources humaines à la hauteur des objectifs et des ambitions du programme des énergies renouvelables.

Outre les centres de recherches affiliés aux entreprises comme le Centre de Recherche et Développement de L'électricité et du Gaz (CREDEG), filiale du groupe SONELGAZ, le secteur de l'énergie et des mines compte une agence de promotion et de rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) et une société spécialisée dans le développement des énergies nouvelles et renouvelées (NEAL). Ces organismes coopèrent avec des centres de recherche scientifique parmi lesquelles figurent le( CDER) et( l'UDTS).

Le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) est chargé d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherches et de développement scientifique et technologique, des systèmes énergétiques exploitent l'énergie solaire et éolienne, géothermique et l'énergie de la biomasse.

L'unité de Développement de la Technologie du Silicium( L'UDTS) a pour mission de mener des actions de recherches scientifiques ,d'innovation technologique ,de valorisation et de formation poste graduée dans les domaines des sciences et des technologies des matériaux et dispositifs à semi-conducteurs pour les applications dans plusieurs domaines :photovoltaïque, photonique ,stockage de l'énergie , etc.( L'UDTS) contribue activement, en collaboration avec plusieurs universités algériennes au développement de savoir-faire technologique et en produits nécessaires à l'essor économique et social.

Le gouvernement algérien a créé également un institut algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (AIER) qui jouera un rôle fondamental dans les efforts de formation que déploie le pays permettent ainsi d'assurer de manière qualitative le développement des énergies renouvelables en Algérie. Les formations dispensées par cet institut couvrent notamment les domaines d'engineering, de sûreté et de sécurité, d'audit énergétique et de management des projets<sup>69</sup>.

L'Etat algérien favorise également la coopération internationale, reconnaissant son importance pour le développement de la recherche. Le soutien à la recherche et au développement dans le domaine des énergies renouvelables est une priorité nationale, considérée comme un choix stratégique pour surmonter les obstacles technologiques et proposer des solutions énergétiques nouvelles, propres et abordables. Ce soutien doit provenir tant des pouvoirs publics que du privé. Enfin, grâce à plus de 40 ans d'efforts, les prix de production d'électricité à partir de l'éolien et du solaire photovoltaïque sont devenus de plus en plus compétitifs dans plusieurs régions<sup>70</sup>.

---

<sup>69</sup> Chahddine .B, « *modernisation de la formation sur les énergies renouvelables* », Université de Tlemcen le quotidien El Wotan, 2014, p.55.

<sup>70</sup> <https://www.cder.dz> , consulté le 08/05/2024.

### **Conclusion**

L'Algérie possède un immense potentiel dans le domaine des énergies renouvelables, ce qui suscite un vif intérêt des autorités publiques pour leur développement. Cette orientation permet de répondre à divers besoins énergétiques tout en distinguant une part importante des besoins énergétiques tout en distinguant une part importante des besoins futurs du pays. En particulier, l'énergie solaire représente une opportunité considérable pour l'Algérie, étant donné son fort ensoleillement, bien que son exploitation reste sous-développée.

Le gouvernement algérien a clairement exprimé son engagement en faveur du développement des énergies renouvelables à travers le lancement d'un programme dédié et la promotion de l'efficacité énergétique. Ainsi, les énergies renouvelables deviennent une priorité nationale. Cette transition énergétique se concrétise à travers des programmes de formation, la réalisation de divers projets et la participation à des salons nationaux et internationaux axés sur la promotion de l'économie verte et du développement durable en Algérie. Ces initiatives témoignent de la volonté de l'Etat algérien d'investir dans ce secteur émergent, d'autant plus que le pays dispose d'un potentiel considérable en énergies renouvelables à l'échelle mondiale.

**CHAPITRE III : ANALYSE  
ÉCONOMÉTRIQUE DE  
L'IMPACT DES ÉNERGIES  
RENOUVELABLES SUR LA  
CROISSANCE ÉCONOMIQUE  
SUR LA PÉRIODE ALLANT  
DE 1990-2022**

## **Introduction**

Pour mieux pouvoir effectuer notre analyse, il est nécessaire de s'édifier concernant les variables ainsi que la méthodologie utilisée dans les travaux empiriques cités plus haut pour déterminer l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique.

Afin de bien faire cette étude empirique, nous allons en première partie, faire une présentation des variables et de la méthodologie que nous allons utiliser pour faire l'étude empirique et dans la deuxième partie, nous allons procéder à l'étude empirique proprement dite.

### **Section 01 : Présentation des variables et de la méthodologie.**

Dans les chapitres précédents, nous avons eu une idée générale sur les principaux facteurs faisant débat entre les économistes quant aux implications des énergies renouvelables sur l'économie. Nous allons nous servir des variables développées dans ces théories, pour évaluer l'impact des effets de ces énergies « vertes » sur la croissance économique algérienne.

Quant à la méthodologie, nous allons d'abord procéder à une explication de certaines méthodes économétriques utilisées dans le cadre des séries temporelles. A la fin de ces explications, nous allons procéder à l'étude empirique, en utilisant la méthode économétrique la plus adaptée à notre étude dans le but de fournir des résultats fiables.

#### **1. Présentation des variables :**

Dans le but de déterminer l'impact ou l'effet des énergies renouvelables sur la croissance économique de l'Algérie, nous avons utilisé dans notre étude les données annuelles de l'Algérie de 1990 à 2022 (33 observations). Pour cela, nous avons utilisé le PIB par habitant (\$ US constant de 2015) comme étant l'indicateur de la croissance économique ; les émissions du dioxyde de carbone (tonnes métriques par habitant), la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie), la consommation nationale d'énergie, et la Formation Brute de Capital Fixe (\$ US constants de 2015) considérées comme des variables exogènes.

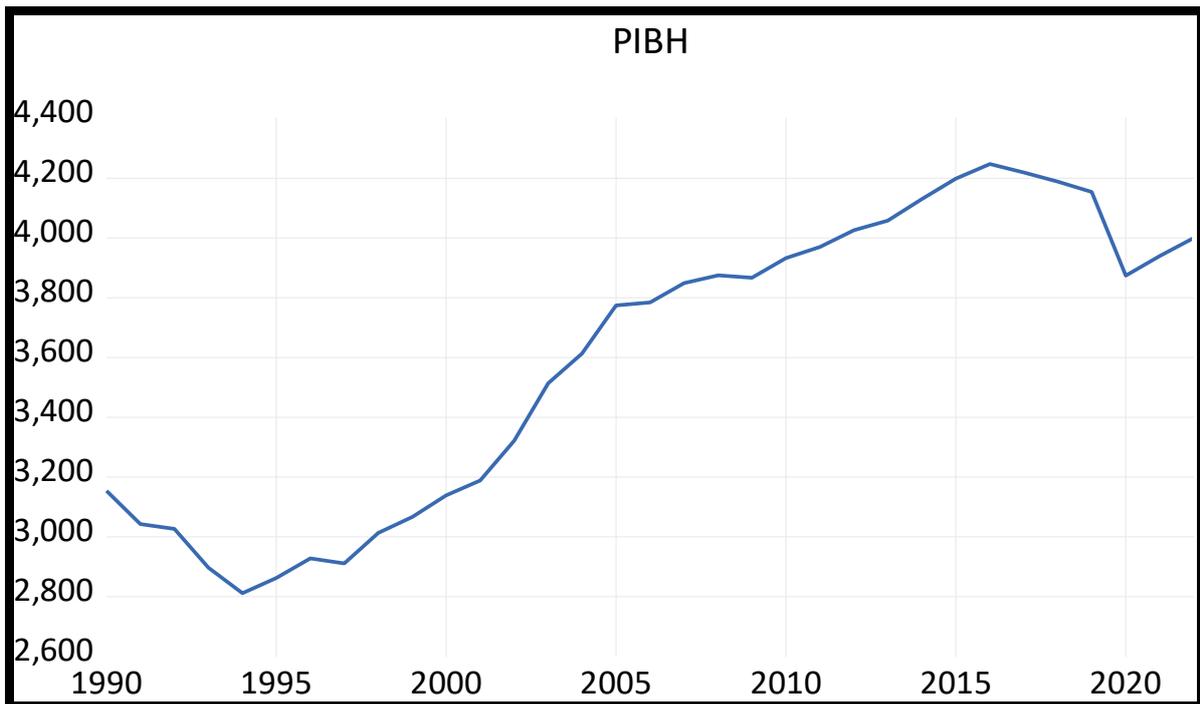
Ainsi notre modèle est composé d'une variable à expliquer (PIB/ habitant \$ US constant de 2015) et de quatre variables explicatives. Le choix des variables du modèle et de la période dépend de la disponibilité des données.

Les données du PIB à prix constant, la FBCF à prix constant, la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) proviennent de la base de données de la Banque Mondiale. La consommation nationale d'énergies sur le ministère de l'énergie et des mines à travers leurs bilans énergétiques. Quant aux émissions de CO<sub>2</sub> (tonnes métriques par habitant) ils sont extraits de la base de données de Perspective Monde : Université de Sherbrooke, Québec, Canada.

##### **1.1. Le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant \$ US constant de 2015 :**

Le PIB est le principal indicateur de mesure de la croissance économique, il reflète la santé économique et la richesse d'une nation.

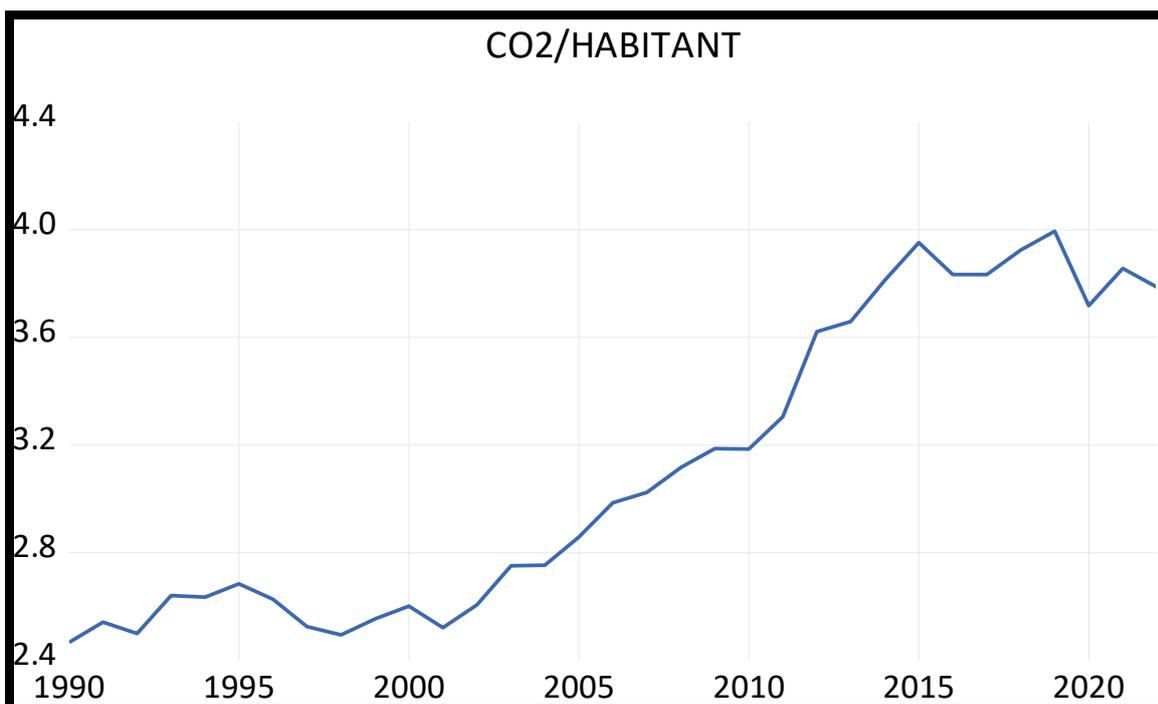
Le PIB/ habitant est une mesure économique qui représente la production totale d'un pays divisée par sa population. C'est une indication du niveau moyen de richesse générée par chaque individu dans un pays donné. Il calcule la production d'un pays par personne, souvent utilisée pour évaluer le niveau de vie et le développement d'un pays. Pour cette étude économétrique, nous l'avons choisi comme la variable à expliquer, car c'est la variation de cet indicateur qui nous renseigne sur la croissance économique.



Source : Graphe élaboré par nous-même avec les données de la Banque Mondiale

### **1.2. Emissions de CO2 (tonnes métriques/ habitant) :**

Les émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant) mesurent la quantité de dioxyde de carbone émise dans l'atmosphère par chaque individu. C'est un indicateur clé pour évaluer l'impact environnemental des populations en termes de contribution au changement climatique. Ces données permettent de comparer les niveaux d'émissions entre différents pays et de surveiller les progrès vers des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elle participe au réchauffement de la planète.

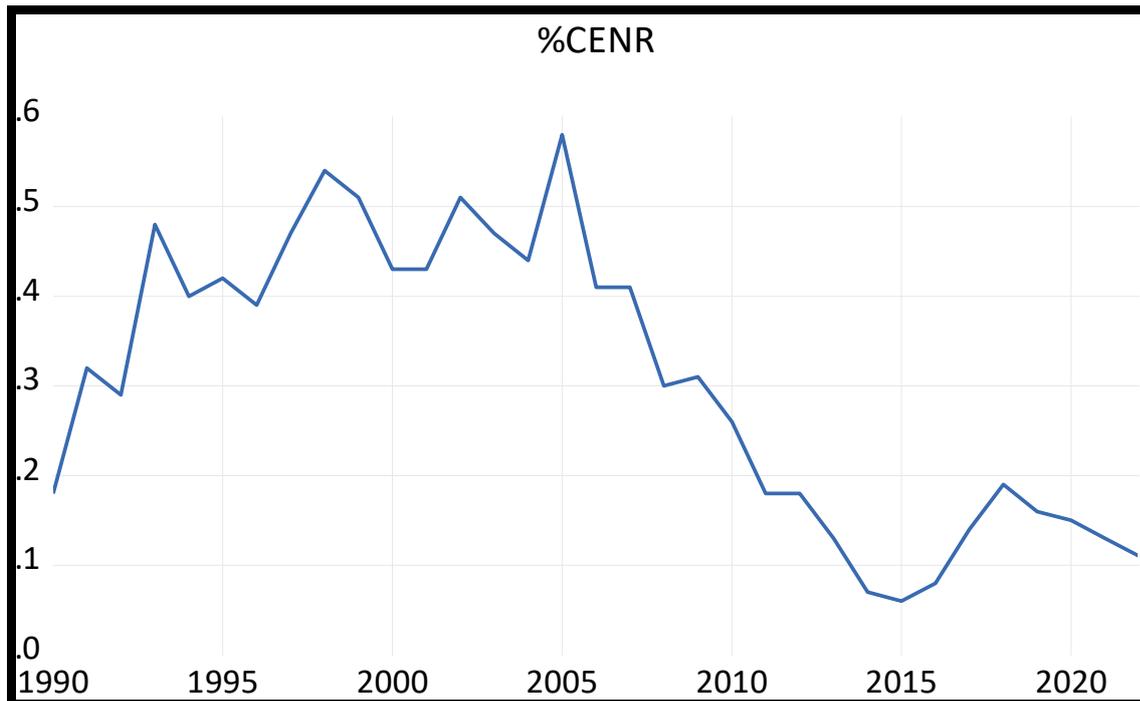


Source : Graphe élaboré par nous-même avec les données de Perspective Monde : Université de Sherbrooke

### **1.3. Consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) :**

Cette variable explicative mesure la part des énergies renouvelables utilisées, telles que l'énergie éolienne, solaire, hydraulique, géothermique et biomasse par rapport à la consommation totale d'énergie d'un pays sur une période donnée. C'est un indicateur de la transition énergétique vers des sources plus durables et respectueuses de l'environnement.

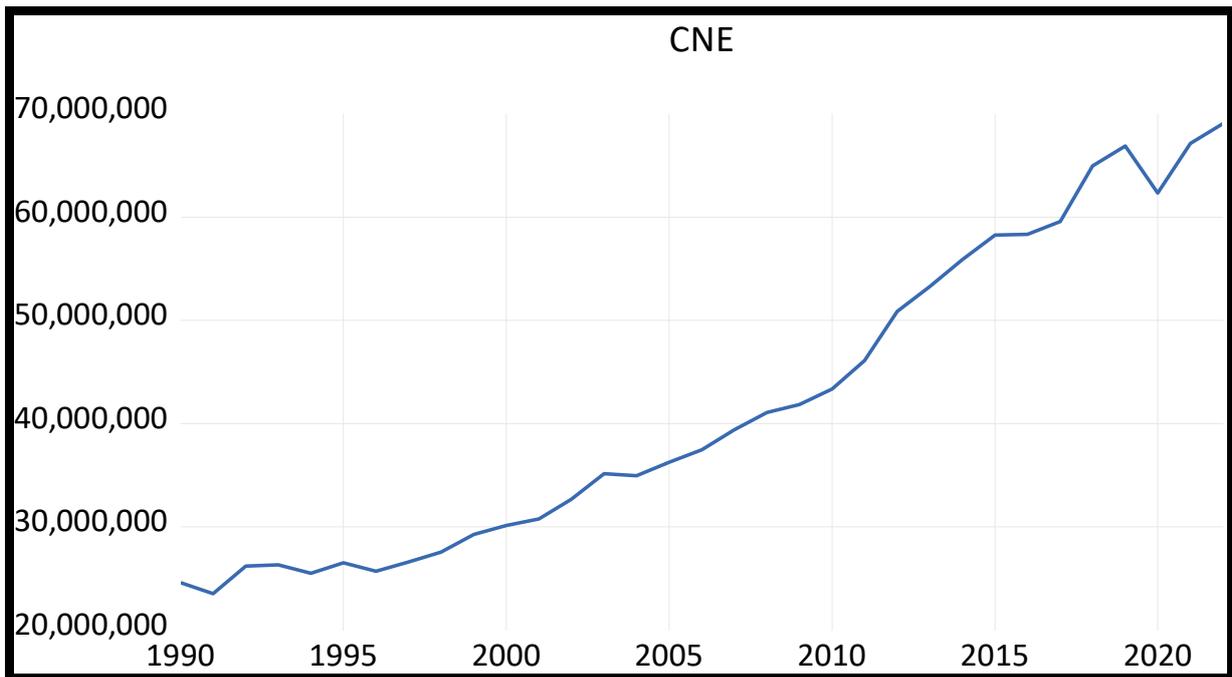
Les énergies renouvelables sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables.



Source : Graphe élaboré par nous-même avec les données de la Banque Mondiale

### **1.4. Consommation nationale d'énergie (en Mtep) :**

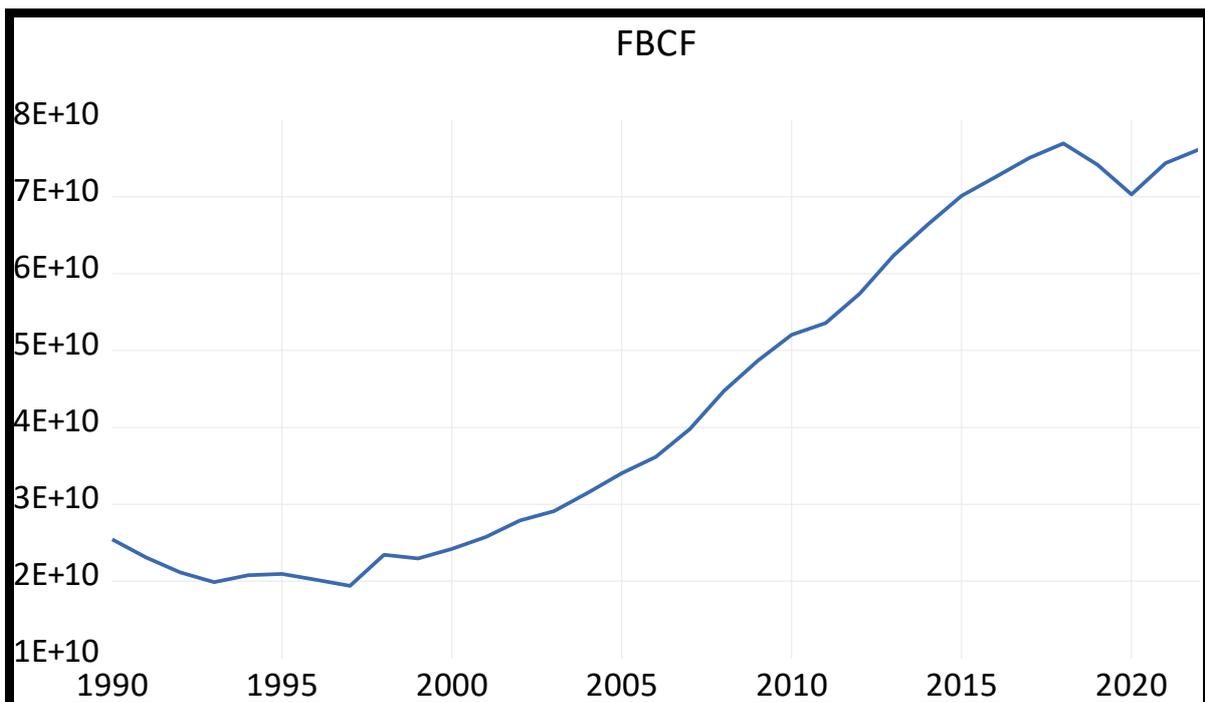
La consommation nationale d'énergie, exprimée en millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep), est la quantité d'énergie consommée par un pays, incluant les énergies produites et importées pour répondre aux besoins des utilisateurs finaux tels que l'industrie, les transports et les ménages. Elle se mesure en prenant compte la quantité totale d'énergie consommée au niveau national, incluant diverses sources d'énergie telles que le pétrole, le gaz, l'électricité, le charbon, et les énergies renouvelables. Cette mesure permet de quantifier et comparer la consommation énergétique entre différents pays ou régions.



Source : Graphe élaboré par nous-même avec les données du Ministère algérien de l'énergie et des mines

### **1.5. Formation brute de capital fixe (\$ US constants de 2015) :**

Elle est une mesure économique qui représente la valeur totale des investissements réalisés dans les actifs fixes d'un pays sur une période donnée, ajustée pour l'inflation afin de maintenir la valeur constante de la monnaie. Ces investissements comprennent la construction d'infrastructures, l'achat de machines et d'équipements, ainsi que d'autres biens durables utilisés dans la production. La FBCF est un indicateur clé de l'activité économique et du potentiel de croissance à long terme d'un pays. Cette mesure en constant \$ US permet des comparaisons temporelles en éliminant les variations de prix.



Source : Graphe élaboré par nous-même avec les données de la Banque Mondiale

## **2. Méthodologie et quelques rappels basiques utiles :**

L'économétrie est une discipline dynamique au sein de la science économique contemporaine, se concentrant sur l'analyse statistique des données économiques. Pour mener cette analyse, elle s'appuie généralement sur des modèles mathématiques établis à partir de théories économiques. L'utilisation de ces modèles nécessite inévitablement l'exploitation de données chiffrées, représentant des observations recueillies à intervalles réguliers.

Dans notre méthodologie de travail, nous commencerons par une analyse préliminaire de nos séries, puis nous examinerons la stationnarité de ces séries. Ensuite, nous évaluerons l'existence de relations de causalité entre la variable à expliquer et les variables explicatives. Enfin, nous utiliserons le modèle approprié pour étudier la relation entre nos variables.

### **2.1. L'analyse préliminaire des séries**

L'analyse préliminaire des séries nous permettra de connaître les statistiques descriptives des séries comme la moyenne, la médiane etc. Cette analyse nous renseignera sur la corrélation entre les variables.

### **2.2. Etude de la stationnarité des séries**

Avant d'analyser une série chronologique, il est important de d'abord examiner ses caractéristiques stochastiques pour déterminer si son espérance et sa variance évoluent au fil du temps. Si c'est le cas, la série est dite stationnaire, ce qui signifie qu'elle ne présente ni tendance ni stationnarité. L'objectif principal de l'étude de la stationnarité est de choisir le modèle approprié pour modéliser la série chronologique. Pour évaluer la stationnarité, plusieurs tests de Dickey Fuller et celui de Phillips Perron. Ces tests examinent la présence d'une racine unitaire dans la série et fournissent des informations sur la façon de rendre la série stationnaire.

#### **2.2.1. Le test de Dickey Fuller simple et augmenté**

➤ **Le test de Dickey Fuller simple**, considéré par hypothèse que les erreurs ont un bruit blanc. Il est basé sur trois modèles :<sup>71</sup>

- Modèle [3] qui contient la constante et la tendance du temps :  $Y_t = c + \beta_t + \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t$  ;
- Modèle [2] qui contient la constante :  $Y_t = c + \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t$  ;
- Modèle [1] qui ne contient ni la constante, ni la tendance :  $Y_t = \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t$ .

➤ **Le test de Dickey Fuller augmenté** : Le test de Dickey Fuller simple, est basé sur l'hypothèse selon laquelle, le processus est un bruit blanc. Cependant, cette hypothèse n'est toujours pas vérifiée c'est-à-dire que les erreurs peuvent être corrélées. C'est la prise en compte de la corrélation des erreurs dans l'analyse de la stationnarité qui a donné naissance au test de Dickey Fuller augmenté. Le test se déroule de la même manière que le test de Dickey Fuller simple et il est basé sur trois modèles représentés ici :

---

<sup>71</sup> Régis B. (2015), économétrie, DUNOD, paris, p.429

Modèle [4] :  $\Delta x_t = \rho x_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi \Delta x_{t-j+1} + \varepsilon_t$  ;

Modèle [5] :  $\Delta x_t = \rho x_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi \Delta x_{t-j+1} + c + \varepsilon_t$  ;

Modèle [6] :  $\Delta x_t = \rho x_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi \Delta x_{t-j+1} + c + b_t + \varepsilon_t$  .

Le retard P du retard optimal est déterminé, en prenant en compte, les valeurs minimales de Akaike ou de Schwarz.

