

## **Impact des énergies renouvelables sur la croissance économique et les émissions du CO<sub>2</sub> au Maroc : Une analyse empirique en modèle vectoriels auto régressifs**

### **Impact of renewable énergies on economic growth and CO<sub>2</sub> in Morocco : An empirical analysis with VAR Model**

**GHARNIT Saïd**

Doctorant

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales  
Université Mohammed V de Rabat  
Laboratoire « Finance, Entrepreneuriat et développement »  
Maroc  
**said.gharnit@gmail.com**

**BOUZAHZAH Mohamed**

Professeur de l'enseignement supérieur

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales  
Université Mohammed V de Rabat  
Laboratoire « Finance, Entrepreneuriat et développement »  
Maroc  
**mobouzahzah@gmail.com**

**BOUNHR Imane**

Doctorante

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales  
Université Hassan II de Casablanca  
Laboratoire « Performance Economique et logistique »  
Maroc  
**imanebounahr03@gmail.com**

**Date de soumission** : 03/05/2021

**Date d'acceptation** : 10/06/2021

**Pour citer cet article** :

GHARNIT. S, BOUZAHZAH. M, BOUNHR. I (2021) «Impact des énergies renouvelables sur la croissance économique et les émissions du CO<sub>2</sub> au Maroc : Une analyse empirique en modèle vectoriels auto régressifs», Revue Internationale du Chercheur « Volume 2 : Numéro 2 » pp : 1199 - 1222

## Résumé :

L'objet de ce travail est d'étudier l'impact de l'orientation prise par le Maroc d'augmenter la part des énergies renouvelables dans sa consommation totale d'énergie, sur la croissance économique et les émissions de CO<sub>2</sub> au Maroc, pour la période entre 1990 et 2014. Nous avons choisi pour notre analyse empirique quatre variables afin d'étudier le lien entre les éléments susmentionnés. Ces variables sont : La part des ressources renouvelables dans la consommation finale en énergie, les importations en combustibles fossiles, les émissions en CO<sub>2</sub> et le Produit Intérieur Brut, en faisant appel aux outils de la méthodologie VAR. Les résultats obtenus montrent l'absence d'une relation de causalité directe et significative entre la part de la consommation en énergie renouvelable et les émissions de CO<sub>2</sub> au Maroc, cependant, il existe une relation unidirectionnelle allant de la croissance économique à la consommation d'énergie renouvelable supportant l'hypothèse de conservation. L'étude examine également les profils de réaction des importations des énergies fossiles, la croissance économique et les émissions de CO<sub>2</sub>, suite à un changement dans la part des énergies renouvelables, dans un horizon de temps future en vue d'appréhender à quel degré et à quelle vitesse ces changements surviennent, directement ou indirectement, d'une variable à une autre.

**Les mots clés :** Énergie Renouvelable ; Émissions CO<sub>2</sub> ; Croissance Économique ; Modèle Vectoriels Auto Régressifs ; Causalité de Granger.

## Abstract:

The purpose of this study is to analyze the impact of renewable energy consumption on economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Morocco, for the period between 1990 and 2014. We have chosen for our empirical analysis four variables in order to study the link between the above-mentioned elements. These variables are: The share of renewable resources in final energy consumption, fossil fuel imports, CO<sub>2</sub> emissions and Gross Domestic Product, using VAR model. The results obtained show the absence of a direct and significant causal relationship between the share of renewable energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Morocco, however, there is a unidirectional relationship from economic growth to renewable energy consumption supporting the conservation hypothesis. The study also examines the impulse response of fossil fuel imports, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions to a choc or innovation in the share of renewable energy for a future period of time in order to determine at which level and speed these changes move, directly or indirectly, from one variable to another.



**Key words:** Renewable Energy; CO<sub>2</sub> Emissions; Economic Growth; Vector Autoregressive Model; Granger Causality.

## Introduction

De nos jours, le changement climatique représente un défi important pour l'Afrique du Nord, notamment le Maroc. Il affecte et interagit avec les systèmes environnementaux et anthropiques de la région. Parmi ses conséquences figurent, entre autres, la dégradation de l'environnement, la productivité agricole, la sécurité alimentaire, la croissance démographique et l'instabilité économique et sociétale (Schilling et al., 2012). Jusqu'à présent, la majorité des recherches scientifiques lient ce phénomène climatique aux émissions du CO<sub>2</sub>, au réchauffement climatique résultant des émissions de gazes à effets de serre... associés principalement à l'accroissement de la consommation des énergies fossiles, tels que le pétrole et le charbon, etc. Aujourd'hui, pratiquement tous les pays du monde partagent et assument leurs responsabilités envers le défi climatique. C'est dans ce sens que le Maroc a entamé de grandes réformes stratégiques et instauré de nouvelles politiques publiques en vue d'assurer une transition énergétique efficace, vers une économie plus verte ; peu émettrice de CO<sub>2</sub>. C'est dans ce cadre que s'inscrit par exemple la diminution des subventions publiques liées aux produits pétroliers afin de créer un environnement favorable pour les énergies renouvelables et optimiser la consommation d'énergie fossiles.

Le Maroc, conscient de l'intérêt que de l'investissement dans ce secteur, a accordé une grande importance au sujet des énergies renouvelables par la mise en place de réformes structurantes depuis les années 1990, dans le cadre d'une politique générale de l'ouverture de l'économie marocaine et de son insertion dans le marché international. Ces stratégies ont également pour but de développer le potentiel national par la privatisation de la distribution et le raffinage des produits pétroliers ainsi que la cession de la mission de gestion de la distribution de l'électricité et de l'eau à des opérateurs privés. Ce modèle est un choix stratégique qui permet de renforcer la sécurité d'approvisionnement et l'efficacité des ressources énergétiques, afin d'optimiser les coûts relatifs aux services énergétiques et de protéger l'environnement en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Afin d'atteindre ces objectifs, le Maroc envisage d'augmenter le volume des investissements dans ce secteur de 40 milliards de dollars à l'horizon de 2030, dont 30 milliards de dollars au titre des énergies renouvelables (OME, 2021). Il vise également à modifier la structure de

l'énergie consommée en accordant une part plus élevée aux énergies renouvelables ; qui passeraient ainsi de 42% en 2020 à 52% en 2030<sup>1</sup>.

L'objectif de cet article est de répondre à la question de recherche suivante : Dans quelle mesure une substitution de la consommation d'une partie, de plus en plus importante, des énergies fossiles par des énergies renouvelables peut-elle impacter la croissance économique et l'environnement au Maroc?

La suite de l'article est organisée comme suit. **La première section** est consacrée à l'analyse du secteur énergétique au Maroc. **La deuxième** présente une revue de littérature relative à la question étudiée. **La troisième section** consiste à examiner empiriquement l'incidence de l'utilisation des énergies renouvelables sur la croissance économique et les émissions du CO<sub>2</sub> à travers un modèle économétrique. **La quatrième et dernière section** est consacrée à la conclusion et la formulation de recommandations.

## 1. Stratégie énergétique de 2009

Le Maroc a opté depuis 2009 pour une stratégie énergétique ambitieuse qui repose sur le développement de l'efficacité énergétique et le renforcement de la capacité des énergies renouvelables. Ces derniers doivent occuper désormais une place majeure dans le mix énergétique national et représenter un rôle central dans la transition énergétique et l'évolution de l'économie nationale.

### 1.1. Secteur de l'énergie : État des lieux

Depuis le lancement de la stratégie énergétique de 2009, le Maroc a enregistré un progrès important et des avancées au niveau du secteur de l'énergie, grâce à sa politique énergétique visant la différenciation et la diversification des sources en énergie ainsi qu'aux efforts déployés par le Maroc pour développer davantage les énergies provenant de sources renouvelables (solaire, éolien et hydraulique). Dans la même perspective, de nombreux programmes ont porté leurs fruits et consistent à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, la loi n°13-09 a été adoptée pour contribuer à la réalisation de la stratégie nationale ainsi qu'au développement du secteur des énergies renouvelables. Ses 44 articles encadrent les actions et les initiatives publiques et privées du Maroc, pour la libéralisation de la commercialisation et la production de l'électricité à partir des énergies renouvelables. Cette loi