### 2.2.2. Le test de Phillips-Perron

Le test de Philips Perron est basé sur le même modèle que celui de Dickey Fuller. A la différence du test de Dickey Fuller, le test de Phillips et Perron prend à la compte l'autocorrélation ainsi que l'hétéroscédasticité des erreurs.

### 2.3. Les processus aléatoires stationnaires

- Processus Bruit Blanc : Un processus est qualifié de bruit blanc, si les termes de ses erreurs ne sont pas corrélés et ses distributions sont homogènes et mutuellement indépendantes.
- Processus auto régressif de moyenne mobile ARMA. Ce sont des processus aléatoires stationnaires, qui tentent d'expliquer un phénomène par une combinaison de de ses propres valeurs passées et de ses erreurs passées.

### 2.4. Les processus aléatoires non stationnaires

- Les processus Trend Stationary TS :

Un processus aléatoire non stationnaire est de type TS, si son espérance dépend du temps. Son non stationnarité est de type déterministe. Pour rendre ce type de processus stationnaire, on doit retrancher de la série la tendance déterministe ou TREND<sup>72</sup>.

- Le processus Differency Stationary DS :

C'est un processus aléatoire non stationnaire, dont la variance est modifiée dans le temps. Ce type de processus devient stationnaire grâce à la différenciation entre  $Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t$ .

### 2.5. Test de causalité

Le test de causalité nous renseigne sur l'existence de la causalité entre les variables.

- Le test de causalité au sens de Granger : La base de ce test est la suivante : Une série cause une autre série, si la connaissance des résultats passés de la première, améliore la prévision de la seconde, mais ce test n'est utilisé que sur des séries stationnaires ou stationnarisées<sup>73</sup>.
- Le test de causalité de SIMS : Ce test est aussi utilisé pour des séries strictement stationnaires et admet comme hypothèse : une série peut être reconnue comme causale pour une autre série, si les innovations de la première contribuent à la variance d'erreurs de prévision de la seconde. En d'autres termes si les valeurs futures de la série permettent d'améliorer les prévisions de la variable à expliquer.<sup>74</sup>

<sup>72</sup> Régis B, op cit, p.245.

<sup>73</sup> Ibid., p.292

<sup>74</sup> Régis B, op cit, p.293

- Le test de causalité de Toda et Yamamoto : Ce test de causalité est une amélioration des deux tests précédents. Il permet de tester la causalité entre des séries non stationnaires ou encore des séries mixtes. Le test se déroule de la manière suivante :<sup>75</sup>
- Détermination de l'ordre d'intégration maximale des séries  $Dmax$ .
- Spécifications du retard optimal  $K$  pour le VAR en niveau en faisant recours aux critères d'information d'AIC SIC.
- Estimation du VAR en niveau augmenté  $P = K + Dmax$ .
- Interprétation des résultats sur le sens de la causalité :  $H_0 = X_c^2 < X_t^2$  ou si Probabilité de  $X^2 > 5\%$  alors absence de causalité entre les variables mais  $H_1 = X_c^2 < X_t^2$ ; ou si Probabilité de  $X^2 < 5\%$  alors il y a causalité entre les deux variables avec  $X^2$  qui est basé sur la statistique de Wald et est distribué en tenant compte du degré de liberté.

Dans le cadre de notre étude empirique, nous allons utiliser le test de causalité de Toda et Yamamoto, afin de déterminer la causalité entre notre variable dépendante et les variables indépendantes.

### **2.6. Spécification du modèle économétrique convenable**

Une fois l'analyse de la stationnarité terminée et en fonction de ses résultats, nous sélectionnerons le modèle approprié pour notre étude empirique. En tenant compte de cette analyse trois (03) scénarios peuvent se présenter.

#### **2.6.1. Toutes les séries sont stationnaires**

Si toutes les séries sont stationnaires, nous pouvons faire une estimation travers la Méthode des moindres carrés ordinaire MCO d' :

- Un modèle de régression simple : C'est un modèle dans lequel, on explique une variable économique par une seule autre variable économique. Il est spécifié de la manière suivante :<sup>76</sup>  $Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t$  où  $Y_t$  est la variable expliquée et  $X_t$  la variable explicative ;
- Un modèle de régressions multiples : C'est un modèle similaire au modèle de régression simple. Dans ce modèle la seule différence est qu'il y a plusieurs variables explicatives donc le modèle est spécifié de la manière suivante  $Y_t = a_0 + a_1 X_{1t} + a_2 X_{2t} + \dots + a_{kt} + \varepsilon_t$  où  $X_k$  représente les variables explicatives ;
- Un modèle vecteur auto régressif (VAR) : Le modèle VAR est la généralisation du modèle auto régressif AR. C'est un modèle de vecteur auto régressive, dans lequel on explique une variable par ses propres valeurs passées et la valeur passé d'autres variables explicatives. Ce modèle a été développé dans les années 1980 par Sims et

---

<sup>75</sup> Jonas K. (2018), "Modélisation ARDL, test de cointégration aux bornes et Approche de Toda Yamamoto : éléments de théorie et pratiques sur logiciels " Université de Kinshasa, Kinshasa, P.11

<sup>76</sup> Régis B, op cit, pp.17-18

spécifié par  $Y_t = A_0 + A_1Y_{t-1} + A_2Y_{1t-2} + A_2Y_{2t-3} \dots + A_pY_{kt-p} + v_t$  où représente  $Y_k$  les variables explicatives.

### 2.6.2. Les séries sont non stationnaires et intégrées du même ordre

En cas de non stationnarité de toutes les séries et si les séries sont intégrées du même ordre nous pouvons estimer soit :

- Un modèle à correction d'erreur (ECM) : Ce modèle a été développé par Engel et Granger en 1987, permettant de tester l'existence d'une relation de long terme à travers la cointégration, pour des séries intégrées du même ordre. La cointégration permet, de détecter l'existence d'une relation de long terme entre deux variables ou plusieurs variables. Dans le modèle ECM, nous détectons l'existence d'une seule relation de long terme entre les variables. La relation de long terme est spécifiée de la manière suivante<sup>77</sup>:  $Y_t = \beta_0 + \beta_1X_t + \varepsilon_t$  ; cette relation n'est valide que si  $\varepsilon_t$  est stationnaire avec  $\varepsilon_t = Y_t - \beta_0 - \beta_1x_t$  et le modèle ECM<sup>78</sup>serait :  $\Delta Y_t = \gamma \Delta X_t + \delta(Y_{t-1} - \beta_1X_{t-1} - \beta_0)$ ; avec  $\delta$  le coefficient à correction d'erreur qui doit forcément être négatif. Si  $\varepsilon_t$  est jugé non stationnaire, alors il n'existe pas de relation de long terme. En cas de non intégration, on estime alors une relation de court terme, spécifié de la manière suivante :  $\Delta Y_t = a_0 + a_1 \Delta X_t + \varepsilon_t$ ;
- Le modèle de vecteur à correction d'erreur (VECM)<sup>79</sup> : Le VECM est une amélioration du modèle ECM développé par Johansen (1991). Contrairement au modèle ECM qui détermine l'existence d'une seule relation de long terme, le modèle VECM permet de déterminer l'existence plusieurs relation de long terme entre les variables. Mais, elle exige préalablement que les variables soient intégrées du même ordre. La spécification du modèle VECM dépend du type de processus des séries. Ils sont au nombre de 5.

### 2.6.3. Les séries ont des ordres d'intégrations différentes.

- Le modèle auto régressive à retard échelonné (ARDL) : Il s'agit d'un modèle permettant d'expliquer une variable par ses propres valeurs passées qui est la partie AutoRegressive (AR) et les valeurs passées d'autres variables qui sont considérées comme variables explicatives (DL : Distributed Lag ou retards échelonnés). Ce modèle a été développé par Pesaran M.H., et al.<sup>80</sup>, afin de combler les lacunes du modèle VECM. Le modèle ARDL, permet de tester une relation de long terme entre des séries qui ne sont pas intégrées du même ordre, à condition que l'ordre d'intégration de toutes les séries soit inférieur à 2. Le modèle ARDL permet, de donner des résultats fiables avec des échantillons réduits, contrairement aux autres modèles. Il permet aussi de donner les résultats sous forme d'équation simple facilement interprétable. Afin de mener une étude avec un modèle ARDL nous devons<sup>81</sup>:

- Nous assurer qu'aucune série n'a un ordre d'intégration supérieur à 1 ;

<sup>77</sup> Ibid, p.303.

<sup>78</sup> Ibid.

<sup>79</sup> Abderrahmani, F. (2017-2018), "guide pratique des séries temporelles macroéconomiques et Financière", Cours, Université de Bejaïa, Bejaia, p.44

<sup>80</sup> Ibid, p.55

<sup>81</sup> Abderrahmani, F, op cit, pp.55-57

- Spécifier les retards des variables du modèle ARDL qui minimise les critères d'informations d'Akaike (AIC), celui de Schwarz Bayesian Criterion (SBC).

Le modèle ARDL peut être spécifié de la manière suivante :  $X_t = \varphi + a_0X_{t-1} + \dots + a_pX_{t-p} + b_0Y_t + \dots + b_qY_{t-p} + \varepsilon_t$ ;

- Tester l'existence d'une relation de long terme entre la variable dépendante et les variables indépendantes. Ce test s'effectue grâce à la statistique du test F-stat ou statistique de Wald qu'on compare aux deux bornes. A savoir CV-I(1) qui représente la borne supérieure et CVI(0) qui est la borne inférieure. **Si F-stat > CV-I(1)**, alors l'hypothèse nulle est rejetée, il y'a cointégration mais si **F-stat < CV-I(0)**, alors l'hypothèse nulle est acceptée il n'y a pas de relation de long terme ;

- Une fois que l'existence de la relation de long terme fut déterminée, nous déterminons alors le modèle ECM, qui nous renseigne sur la dynamique à court terme ;

- La validation du modèle se fait par les tests sur les résidus. Le test d'hétéroscédasticité, de normalité, le test sur la spécification de Ramsey et le test de stabilité du modèle (CUSUM).

**Dans le cadre de notre étude empirique, nous utiliserons dans un premier temps une spécification de type ARDL compte tenue de la taille de notre échantillon et de l'ordre d'intégration des séries, et dans un second temps, le modèle ARDL non linéaire qui pourrait nous fournir des résultats plus précis.**

- Le modèle non linéaire, auto régressive à retard échelonné (NARDL) : Le modèle NARDL, a été développé par Shin, Yu, et Greenwood-Nimmo<sup>82</sup> et constitue une généralisation asymétrique du modèle ARDL. Ce modèle permet, de tester l'existence d'une relation entre les variables non linéaires. C'est un modèle qui permet aussi, de corriger certaines lacunes du modèle ARDL dont l'estimation se fait seulement avec des variables linéaires. Le modèle NARDL, permet de montrer, l'effet asymétrique des variables explicatives sur la variable à expliquer, dans les relations à long et à court terme<sup>83</sup>. Ce modèle, est généralement utilisé pour des séries qui ont des variations irrégulières.

## **Section 2 : Estimation empirique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique en Algérie**

La principale intention de cette deuxième section est de conduire à l'étude empirique proprement dite sur la relation entre les énergies renouvelables et la croissance économique de l'Algérie, en utilisant la méthodologie spécifiée dans la première section de ce chapitre.

### **1. Analyses préliminaires**

#### **1.1. Spécification du modèle**

Au cours de notre étude empirique, le modèle sera spécifié de la manière suivante :

---

<sup>82</sup> Sahi F. ((2021) "construction d'un modèle économétrique de la consommation des ménages en Algérie entre 1970-2020 " mémoire, Université de Bejaïa, Bejaia, p.60

<sup>83</sup> Sahi, F, op cit, p.60

### *Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022*

$$\text{PIBH}_t = c + \alpha_1 \text{CO2\_HABITANT}_t + \alpha_2 \text{\_CENR}_t + \alpha_3 \text{CNE}_t + \alpha_4 \text{FBCF}_t + \varepsilon_t.$$

Pour simplifier l'analyse de nos séries, nous allons convertir nos variables en logarithmes. Cette transformation nous aidera à éviter les problèmes d'hétéroscédasticité et nous permettra d'interpréter les résultats en termes d'élasticité.

Notre nouveau modèle sera ainsi conduit :

$$L(\text{PIBH})_t = c + \alpha_1 L(\text{CO2\_HABITANT})_t + \alpha_2 L(\text{\_CENR})_t + \alpha_3 L(\text{CNE})_t + \alpha_4 L(\text{FBCF})_t + \varepsilon_t.$$

Dans cette fonction :

$L(\text{PIBH})_t$  : représente le logarithme du Produit Intérieur Brut par habitant \$ US constant de 2015 ;

$L(\text{CO2\_HABITANT})_t$  : représente le logarithme des émissions de CO<sub>2</sub> (tonnes métriques par habitant) ;

$L(\text{\_CENR})$  : représente le logarithme de la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) ;

$L(\text{CNE})$  : représente le logarithme de la consommation nationale d'énergie (en Mtep) ;

$L(\text{FBCF})$  : représente le logarithme de la formation brute de capitale fixe (\$ US constant de 2015) ;

$\varepsilon_t$  : désigne le résidu d'estimation ;

$c$  désigne la variation du PIBH au temps  $t$  lorsque les variables explicatives sont à l'origine ;

$\alpha_1$ ;  $\alpha_2$  ;  $\alpha_3$  et  $\alpha_4$  représentent les élasticités de chaque variable par rapport à la variable endogène.

L'estimation de notre modèle par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) nous a procuré les résultats suivants :

**Tableau 3:** Résultat de l'estimation par les MCO( Moindres Carrés Ordinaires)

Dependent Variable: LPIBH				
Method: Least Squares				
Date: 05/11/24 Time: 14:08				
Sample: 1990 2022				
Included observations: 33				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.309005	1.398691	-0.220924	0.8268
LCO2_HABITANT	-0.135892	0.211679	-0.641970	0.5261
L_CENR	0.051206	0.021503	2.381306	0.0243
LCNE	-0.178228	0.122400	-1.456107	0.1565
LFBCF	0.485066	0.080816	6.002110	0.0000
R-squared	0.935111	Mean dependent var		8.177050
Adjusted R-squared	0.925841	S.D. dependent var		0.142010
S.E. of regression	0.038672	Akaike info criterion		-3.528655
Sum squared resid	0.041875	Schwarz criterion		-3.301911
Log likelihood	63.22280	Hannan-Quinn criter.		-3.452362
F-statistic	100.8765	Durbin-Watson stat		0.748471
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

$$LPIBH = -0,30 - 0,13LCO2\_HABITANT + 0,05L\_CENR - 0,17LCNE + 0,48LFBCF + \varepsilon_t$$

Fisher stat = 100,87 ; DW= 0,76 et R<sup>2</sup>= 0,93 soit 93%.

➤ Interprétation statistique et économique des résultats de cette MCO :

- Les résultats de l'analyse par la méthode des moindres carrés ordinaires indiquent que la constante, LCO2\_HABITANT, et LCNE de notre modèle ne sont pas significatifs. Leurs statistiques t de student sont toutes inférieures aux valeurs critiques de 5% (1,96), et leurs valeurs p associées sont supérieures à 5%. Par conséquent dans le cadre de notre modèle MCO, ces résultats ne sont pas statistiquement valables ou significatifs.
- Cependant, les résultats du L\_CENR, LFBCF sont statistiquement significatifs dans l'explication de la variation du LPIBH, car leurs statistiques calculées sont toutes supérieures à leurs statistiques de student tabulées au seuil de 5%(1,96) et leurs probabilités associées à student sont supérieures à 5% et économiquement interprétables parce que si CENR et FBCF augmentent de 1% alors le PIBH va croître de 0,05% et 0,48%.
- La statistique Fisher calculée qui ait 100,87 est largement supérieur à la valeur tabulée toujours au seuil de 5%. En conclusion, il existe au moins une variable explicative dans notre modèle qui explique la variation du PIB. Le modèle est globalement significatif.

- La variation des variables explicatives explique à 93% la variation du PIBH autrement dit la variabilité totale du PIBH est expliquée à 93% par les variations des LCO2\_HABITANT, L\_CENR, LCNE et LFBCF ; car le coefficient de détermination est de 93%. L'ajustement du modèle est presque parfait.
- Enfin, le coefficient de Durbin-Watson indique une autocorrélation des erreurs, ce qui suggère que notre modèle est une régression incorrecte appelée aussi fausse régression. Cette notion de régression incorrecte se réfère à un modèle avec des résultats statistiques apparemment solides, mais qui est mal spécifié. Si  $R^2$  est supérieure à D-W, nous parlerons de notion de fausse régression.

### 1.2. Analyse de la matrice de corrélation des variables

La matrice de corrélation révèle l'intensité et la direction de la relation linéaire entre les variables. Les coefficients de corrélation compris entre -1 et 1, indiquent la force et la nature de cette relation. Un coefficient proche de 1 indique une forte corrélation positive, tandis qu'un coefficient proche de -1 indique une forte corrélation négative. Un coefficient proche de 0 suggère une absence de corrélation linéaire entre les variables. Voici comment se présente la matrice de corrélation pour nos variables :

**Tableau 4:** Matrice de corrélation des variables

Correlation					
	LPIBH	LCO2_HABI...	L_CENR	LCNE	LFBCF
LPIBH	1.000000	0.899241	-0.698497	0.922258	0.952441
LCO2_...	0.899241	1.000000	-0.837401	0.972647	0.973111
L_CENR	-0.698497	-0.837401	1.000000	-0.770857	-0.812458
LCNE	0.922258	0.972647	-0.770857	1.000000	0.981758
LFBCF	0.952441	0.973111	-0.812458	0.981758	1.000000

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

Comme nous étudions l'évolution du PIB/HABITANT, nous nous concentrons sur l'analyse de la corrélation entre le PIBH et les autres variables. La matrice de corrélation révèle une forte corrélation positive entre le PIBH et les autres variables, à l'exception de la variable L\_CENR, dont le coefficient est de signe négative (forte corrélation négative).

Ainsi, nous pouvons conclure que ces variables explicatives évoluent généralement dans le même sens que le PIBH, à l'exception du L\_CENR qui semble avoir une faible corrélation linéaire négative avec le PIBH.

### 1.3. Analyse descriptive des variables

Cette analyse nous fournit des informations sur la moyenne, la médiane et d'autres données complémentaires de nos séries. Le tableau ci-dessus présente les statistiques descriptives des variables.

**Tableau 5:** Statistique descriptive des séries

	LPIBH	LCO2_HABI...	L_CENR	LCNE	LFBCF
Mean	8.177050	1.118645	-1.353204	17.48523	24.37548
Median	8.238355	1.093650	-1.171183	17.43881	24.31053
Maximum	8.353790	1.384894	-0.544727	18.05053	25.06625
Minimum	7.941198	0.902746	-2.813411	16.97379	23.68816
Std. Dev.	0.142010	0.175948	0.647915	0.356079	0.510825
Skewness	-0.344061	0.275747	-0.673720	0.179345	0.077985
Kurtosis	1.506071	1.442760	2.312989	1.604533	1.396379
Jarque-Bera	3.719837	3.752571	3.145417	2.854482	3.569398
Probability	0.155685	0.153158	0.207482	0.239970	0.167848
Sum	269.8427	36.91529	-44.65573	577.0127	804.3907
Sum Sq. Dev.	0.645340	0.990650	13.43340	4.057342	8.350136
Observations	33	33	33	33	33

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

La moyenne de nos variables économiques telles que le LPIBH, LCNE, LFBCF se situe entre 8 et 25, tandis que LCO2\_Habitant et L\_CENR sont situés entre 1 et -1.

L'écart type (Standard deviation), révélant la dispersion de nos séries par rapport à la moyenne, indique une faible dispersion autour de cette dernière. De plus, la probabilité de Jarque-Bera, inférieure à 5 %, suggère que les variables suivent une distribution normale.

#### 1.4. Analyse stochastique des séries

Cette analyse nous permettra de faire un aperçu sur la stationnarité de nos variables autrement dit, d'examiner la stationnarité de nos variables :

- **Analyse du graphe et du corrélogramme :** Avant d'entamer l'analyse numérique, cette étude préliminaire nous aidera à évaluer l'ordre d'intégration des variables : cette analyse précède l'analyse numérique.
  - Le graphe<sup>84</sup>des variables économiques montrent qu'elles possèdent toutes une tendance à la hausse, donc elles peuvent être non stationnaires. Leurs stationnarités sont mises en question (jugement graphique).
  - Le corrélogramme à niveau<sup>85</sup> des variables économiques montre une décroissance graduelle de la fonction d'autocorrélation avec des probabilités toutes inférieures à 0,05(5%), ce qui suggère qu'elles ne sont pas des bruits blancs et pourraient être non stationnaires en niveau.
  - Le corrélogramme en différences <sup>86</sup>; Le variables PIBH, LCO2\_HABITANT,L\_CENR et FBCF possèdent des probabilités supérieures à 0,05(5%) et leurs fonctions autocorrélation et autocorrélation partielle ont à l'intérieur de l'intervalle. En conclusion, ces variables deviennent stationnaires en différences. (1<sup>ère</sup> différence)

<sup>84</sup> Annexe 01

<sup>85</sup> Annexe 02

<sup>86</sup> Annexe 03

## Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022

### ➤ Analyse numérique de la stationnarité des variables :

Après avoir visualisé graphiquement la stationnarité de nos variables, nous passons maintenant à une analyse numérique de la stationnarité en utilisant la méthode de Dickey Fuller et Philips-Perron.

Nous procéderons au test de stationnarité de Dickey Fuller. Les résultats de ce test <sup>87</sup> sont résumés dans le tableau N° 06.

Conformément aux résultats du test ADF, toutes les variables se révèlent non stationnaires en niveau. Elles seront stationnaires après différenciation.

**Tableau 6:** Résultats du test de Dickey-Fuller

Modèles  Variables	ADF en niveau								Conclusion	ADF en différence		Ordre (I)
	Modèle 3				Modèle 2		Modèle 1			Modèle 1;2ou 3		
	B	T <sub>ADF</sub>	$\phi$	T <sub>ADF</sub>	c	T <sub>ADF</sub>	$\Phi$	ADF		$\Phi$	ADF	
<b>LPIBH</b>	1,09	2,79			0,54	2,54	1,41	-1,95	<b>DSSD</b>	-3,57	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>LCO2_HABITANT</b>	1,46	2,79			0,87	2,54	2,18	-1,95	<b>DSSD</b>	-8,10	-1,95	<b>I(2)</b>
<b>L_CENR</b>	-2,07	2,79			-0,91	2,54	-0,08	-1,95	<b>DSSD</b>	-5,14	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>LCNE</b>	3,05	2,79	-2,95	-3,55		2,54	4,64	-1,95	<b>DSAD</b>	-4,89	-3,56	<b>I(1)</b>
<b>LFBCF</b>	0,72	2,79			-0,44	2,54	3,13	-1,95	<b>DSSD</b>	-2,17	-1,95	<b>I(1)</b>

Source : Tableau établi par nous-même à l'aide d'Eviews12

Les variables LPIBH, LCO2\_HABITANT, L\_CENR et LFBCF sont considérées, comme des processus DS sans dérive, car leurs trends et leurs constantes sont non significatives ; ils sont inférieurs à la valeur critique de la table ADF. Ils deviennent stationnaires en 1<sup>ère</sup> différence sauf la variable LCO2\_HABITANT qui devient stationnaire en deuxième différence au seuil de 5% mais au seuil de 10%, il est stationnaire en première différence.

La variable exogène LCNE possède une tendance mais devient stationnaire en première différence. C'est une DS avec dérive.

<sup>87</sup> Annexe 04

➤ **L'analyse de la stationnarité par la méthode de Phillips- Perron<sup>88</sup>:**

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous. Toutes les variables sont non stationnaires en niveau et deviennent stationnaires en première différence (Dès la 1<sup>ère</sup> différenciation). Cela favorise le test de cointégration de Pesaran et al.

**Tableau 7:** Résultats du test de Phillips-Perron

Modèles  Variables	Test Phillips-Perron en niveau										Test PP en différence		Ordre (I)
	Modèle 3				Modèle 2				Modèle 1		Modèle 1		
	$\beta$	$T_{pp}$	$\phi$	$T_p$ $p$	$c$	$T_{pp}$	$\phi$	$T_{pp}$	$\phi$	$T_{pp}$	$\phi$	$T_{pp}$	
<b>LPIBH</b>	1,09	3,18			0,54	2,89			1,63	-1,95	-3,59	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>LCO2_HABITANT</b>	1,46	3,18			0,87	2,89			2,10	-1,95	-5,16	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>L_CENR</b>	-3,08	3,18			-0,91	2,89			-0,14	-1,95	-5,14	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>LCNE</b>	3,05	3,18			-0,27	2,89			4,64	-1,95	-3,98	-1,95	<b>I(1)</b>
<b>LFBCF</b>	3,66	3,18			-0,44	2,89			2,31	-1,95	-3,19	-1,95	<b>I(1)</b>

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

- ❖ Avant de passer à d'autres tests, il est impératif pour nous de changer notre modèle économétrique car en effectuant l'estimation par la MCO nous remarquons que la variable explicative LCO2\_HABITANT perturbe notre équation.

Dans les autres études déjà faites, cette variable est utilisée pour déterminer l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique, mais cela ne serait pas possible dans le cas de l'Algérie. Nous concluons donc que cette perturbation est due à la non fiabilité des données de cette variable.