---

<sup>1</sup> Allocution de Sa Majesté le Roi devant la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques (COP21), 2015

a pour objet de contribuer à la réalisation de l'objectif de 52% de la puissance installée en énergies renouvelables à l'horizon 2030. En effet, l'ambition d'économiser la consommation d'énergie de 12% en 2020 et de 15% en 2030<sup>2</sup> représente une priorité dans la stratégie d'efficacité énergétique nationale. Dans ce sens, des plans d'actions ont été engagés dans tous les secteurs clés notamment le bâtiment, l'industrie etc, afin de renforcer l'efficacité énergétique en parallèle aux énergies renouvelables. Le secteur énergétique au Maroc est caractérisé par un potentiel énorme en énergies renouvelables (éolienne, solaire et hydraulique), et la diversification du bouquet énergétique est un enjeu majeur pour préserver l'environnement et surtout limiter la dépendance vis-à-vis de l'extérieur. Pour se donner les moyens de ces ambitieux objectifs, le Maroc a lancé un programme intégré qui donne une part plus importante à la production électrique à travers des énergies renouvelables, par la construction de cinq centrales électriques solaires et de nouveaux parcs éoliens (Les Echos, 2017). Ce projet structurant est un levier de développement économique et son accomplissement est une opportunité pour faire émerger une industrie liée aux domaines de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, afin d'optimiser les conséquences socio-économiques.

A l'instar de tous les pays, le Maroc a adopté une stratégie énergétique qui vise à réaliser des objectifs traditionnels, notamment l'extension du réseau électrique, la consolidation des équipements et l'accès à l'énergie par les citoyens pour satisfaire leurs besoins. Depuis les années 1995-1996, le Maroc a adopté un Programme d'Electrification Rurale Globale (PERG) (ONEE, 2021) qui assure l'extension du réseau électrique et l'accès à l'énergie par la population à l'extérieur des zones urbaines. Par ailleurs, le Maroc a mis en œuvre un plan d'action qui consiste à fournir de l'énergie à travers la construction de barrages en 1967. Ensuite, en 1980 un Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) a été créé et concrétisé en 2000 (AMEE, 2021) par la mise en service des premiers parcs solaires (Ouarzazate) et éoliens (Tarfaya). En 1994, un premier accord de développement du projet de centrale thermique, celle de Jorf Lasfar, suivi par la mise en place de la stratégie de privatisation dans les différentes activités des secteurs énergétiques en 1997. Puis en 2010, la loi n° 13-09 relatives aux énergies renouvelables, qui a pour but d'adapter ce secteur aux évolutions de la technologie, a été promulguée. Il sied de préciser que ce secteur énergétique est devenu un secteur ouvert à la

---

<sup>2</sup> Efficacité Énergétique Au Maroc – Fellah-trade,com 2021

concurrence, qu'il a connu une compétitivité accrue suite à l'adoption d'une politique de libéralisation qui consiste à réduire les barrières tarifaires et non tarifaires et à stimuler des IDE.

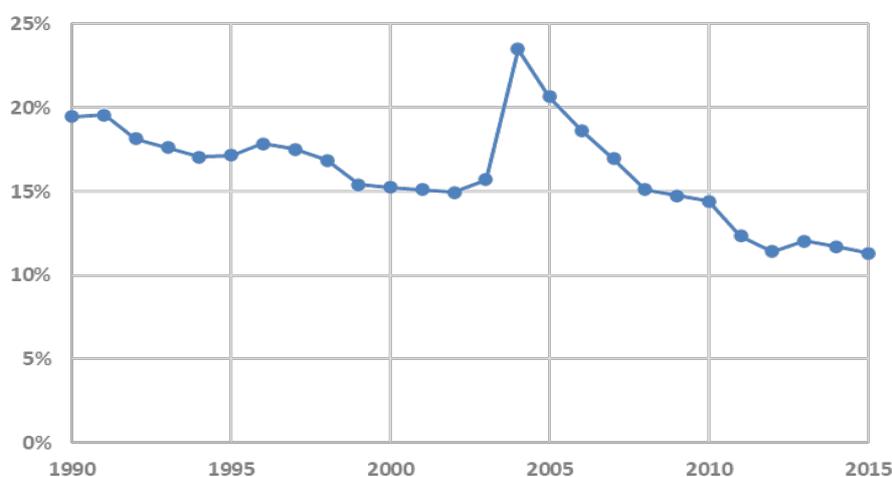
En conclusion, la politique énergétique marocaine s'articule autour de quatre volets, à savoir :

- ***Optimisation du bouquet énergétique au niveau du secteur de l'électricité*** : Elle repose sur le recours au charbon comme une base de production utilisée dans la nouvelle centrale thermique de Safi. Également l'introduction du gaz naturel liquéfié (GNL) et l'extension du projet Gazoduc Maghreb Europe (GME) (MASSEN, 2021) sont des options alternatives.
- ***Faire de l'efficacité énergétique une priorité nationale*** : Selon les termes de la stratégie énergétique même, cette politique représente le moyen le moins coûteux et le plus rapide pour optimiser l'énergie et réduire la facture énergétique.
- ***Renforcer le développement des énergies à partir de sources d'énergie renouvelables (éolienne, solaire et hydraulique)*** : Un projet intégré de production électrique solaire a été lancé en novembre 2009 nommé « Plan Solaire Marocain » qui prévoit une installation d'une capacité de 2 GW entre 2015 et 2020 (Benalouache, 2015). La mise en place de ce projet s'appuie sur un potentiel solaire considérable évalué à plus de 20 000 GW, est confiée à la MASSEN (Moroccan Agency for Sustainable Energy). La loi n° 37-16 du 25 août 2016 a annoncé la création de cette agence, qui a un statut d'unique acteur central et intégré des énergies éolienne, solaire, hydraulique et de tous types d'énergie renouvelable sauf les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) gérées par l'ONEE. Par ailleurs, le Maroc a lancé un projet intégré de l'énergie éolienne ; un projet d'investissement qui consiste à augmenter la capacité du Royaume en matière de puissance électrique d'origine éolienne ainsi que de garantie du développement du tissu industriel national.
- ***Encourager les investissements de capitaux étrangers dans le gaz et le pétrole*** : l'Office National des Hydrocarbures et des Mines (ONHYM) assure la réalisation des programmes d'exploration du pétrole et le renforcement de la capacité productive des sources d'énergie.

## 1.2.Évolution des énergies renouvelables et des importations en combustibles fossiles

Avant d'examiner empiriquement le lien entre la consommation des énergies renouvelables d'une part et la croissance économique et les émissions de CO<sub>2</sub> d'autre part, il convient d'analyser les évolutions de la consommation des différentes énergies. Ces évolutions, depuis 1990, sont résumées dans les graphiques 1 et 2 ci-dessous.