Dans ce cas, notre nouveau modèle est élaboré ainsi :

$$LPIBH = c + L\_CENR + LCNE + LFBCF + \varepsilon t$$

$$LPIBH = 0,51 + 0,05 L\_CENR - 0,21LCNE + 0,47LFBCF + \varepsilon t$$

<sup>88</sup> Annexe 05

**Tableau 8:** Nouvelle estimation par la méthode des MCO

Dependent Variable: LPIBH Method: Least Squares Date: 05/11/24 Time: 14:12 Sample: 1990 2022 Included observations: 33				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.519195	0.534868	0.970697	0.3397
L_CENR	0.058077	0.018460	3.146061	0.0038
LCNE	-0.219602	0.102999	-2.132069	0.0416
LFBCF	0.474913	0.078446	6.054023	0.0000
R-squared	0.934156	Mean dependent var	8.177050	
Adjusted R-squared	0.927344	S.D. dependent var	0.142010	
S.E. of regression	0.038278	Akaike info criterion	-3.574649	
Sum squared resid	0.042492	Schwarz criterion	-3.393254	
Log likelihood	62.98171	Hannan-Quinn criter.	-3.513615	
F-statistic	137.1448	Durbin-Watson stat	0.755728	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Après réestimation, nous constatons que toutes les variables explicatives sont toutes significatives sauf la constante. Leurs statistiques de t Student (en valeurs absolues) sont largement supérieures à la valeur 1,96 avec des probabilités inférieures à 0,05. Les variables sont économiquement interprétables ; la nouvelle estimation nous montre l'influence positive des variables L\_CENR et LFBCF sur le PIBH et l'influence négative de la consommation nationale d'énergie sur le PIBH, où une variation positive de cette variable peut impacter le produit intérieur brut par habitant, révélant que la croissance économique en Algérie ne dépend pas beaucoup de ces énergies. Nous pouvons l'expliquer, par le fait qu'il y'a du gaspillage dans cette énergie alors elle n'est pas utilisée en totalité, pour accroître la production industrielle et économique du pays. Un changement au niveau de la F- Stat qui ait de 137,14 largement supérieure à la Fisher tabulée et avec une probabilité inférieure à 5%.

Bien que les indices de qualité de notre modèle soient élevés, le coefficient de Durbin-Watson nous montre que notre modèle est toujours une fausse régression, car notre coefficient de détermination ( $R^2$ ) est toujours supérieur à D-W qui est estimée à 0,75.

## 2. Analyse de la causalité des séries de Toda- Yamamoto

La méthode de Toda et Yamamoto vise à surmonter certains défis associés aux tests de causalité de Granger traditionnels, en particulier lorsqu'il s'agit de séries non stationnaires ou intégrées d'ordres différents. La méthode repose sur l'estimation d'un modèle vectoriel autorégressif (VAR) augmenté de l'ordre maximal d'intégration des séries en question. Elle offre une approche robuste pour tester les relations de causalité entre des séries temporelles, particulièrement utile lorsque les séries sont non stationnaires et permet d'éviter les problèmes de spécification incorrecte liés aux tests de causalité de Granger traditionnels et propose des résultats plus fiables dans un cadre VAR.

Vu que toutes les séries ne sont pas stationnaires dans ce cas, nous allons utiliser ce test si les variables explicatives sont des causes de notre variable à expliquer.

La procédure de Toda et Yamamoto se réalise en deux étapes comme suites : Tout d'abord, il s'agit de déterminer l'ordre d'intégration maximal (max d) des séries et le nombre de retards optimal (k) du processus VAR en niveau. Cette étape est réalisée en utilisant les tests de stationnarité tels que le test de Dickey-Fuller augmenté(ADF) ou le test de Phillips-Perron(PP). Ensuite, il faut estimer un modèle VAR en niveau augmenté d'ordre  $p = k + d_{max}$ . Si les séries sont stationnaires, aucun retard additionnel n'est introduit dans le VAR, et la procédure de test suit l'approche standard. En revanche, si les séries sont intégrées d'ordre un, alors un seul retard supplémentaire est introduit dans le modèle. Dans notre cas, toutes les variables sont intégrées d'ordre 1 donc  $d_{max}=1$ .

## 2.1. Analyse de la causalité de Toda et Yamamoto sans la variable CO2\_HABITANT

### 2.1.1. Détermination de l'ordre du modèle VAR en utilisant les critères d'AIC et Schwartz :

Selon le principe de parcimonie le retard optimal  $p^*=1$ <sup>89</sup>

### 2.1.2. Estimation d'un VAR (1)<sup>90</sup>

### 2.1.3. Estimation un modèle VAR en niveau augmenté d'ordre $p = k + d_{max}$ :<sup>91</sup>

Dans notre cas,  $P=2$  c'est-à-dire 1 pour l'ordre d'intégration et 1 pour l'ordre du modèle VAR.

**Tableau 9:** Résultats du test de Toda-Yamamoto sans la variable CO2\_HABITANT

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests			
Date: 05/21/24 Time: 09:48			
Sample: 1990 2022			
Included observations: 31			
Dependent variable: LPIBH			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
L_CENR	0.156724	1	0.6922
LFBCF	2.224017	1	0.1359
LCNE	0.661532	1	0.4160
All	3.056526	3	0.3830
Dependent variable: L_CENR			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	0.845492	1	0.3578
LFBCF	2.209249	1	0.1372
LCNE	0.005370	1	0.9416
All	2.288520	3	0.5147

<sup>89</sup> Annexe 06

<sup>90</sup> Annexe 07

<sup>91</sup> Annexe 08

Dependent variable: LFBCF			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	0.417265	1	0.5183
L_CENR	1.034163	1	0.3092
LCNE	2.349690	1	0.1253
All	3.356702	3	0.3398
Dependent variable: LCNE			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	0.015280	1	0.9016
L_CENR	0.524373	1	0.4690
<b>LFBCF</b>	<b>4.566379</b>	<b>1</b>	<b>0.0326</b>
All	5.559714	3	0.1351

**Source :** Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

En conclusion, seule la formation brute de capital fixe(FBCF) qui cause la consommation nationale d'énergie (CNE) à long terme. Aucun lien de causalité de long terme entre les autres variables du système car les probabilités associées sont toutes supérieures au seuil de 5%.

## 2.2. Analyse de la causalité de Toda et Yamamoto avec la variable CO2\_HABITANT

La même procédure est appliquée au vecteur des variables en intégrant le CO2 par habitant.

### 2.2.1. Détermination de l'ordre du modèle VAR<sup>92</sup>

Dans cette partie, nous retenons **P\*=3** selon le critère FPE (Final Prediction Error) ; pour l'autre critère AIC et SC, **P\*=4**.

Nous ne pouvons pas estimer ce modèle puisque le nombre d'observations est faible.

### 2.2.2. Estimation du modèle VAR(3)<sup>93</sup>

### 2.2.3. Estimation du modèle VAR augmenté d'ordre $p=k+dmax$ <sup>94</sup>

**Tableau 10:** Résultat du test de causalité de Toda-Yamamoto avec la variable CO2\_HABITANT

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests	
Date:	05/21/24 Time: 10:11
Sample:	1990 2022
Included observations:	29

<sup>92</sup> Annexe 09

<sup>93</sup> Annexe 10

<sup>94</sup> Annexe 11

*Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022*

Dependent variable: LPIBH			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
L_CENR	1.064367	4	0.8999
LFBCF	5.559528	4	0.2345
<b>LCNE</b>	<b>8.396806</b>	<b>4</b>	<b>0.0781</b>
LCO2_HABITANT	3.491750	4	0.4791
All	30.35923	16	0.0162
Dependent variable: L_CENR			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	5.682495	4	0.2241
LFBCF	3.821831	4	0.4307
LCNE	5.582984	4	0.2325
LCO2_HABITANT	4.993733	4	0.2879
All	25.40721	16	0.0630
Dependent variable: LFBCF			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
<b>LPIBH</b>	<b>33.98857</b>	<b>4</b>	<b>0.0000</b>
<b>L_CENR</b>	<b>15.87991</b>	<b>4</b>	<b>0.0032</b>
<b>LCNE</b>	<b>16.93382</b>	<b>4</b>	<b>0.0020</b>
LCO2_HABITANT	3.564426	4	0.4682
All	86.37652	16	0.0000
Dependent variable: LCNE			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	7.172718	4	0.1270
L_CENR	3.029554	4	0.5529
<b>LFBCF</b>	<b>7.815430</b>	<b>4</b>	<b>0.0986</b>
LCO2_HABITANT	1.716579	4	0.7877
All	23.01110	16	0.1134
Dependent variable: LCO2_HABITANT			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIBH	2.900935	4	0.5745
L_CENR	1.791239	4	0.7741
LFBCF	3.677446	4	0.4514
LCNE	4.062939	4	0.3976
All	14.38994	16	0.5697

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

En intégrant la variable CO2 par habitant, les liens de causalité de long terme peuvent être résumés de la manière suivante :

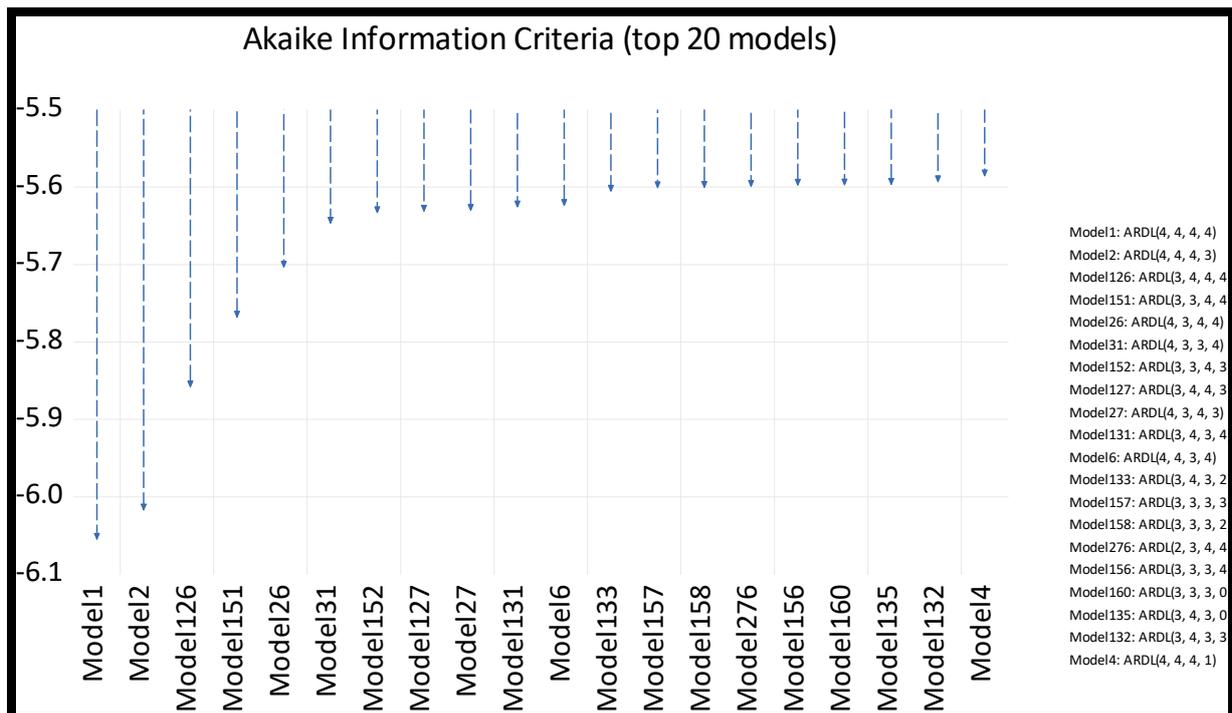
- La consommation nationale d'énergie cause le PIB par habitant(PIBH) à 10 % ;
- Le PIBH, la consommation d'énergie renouvelable et la consommation d'énergie nationale causent à long terme la FBCF car leurs probabilités sont toutes inférieures au seuil ;
- Enfin la FBCF cause à long terme la CNE à 10 %.

**Partie I : Modèle Auto Regressive Distributed Lag (ARDL) linéaire.**

**3. Estimation du modèle ARDL**

Grâce à l'utilisation des critères AIC et SBC, nous sélectionnerons le modèle ARDL le plus optimal, c'est-à-dire celui qui présente des résultats statistiquement significatifs tout en ayant moins de paramètres. Pour ce faire, nous limiterons notre retard maximal à 4, afin de minimiser la perte de données. Vous trouverez ci-dessous la représentation graphique du modèle ARDL optimal :

**Figure 3:** Décalage optimal du modèle ARDL



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

A partir de l'illustration graphique, nous remarquerons que le modèle ARDL optimal est le modèle 1 : ARDL (4, 4, 4, 4). Nous allons procéder à l'estimation numérique de ce modèle, dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 11:** Estimation du modèle ARDL

Les résultats de l'estimation du modèle ARDL, sont presque satisfaisants car tous les coefficients sont statistiquement significatifs, à l'exception de quelques variables explicatives qui sont D (LPIBH (-3)) D (LFBCF (-1)) et D (LFBCF (-3)).

## Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022

Mais le but de notre étude, est d'analyser s'il existe une relation à long terme entre le PIBH et les variables indépendantes ou variables prédictives choisies, à travers la cointégration ainsi que la dynamique à court terme.

Tous les détails du modèle ARDL sont figurés dans le tableau 11.

ARDL Long Run Form and Bounds Test				
Dependent Variable: D(LPIBH)				
Selected Model: ARDL(4, 4, 4, 4)				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Date: 05/18/24 Time: 11:41				
Sample: 1990 2022				
Included observations: 29				
Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-33.34899	9.602502	-3.472948	0.0084
@TREND	-0.070924	0.020153	-3.519224	0.0079
LPIBH(-1)*	-1.790221	0.542615	-3.299250	0.0109
L_CENR(-1)	0.209932	0.064879	3.235747	0.0120
LCNE(-1)	1.881608	0.469112	4.011000	0.0039
LFBCF(-1)	0.680927	0.288297	2.361892	0.0458
D(LPIBH(-1))	1.486827	0.531524	2.797289	0.0233
D(LPIBH(-2))	0.854979	0.351638	2.431419	0.0411
D(LPIBH(-3))	0.951511	0.609805	1.560352	0.1573
D(L_CENR)	0.045916	0.020897	2.197232	0.0592
D(L_CENR(-1))	-0.133272	0.045932	-2.901490	0.0198
D(L_CENR(-2))	-0.092514	0.028800	-3.212340	0.0124
D(L_CENR(-3))	-0.041876	0.020482	-2.044542	0.0751
D(LCNE)	0.558018	0.123780	4.508129	0.0020
D(LCNE(-1))	-1.339057	0.405564	-3.301716	0.0108
D(LCNE(-2))	-0.747076	0.197673	-3.779359	0.0054
D(LCNE(-3))	-0.658713	0.289142	-2.278169	0.0522
D(LFBCF)	0.609849	0.187143	3.258735	0.0115
D(LFBCF(-1))	-0.030502	0.169081	-0.180397	0.8613
D(LFBCF(-2))	0.294431	0.109438	2.690393	0.0275
D(LFBCF(-3))	0.072795	0.076660	0.949580	0.3701
* p-value incompatible with t-Bounds distribution.				

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

### 3.1. Test de l'existence d'une relation de cointégration du modèle ARDL estimé

**Tableau 12:** Test de cointégration du modèle ARDL

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	5.206337	10%	2.97	3.74
		5%	3.38	4.23
		2.5%	3.8	4.68
		1%	4.3	5.23
Actual Sample Size	29	10%	3.29	4.176
		5%	3.936	4.918
		1%	5.654	6.926
		10%	3.378	4.274
		5%	4.048	5.09
		1%	5.666	6.988

Source : Tableau élaboré par nous-mêmes grâce au logiciel Eviews 12

Les résultats de ce test nous renseignent qu'il existe bel et bien une relation de long terme entre le PIBH et les variables explicatives. Le F-Statistic (5,20) est supérieur à la borne supérieure CV-I(1) au seuil de 5%. En plus, Le Fisher (F-Statistic) est strictement supérieur aux bornes inférieur et supérieur (4,04 ; 5,09). Donc nous estimerons le modèle à long terme.

### 3.2. Estimation de la relation à long terme

Après avoir observé une relation de cointégration entre la variable endogène et les variables exogènes, nous passons à l'estimation de la relation à long terme. Les résultats de cette estimation sont présentés dans le tableau 13 :

**Tableau 13:** Estimation de la relation de long terme

Levels Equation				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L_CENR	0.117266	0.010157	11.54493	0.0000
LCNE	1.051048	0.160292	6.557086	0.0002
LFBCF	0.380359	0.055787	6.818095	0.0001
@TREND	-0.039617	0.003821	-10.36798	0.0000
EC = LPIBH - (0.1173*L_CENR + 1.0510*LCNE + 0.3804*LFBCF -0.0396 *@TREND)				

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

La spécification de ce modèle s'écrit de la manière suivante :

$$LPIBH = 0,11 L\_CENR + 1,05LCNE + 0,38LFBCF - 0,03@TREND + \varepsilon_t.$$

Les variables des résultats à long terme sont toutes significatives car leurs probabilités sont strictement inférieures à la valeur critique avec un risque de 5%(0,05). Sur le plan statistique, ces variables ont des statistiques de student largement supérieures à 1,96.

A long terme, les effets de la consommation d'énergies renouvelables (L\_CENR), de la consommation nationale d'énergie (LCNE) et la formation brute de capitale fixe (LFBCF) ont un effet positif sur la croissance économique (production brute de capitale fixe par habitant).

Economiquement, toute augmentation de la consommation d'énergies renouvelables de 1% entraînera une hausse de la croissance économique de 0,11%, nous pouvons dire que l'Algérie se dirige vers l'adoption des énergies renouvelables dans son processus de production énergétique et ainsi permettre de stabiliser sa situation socio-économique dans le long terme. D'ailleurs pour atteindre l'objectif du développement durable et pour préserver les ressources énergétiques pour les générations futures, il faudra compter sur ces énergies vertes.

Une augmentation de la consommation nationale d'énergie de 1%, engendre aussi une hausse du PIBH de 1,05. Cette variable a montré son influence négative sur le PIB par habitant à long terme.

Un accroissement de 1% de la formation brute de capitale fixe (FBCF) accélère la croissance de 0,38 à long terme. Le pays met en œuvre des moyens d'investissements pour accroître sa production nationale. La tendance (-0,03) quant à elle représente la variation annuelle du PIBH en dehors des autres variables indépendantes.

### **3.3. Estimation de la relation à court terme**

Dans le cadre de notre modèle ARDL, les résultats de la relation à court terme entre le PIBH et les autres variables explicatives sont répertoriés dans le tableau 14.

Le **D** désigne la différence des variables sélectionnées (différenciation). Par contre, le CointEq (-1)\* représente le résidu d'estimation retardée d'une période qui est le terme à correction d'erreur ; c'est l'instrument qui montre le retour de la variable PIBH à l'équilibre. La force de rappel (CointEq (-1)\*), quant à elle possède un coefficient négatif de -1,79. Elle est donc différente de zéro au seuil de 5%, ce qui permet de confirmer l'existence d'un mécanisme à correction d'erreur. Cela signifie qu'environ 179% de l'erreur d'équilibre commise en 2021 sera intégrée comme variable explicative dans le modèle de 2022.

Le R<sup>2</sup> est de 93%, donc le modèle est très bon. En revanche, l'estimation à court terme a montré l'influence positive de la variable FBCF sur le PIBH. Ce résultat est en accord avec les résultats des études empiriques antérieures réalisées. La variable consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) semble être comme l'un des facteurs déterminants de la croissance économique à court terme. Mais les résultats d'estimation de cette variable ont montré qu'elle est positive mais qu'elle n'a aucun impact sur le PIBH actuellement.

Statistiquement, le modèle à court terme ECM est validé, car son coefficient est de signe négatif et significatif au seuil de 5% au sens de sens de student. De plus, le R<sup>2</sup> (0,93) dans ce modèle

et le D-W (2,21) nous montre une absence d'autocorrélation des erreurs :  $R^2 < D-W$ , pas d'autocorrélation des erreurs.

**Tableau 14:** Estimation de la relation de court terme

ARDL Error Correction Regression				
Dependent Variable: D(LPIBH)				
Selected Model: ARDL(4, 4, 4, 4)				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Date: 05/12/24 Time: 11:55				
Sample: 1990 2022				
Included observations: 29				
ECM Regression				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-33.41991	5.346065	-6.251310	0.0002
D(LPIBH(-1))	1.486827	0.219817	6.763933	0.0001
D(LPIBH(-2))	0.854979	0.241123	3.545825	0.0076
D(LPIBH(-3))	0.951511	0.352957	2.695827	0.0272
D(L_CENR)	0.045916	0.012593	3.646162	0.0065
D(L_CENR(-1))	-0.133272	0.023978	-5.558197	0.0005
D(L_CENR(-2))	-0.092514	0.017159	-5.391433	0.0007
D(L_CENR(-3))	-0.041876	0.013698	-3.057187	0.0156
D(LCNE)	0.558018	0.083789	6.659787	0.0002
D(LCNE(-1))	-1.339057	0.222880	-6.007970	0.0003
D(LCNE(-2))	-0.747076	0.128024	-5.835435	0.0004
D(LCNE(-3))	-0.658713	0.175173	-3.760350	0.0055
D(LFBCF)	0.609849	0.096624	6.311560	0.0002
D(LFBCF(-1))	-0.030502	0.077675	-0.392686	0.7048
D(LFBCF(-2))	0.294431	0.084396	3.488700	0.0082
D(LFBCF(-3))	0.072795	0.047937	1.518533	0.1674
CointEq(-1)*	-1.790221	0.286490	-6.248802	0.0002
R-squared	0.938215	Mean dependent var	0.011127	
Adjusted R-squared	0.855836	S.D. dependent var	0.023314	
S.E. of regression	0.008852	Akaike info criterion	-6.326316	
Sum squared resid	0.000940	Schwarz criterion	-5.524797	
Log likelihood	108.7316	Hannan-Quinn criter.	-6.075290	
F-statistic	11.38893	Durbin-Watson stat	2.211145	
Prob(F-statistic)	0.000065			
* p-value incompatible with t-Bounds distribution.				

Source : Résultats obtenus grâce au logiciel Eviews 12

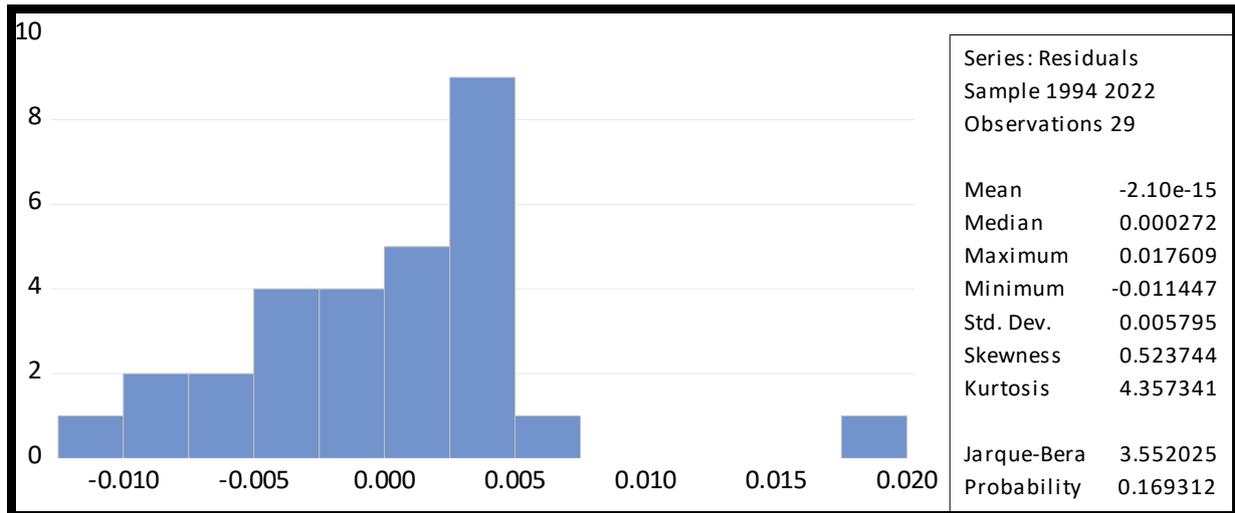
### 3.4. Test de validation du modèle ARDL estimé

Pour finaliser la validation de notre modèle ARDL, nous prévoyons d'effectuer plusieurs tests statistiques pour détecter d'éventuels problèmes. Ces tests seront réalisés sur les résidus afin d'évaluer leur conformité à la loi normale, détecter toute homoscedasticité ou hétéroscedasticité, ainsi que pour évaluer la stabilité du modèle.

❖ **Test de normalité des résidus**<sup>95</sup>

Le test de Jarque-Bera permet d'évaluer si les résidus du modèle ARDL suivent une distribution normale. Les résultats de ce test sont présentés dans le graphique ci-dessous. Conformément, aux résultats de la statistique de Jarque-Bera, nous acceptons l'hypothèse nulle de normalité des résidus, car la probabilité associée (0,16) est supérieure à 0,05. Ainsi, nos résidus présentent une distribution statistiquement normale, indiquant la stationnarité à long terme.

**Figure 4:** Test de normalité de Jarque-Bera



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

<sup>95</sup> Si la probabilité de Jarque-Bera est inférieure à  $\alpha$ , nous rejetons l'hypothèse nulle de normalité des résidus ( $H_0$ ) contre l'hypothèse alternative de non-normalité ( $H_1$ ). Cependant, si la probabilité est supérieure à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est vérifiée.

❖ **Test d'autocorrélation des résidus :**

**Tableau 15:** Corrélogramme des résidus

Date: 05/15/24 Time: 12:41 Sample (adjusted): 1994 2022 Q-statistic probabilities adjusted for 4 dynamic regressors						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.119	-0.119	0.4515	0.502
		2	-0.234	-0.252	2.2793	0.320
		3	-0.137	-0.219	2.9297	0.403
		4	-0.031	-0.173	2.9651	0.564
		5	0.105	-0.033	3.3796	0.642
		6	-0.006	-0.086	3.3810	0.760
		7	-0.203	-0.269	5.0714	0.651
		8	0.016	-0.131	5.0826	0.749
		9	0.070	-0.121	5.3053	0.807
		10	-0.011	-0.194	5.3113	0.869
		11	0.022	-0.144	5.3363	0.914
		12	0.154	0.089	6.5965	0.883

\*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Les résultats de ce test ne montrent aucune autocorrélation des résidus car les probabilités sont largement supérieures à 0,05 : la fonction d'autocorrélation et la corrélation partielle restent dans l'intervalle de confiance.