**Graphique N° 1. La part des énergies renouvelables dans la consommation finale en énergie entre 1990 et 2015**



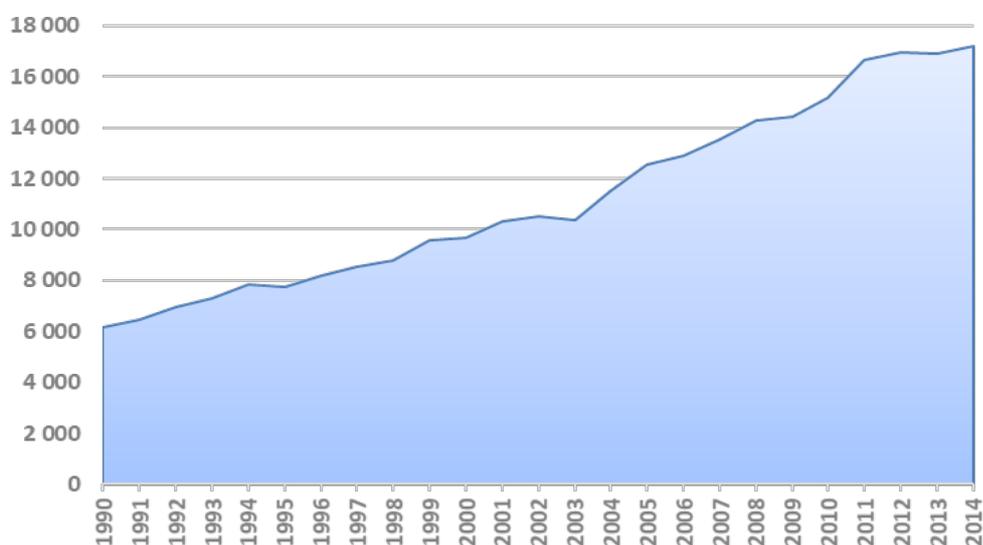
Source : la Banque Mondiale

De la lecture du graphique 1, on constate que l'évolution de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale en énergie, entre 1990 et 2015, est passée par trois périodes différentes :

- **Entre 1990 et 2003** : la part des énergies renouvelables a oscillé entre 15 et 20%. Cette période s'est caractérisée par une concentration sur les énergies hydrauliques avec la construction de plusieurs barrages.
- **Un pic en 2004 et un retour progressif vers le niveau moyen vers 2008** : Durant cette période, la part des énergies renouvelables a connu en effet une hausse remarquable, passant de 16% à environ 24%, grâce à l'achèvement des travaux de construction et l'entrée en service de la Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) d'Afourer dont la capacité totale est de 465 MW électrique.

- **Entre 2009 et 2015** : à partir de 2009, le Maroc a lancé plusieurs chantiers économiques notamment dans les secteurs industriel, agricole, touristique, etc. Ces grands chantiers nécessitant un approvisionnement important en sources énergétiques, ce qui a poussé le Maroc à couvrir ses besoins en énergie par des ressources traditionnelles tels que le charbon, le pétrole, etc. L'augmentation de la part des énergies traditionnelles a eu comme corollaire une diminution de la part des énergies renouvelables, ce qui explique la baisse, de 10 à 15 points de pourcentage, de celle-ci entre 2009 et 2015.

**Graphique N° 2. Total des importations en énergie fossiles (en KTEP) entre 1990 et 2014**



Source : Agence Internationale de l'Énergie (AIE)

Le graphique 2 confirme, d'une certaine manière, les résultats du premier graphique en montrant une progression rapide et soutenue des importations en combustible fossiles entre 1990 et 2014, dont le Maroc y dépend totalement vis-à-vis l'étranger.

## 2. Revue de littérature

Durant ces dernières décennies s'est développée une vaste littérature empirique qui s'est intéressée à la relation entre la consommation d'énergie, notamment les énergies renouvelables, et la croissance économique. Cette littérature, connue sous le nom de Energy-Economy-Nexus, est apparue en réponse à la crise pétrolière mondiale des années 1970 et à la réduction de l'approvisionnement énergétique qui en a résulté.

C'est dans le cadre de cette littérature que (Apergis & Danuletiu, 2014) ont examiné la relation entre la consommation des énergies renouvelables et la croissance économique pour 80 pays,

en utilisant le test de causalité à long terme de Canning et Pedroni. Les deux auteurs ont montré l'existence d'une causalité positive à long terme entre les énergies renouvelables et le PIB réel pour l'ensemble de l'échantillon ainsi que pour les différentes régions. L'interdépendance entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique indique que les énergies renouvelables ne sont pas uniquement importantes pour la qualité de m'environnement mais aussi pour la croissance économique. Dans ce même sens, (Behname, 2012) a examiné la relation de causalité à long et aussi à court terme entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique dans les pays de l'Europe de l'Ouest pour la période 1995-2010. Le test de Pedroni utilisé a révélé une relation à long terme entre les deux variables. Il s'en suit, l'existence d'une relation bidirectionnelle à long et à court terme entre la croissance économique et la consommation d'énergie renouvelable. Une autre étude, celle de (Lekana, 2019), confirme une partie des résultats précédente. Ce travail s'est intéressé aux pays de la CEMAC pour la période de 1990 et 2015 et a utilisé trois modèles à correction d'erreur en donnée panel (MG PMG et DFE) et deux approches de causalités (causalité à la Engel et Granger et causalité à la Dumitrescu et Hurlin). Les résultats ont montré que la consommation d'énergies renouvelables a un effet positif à long terme, mais qu'elle a un effet négatif à court terme sur la croissance économique de ces pays.

Plus récemment, (Saidi & Omri, 2020) ont examiné l'efficacité des énergies renouvelables dans la promotion de la croissance économique et la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans le cas de 15 pays, en en utilisant les techniques d'estimation des moindres carrés ordinaires (FMOLS) et du modèle vectoriel de correction des erreurs (VECM). Les résultats affirment la présence d'une relation de causalité bidirectionnelle entre la croissance économique et les énergies renouvelables à court et à long terme. D'autre part, (Chen et al., 2019) ont exploré les relations entre les émissions de dioxyde de carbone, la croissance économique, la consommation d'énergies renouvelables et non renouvelables dans trois régions de la Chine pour la période 1995-2012. Une des principales conclusions obtenues dans le cadre de ce travail est l'existence des relations de causalité bidirectionnelles dans le long-terme entre les énergies renouvelables, les émissions de CO<sub>2</sub> et la croissance économique dans l'ensemble des régions. Finalement, on peut citer le travail de (Bilan et al., 2019). Les auteurs ont examiné l'impact de l'utilisation des sources d'énergies renouvelables (SER), des émissions de CO<sub>2</sub>, de la macroéconomie et de la stabilité politique d'un pays sur le produit intérieur brut. L'étude utilise des données entre 1995 et 2015 provenant des pays candidats et candidats potentiels à l'adhésion à l'Union

Européenne et les résultats confirment qu'il existe une relation entre les SER, les émissions de CO<sub>2</sub> et le PIB. Pour les pays de l'UE, les SER en tant que ressources humaines et capital ont un impact sur le PIB. En outre, les résultats révèlent une rétraction de la correction lorsque la croissance économique entraîne une augmentation de la consommation d'énergies renouvelables. Enfin, le travail révèle que les pays candidats et les pays potentiellement candidats à l'adhésion à l'UE devraient favoriser le développement des énergies renouvelables.

### **3. Modèle empirique :**

#### **3.1. La description des variables :**

Afin d'étudier l'impact du changement de l'orientation énergétique apportée par le Maroc, notamment à travers la stratégie énergétique de 2009, nous utilisons pour notre analyse empirique quatre variables, à savoir : La part des ressources renouvelables dans la consommation finale en énergie (*CER*), les importations en combustibles fossiles (*ImpEF*), les émissions en CO<sub>2</sub> (*EmCO2*) et le Produit Intérieur Brut (*PIB*), pour la période de 1990-2014. Cette période représente l'intervalle temporel des données qui couvre l'ensemble des variables.

- 1. Les émissions de dioxyde de carbone (*EmCO2*) :** Elles sont celles qui proviennent de la combustion des énergies fossiles et de la fabrication du ciment. Ces émissions comprennent le dioxyde de carbone produit lors de la consommation de combustibles solides, liquides et gazeux et du torchage du gaz. Ces données sont exprimées en kilotonnes et sont importées de la base de données de la Banque Mondiale.
- 2. La part des énergies renouvelables dans la consommation finale en énergie (*CER*) :** Exprimée en pourcentage %, elle représente la part de la consommation d'énergie renouvelable dans la consommation totale en énergie.
- 3. Total des importations en énergie fossile (*ImpEF*) :** Les importations nettes d'énergie sont estimées comme la consommation d'énergie moins la production, les deux mesurées en Tonnes Equivalents Pétrole (TEP). Une valeur négative indique que le pays est un exportateur net. La consommation d'énergie se réfère à l'utilisation d'énergie primaire avant transformation en d'autres combustibles d'utilisation finale, qui est égale à la production nationale plus les importations et les variations de stocks, moins les exportations et les combustibles fournis aux navires et aux avions effectuant des transports internationaux. Ces données sont fournies par l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et sont exprimés en kilotonnes équivalent pétrole.