❖ **Test d'autocorrélation des résidus série LM<sup>96</sup>**

**Tableau 16:** Test d'autocorrélation des résidus

Le tableau 16 nous renseigne sur l'existence d'une éventuelle auto corrélation des résidus. Ce test se base sur les statistiques de Breush-Godfrey.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags			
F-statistic	0.956003	Prob. F(2,6)	0.4361
Obs*R-squared	7.008103	Prob. Chi-Square(2)	0.0301

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

Les résultats du test montrent que la probabilité qui ait de 0,46 ; est supérieure au risque de 0,05(soit 5%). Dans ce cas nous déduisons la confirmation d'absence d'autocorrélation des résidus ou erreurs.

<sup>96</sup> Si la probabilité associée à Breush-Pegan-Godfrey est inférieure à  $\alpha$ , nous rejetons l'hypothèse nulle d'autocorrélation des résidus (H0) contre l'hypothèse alternative de non autocorrélation (H1). Toutefois, si la probabilité est supérieure à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est vérifiée.

❖ **Test d'hétéroscédasticité des résidus<sup>97</sup>**

**Tableau 17:** Test d'hétéroscédasticité des résidus

Tests	Prob-chi-square
<b>Breusch-Pegan-Godfrey</b>	0,48
<b>Harvey</b>	0,58
<b>Glejser</b>	0,50
<b>ARCH</b>	0,67

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

Les résultats de ce test nous confirment que les résidus d'estimation sont homoscedastiques car l'hypothèse nulle (probabilité supérieure à 5%) est acceptée. Il y'a absence d'hétéroscédasticité. Les probabilités des quatre tests sont toutes supérieures à 0,05 ce qui montrent que les résidus de notre modèle ARDL estimé sont un Bruit Blanc (White Noise). Alors le modèle est très bon. Passons maintenant au test de stabilité ci-dessous.

❖ **Test de stabilité du modèle<sup>98</sup>**

**Tableau 18:** Test de stabilité de Ramsey

Ramsey RESET Test			
Equation: UNTITLED			
Omitted Variables: Squares of fitted values			
Specification: LPIBH LPIBH(-1) LPIBH(-2) LPIBH(-3) LPIBH(-4) L_CENR			
L_CENR(-1) L_CENR(-2) L_CENR(-3) L_CENR(-4) LCNE LCNE(-1)			
LCNE(-2) LCNE(-3) LCNE(-4) LFBCF LFBCF(-1) LFBCF(-2) LFBCF(-3)			
LFBCF(-4) C @TREND			
	Value	df	Probability
t-statistic	2.296621	7	0.0553
F-statistic	5.274470	(1, 7)	0.0553
Likelihood ratio	16.28673	1	0.0001

Source : Tableau élaboré par nous-mêmes grâce au logiciel Eviews 12.

A partir de ce test, nous confirmons la stabilité du modèle estimé vu que toutes les probabilités associées à Fisher sont strictement supérieures à  $\alpha$  au seuil de 5%.

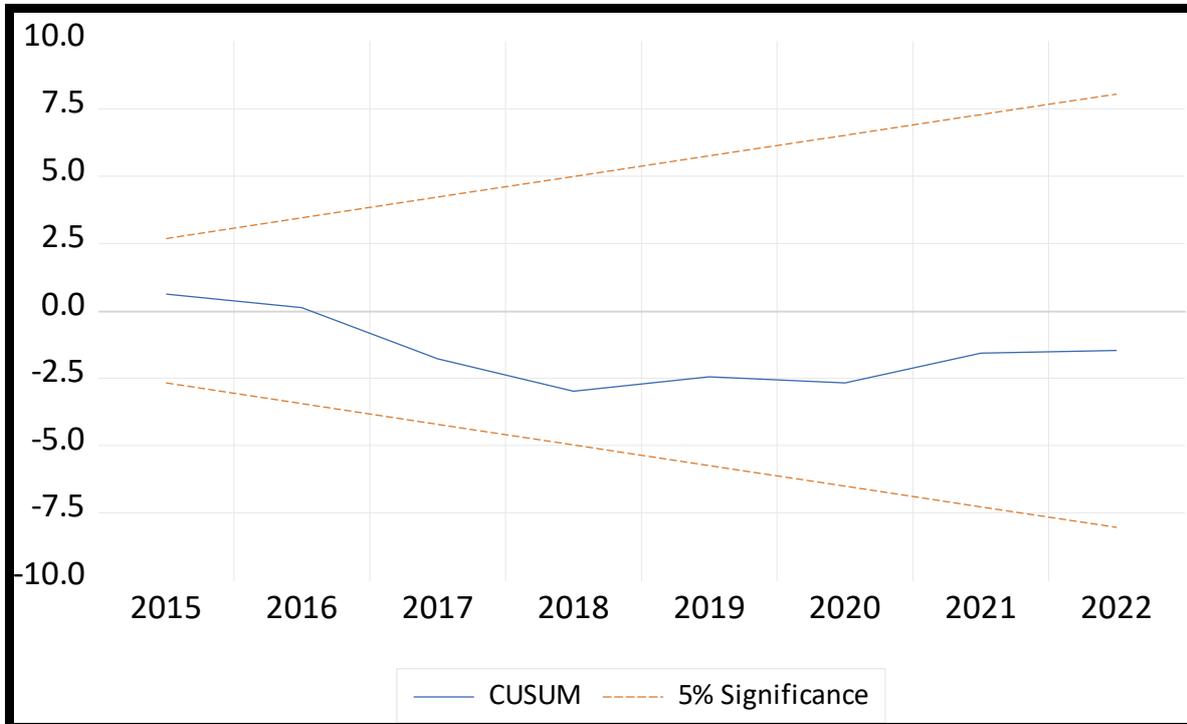
Un autre test, appelé test du CUSUM, permet d'évaluer la stabilité de notre modèle. Les résultats de ce présent test sont présentés dans la figure N°06. Ceux-ci montrent que les paramètres du modèle sont stables, puisque la courbe se trouve entre les deux lignes critiques

<sup>97</sup> Au cas où l'une des probabilités associées à (Breusch-Pegan-Godfrey, Harvey, Glejser, ARCH, White) est inférieure à  $\alpha$ , nous rejetons l'hypothèse nulle d'hétéroscédasticité des résidus ( $H_0$ ) contre l'hypothèse alternative d'homoscédasticité ( $H_1$ ). Si la probabilité est supérieure à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est vérifiée.

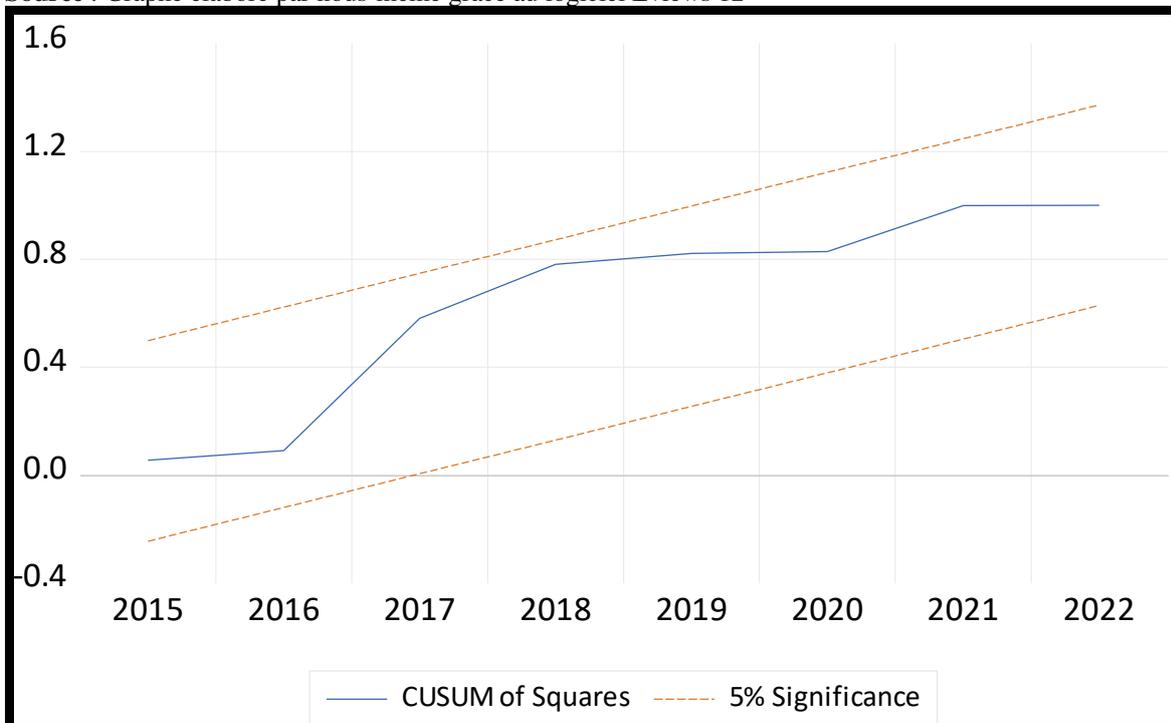
<sup>98</sup> Si la probabilité associée à Ramsey est inférieure à  $\alpha$ , on rejette l'hypothèse nulle stabilité des résidus ( $H_0$ ) contre l'hypothèse alternative de non stabilité ( $H_1$ ). Cependant, si la probabilité est supérieure à  $\alpha$ , alors l'hypothèse nulle est vérifiée.

au seuil de 5%. Pareil aussi pour le CUSUM of Squares qui reste à l'intérieur de l'intervalle de confiance. Les deux tests sont représentés par la couleur bleue. Nous pouvons donc conclure que le modèle est globalement stable à long terme.

**Figure 5:** Test de CUSUM et CUSUM of Squares



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12



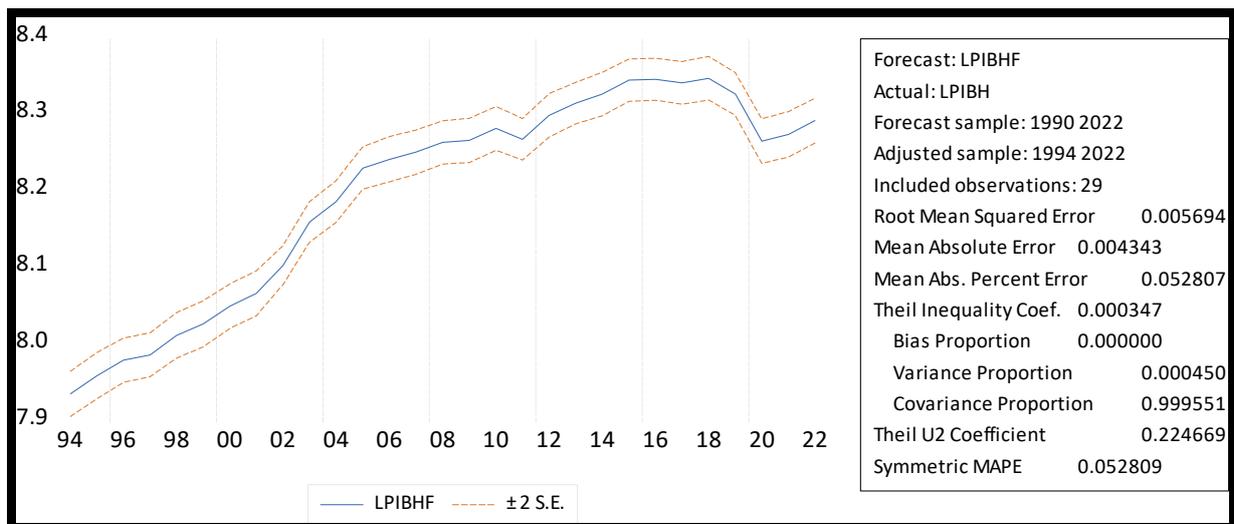
Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

❖ **Evaluation de la qualité prédictive du modèle**

Les résultats numériques de la figure N°07 nous informent sur la qualité prédictive du modèle ARDL estimé. La prévision est de bonne qualité.

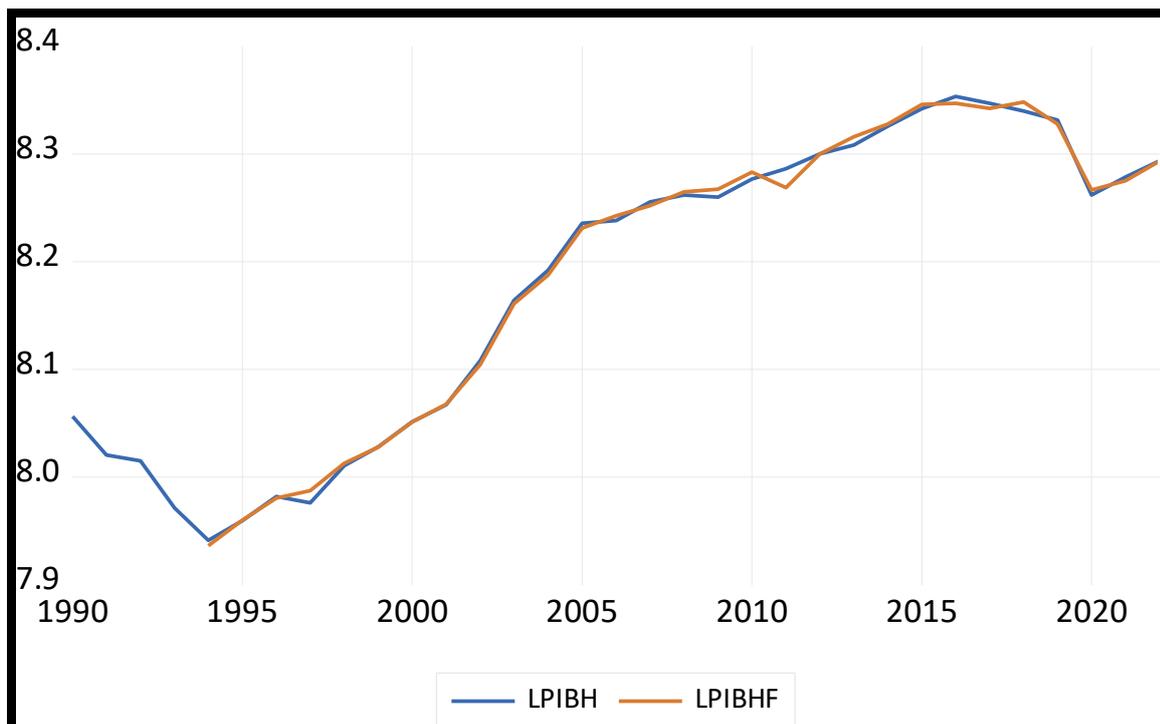
Le coefficient d'inégalité de Theil est presque nul (0,000347), ce qui indique que notre modèle a une qualité de prévision. La proportion de biais est nulle, montrant que l'écart entre la moyenne prédite par le modèle et la moyenne réelle est insignifiant. La proportion de la variance également insignifiante (0,000450), ce qui signifie que la différence entre la variation de la série réelle et celle de la série simulée est très faible. En conclusion, le modèle ARDL estimé offre de bonnes prévisions.

**Figure 6:** Qualité prédictive du modèle ARDL



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

**Figure 7:** Comparaison du PIBH ajusté et PIBH observé



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

La comparaison donnée dans la figure ci-dessus montre que le modèle ARDL retenu saisit presque les mêmes mouvements que le PIBH observé. Les légers écarts entre les deux PIBH représentent les erreurs d'estimation.

Selon les tests de validation, notre modèle ARDL estimé est confirmé. Les résultats obtenus peuvent être utilisés comme base d'analyse pour notre étude. De plus, l'équation de long terme est utile pour la prise de décision.

Ainsi nous pouvons conclure aux moyens des différents tests effectués pour la validation du modèle, le présent modèle est validé car tous les tests effectués sur les résidus sont très concluants.

Passons maintenant à l'estimation du modèle NARDL

### **Partie II : Estimation du modèle ARDL non linéaire.**

Le modèle ARDL (Auto Regressive Distributed Lag) non linéaire, également appelé NARDL, est une extension du modèle ARDL linéaire qui permet de prendre en compte les effets asymétriques à court terme et long terme entre les variables.

Son fonctionnement se résume ainsi :

- **Décomposition des variables explicatives en somme partielles positives et négatives :**
  - Soit  $X$  une variable explicative, on la décompose en  $X_t^+ = \max(X_t, 0)$  qui représente la somme partielle des variations positives et  $X_t^- = \max(-X_t, 0)$  la somme partielle des variations négatives.
  
- **Spécification du modèle NARDL :**
  - Le modèle NARDL inclut les composantes positives et négatives des variables explicatives décalées sur plusieurs périodes.
  - Il permet de désigner séparément les effets à court et long terme des chocs positifs et négatifs sur la variable dépendante.
  
- **Test des asymétries :**
  - Des tests de Wald permettent de vérifier si les coefficients des composantes positives et négatives sont statistiquement différents, validant ainsi l'hypothèse d'asymétrie.
  
- **Interprétation des résultats :**
  - Les coefficients estimés donnent les effets multiplicateurs à court terme et long terme des chocs positifs et négatifs.

- Cela permet d'analyser la sensibilité différenciée de la variable dépendante aux variations positives contre négatives explicatives.

En résumé, le modèle NARDL est un outil pertinent pour étudier les relations non linéaires et asymétriques entre les variables économiques, en distinguant les impacts des chocs positifs et négatifs. Il est plus flexible et pertinent que le modèle linéaire lorsque nous soupçonnons des relations asymétriques entre les variables économiques, permettant une analyse plus fine des dynamiques à l'œuvre.

#### ✓ Estimation ARDL standard

Le modèle ARDL standard est utilisé pour modéliser les relations à long terme et à court terme entre une variable dépendante et une ou plusieurs explicatives. Il se compose de termes autorégressifs (AR) et de termes à retards distribués (DL) des variables explicatives.

**Tableau 19:** Estimation du modèle ARDL standard

Les résultats de l'estimation du modèle ARDL sont satisfaisants. La présente estimation est bonne car la qualité d'ajustement du modèle est 99,82% c'est-à-dire la variabilité totale du LPIBH est expliquée à 99,82% par les variables indépendantes (L\_CENR, LCNE, LFBCF).

La probabilité de Fisher associée (F-Statistic) est nulle. Les résultats de l'estimation et selon la règle de Granger ( $R^2= 0,9982 < DW=2,21$ ) alors le modèle ARDL standard est de bonne régression et confirme la stationnarité des variables.

Dependent Variable: LPIBH				
Method: ARDL				
Date: 05/18/24 Time: 23:36				
Sample: 1994 2022				
Included observations: 29				
Dependent lags: 4 (Automatic)				
Automatic-lag linear regressors (4 max. lags): L_CENR LFBCF LCNE				
Deterministics: Unrestricted constant and unrestricted trend (Case 5)				
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)				
Number of models evaluated: 500				
Selected model: ARDL(4,4,4,4)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LPIBH(-1)	0.696606	0.268051	2.598782	0.0317
LPIBH(-2)	-0.631848	0.534940	-1.181157	0.2715
LPIBH(-3)	0.096532	0.607482	0.158906	0.8777
LPIBH(-4)	-0.951511	0.609805	-1.560352	0.1573
L_CENR	0.045916	0.020897	2.197232	0.0592
L_CENR(-1)	0.030744	0.019496	1.576956	0.1535
L_CENR(-2)	0.040758	0.024377	1.671975	0.1331
L_CENR(-3)	0.050638	0.017352	2.918359	0.0193
L_CENR(-4)	0.041876	0.020482	2.044542	0.0751
LFBCF	0.609849	0.187143	3.258735	0.0115
LFBCF(-1)	0.040577	0.128068	0.316838	0.7595
LFBCF(-2)	0.324933	0.227703	1.427003	0.1914
LFBCF(-3)	-0.221637	0.124893	-1.774611	0.1139
LFBCF(-4)	-0.072795	0.076660	-0.949580	0.3701
LCNE	0.558018	0.123780	4.508129	0.0020

*Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022*

LCNE(-1)	-0.015467	0.170950	-0.090476	0.9301
LCNE(-2)	0.591981	0.285902	2.070569	0.0722
LCNE(-3)	0.088362	0.196320	0.450094	0.6646
LCNE(-4)	0.658713	0.289142	2.278169	0.0522
C	-33.34899	9.602502	-3.472948	0.0084
@TREND	-0.070924	0.020153	-3.519224	0.0079
<hr/>				
R-squared	0.998203	Mean dependent var	8.199303	
Adjusted R-squared	0.993710	S.D. dependent var	0.136699	
S.E. of regression	0.010841	Akaike info criterion	-6.050453	
Sum squared resid	0.000940	Schwarz criterion	-5.060343	
Log likelihood	108.7316	Hannan-Quinn criter.	-5.740363	
F-statistic	222.1785	Durbin-Watson stat	2.211145	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

✓ **Test de cointégration**

**Tableau 20:** Résultat du test de cointégration ARDL standard

Null hypothesis: No levels relationship	
Number of cointegrating variables: 3	
Trend type: Unrest. trend (Case 5)	
Sample size: 29	
<hr/>	
Test Statistic	Value
<hr/>	
F-statistic	6.141627
t-statistic	-3.299250

	10%		5%		1%	
Sample Size	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
F-Statistic						
30	3.868	4.965	4.683	5.980	6.643	8.313
Asymptotic	3.470	4.450	4.010	5.070	5.170	6.360
t-Statistic						
Asymptotic	-3.130	-3.840	-3.410	-4.160	-3.960	-4.730
* I(0) and I(1) are respectively the stationary and non-stationary bounds.						

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

Les résultats du test de cointégration aux bornes confirment l'existence d'une relation de cointégration entre les séries sous étude (la valeur de F-Stat est supérieure à celle de la borne supérieure), ce qui donne la possibilité d'estimer les effets de long terme des énergies renouvelables sur la croissance économique.

✓ **Estimation de la relation de long terme**

**Tableau 21:** Résultat de l'estimation de la relation de long terme ARDL standard

Deterministics: Unrest. trend (Case 5)				
$CE = LPIBH(-1) - (0.117266 * L\_CENR(-1) + 0.380359 * LFBCF(-1) + 1.051048 * LCNE(-1))$				
Variable *	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L_CENR(-1)	0.117266	0.010157	11.54493	0.0000
LFBCF(-1)	0.380359	0.055787	6.818095	0.0000
LCNE(-1)	1.051048	0.160292	6.557086	0.0000
Note: * Coefficients derived from the CEC regression.				

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Les résultats des estimations de la relation de long terme indiquent ces variables sont statistiquement significatives avec des probabilités inférieures à 0,05.

✓ **Estimation de la relation de court terme**

**Tableau 22:** Résultat de l'estimation de la relation de court terme ARDL standard

Dependent Variable: D(LPIBH)				
Method: ARDL				
Date: 05/18/24 Time: 23:36				
Sample: 1994 2022				
Included observations: 29				
Dependent lags: 4 (Automatic)				
Automatic-lag linear regressors (4 max. lags): L_CENR LFBCF LCNE				
Deterministics: Unrestricted constant and unrestricted trend (Case 5)				
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)				
Number of models evaluated: 500				
Selected model: ARDL(4,4,4,4)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COINTEQ*	-1.790221	0.308023	-5.811966	0.0001
D(LPIBH(-1))	1.486827	0.274331	5.419823	0.0002
D(LPIBH(-2))	0.854979	0.255669	3.344083	0.0065
D(LPIBH(-3))	0.951511	0.371365	2.562201	0.0264
D(L_CENR)	0.045916	0.013162	3.488515	0.0051
D(L_CENR(-1))	-0.133272	0.025221	-5.284244	0.0003
D(L_CENR(-2))	-0.092514	0.017923	-5.161666	0.0003
D(L_CENR(-3))	-0.041876	0.014384	-2.911195	0.0142
D(LFBCF)	0.609849	0.117463	5.191815	0.0003
D(LFBCF(-1))	-0.030502	0.082375	-0.370280	0.7182
D(LFBCF(-2))	0.294431	0.088335	3.333117	0.0067
D(LFBCF(-3))	0.072795	0.050346	1.445899	0.1761
D(LCNE)	0.558018	0.088091	6.334526	0.0001
D(LCNE(-1))	-1.339057	0.255735	-5.236116	0.0003
D(LCNE(-2))	-0.747076	0.135251	-5.523637	0.0002

## Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022

D(LCNE(-3))	-0.658713	0.187024	-3.522077	0.0048
C	-33.34899	5.737465	-5.812495	0.0001
@TREND	-0.070924	0.012118	-5.852859	0.0001
<hr/>				
R-squared	0.938215	Mean dependent var	0.011127	
Adjusted R-squared	0.842730	S.D. dependent var	0.023314	
S.E. of regression	0.009246	Akaike info criterion	-6.257350	
Sum squared resid	0.000940	Schwarz criterion	-5.408684	
Log likelihood	108.7316	Hannan-Quinn criter.	-5.991558	
F-statistic	9.825747	Durbin-Watson stat	2.211145	
Prob(F-statistic)	0.000231			
<hr/>				
* p-values are incompatible with t-Bounds distribution.				

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

D'après les estimations de court terme, l'impact de la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) la FBCF, la consommation nationale d'énergie ont des effets positifs sur le PIBH. Le coefficient associé à la force de rappel est négatif (-1,79) est significativement différent de zéro au seuil de 5%. Ce qui vient à confirmer le fait qu'à long et court terme, les déséquilibres entre les énergies renouvelables et le PIBH se composent de sorte que les deux séries ont des évolutions similaires. Cela signifie qu'environ 179% de l'écart de l'année précédente est ajusté pour l'année en cours, c'est-à-dire qu'environ 179% des déséquilibres du choc de l'année précédente convergent vers l'équilibre à long terme e l'année en cours.