#### **3.2. Stationnarité des variables :**

Avant de procéder à l'étude des interdépendances entre nos variables, il est évidemment nécessaire d'examiner, dans un premier temps, que les processus étudiés sont stationnaires. Nous utilisons pour ceci trois tests de racine unitaire, à savoir : Dickey-Fuller Augmenté (ADF), Dickey-Fuller Moindres Carrés Généralisée (DF GLS) et Philippe-Perron (PP). L'hypothèse nulle  $H(0)$  dans les trois tests indique l'existence d'une racine unitaire et donc la non-stationnarité de ce processus alors que l'hypothèse alternative  $H(1)$  affirme la stationnarité de ce processus.

Les résultats (*en annexe 1*) des trois tests montrent que les deux variables  $CER$  et  $PIB$  ne sont pas stationnaires en niveau, tandis que  $ImpEF$  est jugée stationnaire seulement au seuil de signification de 5%. Pour le cas de la variable  $EmCO_2$ , l'hypothèse nulle est rejetée par les tests ADF et DF GLS alors qu'elle est acceptée par le test de PP, ce qui laisse la stationnarité en niveau non confirmée. En passant à la première différence,  $CER$  et  $PIB$  deviennent stationnaires au seuil de signification de 1%. L'absence d'une racine unitaire pour  $ImpEF$  se confirme pour un seuil de signification de 1% au lieu de 5% enregistré en niveau. Le même résultat est à noter pour le test de PP s'agissant de la dernière variable  $EmCO_2$ . ***On conclut alors que les quatre variables sont intégrées dans le premier ordre  $I(1)$  au même seuil de signification de 1%.***

### **3.3.Cointégration des variables :**

Après avoir vérifié la stationnarité des variables au même ordre de  $I(1)$ , nous passons à tester les relations de cointégration entre ces dernières afin d'adopter le modèle le plus pertinent et adéquat à notre analyse.

Pour tester la cointégration, nous faisons appel au test de Johansen dont l'hypothèse nulle stipule l'existence d'au moins une relation de cointégration entre les variables. Les résultats (*en annexe 2*) affirment, au niveau de signification de 5%, le rejet de  $H(0)$  et donc ***l'absence d'une relation de cointégration entre nos variables.***

### **3.4.Ordre optimal de retard :**

Etant donné le caractère stationnaire de toutes les variables au premier ordre et l'absence d'une relation de cointégration entre elles, nous pouvons adopter, pour notre étude empirique, le modèle Vectoriels Auto Régressifs (VAR).

La première étape consiste à spécifier le nombre optimal de retards. Un nombre de retards élevé fait perdre des degrés de liberté et les coefficients deviennent statistiquement insignifiants, tandis qu'un nombre faible de retards peut amener à un modèle mal spécifié. Le nombre optimal

de retard est celui qui minimise les critères de Schwartz (SC), Akaike (AIC), Hannan-Quinn (HQ), Final Prediction Error (FPE) et maximise le critère de Likelihood ratio (LR).

Les résultats obtenus (*en annexe 3*) pour le choix du nombre de retard optimal montrent une certaine discordance entre les tests utilisés. En effet, les tests AIC et FPE indiquent respectivement des ordres optimaux de 4 et 3. Ces deux tests peuvent être considérés comme les plus pertinents dans le cas des VAR pour des échantillons inférieurs à 60 observations (Liew, 2004). Le test de HQ confirme les résultats de AIC alors que SC et LR affichent un ordre optimal de 1.

Les deux graphiques (*graphiques 1 et 2 en annexe 4*) nous aident dans le choix de l'ordre optimal puisqu'ils indiquent la stationnarité du modèle. Nous pouvons remarquer clairement qu'avec 4 ordres de retard, nous avons 3 racines en dehors du cercle unitaire, et donc le modèle n'est pas stationnaire ce qui affecte sa pertinence. Alors que si nous adaptons 3 ordres de retard, les résultats sont plus satisfaisants. ***On conclut que l'ordre de retard optimal pour notre modèle VAR est de 3.***

### 3.5. Estimation du modèle :

En faisant appel aux outils de la méthodologie des modèles VAR, cette représentation économétrique permet aux variables sélectionnées, a priori, d'avoir le même statut et donc l'intérêt porte sur des relations purement statistiques.