### ✓ Validation du modèle ARDL standard

- Autocorrélation des erreurs ou résidus

**Tableau 23:** Résultat du test série LM ARDL standard

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags			
F-statistic	0.956003	Prob. F(2,6)	0.4361
Obs*R-squared	7.008103	Prob. Chi-Square(2)	0.3001

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

A partir du test de Breusch-Godfrey, nous confirmons la non autocorrélation des erreurs ou résidus (probabilité supérieure à 0,05)

### ✓ Hétéroscédasticité

Le modèle ARDL standard est homoscedastique, la probabilité est aussi supérieure à 0,05.

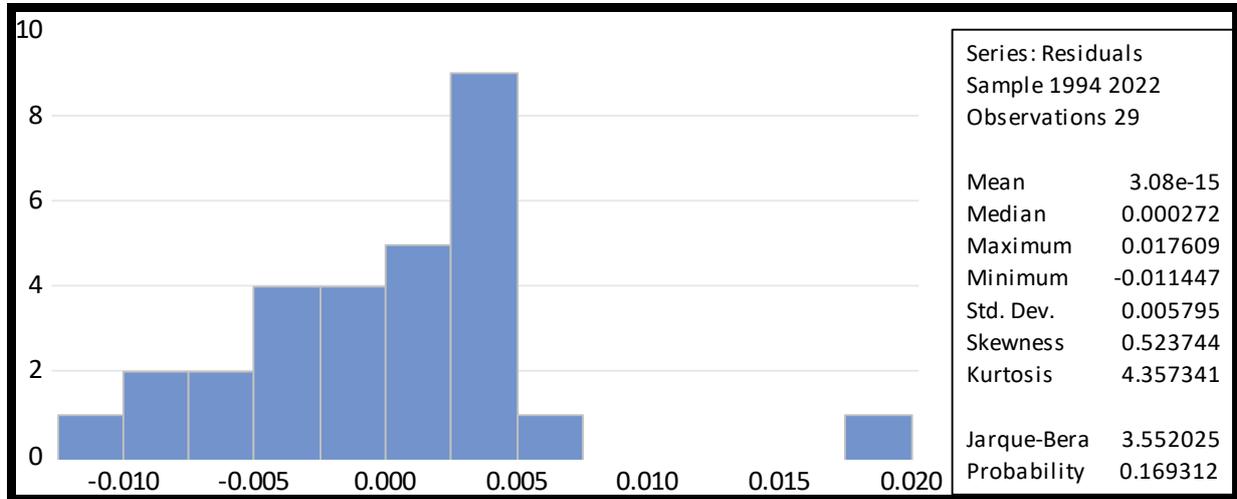
**Tableau 24:** Test d'hétéroscédasticité des résidus ARDL standard

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.163561	Prob. F(1,26)	0.6892
Obs*R-squared	0.175041	Prob. Chi-Square(1)	0.6757

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

✓ **Test de normalité sur les résidus**

**Figure 8:** Test de normalité de Jarque-Bera du modèle ARDL standard



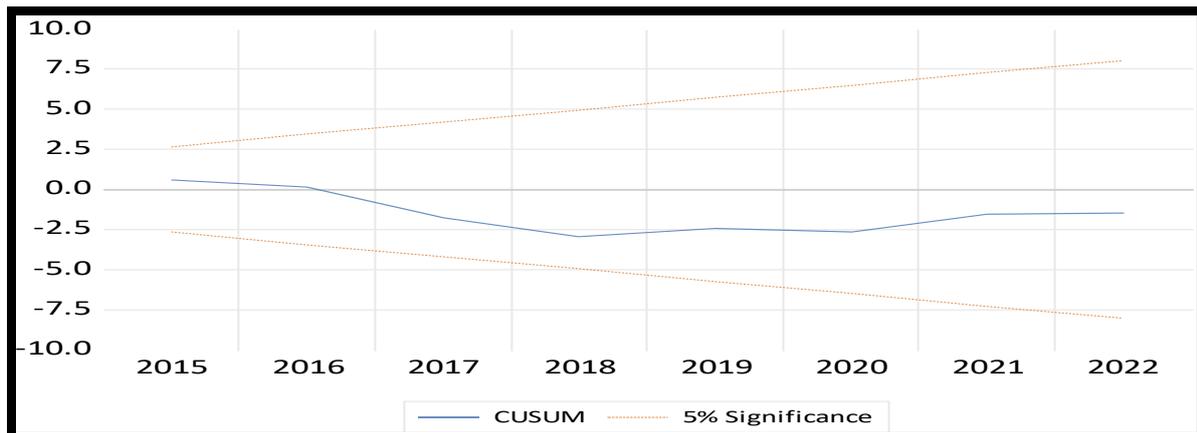
Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

La probabilité associée à la statistique de *Jarque-Bera* 3,55 est supérieure à 0,05. L'hypothèse de normalité des résidus est donc vérifiée. Nous pouvons conclure que les résidus d'estimation du modèle de long terme sont stationnaires. Evidemment, la normalité de leur distribution est confirmée.

✓ **Test de stabilité du modèle ARDL standard**

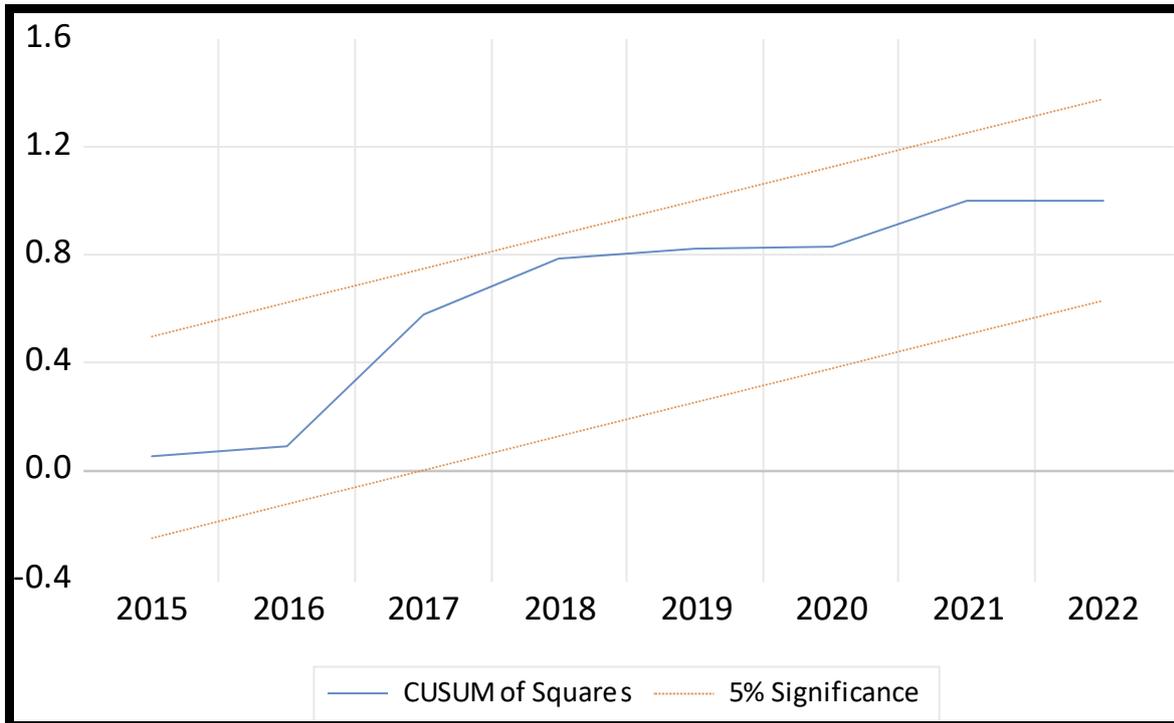
**Figure 9:** CUSUM et CUSUM of Squares ARDL standard

• **CUSUM**



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

✓ **CUSUM of Squares**



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Afin de prononcer sur une éventuelle stabilité des coefficients estimés, les tests de CUSUM et CUSUM of Squares seront exécutés. Sur la base de ces deux tests, nous pouvons conclure que le modèle estimé est stable durant la période d'étude.

✓ **Test de spécification (RESET TEST)**

Le test de spécification RESET (Regression Equation Specification Error Test) est utilisé pour vérifier si un modèle de régression linéaire correctement spécifié. Plus précisément, il teste si des combinaisons non linéaires des variables explicatives aident à expliquer la variable dépendante. Le test RESET est un test général de spécification qui peut détecter différents types de mauvaise spécification, comme l'omission de variables importantes ou la forme fonctionnelle incorrecte. S'il rejette l'hypothèse nulle, cela indique qu'il y a un problème de spécification dans le modèle. Il doit être utilisé avec prudence et en conjonction avec d'autres analyses. L'hypothèse nulle du test RESET est que le modèle est correctement spécifié. Une p-value faible (généralement inférieure à 0,05) indique qu'on peut rejeter l'hypothèse nulle, ce qui signifie qu'il y a probablement un problème de spécification du modèle.

**Tableau 25:** Résultat RESET Test

Ramsey RESET Test Equation: UNTITLED Omitted Variables: Squares of fitted values Specification: LPIBH LPIBH(-1) LPIBH(-2) LPIBH(-3) LPIBH(-4) L_CENR L_CENR(-1) L_CENR(-2) L_CENR(-3) L_CENR(-4) LFBCF LFBCF(- -1) LFBCF(-2) LFBCF(-3) LFBCF(-4) LCNE LCNE(-1) LCNE(-2) LCNE(- -3) LCNE(-4) C @TREND
--

*Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne sur la période allant de 1990-2022*

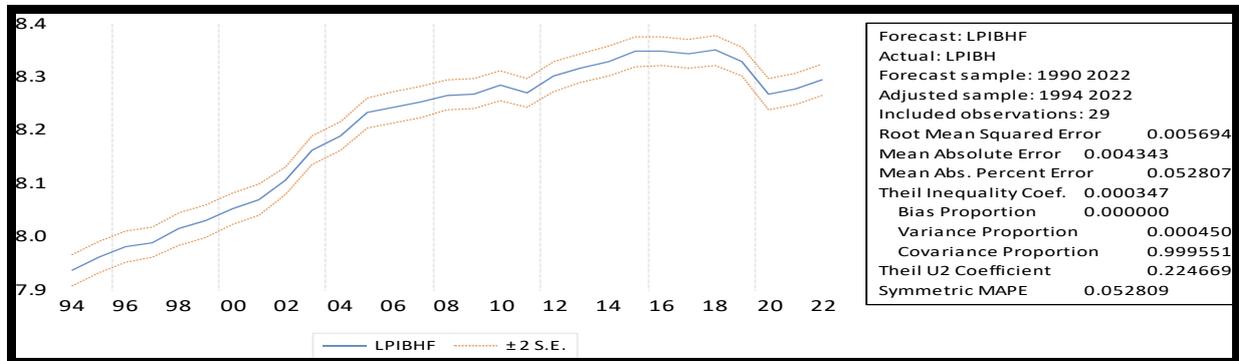
	Value	df	Probability	
t-statistic	2.296621	7	0.0553	
F-statistic	5.274470	(1, 7)	0.0553	
Likelihood ratio	16.28673	1	0.0001	
F-test summary:				
	Sum of Sq.	df	Mean Squares	
Test SSR	0.000404	1	0.000404	
Restricted SSR	0.000940	8	0.000118	
Unrestricted SSR	0.000536	7	7.66E-05	
LR test summary:				
	Value			
Restricted LogL	108.7316			
Unrestricted LogL	116.8749			
Unrestricted Test Equation:				
Dependent Variable: LPIBH				
Method: Least Squares				
Date: 05/18/24 Time: 23:48				
Sample (adjusted): 1994 2022				
Included observations: 29 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIBH(-1)	16.75989	6.997627	2.395082	0.0478
LPIBH(-2)	-15.25851	6.383372	-2.390353	0.0481
LPIBH(-3)	2.471387	1.144465	2.159424	0.0677
LPIBH(-4)	-23.12352	9.666688	-2.392083	0.0480
L_CENR	1.097843	0.458341	2.395253	0.0478
L_CENR(-1)	0.736655	0.307771	2.393520	0.0479
L_CENR(-2)	0.985361	0.411770	2.392990	0.0480
L_CENR(-3)	1.219180	0.508999	2.395248	0.0478
L_CENR(-4)	1.007343	0.420709	2.394394	0.0479
LFBCF	14.78672	6.174747	2.394709	0.0478
LFBCF(-1)	0.982936	0.423148	2.322914	0.0532
LFBCF(-2)	7.875564	3.292833	2.391729	0.0480
LFBCF(-3)	-5.363235	2.241026	-2.393206	0.0479
LFBCF(-4)	-1.733511	0.725753	-2.388568	0.0483
LCNE	13.50430	5.637960	2.395246	0.0478
LCNE(-1)	-0.425941	0.225812	-1.886267	0.1012
LCNE(-2)	14.31721	5.980698	2.393903	0.0479
LCNE(-3)	2.112113	0.895322	2.359054	0.0504
LCNE(-4)	16.07687	6.717435	2.393305	0.0479
C	-904.1397	379.2392	-2.384088	0.0486
@TREND	-1.724481	0.720176	-2.394527	0.0478
FITTED^2	-1.418191	0.617509	-2.296632	0.0553
R-squared	0.998975	Mean dependent var	8.199303	
Adjusted R-squared	0.995900	S.D. dependent var	0.136699	
S.E. of regression	0.008752	Akaike info criterion	-6.543099	
Sum squared resid	0.000536	Schwarz criterion	-5.505840	
Log likelihood	116.8749	Hannan-Quinn criter.	-6.218243	
F-statistic	324.9086	Durbin-Watson stat	2.167943	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Nous constatons que la p-value est supérieur à 0,05 donc le modèle est bien spécifié.

✓ **Prévision :**

**Figure 10:** Qualité prédictive du modèle ARDL standard

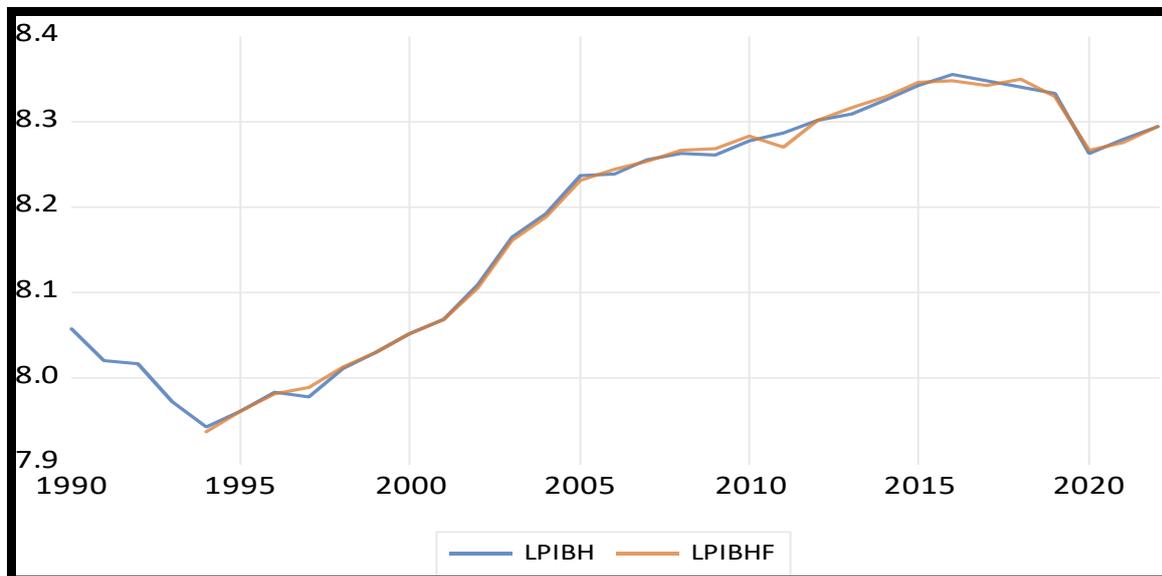


Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

En analysant tous les coefficients, nous pouvons affirmer que le modèle est prêt à des fins de prévisions.

✓ **Comparaison entre les valeurs ajustées et les valeurs observées du PIBH**

**Figure 11:** Comparaison entre LPIBH et LPIBF du modèle ARDL standard



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

La figure N° 12 confirme la robuste du modèle ARDL estimé, puisque les valeurs actuelles et prédites de LPIBH sont étroitement liées. Ainsi, la fiabilité des facteurs structurels expliqués par la régression n'est pas remise en question.

✓ **Prise en compte de l'asymétrie du modèle NARDL (Nonlinear AutoRegressive Distributed Lag)**

**Tableau 26:** Résultat de l'extension linéaire

Dependent Variable: LPIBH				
Method: ARDL				
Date: 05/19/24 Time: 00:05				
Sample: 1992 2022				
Included observations: 31				
Dependent lags: 1 (Automatic)				
Automatic-lag linear regressors (1 max. lags): L_CENR_POS				
L_CENR_NEG LFBCF_POS LFBCF_NEG LCNE_POS LCNE_NEG				
Deterministics: Unrestricted constant and unrestricted trend (Case 5)				
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)				
Number of models evaluated: 64				
Selected model: ARDL(1,0,0,1,0,0,1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LPIBH(-1)	0.712547	0.119269	5.974311	0.0000
L_CENR_POS	-0.077816	0.020083	-3.874818	0.0009
L_CENR_NEG	0.053119	0.018438	2.880994	0.0092
LFBCF_POS	-0.053483	0.091811	-0.582537	0.5667
LFBCF_POS(-1)	-0.220412	0.100680	-2.189234	0.0406
LFBCF_NEG	0.473359	0.229370	2.063733	0.0523
LCNE_POS	-0.063074	0.123183	-0.512033	0.6142
LCNE_NEG	0.994664	0.315982	3.147848	0.0051
LCNE_NEG(-1)	-0.519976	0.277742	-1.872158	0.0759
C	2.390406	0.967382	2.471006	0.0226
@TREND	0.038375	0.011868	3.233523	0.0042
R-squared	0.993213	Mean dependent var	8.186002	
Adjusted R-squared	0.989820	S.D. dependent var	0.141858	
S.E. of regression	0.014313	Akaike info criterion	-5.383894	
Sum squared resid	0.004097	Schwarz criterion	-4.875060	
Log likelihood	94.45035	Hannan-Quinn criter.	-5.218026	
F-statistic	292.6960	Durbin-Watson stat	2.157248	
Prob(F-statistic)	0.000000			

**Source :** Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Le coefficient de corrélation ( $R^2=0,99$  proche de 1) montre que la variabilité totale de la série du PIBH est expliquée à 99% par l'ensemble des variables explicatives, donc il y'a une très bonne qualité d'ajustement. La prob(F-statistic) est nulle, le modèle est globalement significatif.

✓ **Test de cointégration**

**Tableau 27:** Estimation du test de cointégration NARDL

Null hypothesis: No levels relationship	
Number of cointegrating variables: 6	
Trend type: Unrest. trend (Case 5)	
Sample size: 31	
Test Statistic	Value
F-statistic	4.328858
t-statistic	-2.410130

	10%		5%		1%	
Sample Size	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
F-Statistic						
30	2.977	4.260	3.576	5.065	5.046	6.930
35	2.879	4.114	3.426	4.790	4.704	6.537
Asymptotic	2.530	3.590	2.870	4.000	3.600	4.900
t-Statistic						
Asymptotic	-3.130	-4.370	-3.410	-4.690	-3.960	-5.310

\* I(0) and I(1) are respectively the stationary and non-stationary bounds.

**Source :** Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

Cette fois-ci au seuil de 5% la F-Stat est inférieure aux bornes de I(1) ; mais au seuil de 10% elle supérieure à la borne supérieure. Donc en conclusion au seuil de 10% nous rejetons l'hypothèse d'absence de relation de long terme et nous constatons l'existence d'une relation de cointégration entre les différentes variables ; mais au seuil de 5%, c'est tout à fait le contraire : nous acceptons l'hypothèse d'absence de relation de long terme.

✓ **Estimation de la relation de long terme**

**Tableau 28:** Résultat de la relation de long terme NARDL

Deterministics: Unrest. trend (Case 5)				
$CE = LPIBH(-1) - (-0.270710 * L\_CENR\_POS + 0.184792 * L\_CENR\_NEG - 0.952837 * LFBCF\_POS(-1) + 1.646738 * LFBCF\_NEG - 0.219423 * LCNE\_POS + 1.651360 * LCNE\_NEG(-1))$				
Variable *	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
<b>L_CENR_POS</b>	<b>-0.270710</b>	<b>0.112966</b>	<b>-2.396380</b>	<b>0.0244</b>
<b>L_CENR_NEG</b>	<b>0.184792</b>	<b>0.060018</b>	<b>3.078931</b>	<b>0.0050</b>
LFBCF_POS(-1)	-0.952837	0.608173	-1.566720	0.1298
LFBCF_NEG	1.646738	0.991722	1.660483	0.1093
LCNE_POS	-0.219423	0.427284	-0.513530	0.6121
LCNE_NEG(-1)	1.651360	1.297340	1.272881	0.2148
Note: * Coefficients derived from the CEC regression.				

**Source :** Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

A long terme, nous remarquons que l'effet positif et l'effet négatif de la variable logarithme de la consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) sont statistiquement significatifs car leurs probabilités sont strictement inférieures à 0,05 ; une augmentation de la consommation d'énergies renouvelables (choc positif) a un effet négatif significatif sur le PIB par habitant à long terme. Cela pourrait indiquer que les investissements dans les énergies renouvelables n'ont pas encore généré des rendements économiques positifs suffisants, peut-être en raison des coûts initiaux élevés ou des inefficacités dans le secteur.

Une diminution des énergies renouvelables (choc négatif) a un effet positif significatif sur le PIBH. Cela pourrait suggérer que les réductions dans les investissements en énergies renouvelables, à court terme, libèrent des ressources pour d'autres secteurs plus immédiatement productifs. Ces résultats pourraient refléter des dynamiques spécifiques à l'économie algérienne, telles que les coûts élevés des infrastructures renouvelables et les avantages temporaires de la réduction des investissements en énergies renouvelables. Des analyses supplémentaires pourraient aider à éclairer ces relations et guider les politiques énergétiques et économiques futures.

✓ **Estimation de court terme (modèle ECM)**

**Tableau 29:** Estimation de la relation à court terme NARDL

Dependent Variable: D(LPIBH)				
Method: ARDL				
Date: 05/19/24 Time: 00:09				
Sample: 1992 2022				
Included observations: 31				
Dependent lags: 1 (Automatic)				
Automatic-lag linear regressors (1 max. lags): L_CENR_POS				
L_CENR_NEG LFBCF_POS LFBCF_NEG LCNE_POS LCNE_NEG				
Deterministics: Unrestricted constant and unrestricted trend (Case 5)				
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)				
Number of models evaluated: 64				
Selected model: ARDL(1,0,0,1,0,0,1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COINTEQ*	-0.287453	0.045799	-6.276353	0.0000
D(LFBCF_POS)	-0.053483	0.068130	-0.785020	0.4395
D(LCNE_NEG)	0.994664	0.165750	6.001005	0.0000
C	2.390406	0.379621	6.296824	0.0000
@TREND	0.038375	0.006164	6.226155	0.0000
R-squared	0.776431	Mean dependent var		0.008827
Adjusted R-squared	0.742036	S.D. dependent var		0.024716
S.E. of regression	0.012553	Akaike info criterion		-5.770990
Sum squared resid	0.004097	Schwarz criterion		-5.539702
Log likelihood	94.45035	Hannan-Quinn criter.		-5.695596
F-statistic	22.57380	Durbin-Watson stat		2.157248
Prob(F-statistic)	0.000000			
* p-values are incompatible with t-Bounds distribution.				

**Source :** Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12.

A court terme, le terme de correction d'erreur (COINTEQ\*) est de signe négatif et statistiquement significatif, ce qui confirme l'existence d'un ajustement vers l'équilibre à long terme. Les résultats montrent qu'à court terme les chocs négatifs de la consommation nationale d'énergie ont un impact positif significatif sur la croissance économique, tandis que les chocs positifs de l'investissement ne sont pas significatifs. Cette analyse peut être utilisée pour informer les politiques énergétiques en Algérie en mettant l'accent sur la gestion des chocs énergétiques et des investissements pour soutenir la croissance économique.

Passons maintenant au diagnostic du modèle NARDL.

✓ **Diagnostic du modèle ARDL non linéaire (NARDL)**

- **Test d'autocorrélation**

**Tableau 30:** Résultat de Breusch-Godfrey série LM Test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags			
F-statistic	0.982216	Prob. F(2,18)	0.3937
Obs*R-squared	3.050294	Prob. Chi-Square(2)	0.2176

**Source :** Tableau élaboré grâce au logiciel Eviews 12

Nous confirmons l'absence de non autocorrélation des erreurs, la probabilité associée est supérieure à 0,05.

- **Hétéroscédasticité**

**Tableau 31:** Estimation du test d'hétéroscédasticité Test ARCH

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.943278	Prob. F(1,28)	0.3398
Obs*R-squared	0.977717	Prob. Chi-Square(1)	0.3228

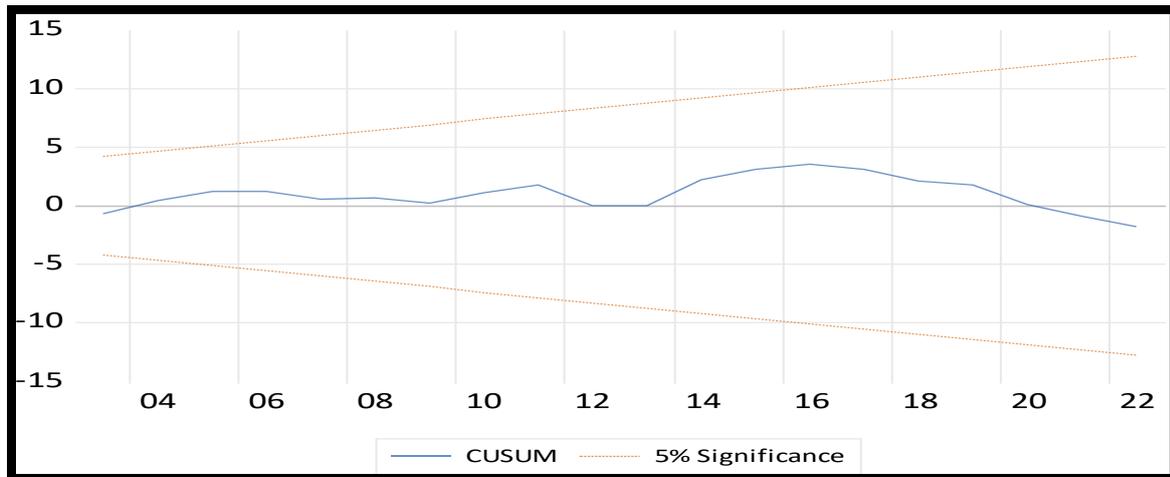
Source : Tableau élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

A travers ce test qui ait le test ARCH, le modèle NARDL est homoscédastique car l'hypothèse nulle d'homoscédasticité est vérifiée.

- **Stabilité**

L'objectif recherché à travers le test de stabilité est de montrer que les paramètres estimés ne présentent aucune tendance à se modifier au cours du temps et que la forme de l'équation estimée pouvait être considérée comme immuable au cours de la période étudiée.

**Figure 12:** Test de stabilité de CUSUM NARDL



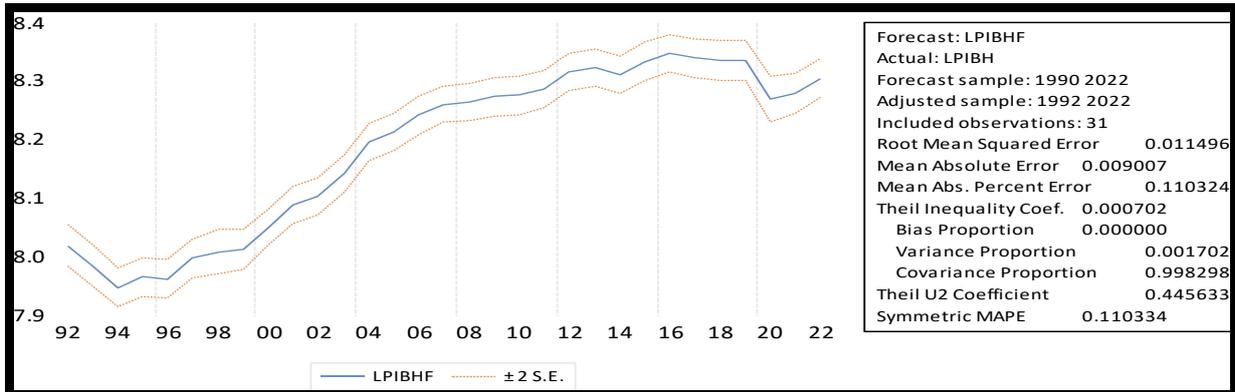
Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Les résultats du test montrent que l'hypothèse de stabilité des coefficients ne peut être rejetée au seuil de 5% comme le montre le graphe ci-dessus de l'évolution de la statistique à l'intérieur de la plage critique.

- **Prévision**

Dans le but d'évaluer la qualité des prévisions de l'équation de la croissance, nous effectuons des simulations dynamiques à l'aide des paramètres estimés sur l'ensemble de l'échantillon.

**Figure 13:** Les prévisions de LPIBH à partir du modèle NARDL



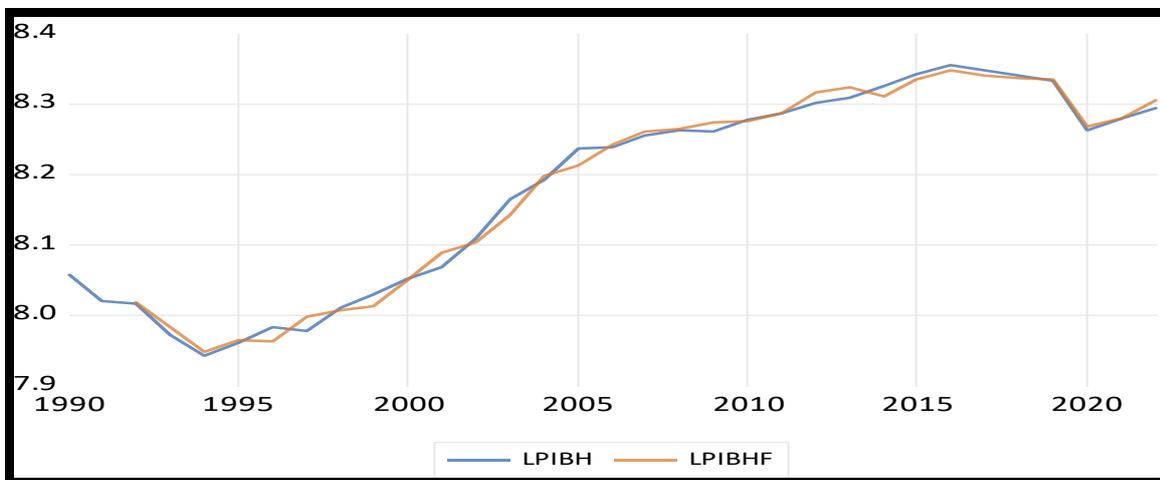
Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

Les remarques faites à partir de ces résultats sont les suivantes :

Le coefficient d'inégalité de Theil est presque nul (0,000702) signifiant l'écart entre la moyenne de la série simulée et la série réelle est nul ;

La « variance proportion est égale 0,001702 » nous indique l'écart entre la variation de la série réelle et celle de la série simulée et la proportion de covariance mesure les erreurs non systématiques restantes des simulations.

**Figure 14:** Comparaison des valeurs observées de LPIBH avec les valeurs ajustées NARDL



Source : Graphe élaboré par nous-même grâce au logiciel Eviews 12

En conclusion le modèle ARDL standard donne des résultats mieux que le modèle NARDL : l'asymétrie des chocs n'a pas d'impact sur le PIBH.

### Conclusion

L'objectif de ce chapitre était d'examiner la relation entre les énergies renouvelables et la croissance économique en Algérie pendant la période 1990-2022.

Pour ce faire, nous avons opté pour deux modèles d'estimation ARDL et NARDL. Nous avons commencé l'analyse par une sélection rigoureuse des variables à l'inclure dans l'étude. Ces variables ont été analysées graphiquement, estimées par la méthode des moindres

carrées(MCO). Les études statistiques nous montrent l'existence d'une corrélation entre le PIBH et les autres variables endogènes. Cette corrélation est faible entre le PIBH et la CENR. Nous avons ensuite, procéder à des études sur les statistiques descriptives, qui nous ont permis de conclure les variables ont normalement distribuées. Nous avons utilisé le test de la racine unitaire (ADF) et celui de Phillips-Perron pour déterminer la stationnarité de ces séries si elles sont en niveau ou en différence : études de la stationnarité. Le test de causalité de Toda-Yamamoto nous a procuré des informations sur les relations de causalité entre la variable à expliquer et les variables explicatives.

Enfin, nous avons estimé les modèles ARDL et NARDL, ce qui nous a permis d'observer les dynamiques à court et à long terme des variables indépendantes sur le PIBH. Nous avons terminé cette étude par des tests de validation des modèle ARDL et NARDL estimés.

Après toutes ces analyses, le modèle ARDL s'est révélé économétriquement et économiquement valide et peut être utilisé à des fins de prévision et de prise décision. Par contre, le modèle ARDL standard nous donne des résultats meilleurs que le modèle NARDL car l'asymétrie des chocs n'a aucun impact sur le PIBH qui ait le Produit Intérieur Brut par Habitant.

L'étude démontre que les énergies renouvelables et les investissements en capital fixe jouent un rôle important dans la croissance économique de l'Algérie. Toutefois l'amélioration de l'efficacité énergétique reste un défi à relever. Les politiques économiques devraient donc favoriser les investissements tout en améliorant l'efficacité de la consommation économique durable.

# ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

L'objectif de ce travail était de vérifier empiriquement si les énergies renouvelables impactent la croissance économique en Algérie.

Les énergies renouvelables jouent un rôle crucial dans notre avenir énergétique. Elles offrent des solutions pour les défis énergétiques et environnementaux que nous rencontrons. Bien que plusieurs sources d'énergies renouvelables existent, leur utilisation reste limitée en raison de leur côté élevé. Ces énergies présentent néanmoins de nombreux avantages : elles sont inépuisables et respectueuses de l'environnement, contribuant à la muette contre l'effet de serre et la pollution atmosphérique, contrairement aux énergies fossiles comme le charbon et le pétrole. De plus, elles génèrent des emplois. Un argument en faveur des énergies renouvelables est l'épuisement progressif des énergies fossiles.

En Algérie, le potentiel des énergies renouvelables est immense, notamment l'énergie solaire, grâce à un ensoleillement parmi les plus élevés au monde. Cependant, cette ressource reste sous-exploitée. Les autorités publiques montrent un intérêt croissant pour valoriser ces ressources naturelles et alternatives, à travers de développement spécifiques.

Le gouvernement algérien a réaffirmé son engagement envers le développement des énergies renouvelables en lançant un plan dédié à ces énergies et à l'efficacité énergétique. Des programmes de formation, divers projets et des expositions nationales et internationales pour promouvoir l'économie verte et le développement durable. Ces initiatives montrent la détermination de l'Algérie à investir dans ce secteur émergent, d'autant plus que le pays possède l'un des plus grands potentiels d'énergies renouvelables au monde. La stratégie algérienne, amorcée en 2011, vise à ce que 40% de l'électricité provienne d'énergies renouvelables d'ici 2030.

Notre problématique initiale est de déterminer l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique en Algérie. Pour cela, nous avons analysé des données annuelles couvrant la période de 1990 à 2022.

L'hypothèse de notre étude a été examinée dans le troisième chapitre III. Afin de la vérifier, nous avons construit deux modèles économétriques visant à évaluer l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne à travers les modèles ARDL et NARDL.

Nous avons commencé par sélectionner les variables à inclure dans l'étude. Une analyse empirique a été conduite en utilisant les modèles économétriques ARDL et NARDL. Ces modèles ont été choisis pour leurs pertinences dans l'analyse des relations entre les variables de l'étude. Nous avons procédé aux analyses préliminaires et aussi vérifié la nature stochastique des séries ; les tests ADF et PP ont confirmé la stationnarité de toutes les variables en différences. Cela a permis l'estimation des modèles choisis en intégrant des variables en logarithme. Une relation de long terme a été testée à l'aide du test de Pesaran et al., confirmant l'existence à court et long terme entre LPIBH, LCO2\_HABITANT, L\_CENR, LCNE et LFBCF. Les résultats de ces estimations indiquent qu'ils sont validés sur le plan statistique mais économiquement non interprétables.

En raison des résultats obtenus, il nous a semblé essentiel de formuler certaines recommandations aux autorités publiques algériennes afin de renforcer davantage l'impact du secteur des énergies renouvelables sur la croissance économique du pays. Ces recommandations sont les suivantes :

- Elaborer une stratégie nationale : Définir des objectifs clairs et créer un cadre juridique attractif pour les investisseurs ;
- Moderniser l'infrastructure : Améliorer le réseau électrique et investir dans des capacités de stockage de l'énergie ;
- Promouvoir les partenaires public-privé : Attirer les investissements étrangers et soutenir les entreprises locales ;
- Investir dans la recherche et le développement : Renforcer les centres de recherche et encourager la collaboration avec les universités ;
- Former et sensibiliser : développer des programmes de formation et des campagnes de sensibilisation ;
- Lancer des projets pilotes : Mettre en place des projets de démonstration pour tester et répliquer les modèles réussis ;
- Favoriser l'intégration régionale : Coopérer avec les pays voisins et explorer les possibilités d'exportation d'énergie verte ;
- Utiliser des financements innovants : Créer des fonds spécifiques et utiliser des mécanismes comme les obligations vertes.

Cependant, tout travail réalisé par des êtres humains est imparfait, y compris le nôtre. Celui-ci présente certaines limites, notamment en raison de la fiabilité statistique des données, affectée par le manque de diversité et la disponibilité limitée des sources d'information. Cela nous contraint à intégrer un nombre restreint de variables, ce qui peut diminuer la précision des estimations.

Par ailleurs, l'utilisation du modèle ARDL et NARDL nous ont permis d'évaluer l'impact à long terme des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne. Pour des recherches futures, nous recommandons des analyses profondes sur tous les phénomènes qui ont touché l'économie du pays tels que l'économie coloniale (1830 à 1962), l'impact de la guerre d'indépendance, période de reconstruction et de nationalisation, l'économie planifiée, crise et restructuration, crise et privatisation, choc pétrolier et croissance économique, crises économiques et réformes, le passage à l'économie de marché, l'effondrement des prix du pétrole, la pandémie de Covid-19 et crise énergétique. Ces phénomènes reflètent les défis et les transformations majeures qui ont façonné l'économie algérienne au fil des décennies, influençant profondément son développement et ses structures économiques. Il est aussi demandé aux organismes nationaux de publier des données mensuelles ou trimestrielles pour

mieux cerner les différentes études empiriques et d'obtenir un nombre important de données statistiques.

**Ouvrages (Livres)**

1. Anne Labouret, Michel Violez, préface de Jean-Louis Bal, Énergie solaire photovoltaïque, Livre France, 2009, p. 7,8.
2. Bernard Thonon, Question de physique autour de l'énergie solaire, p. 8,23.
3. C. Bourdanove, F. Martos, Lexique de théorie économique, Ellipses, 1992, p. 34.
4. François Perroux, Les théories de la croissance, Édition DUNOD, Paris, 2004, p. 254.
5. Régis B., Économétrie, DUNOD, Paris, 2015, p. 429.
6. Jonas K., Modélisation ARDL, test de cointégration aux bornes et Approche de Toda Yamamoto: éléments de théorie et pratiques sur logiciels, Université de Kinshasa, Kinshasa, 2018, p. 11.

**Articles**

1. Apergis N., Payne James E., Renewable and non-renewable electricity consumption-growth nexus: Evidence from emerging market economies, *Applied Energy*, 88(12), 2011, p. 5226-5230. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.06.041> , consulté le 15/04/2024.
2. Ben Aissa M.S., Ben Jebli M., Ben Youssef S., Output renewable energy consumption and trade in Africa, *Energy Policy*, 66, 2014, p. 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.023> , consulté le 15/04/2024.
3. Ben Jebli M., Ben Youssef S., Output renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries, *Renewable Energy*, 83, 2015, p. 799-808. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.061> , consulté le 15/04/2024.
4. Bhattacharya M., Paramati S.R., Bhattacharya S., The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries, *Applied Energy*, 83, 2016, p. 799-808. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104> , consulté le 15/04/2024.
5. Chien T., Jin-Li Hu, Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies, *Energy Policy*, 35(7), 2007, p. 3605-3615. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.03> , consulté le 15/04/2024.
6. Omri A., Ben Mabrouk N., Sassi-Tmar A., Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 2015, p. 1012-1022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114008715> , consulté le 15/04/2024.
7. Reilly J., Energie et développement dans les pays émergents, *Revue d'économie du développement*, Vol 23, 2015, p. 19-41. <https://www.cairn.info/revue-d-economie-du-developpement-2015-3-page-19.htm> , consulté le 15/04/2024.

### Thèses et Mémoires

1. Atmania. H, mémoire de magister « la stratégie d'implantation des énergies en Algérie cas de la photovoltaïque », université d'Oran Mohamed Ben Ahmed 2015, p.52.
2. Mekki Mounira, Récupération des déperditions d'énergie dans les complexes industriels et leur conversion en énergie électrique exploitable, thèse de doctorat, Algérie, 2014, p. 15.
3. Saïdou Madougou, Étude du potentiel éolien du jet nocturne dans la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent, thèse de doctorat, France, 2003, p. 14,15.
4. Boughali.S, Bechki.D, Mennouche.H, Bouguetia.H, Bouchekima.B, Opportunités et challenges de la promotion des énergies renouvelables en Algérie, Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences et de la matière, Université Kasdi Marbah Ouargla, Laboratoire des énergies nouvelles et renouvelables dans les zones arides, Mai 2012, p. 57.
5. Rabehi.M., Contribution des énergies renouvelables dans le développement durable, Mémoire pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'affaire, Paris Graduate School of Management, Juillet 2009, p. 05.

### Références numériques

1. "Qu'est-ce que l'énergie renouvelable ?", <https://www.un.org/fr/climatechange/what-is-renewable-energy> consulté le 15/04/2024.
2. "L'expansion et la récession économique", <https://www.maxicours.com/se/cours/l-expansion-et-la-recession-economique/> , consulté le 15/04/2024.
3. Ammar A., "Les énergies renouvelables en Algérie, 6 chiffres sur les faits saillants (infographie)", <https://attaqa.net/2022/10/05> / لطاقات دلمتجدة- ئي فالجزا قا-6 رما رن ع-أ / consulté le 10/05/2024.
4. Badr A., "Les énergies renouvelables en Algérie. Un rapport officiel révèle deux années de réalisations", <https://attaqa.net/2022/09/12> / لطاقات دلمتجدة- ئي فالجزا اسر تقي ررم / consulté le 10/05/2024.
5. "L'avenir énergétique en Algérie", <https://www.algerie360.com> , consulté le 07/05/2024.
6. "Programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie", <https://portail.cder.dz/spip.php?rubrique44> , consulté le 08/05/2024.

### Guides

1. De Kerorguen Yan, \*Guide de toutes les énergies, connues et inconnues\*, édition Technip, 2010.

### Cours

1. Abderrahmani F., Guide pratique des séries temporelles macroéconomiques et Financière, Université de Bejaïa, Bejaïa, 2017-2018, p. 44.

2. Sahi F., Construction d'un modèle économétrique de la consommation des ménages en Algérie entre 1970-2020, Mémoire, Université de Bejaïa, Bejaia, 2021, p. 60.

**Rapports**

1. Ministère de l'Énergie et des Mines, Programme des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, Février 2011.

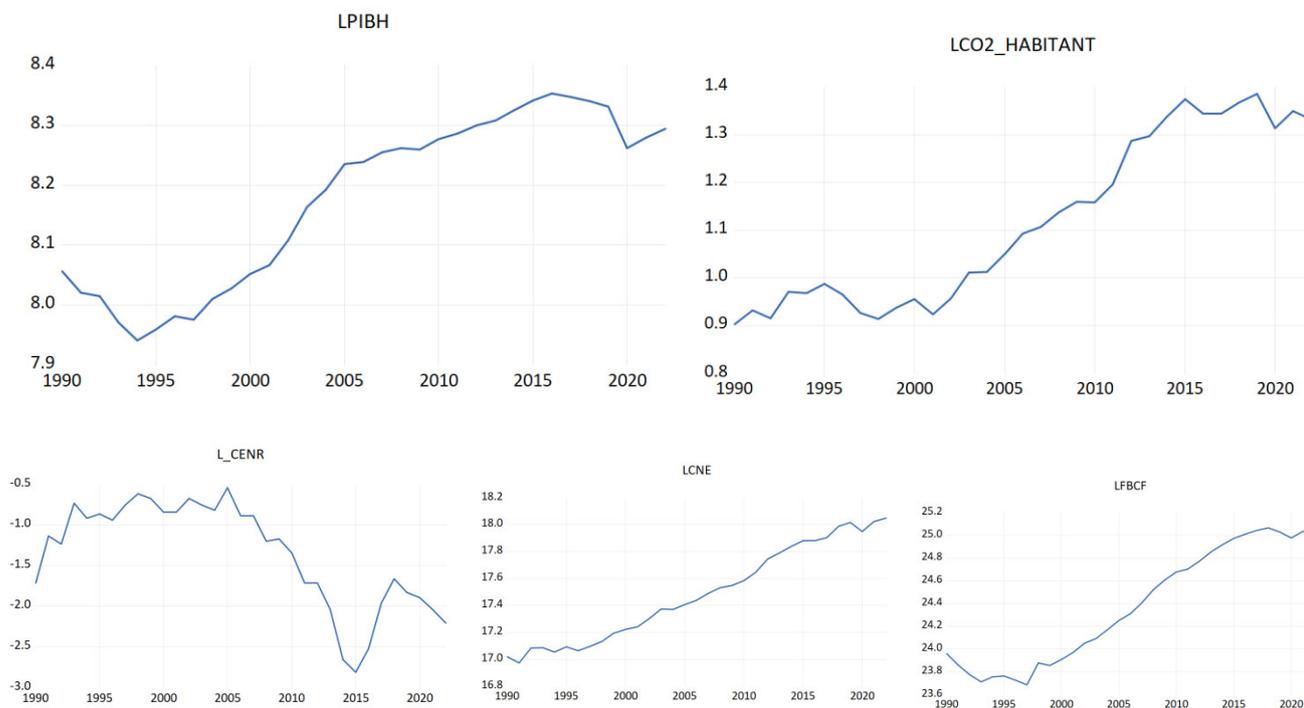
2. Office Nationale des Statistiques (ONS), 2007.

3. "Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie", Agence Nationale des Déchets, 2014.

Annexes

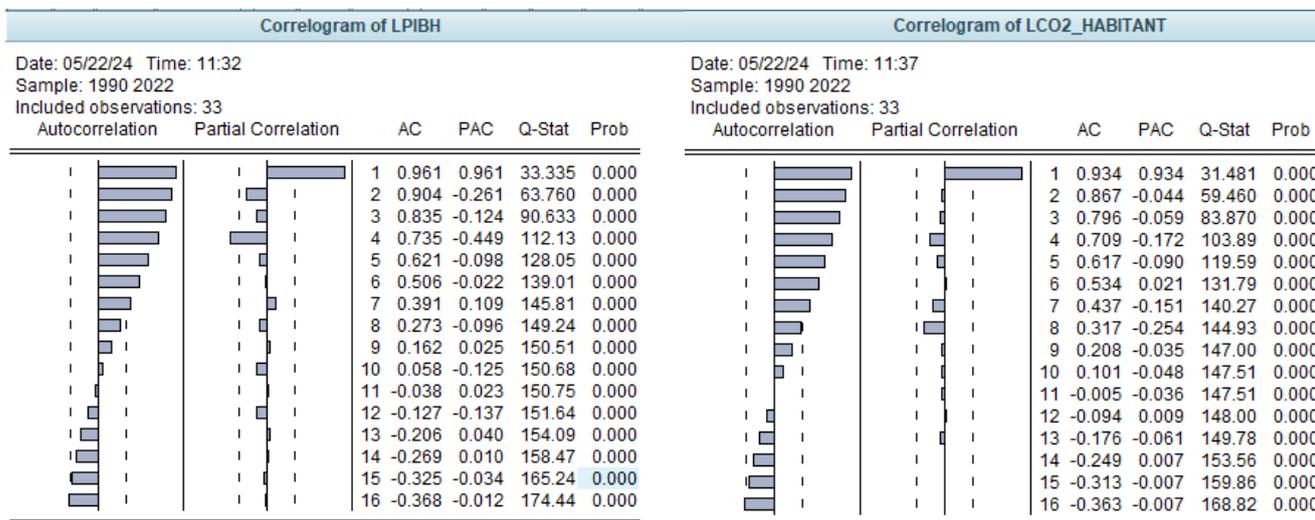
Annexe 01

Représentation graphique des séries en niveau



Annexe 02

Corrélogramme des séries en niveau



Correlogram of L\_CENR

Date: 05/22/24 Time: 11:40

Sample: 1990 2022

Included observations: 33

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.882	0.882	28.083	0.000	
2	0.768	-0.047	50.032	0.000	
3	0.635	-0.148	65.533	0.000	
4	0.550	0.137	77.560	0.000	
5	0.482	0.034	87.147	0.000	
6	0.398	-0.161	93.935	0.000	
7	0.280	-0.203	97.421	0.000	
8	0.134	-0.183	98.248	0.000	
9	-0.016	-0.147	98.260	0.000	
10	-0.106	0.108	98.820	0.000	
11	-0.170	-0.010	100.33	0.000	
12	-0.238	-0.173	103.43	0.000	
13	-0.290	0.071	108.29	0.000	
14	-0.320	0.172	114.50	0.000	
15	-0.378	-0.275	123.65	0.000	
16	-0.392	0.043	134.11	0.000	

Correlogram of LCNE

Date: 05/22/24 Time: 11:42

Sample: 1990 2022

Included observations: 33

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.924	0.924	30.795	0.000	
2	0.840	-0.090	57.080	0.000	
3	0.773	0.074	80.099	0.000	
4	0.687	-0.187	98.879	0.000	
5	0.592	-0.076	113.35	0.000	
6	0.506	-0.029	124.31	0.000	
7	0.411	-0.116	131.84	0.000	
8	0.313	-0.069	136.35	0.000	
9	0.218	-0.067	138.65	0.000	
10	0.131	-0.021	139.51	0.000	
11	0.045	-0.059	139.61	0.000	
12	-0.031	-0.009	139.67	0.000	
13	-0.096	-0.010	140.20	0.000	
14	-0.153	-0.013	141.63	0.000	
15	-0.212	-0.090	144.52	0.000	
16	-0.266	-0.055	149.34	0.000	

Correlogram of LFBCF

Date: 05/22/24 Time: 11:46

Sample: 1990 2022

Included observations: 33

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.952	0.952	32.741	0.000	
2	0.892	-0.158	62.411	0.000	
3	0.824	-0.106	88.555	0.000	
4	0.739	-0.201	110.33	0.000	
5	0.643	-0.143	127.39	0.000	
6	0.542	-0.076	139.97	0.000	
7	0.436	-0.099	148.41	0.000	
8	0.325	-0.092	153.29	0.000	
9	0.222	0.031	155.66	0.000	
10	0.119	-0.089	156.36	0.000	
11	0.021	-0.017	156.39	0.000	
12	-0.070	-0.045	156.66	0.000	
13	-0.156	-0.066	158.06	0.000	
14	-0.235	-0.046	161.42	0.000	
15	-0.304	-0.033	167.36	0.000	
16	-0.360	0.015	176.17	0.000	

## Annexe 03

## Corrélogramme des variables en différence

Correlogram of D(LPIBH)

Date: 05/22/24 Time: 11:35

Sample (adjusted): 1991 2022

Included observations: 32 after adjustments

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.363	0.363	4.6153	0.032	
2	0.313	0.209	8.1639	0.017	
3	0.235	0.083	10.229	0.017	
4	0.023	-0.156	10.249	0.036	
5	-0.043	-0.103	10.325	0.067	
6	-0.054	-0.007	10.447	0.107	
7	-0.010	0.093	10.452	0.164	
8	-0.097	-0.084	10.877	0.209	
9	-0.131	-0.128	11.685	0.232	
10	-0.182	-0.141	13.318	0.206	
11	-0.140	0.028	14.337	0.215	
12	-0.154	-0.006	15.627	0.209	
13	-0.128	-0.031	16.568	0.220	
14	-0.123	-0.107	17.484	0.231	
15	-0.170	-0.136	19.335	0.199	
16	-0.118	-0.007	20.283	0.208	

Correlogram of D(LCO2\_HABITANT)

Date: 05/22/24 Time: 11:38

Sample (adjusted): 1991 2022

Included observations: 32 after adjustments

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.055	-0.055	0.1073	0.743	
2	0.040	0.037	0.1645	0.921	
3	0.221	0.226	1.9994	0.573	
4	0.062	0.091	2.1472	0.709	
5	-0.176	-0.197	3.3903	0.640	
6	0.091	0.007	3.7342	0.713	
7	0.013	0.013	3.7414	0.809	
8	-0.358	-0.316	9.5527	0.298	
9	0.143	0.128	10.522	0.310	
10	-0.061	-0.047	10.706	0.381	
11	-0.263	-0.176	14.297	0.217	
12	0.087	0.118	14.709	0.258	
13	-0.026	-0.124	14.748	0.323	
14	-0.271	-0.187	19.173	0.158	
15	-0.083	-0.105	19.609	0.187	
16	-0.042	-0.252	19.731	0.233	

Correlogram of D(L_CENR)					Correlogram of D(LCNE)					Correlogram of D(LFBCF)							
Date: 05/22/24 Time: 11:41 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments					Date: 05/22/24 Time: 11:43 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments					Date: 05/22/24 Time: 11:44 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments							
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.127	0.127	0.5632	0.453		1	-0.198	-0.198	1.3754	0.241		1	0.321	0.321	3.6231	0.057	
2	0.141	0.127	1.2819	0.527		2	-0.145	-0.192	2.1397	0.343		2	0.234	0.146	5.6079	0.061	
3	-0.185	-0.224	2.5852	0.464		3	0.204	0.142	3.7002	0.296		3	0.213	0.116	7.3036	0.063	
4	-0.073	-0.043	2.7695	0.597		4	-0.024	0.026	3.7231	0.445		4	0.332	0.247	11.598	0.021	
5	-0.019	0.051	2.7833	0.733		5	0.048	0.112	3.8168	0.576		5	0.068	-0.145	11.784	0.038	
6	-0.029	-0.062	2.8195	0.831		6	-0.007	-0.005	3.8187	0.701		6	0.046	-0.045	11.871	0.065	
7	0.072	0.057	3.0454	0.881		7	0.006	0.025	3.8204	0.800		7	-0.078	-0.168	12.133	0.096	
8	0.083	0.093	3.3541	0.910		8	-0.166	-0.213	5.0628	0.751		8	0.038	0.035	12.200	0.142	
9	-0.136	-0.216	4.2238	0.896		9	-0.058	-0.149	5.2221	0.815		9	-0.063	-0.027	12.390	0.192	
10	-0.065	-0.028	4.4335	0.926		10	0.136	0.035	6.1358	0.804		10	-0.085	-0.040	12.744	0.238	
11	0.016	0.158	4.4472	0.955		11	0.055	0.172	6.2951	0.853		11	-0.184	-0.092	14.491	0.207	
12	0.068	-0.015	4.6977	0.967		12	-0.124	-0.000	7.1265	0.849		12	-0.199	-0.171	16.643	0.164	
13	-0.068	-0.193	5.1261	0.972		13	0.065	0.077	7.3664	0.882		13	-0.232	-0.101	19.735	0.102	
14	0.140	0.268	6.3061	0.958		14	-0.083	-0.151	7.7873	0.900		14	-0.156	-0.001	21.214	0.096	
15	-0.097	-0.150	6.9075	0.960		15	0.052	0.013	7.9597	0.925		15	-0.186	0.008	23.433	0.075	
16	-0.018	-0.168	6.9286	0.975		16	0.035	-0.072	8.0429	0.948		16	-0.247	-0.106	27.594	0.035	

### Annexe 04

## Test de Dickey-Fuller des séries

### LPIBH

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LPIBH				
Null Hypothesis: LPIBH has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.205718	0.8923	
Test critical values:	1% level	-4.273277		
	5% level	-3.557759		
	10% level	-3.212361		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(LPIBH) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 11:48 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIBH(-1)	-0.099560	0.082573	-1.205718	0.2377
C	0.798581	0.655914	1.217508	0.2332
@Trend("1990")	0.001369	0.001256	1.090059	0.2847
R-squared	0.047806	Mean dependent var	0.007429	
Adjusted R-squared	-0.017862	S.D. dependent var	0.025568	
S.E. of regression	0.025796	Akaike info criterion	-4.388164	
Sum squared resid	0.019297	Schwarz criterion	-4.250752	
Log likelihood	73.21063	Hannan-Quinn criter.	-4.342616	
F-statistic	0.727991	Durbin-Watson stat	1.113288	
Prob(F-statistic)	0.491494			

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LPIBH				
Null Hypothesis: LPIBH has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.515833	0.8753	
Test critical values:	1% level	-3.653730		
	5% level	-2.957110		
	10% level	-2.617434		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(LPIBH) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 11:52 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIBH(-1)	-0.016800	0.032569	-0.515833	0.6098
C	0.144744	0.266240	0.543660	0.5907
R-squared	0.008791	Mean dependent var	0.007429	
Adjusted R-squared	-0.024249	S.D. dependent var	0.025568	
S.E. of regression	0.025876	Akaike info criterion	-4.410508	
Sum squared resid	0.020088	Schwarz criterion	-4.318900	
Log likelihood	72.56813	Hannan-Quinn criter.	-4.380142	
F-statistic	0.265083	Durbin-Watson stat	1.168918	
Prob(F-statistic)	0.609752			

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LPIBH				
Null Hypothesis: LPIBH has a unit root Exogenous: None Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		1.413384	0.9575	
Test critical values:	1% level	-2.641672		
	5% level	-1.952066		
	10% level	-1.610400		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(LPIBH) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 11:53 Sample (adjusted): 1992 2022 Included observations: 31 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIBH(-1)	0.000750	0.000531	1.413384	0.1682
D(LPIBH(-1))	0.364817	0.163622	2.229634	0.0337
R-squared	0.144716	Mean dependent var	0.008827	
Adjusted R-squared	0.115224	S.D. dependent var	0.024716	
S.E. of regression	0.023248	Akaike info criterion	-4.622826	
Sum squared resid	0.015674	Schwarz criterion	-4.530311	
Log likelihood	73.65380	Hannan-Quinn criter.	-4.592668	
Durbin-Watson stat	2.162626			

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(LPIBH)				
Null Hypothesis: D(LPIBH) has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.575668	0.0008	
Test critical values:	1% level	-2.641672		
	5% level	-1.952066		
	10% level	-1.610400		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(LPIBH,2) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 11:54 Sample (adjusted): 1992 2022 Included observations: 31 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPIBH(-1))	-0.572296	0.160053	-3.575668	0.0012
R-squared	0.296342	Mean dependent var	0.001649	
Adjusted R-squared	0.296342	S.D. dependent var	0.028172	
S.E. of regression	0.023632	Akaike info criterion	-4.620726	
Sum squared resid	0.016754	Schwarz criterion	-4.574469	
Log likelihood	72.62126	Hannan-Quinn criter.	-4.605647	
Durbin-Watson stat	2.172487			



Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on L_CENR					Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on L_CENR					Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on L_CENR							
Null Hypothesis: L_CENR has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)					Null Hypothesis: L_CENR has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)					Null Hypothesis: L_CENR has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)							
		t-Statistic	Prob.*					t-Statistic	Prob.*					t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic					Augmented Dickey-Fuller test statistic					Augmented Dickey-Fuller test statistic							
Test critical values:					Test critical values:					Test critical values:							
1% level					1% level					1% level							
5% level					5% level					5% level							
10% level					10% level					10% level							
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.					*Mackinnon (1996) one-sided p-values.					*Mackinnon (1996) one-sided p-values.							
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(L_CENR) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 12:01 Sample (adjusted): 1992 2022 Included observations: 31 after adjustments					Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(L_CENR) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 12:03 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments					Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(L_CENR) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 12:04 Sample (adjusted): 1991 2022 Included observations: 32 after adjustments							
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.			
L_CENR(-1)	-0.227309	0.105334	-2.157991	0.0400	L_CENR(-1)	-0.066358	0.076811	-0.863909	0.3945	L_CENR(-1)	-0.002728	0.032847	-0.083058	0.9343			
D(L_CENR(-1))	0.141705	0.166847	0.849312	0.4032	C	-0.103414	0.112782	-0.916939	0.3665								
C	-0.068895	0.105412	-0.653575	0.5189													
@TREND("1990")	-0.015456	0.007461	-2.071635	0.0480	R-squared	0.024274	Mean dependent var	-0.015390		R-squared	-0.003072	Mean dependent var	-0.015390				
R-squared	0.176838	Mean dependent var	-0.034446		Adjusted R-squared	-0.008250	S.D. dependent var	0.272408		Adjusted R-squared	-0.003072	S.D. dependent var	0.272408				
Adjusted R-squared	0.085376	S.D. dependent var	0.254305		S.E. of regression	0.273529	Akaike info criterion	0.305644		S.E. of regression	0.272826	Akaike info criterion	0.270784				
S.E. of regression	0.243207	Akaike info criterion	0.130110		Sum squared resid	2.244545	Schwarz criterion	0.397252		Sum squared resid	2.307450	Schwarz criterion	0.316589				
Sum squared resid	1.597047	Schwarz criterion	0.315141		Log likelihood	-2.890304	Hannan-Quinn criter.	0.336010		Log likelihood	-3.332550	Hannan-Quinn criter.	0.285967				
Log likelihood	1.983289	Hannan-Quinn criter.	0.190426		F-statistic	0.746339	Durbin-Watson stat	1.512085		Durbin-Watson stat	1.575418						
F-statistic	1.933451	Durbin-Watson stat	1.880714		Prob(F-statistic)	0.394493											
Prob(F-statistic)	0.147985																

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(L_CENR)					
Null Hypothesis: D(L_CENR) has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)					
		t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic					
Test critical values:					
1% level					
5% level					
10% level					
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.					
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(L_CENR,2) Method: Least Squares Date: 05/22/24 Time: 12:05 Sample (adjusted): 1992 2022 Included observations: 31 after adjustments					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
D(L_CENR(-1))	-0.866008	0.168235	-5.147595	0.0000	
R-squared	0.466403	Mean dependent var	-0.023949		
Adjusted R-squared	0.466403	S.D. dependent var	0.347763		
S.E. of regression	0.254033	Akaike info criterion	0.129022		
Sum squared resid	1.935984	Schwarz criterion	0.175279		
Log likelihood	-0.999837	Hannan-Quinn criter.	0.144101		
Durbin-Watson stat	1.909525				

LCNE





## LCO2\_HABITANT

Null Hypothesis: LCO2\_HABITANT has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-1.706881	0.7248
Test critical values:		
1% level	-4.273277	
5% level	-3.557759	
10% level	-3.212361	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.000957
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001149

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCO2\_HABITANT)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 12:33  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCO2_HABITANT(-1)	-0.157194	0.100596	-1.562625	0.1290
C	0.142989	0.083575	1.710909	0.0978
@TREND("1990")	0.002740	0.001871	1.464379	0.1538
R-squared	0.077684	Mean dependent var	0.013403	
Adjusted R-squared	0.014076	S.D. dependent var	0.032721	
S.E. of regression	0.032490	Akaike info criterion	-3.926737	
Sum squared resid	0.030612	Schwarz criterion	-3.789325	
Log likelihood	65.82780	Hannan-Quinn criter.	-3.881189	
F-statistic	1.221296	Durbin-Watson stat	1.925469	
Prob(F-statistic)	0.309567			

Null Hypothesis: LCO2\_HABITANT has a unit root  
Exogenous: Constant  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-0.562831	0.8653
Test critical values:		
1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001027
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001136

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCO2\_HABITANT)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 12:35  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCO2_HABITANT(-1)	-0.018261	0.034074	-0.535938	0.5960
C	0.033710	0.038339	0.879255	0.3863
R-squared	0.009484	Mean dependent var	0.013403	
Adjusted R-squared	-0.023534	S.D. dependent var	0.032721	
S.E. of regression	0.033103	Akaike info criterion	-3.917899	
Sum squared resid	0.032875	Schwarz criterion	-3.826290	
Log likelihood	64.68638	Hannan-Quinn criter.	-3.887533	
F-statistic	0.287229	Durbin-Watson stat	2.053984	
Prob(F-statistic)	0.595953			

Null Hypothesis: LCO2\_HABITANT has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	2.109707	0.9900
Test critical values:		
1% level	-2.639210	
5% level	-1.951687	
10% level	-1.610579	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001054
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001129

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCO2\_HABITANT)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 12:32  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCO2_HABITANT(-1)	0.011347	0.005182	2.189766	0.0362
R-squared	-0.016042	Mean dependent var	0.013403	
Adjusted R-squared	-0.016042	S.D. dependent var	0.032721	
S.E. of regression	0.032982	Akaike info criterion	-3.954955	
Sum squared resid	0.033722	Schwarz criterion	-3.909151	
Log likelihood	64.27929	Hannan-Quinn criter.	-3.939773	
Durbin-Watson stat	2.063048			

Null Hypothesis: D(LCO2\_HABITANT) has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.160259	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001214
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001747

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCO2\_HABITANT,2)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 12:31  
Sample (adjusted): 1992 2022  
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LCO2_HABITANT(-1))	-0.898180	0.180236	-4.983361	0.0000
R-squared	0.452296	Mean dependent var	-0.001555	
Adjusted R-squared	0.452296	S.D. dependent var	0.047855	
S.E. of regression	0.035416	Akaike info criterion	-3.811566	
Sum squared resid	0.037629	Schwarz criterion	-3.765309	
Log likelihood	60.07928	Hannan-Quinn criter.	-3.796488	
Durbin-Watson stat	1.979923			

## L\_CENR

Null Hypothesis: L\_CENR has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-2.828224	0.1982
Test critical values:		
1% level	-4.273277	
5% level	-3.557759	
10% level	-3.212361	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.052809
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.062083

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(L\_CENR)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:11  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L_CENR(-1)	-0.261079	0.092621	-2.818773	0.0086
C	-0.040252	0.101617	-0.396114	0.6949
@TREND("1990")	-0.019483	0.006315	-3.085160	0.0044
R-squared	0.265385	Mean dependent var	-0.015390	
Adjusted R-squared	0.214722	S.D. dependent var	0.272408	
S.E. of regression	0.241397	Akaike info criterion	0.084309	
Sum squared resid	1.689897	Schwarz criterion	0.221721	
Log likelihood	1.651061	Hannan-Quinn criter.	0.129857	
F-statistic	5.238233	Durbin-Watson stat	1.627243	
Prob(F-statistic)	0.011425			

Null Hypothesis: L\_CENR has a unit root  
Exogenous: Constant  
Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-0.863909	0.7865
Test critical values:		
1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.070142
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.070142

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(L\_CENR)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:12  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L_CENR(-1)	-0.066358	0.076811	-0.863909	0.3945
C	-0.103414	0.112782	-0.916939	0.3665
R-squared	0.024274	Mean dependent var	-0.015390	
Adjusted R-squared	-0.008250	S.D. dependent var	0.272408	
S.E. of regression	0.273529	Akaike info criterion	0.305644	
Sum squared resid	2.244545	Schwarz criterion	0.397252	
Log likelihood	-2.890304	Hannan-Quinn criter.	0.336010	
F-statistic	0.746339	Durbin-Watson stat	1.512085	
Prob(F-statistic)	0.394493			

Null Hypothesis: L\_CENR has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-0.143620	0.6263
Test critical values:		
1% level	-2.639210	
5% level	-1.951687	
10% level	-1.610579	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.072108
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.081861

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(L\_CENR)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:13  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L_CENR(-1)	-0.002728	0.032847	-0.083058	0.9343
R-squared	-0.003072	Mean dependent var	-0.015390	
Adjusted R-squared	-0.003072	S.D. dependent var	0.272408	
S.E. of regression	0.272826	Akaike info criterion	0.270784	
Sum squared resid	2.307450	Schwarz criterion	0.316589	
Log likelihood	-3.332550	Hannan-Quinn criter.	0.285967	
Durbin-Watson stat	1.575418			

Null Hypothesis: D(L\_CENR) has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.147579	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.062451
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.062587

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(L\_CENR,2)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:14  
Sample (adjusted): 1992 2022  
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(L_CENR(-1))	-0.866008	0.168235	-5.147595	0.0000
R-squared	0.466403	Mean dependent var	-0.023949	
Adjusted R-squared	0.466403	S.D. dependent var	0.347763	
S.E. of regression	0.254033	Akaike info criterion	0.129022	
Sum squared resid	1.935984	Schwarz criterion	0.175279	
Log likelihood	-0.999837	Hannan-Quinn criter.	0.144101	
Durbin-Watson stat	1.909525			

Null Hypothesis: LCNE has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-2.952500	0.1606
Test critical values:		
1% level	-4.273277	
5% level	-3.567759	
10% level	-3.212361	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001131
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001131

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCNE)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:21  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCNE(-1)	-0.352093	0.119253	-2.952500	0.0062
C	5.960496	2.011219	2.963624	0.0060
@TREND("1990")	0.013454	0.004408	3.051944	0.0048
R-squared	0.246453	Mean dependent var	0.032270	
Adjusted R-squared	0.194484	S.D. dependent var	0.039358	
S.E. of regression	0.035324	Akaike info criterion	-3.759440	
Sum squared resid	0.036186	Schwarz criterion	-3.622028	
Log likelihood	63.15105	Hannan-Quinn criter.	-3.713892	
F-statistic	4.742335	Durbin-Watson stat	2.058380	
Prob(F-statistic)	0.016523			

Null Hypothesis: LCNE has a unit root  
Exogenous: Constant  
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	0.484727	0.9835
Test critical values:		
1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001494
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001184

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCNE)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:18  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCNE(-1)	0.007550	0.020676	0.365172	0.7175
C	-0.099615	0.361228	-0.275768	0.7846
R-squared	0.004425	Mean dependent var	0.032270	
Adjusted R-squared	-0.028760	S.D. dependent var	0.039358	
S.E. of regression	0.039920	Akaike info criterion	-3.543412	
Sum squared resid	0.047808	Schwarz criterion	-3.451803	
Log likelihood	58.69458	Hannan-Quinn criter.	-3.513046	
F-statistic	0.133350	Durbin-Watson stat	2.301711	
Prob(F-statistic)	0.717545			

Null Hypothesis: LCNE has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	5.202963	1.0000
Test critical values:		
1% level	-2.639210	
5% level	-1.951687	
10% level	-1.610579	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.001498
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.001196

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCNE)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:16  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCNE(-1)	0.001850	0.000398	4.648859	0.0001
R-squared	0.001902	Mean dependent var	0.032270	
Adjusted R-squared	0.001902	S.D. dependent var	0.039358	
S.E. of regression	0.039321	Akaike info criterion	-3.603380	
Sum squared resid	0.047930	Schwarz criterion	-3.557576	
Log likelihood	58.65408	Hannan-Quinn criter.	-3.588197	
Durbin-Watson stat	2.282675			

Null Hypothesis: D(LCNE) has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-4.291573	0.0001
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.002303
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.003349

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LCNE,2)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:15  
Sample (adjusted): 1992 2022  
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LCNE(-1))	-0.684988	0.171890	-3.985039	0.0004
R-squared	0.345121	Mean dependent var	0.002327	
Adjusted R-squared	0.345121	S.D. dependent var	0.060287	
S.E. of regression	0.048787	Akaike info criterion	-3.170981	
Sum squared resid	0.071405	Schwarz criterion	-3.124723	
Log likelihood	50.15020	Hannan-Quinn criter.	-3.155902	
Durbin-Watson stat	1.781830			

**LFBCF**

Null Hypothesis: LFBCF has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 4 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-3.122328	0.1184
Test critical values:		
1% level	-4.273277	
5% level	-3.557759	
10% level	-3.212361	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.002539
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.005191

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LFBCF)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:23  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LFBCF(-1)	-0.233146	0.069372	-3.360825	0.0022
C	5.487157	1.630432	3.365462	0.0022
@TREND("1990")	0.013650	0.003727	3.662823	0.0010
R-squared	0.322108	Mean dependent var	0.034297	
Adjusted R-squared	0.275356	S.D. dependent var	0.062183	
S.E. of regression	0.052934	Akaike info criterion	-2.950486	
Sum squared resid	0.081258	Schwarz criterion	-2.813074	
Log likelihood	50.20778	Hannan-Quinn criter.	-2.904938	
F-statistic	6.889827	Durbin-Watson stat	1.399049	
Prob(F-statistic)	0.003563			

Null Hypothesis: LFBCF has a unit root  
Exogenous: Constant  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	0.170649	0.9662
Test critical values:		
1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.003714
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.006685

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LFBCF)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:24  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LFBCF(-1)	0.011373	0.022433	0.506963	0.6159
C	-0.242680	0.546458	-0.444096	0.6602
R-squared	0.008494	Mean dependent var	0.034297	
Adjusted R-squared	-0.024556	S.D. dependent var	0.062183	
S.E. of regression	0.062942	Akaike info criterion	-2.632750	
Sum squared resid	0.118850	Schwarz criterion	-2.541142	
Log likelihood	44.12400	Hannan-Quinn criter.	-2.602384	
F-statistic	0.257012	Durbin-Watson stat	1.238782	
Prob(F-statistic)	0.615887			

Null Hypothesis: LFBCF has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	2.319822	0.9939
Test critical values:		
1% level	-2.639210	
5% level	-1.951687	
10% level	-1.610579	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.003738
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.006793

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LFBCF)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:25  
Sample (adjusted): 1991 2022  
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LFBCF(-1)	0.001412	0.000451	3.132941	0.0038
R-squared	0.001976	Mean dependent var	0.034297	
Adjusted R-squared	0.001976	S.D. dependent var	0.062183	
S.E. of regression	0.062122	Akaike info criterion	-2.688697	
Sum squared resid	0.119632	Schwarz criterion	-2.642893	
Log likelihood	44.01916	Hannan-Quinn criter.	-2.673515	
Durbin-Watson stat	1.217683			

Null Hypothesis: D(LFBCF) has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-3.191647	0.0024
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.003470
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.003164

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(LFBCF,2)  
Method: Least Squares  
Date: 05/22/24 Time: 13:26  
Sample (adjusted): 1992 2022  
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LFBCF(-1))	-0.491348	0.151146	-3.250810	0.0028
R-squared	0.258113	Mean dependent var	0.003882	
Adjusted R-squared	0.258113	S.D. dependent var	0.069519	
S.E. of regression	0.059879	Akaike info criterion	-2.761258	
Sum squared resid	0.107565	Schwarz criterion	-2.715000	
Log likelihood	43.79950	Hannan-Quinn criter.	-2.746179	
Durbin-Watson stat	2.353307			

## Annexe 06

Retard optimal  $p^*=1$  à partir d'AIC et SIC

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	68.72369	NA	1.35e-07	-4.463703	-4.275110	-4.404638
1	197.1943	212.6409	5.87e-11	-12.22029	<b>-11.27733*</b>	-11.92497
2	215.6881	25.50875	5.31e-11	-12.39228	-10.69495	-11.86070
3	243.5946	<b>30.79338*</b>	<b>2.82e-11*</b>	-13.21342	-10.76172	-12.44558*
4	261.6513	14.94347	3.69e-11	-13.35526*	-10.14919	-12.35116

## Annexe 07

## Estimation VAR (1)

	LPIBH	L_CENR	LFBCF	LCNE
LPIBH(-1)	1.063569 (0.12696) [8.37727]	1.230299 (1.18265) [1.04029]	0.686177 (0.25986) [2.64060]	-0.127705 (0.18877) [-0.67650]
L_CENR(-1)	0.012113 (0.01441) [0.84074]	0.572045 (0.13421) [4.26223]	0.011817 (0.02949) [0.40072]	0.037962 (0.02142) [1.77201]
LFBCF(-1)	-0.052340 (0.07958) [-0.65772]	-0.970095 (0.74128) [-1.30867]	0.587325 (0.16288) [3.60594]	0.232558 (0.11832) [1.96546]
LCNE(-1)	0.059232 (0.07654) [0.77383]	0.149577 (0.71303) [0.20978]	0.370848 (0.15667) [2.36708]	0.777488 (0.11381) [6.83129]
C	-0.256022 (0.36630) [-0.69894]	10.37433 (3.41219) [3.04037]	-1.985869 (0.74974) [-2.64875]	-0.650617 (0.54465) [-1.19456]
R-squared	0.971549	0.882992	0.990806	0.989655
Adj. R-squared	0.967335	0.865657	0.989444	0.988122
Sum sq. resid	0.017932	1.556041	0.075123	0.039645
S.E. equation	0.025771	0.240065	0.052748	0.038319
F-statistic	230.5038	50.93828	727.4422	645.7091
Log likelihood	74.38424	2.971428	51.46379	61.69040
Akaike AIC	-4.336515	0.126786	-2.903987	-3.543150
Schwarz SC	-4.107494	0.355807	-2.674965	-3.314129
Mean dependent	8.180825	-1.341904	24.38850	17.49984
S.D. dependent	0.142591	0.654970	0.513403	0.351591
Determinant resid covariance (dof adj.)		5.85E-11		
Determinant resid covariance		2.97E-11		
Log likelihood		206.2371		
Akaike information criterion		-11.63982		
Schwarz criterion		-10.72373		
Number of coefficients		20		

## Annexe 08

Estimation un modèle VAR en niveau augmenté  $p = k + d_{\max}$

Vector Autoregression Estimates  
Date: 05/21/24 Time: 09:47  
Sample (adjusted): 1992 2022  
Included observations: 31 after adjustments  
Standard errors in () & t-statistics in []

	LPIBH	L_CENR	LFBCF	LCNE
LPIBH(-1)	1.174968 (0.25154) [4.67118]	2.439500 (2.85305) [0.81951]	-0.349937 (0.54173) [-0.64596]	-0.048028 (0.38854) [-0.12361]
L_CENR(-1)	-0.007461 (0.01885) [-0.39588]	0.797413 (0.19877) [4.01176]	-0.041274 (0.04059) [-1.01694]	0.021079 (0.02911) [0.72414]
LFBCF(-1)	0.157213 (0.10542) [1.49131]	-1.652684 (1.11190) [-1.49635]	0.875746 (0.22704) [3.85721]	0.347969 (0.16284) [2.13681]
LCNE(-1)	-0.121321 (0.14918) [-0.81335]	-0.115295 (1.57329) [-0.07328]	0.492437 (0.32125) [1.53287]	0.524749 (0.23041) [2.27749]
C	0.349790 (0.41369) [0.84554]	7.347752 (4.36332) [1.68396]	-1.085885 (0.89095) [-1.21877]	0.091081 (0.63900) [0.14254]
LPIBH(-2)	-0.217663 (0.28990) [-0.75082]	-0.545674 (3.05768) [-0.17846]	1.338353 (0.62435) [2.14356]	-0.083492 (0.44779) [-0.18645]
L_CENR(-2)	0.007212 (0.01753) [0.41143]	-0.243989 (0.18489) [-1.31963]	0.014022 (0.03775) [0.37140]	-0.002707 (0.02708) [-0.09999]
LFBCF(-2)	-0.182676 (0.10634) [-1.71783]	-0.044592 (1.12163) [-0.03976]	-0.520174 (0.22903) [-2.27124]	-0.054654 (0.16426) [-0.33272]
LCNE(-2)	0.157096 (0.13117) [1.19761]	1.141262 (1.38355) [0.82496]	0.005243 (0.26251) [0.01956]	0.126190 (0.20262) [0.62273]
R-squared	0.980757	0.902505	0.993166	0.992184
Adj. R-squared	0.973759	0.887052	0.990681	0.989342
Sum sq. resid.	0.011617	1.292418	0.053886	0.027719
S.E. equation	0.022980	0.242378	0.049491	0.035496
F-statistic	140.1580	25.45857	399.6532	349.0944
Log likelihood	78.29608	5.263722	54.51335	64.81714
Akaike AIC	-4.470715	0.241050	-2.936345	-3.601105
Schwarz SC	-4.054396	0.657369	-2.520026	-3.184787
Mean dependent	8.188002	-1.348435	24.40548	17.51681
S.D. dependent	0.141858	0.664737	0.512676	0.343824

## Annexe 09

Nombre de retard en intégrant la variable CO2\_HABITANT

VAR Lag Order Selection Criteria  
Endogenous variables: LPIBH L\_CENR LFBCF LCNE LCO2\_HABITANT  
Exogenous variables:  
Date: 05/21/24 Time: 10:04  
Sample: 1990 2022  
Included observations: 29

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	276.1646	NA	2.10e-14	-17.32170	-16.14300*	-16.95254
2	301.4575	33.14232	2.34e-14	-17.34189	-14.98449	-16.60358
3	339.3249	36.56169	<b>1.45e-14*</b>	-18.22931	-14.69320	-17.12184
4	378.3244	24.20657	1.53e-14	-19.19479*	-14.47997	-17.71817*

## Annexe 10

Estimation VAR (3)

Vector Autoregression Estimates  
 Date: 05/21/24 Time: 10:07  
 Sample (adjusted): 1993 2022  
 Included observations: 30 after adjustments  
 Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	LPIBH	L CENR	LFBCF	LCNE	LCO2 HABITA NT
LEBHH(1)	0.263830 (0.23612) [1.11734]	2.700934 (3.32550) [0.81218]	-1.580098 (0.60183) [-2.62547]	-0.928125 (0.45057) [-2.05991]	-0.600575 (0.53979) [-1.11260]
LEBHH(2)	1.176361 (0.34431) [3.41664]	2.200628 (4.84921) [0.45684]	3.452690 (0.87759) [3.93429]	1.943669 (0.65701) [2.95836]	1.110632 (0.78712) [1.41184]
LEBHH(3)	-1.004261 (0.27889) [-3.60087]	-2.500987 (3.92786) [-0.63673]	-1.625312 (0.71085) [-2.28644]	-1.705077 (0.53218) [-3.20396]	-0.400391 (0.63757) [-0.62800]
L CENR(1)	-0.002922 (0.01610) [-0.18147]	0.614306 (0.22680) [2.70866]	-0.015274 (0.04105) [-0.37212]	-0.004709 (0.03073) [-0.15325]	-0.025670 (0.03681) [-0.69731]
L CENR(2)	-0.022660 (0.01793) [-1.26380]	0.057181 (0.25253) [0.22844]	-0.069048 (0.04570) [-1.51086]	0.024422 (0.03421) [0.71386]	0.024530 (0.04099) [0.59846]
L CENR(3)	0.026744 (0.01254) [2.12296]	-0.321115 (0.17659) [-1.81844]	0.100827 (0.03196) [3.16466]	0.003222 (0.02393) [0.13466]	-0.010538 (0.02866) [-0.36763]
LEBCF(1)	0.395465 (0.09446) [4.18664]	-1.089323 (1.33036) [-0.81882]	1.175599 (0.24076) [4.88284]	0.705481 (0.18025) [3.91296]	0.300993 (0.21594) [1.39266]
LEBCF(2)	-0.247923 (0.09744) [-2.54441]	-0.456078 (1.37229) [-0.33235]	-0.530493 (0.24835) [-2.13606]	-0.412020 (0.18593) [-2.21601]	-0.156281 (0.22275) [-0.70160]
LEBCF(3)	-0.017181 (0.08324) [-0.20641]	0.586095 (1.17227) [0.49997]	0.062071 (0.21215) [0.29258]	0.240526 (0.15883) [1.51438]	-0.001870 (0.19028) [-0.00983]
LCNE(1)	0.047777 (0.14570) [0.32792]	-1.807578 (2.05193) [-0.88092]	0.706588 (0.37135) [1.90276]	0.700918 (0.27801) [2.52118]	0.104149 (0.33307) [0.31272]
LCNE(2)	-0.470819 (0.15624) [-3.01342]	0.290364 (2.20045) [0.13196]	-1.030165 (0.39823) [-2.58687]	-0.659552 (0.29813) [-2.21226]	-0.479370 (0.35718) [-1.34211]
LCNE(3)	0.516168 (0.12708) [4.06162]	1.790683 (1.78982) [1.00048]	0.614372 (0.32391) [1.89874]	0.547598 (0.24250) [2.25814]	0.130886 (0.29052) [0.45062]
LCO2 HABITANT(1)	0.124937 (0.14044) [0.88962]	-1.805754 (1.97795) [-0.91294]	0.032377 (0.35796) [0.09046]	-0.028942 (0.26799) [-0.10800]	0.739982 (0.32106) [2.30484]
LCO2 HABITANT(2)	0.012923	-0.578403	0.085233	-0.104735	0.007366

	(0.16630) [0.67774]	(2.34206) [-0.24696]	(0.42386) [0.28168]	(0.31732) [-0.33006]	(0.38016) [0.81928]
LCO2 HABITANT(3)	-0.306137 [-2.16708]	0.812241 [0.46926]	-0.042903 [-0.11915]	0.027065 [0.10948]	0.151928 [0.47946]
<b>R-squared</b>	0.994038	0.948791	0.997028	0.996284	0.979132
<b>Adj. R-squared</b>	0.988473	0.900996	0.994255	0.992816	0.959654
<b>Sims-co. outside</b>	0.003419	0.678190	0.022212	0.012450	0.017869
<b>S.E. equation</b>	0.015098	0.212633	0.038481	0.028809	0.034514
<b>F-statistic</b>	178.6327	19.85130	359.4952	287.2812	50.27059
<b>Log likelihood</b>	93.62528	14.27472	65.55647	74.24085	68.82043
<b>Akaike AIC</b>	-5.241685	0.048352	-3.370432	-3.949390	-3.588028
<b>Schwarz SC</b>	-4.541086	0.748951	-2.669833	-3.248791	-2.887430
<b>Mean dependent</b>	8.191704	-1.352121	24.42647	17.53132	1.138792
<b>R D dependent</b>	0.146673	0.675778	0.507707	0.339906	0.171831

Annexe 11

Estimation VAR augmenté d'ordre p= k+dmax

Date: 05/21/24 Time: 10:10

Sample (adjusted): 1994 2022

Included observations: 29 after adjustments

Standard error in ( ) &amp; totalities in [ ]

	LP1BH	L CENR	LFBCF	LCNE	LCO2 HABITA NT
LRIBH(-1)	0.209787 (0.44933) [0.46688]	5.588973 (5.19961) [4.67488]	-0.973526 (0.67139) [-1.45002]	-1.176401 (0.78203) [-1.50429]	-0.359467 (0.86486) [-0.41563]
LRIBH(-2)	1.146396 (0.48488) [2.36436]	4.779128 (5.61090) [0.85476]	2.474369 (0.72450) [-3.44530]	1.393206 (0.84389) [-1.65094]	0.946240 (0.93328) [-3.61288]
LRIBH(-3)	-0.945941 (0.82214) [-1.15059]	-13.75186 (9.51363) [-1.44549]	-0.664589 (1.22843) [-0.54101]	0.044609 (1.43087) [0.02118]	-0.468186 (1.58243) [-0.29587]
LRIBH(-4)	-0.015371 (0.66277) [-0.02319]	11.57974 (7.66950) [-3.50984]	0.207361 (0.99031) [0.20920]	-1.564665 (1.15351) [-1.35644]	-0.616519 (1.27569) [-0.48328]
L CENR(-1)	0.000131 (0.02609) [0.00662]	0.649768 (0.30190) [2.16226]	-0.021620 (0.03898) [-0.55460]	-0.011253 (0.04541) [-0.24783]	-0.001194 (0.05022) [-0.02377]
L CENR(-2)	-0.014759 (0.02548) [-0.57924]	-0.265636 (0.29484) [-0.90094]	-0.047011 (0.03807) [-1.23483]	0.049915 (0.04435) [-1.12660]	0.045621 (0.04904) [0.92622]
L CENR(-3)	0.010664 (0.02654) [0.48478]	0.033173 (0.30715) [0.10800]	0.013860 (0.03966) [0.34946]	-0.026023 (0.04620) [-0.56331]	-0.002410 (0.05109) [-0.04717]
L CENR(-4)	0.006433 (0.02157) [0.29832]	-0.284720 (0.24955) [-1.14094]	0.068758 (0.03222) [2.12388]	0.034883 (0.03753) [0.92944]	-0.000728 (0.04151) [-0.01753]

LEBGR(1)	0.359282 (0.15543) [0.31149]	-0.116707 (1.79864) [-0.06489]	0.548328 (0.23225) [0.36698]	0.542474 (0.27052) [0.36631]	0.400088 (0.29917) [-0.33731]
LEBGR(2)	-0.215505 (0.24030) [-0.89680]	-4.436967 (2.78076) [-1.59559]	-0.270121 (0.35906) [-0.75230]	0.138582 (0.41823) [0.33136]	-0.025270 (0.46253) [-0.05463]
LEBGR(3)	0.028704 (0.16434) [0.17866]	2.241540 (1.90170) [-0.17870]	0.300675 (0.24555) [-0.22448]	0.002179 (0.28602) [0.68762]	-0.100164 (0.31632) [-0.31666]
LEBGR(4)	-0.026969 (0.11981) [-0.22509]	-1.680244 (1.38644) [-1.21191]	-0.069941 (0.17902) [-0.39069]	0.188913 (0.20852) [0.66566]	0.299750 (0.23061) [-0.28681]
LCNE(1)	0.167872 (0.26390) [0.63613]	-0.859029 (3.05375) [-0.28130]	1.426550 (0.39431) [-0.61788]	0.418899 (0.45929) [0.91266]	-0.228843 (0.50794) [-0.45053]
LCNE(2)	-0.544035 (0.24191) [-2.24894]	-0.189618 (2.79931) [-0.06774]	-1.282119 (0.36145) [-3.54711]	-0.368106 (0.42102) [-0.87432]	-0.265404 (0.46562) [-0.57001]
LCNE(3)	0.520235 (0.26715) [-0.94736]	4.957037 (3.09141) [-0.69249]	0.633147 (0.39917) [-0.58616]	0.141937 (0.46495) [0.36627]	0.227385 (0.51420) [-0.44221]
LCNE(4)	-0.051385 (0.27294) [-0.18826]	-2.198489 (3.15846) [-0.69606]	-0.585884 (0.40783) [-1.43659]	0.220505 (0.47504) [0.46418]	-0.294868 (0.52536) [-0.56127]
LCO2 HABITANT(1)	0.079854 (0.23944) [0.33366]	-3.218722 (2.77072) [-1.16169]	-0.607911 (0.35776) [-1.69920]	0.192444 (0.41672) [0.46186]	1.005726 (0.46086) [-0.18227]
LCO2 HABITANT(2)	0.054724 (0.24212) [0.22662]	-0.039776 (2.80176) [-0.01420]	0.344165 (0.36177) [0.96134]	-0.355897 (0.42139) [-0.84458]	-0.277723 (0.46602) [-0.59594]
LCO2 HABITANT(3)	-0.177857 (0.21516) [-0.82663]	-1.704547 (2.48978) [-0.68462]	0.268279 (0.32149) [0.83449]	0.213827 (0.37447) [0.67162]	0.505413 (0.41413) [-0.22942]
LCO2 HABITANT(4)	-0.152640 (0.24110) [-0.63309]	4.394123 (2.79001) [-0.57496]	0.103908 (0.36025) [0.28843]	-0.257224 (0.41962) [-0.61299]	-0.280086 (0.46407) [-0.60354]
<b>R-squared</b>	0.994400	0.969465	0.999059	0.997179	0.986876
<b>Adj. R-squared</b>	0.982579	0.905001	0.997071	0.991223	0.959170
<b>Sum sq. resid</b>	0.002930	0.392328	0.006541	0.008875	0.010854
<b>S.E. equation</b>	0.018043	0.208787	0.026959	0.031402	0.034728
<b>F-statistic</b>	84.11879	15.03898	502.7030	167.4210	35.61952
<b>Log likelihood</b>	92.25217	21.24361	80.60635	76.18253	73.26280
<b>Akaike AIC</b>	-4.982908	-0.085766	-4.179748	-3.874657	-3.673297
<b>Schwarz SC</b>	-4.039946	0.857197	-3.236786	-2.931695	-2.730334
<b>Mean dependent</b>	8.199303	-1.373436	24.45108	17.54667	1.144584
<b>S.D. dependent</b>	0.136699	0.677399	0.498155	0.335175	0.171867
<b>Determinant-covariance (det adj.)</b>		1.11E-15			
<b>Determinant-covariance</b>		3.21E-18			
<b>Log likelihood</b>		378.3244			

Figure 1: Carte représentative des variations de l'ensoleillement en Algérie.....	29
Figure 2: Carte géographique représentative du potentiel éolien en Algérie .....	30
Figure 3 : Décalage optimal du modèle ARDL .....	53
Figure 4: Test de normalité de Jarque-Bera.....	58
Figure 5: Test de CUSUM et CUSUM of Squares.....	61
Figure 6: Qualité prédictive du modèle ARDL .....	62
Figure 7: Comparaison du PIBH ajusté et PIBH observé.....	62
Figure 8: Test de normalité de Jarque-Bera du modèle ARDL standard .....	68
Figure 9: CUSUM et CUSUM of Squares ARDL standard .....	68
Figure 10: Qualité prédictive du modèle ARDL standard.....	71
Figure 11: Comparaison entre LPIBH et LPIBF du modèle ARDL standard.....	71
Figure 12: Test de stabilité de CUSUM NARDL.....	76
Figure 13: Les prévisions de LPIBH à partir du modèle NARDL .....	77
Figure 14: Comparaison des valeurs observées de LPIBH avec les valeurs ajustées NARDL.....	77

Tableau 1: Répartition des énergies renouvelables par filières et par phase( en MW).....	20
Tableau 2: Tableau représentatif du potentiel solaire.....	28
Tableau 3: Estimation par les MCO( Moindres Carrés Ordinaires).....	44
Tableau 4: Matrice de corrélation des variables.....	45
Tableau 5: Statistique descriptive des séries.....	46
Tableau 6: Résultat du test de Dickey-Fuller.....	47
Tableau 7: Résultats du test de Phillips-Perron.....	48
Tableau 8: Nouvelle estimation par la méthode des MCO.....	49
Tableau 9: Résultats du test de Toda-Yamamoto sans la variable CO2_HABITANT.....	50
Tableau 10: Résultat du test de causalité de Toda-Yamamoto avec la variable CO2_HABITANT.....	51
Tableau 11: Estimation du modèle ARDL.....	53
Tableau 12: Test de cointégration du modèle ARDL.....	55
Tableau 13: Estimation de la relation de long terme.....	55
Tableau 14: Estimation de la relation de court terme.....	57
Tableau 15: Corrélogramme des résidus.....	59
Tableau 16: Test d'autocorrélation des résidus.....	59
Tableau 17: Test d'hétéroscédasticité des résidus.....	60
Tableau 18: Test de stabilité de Ramsey.....	60
Tableau 19: Estimation du modèle ARDL standard.....	64
Tableau 20: Résultat du test de cointégration ARDL standard.....	65
Tableau 21: Résultat de l'estimation de la relation de long terme ARDL standard.....	66
Tableau 22: Résultat de l'estimation de la relation de court terme ARDL standard.....	66
Tableau 23: Résultat du test série LM ARDL standard.....	67
Tableau 24: Test d'hétéroscédasticité des résidus ARDL standard.....	67
Tableau 25: Résultat RESET Test.....	69
Tableau 26: Résultat de l'extension linéaire.....	72
Tableau 27: Estimation du test de cointégration NARDL.....	73
Tableau 28: Résultat de la relation de long terme NARDL.....	74
Tableau 29: Estimation de la relation à court terme NARDL.....	75
Tableau 30: Résultat de Breusch-Godfrey série LM Test.....	75
Tableau 31: Estimation du test d'hétéroscédasticité Test ARCH.....	76

## Table des matières

Dédicace

Dédicace

Remerciements

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale..... 1

### **Chapitre I : Généralités et revue de littérature sur les énergies renouvelables et la croissance économique**

Introduction .....	3
Section 01 : Généralités sur les énergies renouvelables et la croissance économique.....	3
1. Energies renouvelables :.....	3
1.1.Cadre conceptuel des énergies renouvelables :.....	3
1.2.Les différents types d'énergies renouvelables : .....	3
1.2.1.L'énergie solaire : .....	3
1.2.2.L'énergie éolienne : .....	4
1.2.3.La géothermie : .....	5
1.2.4.L'énergie de biomasse : .....	5
1.2.5.L'énergie hydraulique : .....	6
1.3.L'importance des énergies renouvelables :.....	6
1.3.1.Sur le plan énergétique :.....	6
1.3.2.Sur le plan économique :.....	6
1.3.3.Sur le plan social :.....	6
1.3.4.Sur le plan environnemental :.....	6
1.4.Mesure de l'énergie : .....	7
2.Croissance économique :.....	7
2.1.Cadre conceptuel de la croissance économique : .....	7
2.2.Théorie de la croissance : .....	10
Section 02 : Revue de la littérature sur le lien entre énergies renouvelables et croissance économique. ....	10
Conclusion.....	14

## **Chapitre II : Les énergies renouvelables**

Introduction .....	15
Section 01 : Programme algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique... 15	
1.Etat des lieux de la situation énergétique en Algérie .....	15
2.Les énergies renouvelables comme alternative .....	17
3.Programme national des énergies renouvelables .....	18
4.Programme national de l'efficacité énergétique.....	21
4.1. Pour le secteur du bâtiment.....	21
4.2. Pour le secteur des transports .....	22
4.3.Pour le secteur de l'industrie .....	22
5.Le développement des capacités industrielles.....	23
6.Cadre juridique et réglementaire, et les mesures incitatives des énergies renouvelables: ....	25
Section 02 : Le développement des énergies renouvelables en Algérie .....	28
1.Le potentiel des énergies renouvelables en Algérie .....	28
1.1.Le potentiel solaire : .....	28
1.2.Potentiel éolien :.....	29
1.3.Potentiel hydraulique :.....	30
1.4.Le potentiel géothermique.....	30
1.5.Le potentiel de la biomasse.....	31
1.5.1.Potentiel de la forêt.....	31
1.5.2.Potentiels énergétiques des déchets urbains et agricoles.....	31
2.Recherches et développement dans le domaine des énergies renouvelables en Algérie .....	31
Conclusion.....	33

## **Chapitre III : Analyse économétrique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique sur la période allant de 1990-2022**

Introduction .....	34
Section 01 : Présentation des variables et de la méthodologie.....	34
1.Présentation des variables : .....	34
1.1.Le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant \$ US constant de 2015 :.....	34
1.2.Emissions de CO2 (tonnes métriques/ habitant) : .....	35
1.3.Consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie) :.....	36

1.4.Consommation nationale d'énergie (en Mtep) :	36
1.5.Formation brute de capital fixe (\$ US constants de 2015) :	37
2.Méthodologie et quelques rappels basiques utiles :	38
2.1.L'analyse préliminaire des séries	38
2.2.Etude de la stationnarité des séries	38
2.2.1.Le test de Dickey Fuller simple et augmenté	38
2.2.2.Le test de Phillips-Perron	39
2.3.Les processus aléatoires stationnaires	39
2.4.Les processus aléatoires non stationnaires	39
2.5.Test de causalité	39
2.6.Spécification du modèle économétrique convenable	40
2.6.1.Toutes les séries sont stationnaires	40
2.6.2.Les séries sont non stationnaires et intégrées du même ordre	41
2.6.3.Les séries ont des ordres d'intégrations différentes.	41
Section 2 : Estimation empirique de l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique en Algérie	42
1.Analyses préliminaires	42
1.1.Spécification du modèle	42
1.2.Analyse de la matrice de corrélation des variables	45
1.3.Analyse descriptive des variables	45
1.4.Analyse stochastique des séries	46
2.Analyse de la causalité des séries de Toda- Yamamoto	49
2.1.Analyse de la causalité de Toda et Yamamoto sans la variable CO2_HABITANT	50
2.1.1.Détermination de l'ordre du modèle VAR en utilisant les critères d'AIC et Schwartz	50
2.1.2.Estimation d'un VAR (1)	50
2.1.3.Estimation un modèle VAR en niveau augmenté d'ordre $p = k + d_{max}$	50
2.2.Analyse de la causalité de Toda et Yamamoto avec la variable CO2_HABITANT	51
2.2.1.Détermination de l'ordre du modèle VAR	51
2.2.2.Estimation du modèle VAR(3)	51
2.2.3.Estimation du modèle VAR augmenté d'ordre $p=k+d_{max}$	51
3.Estimation du modèle ARDL	53
3.1.Test de l'existence d'une relation de cointégration du modèle ARDL estimé	55
3.2.Estimation de la relation à long terme	55

3.3.Estimation de la relation à court terme .....	56
3.4.Test de validation du modèle ARDL estimé .....	57
Conclusion.....	77
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>79</b>

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Liste des figures**

## **Listes des tableaux**

## **Table des matières**

## **Résumé**

## **Résumé**

L'objectif de ce mémoire est de déterminer l'impact des énergies renouvelables sur la croissance économique algérienne dans le but de guider les décideurs publics dans leurs choix de politique énergétique. Pour ce faire, nous avons passé en revue les théories existantes concernant les relations entre énergies renouvelables et économie de manière générale. En nous appuyant sur ces théories, nous avons réalisé une analyse économétrique pour explorer les différents liens entre énergies renouvelables et croissance économique, en utilisant les modèles économétriques ARDL (AutoRegressive Distributed Lag) et NARDL (Nonlinear AutoRegressive Distributed Lag). L'estimation couvre la période de 1990 à 2022 et utilise les variables provenant de la base de données de la Banque Mondiale, du ministère algérien de l'énergie et des mines et de l'université de Sherbrooke (Québec, Canada) : Perspective Monde. Toutes les variables employées sont macroéconomiques.

Les résultats ont révélé que l'impact des énergies renouvelables est asymétrique dans le long terme.

**Mots clés : énergies renouvelables, croissance économique, modèle économétrique, ARDL, NARDL, Algérie**

## **Abstract**

The objective of this thesis is to determine the impact of renewable energy on Algerian economic growth in order to guide public decision-makers in their energy policy choices. To do this, we reviewed the existing theories concerning the relationship between renewable energy and economics in general. Based on these theories, we carried out an econometric analysis to explore the different links between renewable energy and economic growth, using the ARDL (AutoRegressive Distributed Lag) and NARDL (Nonlinear AutoRegressive Distributed Lag) econometric models. The estimate covers the period from 1990 to 2022 and uses variables from the database of the World Bank, the Algerian Ministry of Energy and Mines and the University of Sherbrooke (Quebec, Canada): Perspective Monde. All the variables used are macroeconomic.

The results revealed that the impact of renewable energies is asymmetric in the long term.

**Keywords: renewable energy, economic growth, econometric model, ARDL, NARDL, Algeria**