En notant  $X_t = (PIB, EmCo2, ImpEF, CER)$  la matrice des 4 variables, le modèle VAR(3) présentant la relation entre nos différentes variables s'écrit comme suit :

$$X_t = c + \Pi_1 X_{t-1} + \Pi_2 X_{t-2} + \Pi_3 X_{t-3} + \varepsilon_t$$

où  $\Pi_1$  est la matrice des 16 coefficients et  $\varepsilon_t$  est un bruit blanc.

En ce qui concerne le PIB, les résultats de l'estimation (*en annexe 5*) montrent que ce dernier est directement affecté par les performances économiques antérieures (en  $t-1$  et  $t-2$ ), par le niveau des émissions du CO<sub>2</sub> (en  $t-1$ ) et l'importation des énergies fossiles (en  $t-1$  et  $t-3$ ). A l'inverse, les résultats montrent l'absence d'une relation de causalité directe allant des énergies renouvelables vers le PIB au Maroc.

Par ailleurs, nous pouvons noter l'impact significatif, pourtant négatif, des importations des énergies fossiles sur le PIB, ce qui peut s'expliquer par le fait que la dépendance du Maroc vis-à-vis de l'étranger au sujet de l'approvisionnement en énergie pèse considérablement sur sa performance économique.

D'un autre côté, la hausse du niveau des émissions de dioxyde de Carbon peut être liée directement à une consommation accrue des combustibles fossiles, surtout au niveau industriel et manufacturier, ce qui explique l'impact significatif et positif entre ces émissions et le PIB.

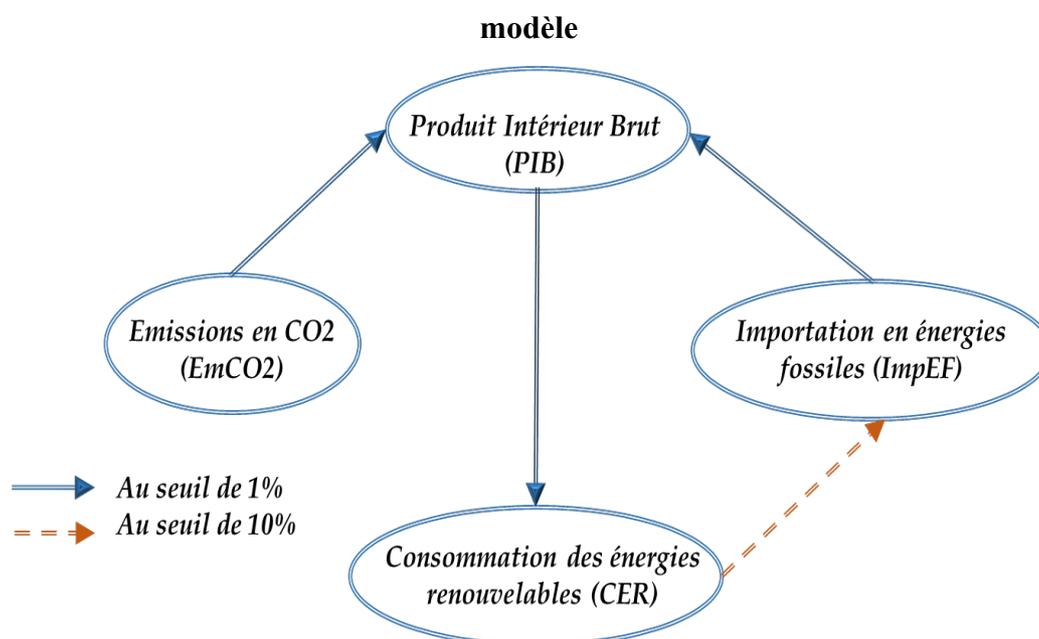
Toutefois, on peut observer l'existence d'une relation de causalité unidirectionnelle allant du PIB à la consommation de l'énergie renouvelable, ce qui supporte alors *l'hypothèse de conservation* (Farooq & Ullah, 2011; Kwakwa, 2011; Öcal & Aslan, 2013; Wolde-Rufael, 2010) pour le cas du Maroc.

En ce qui concerne l'aspect environnemental, aucune des trois variables (*PIB*, *CER* et *ImpEF*) n'exerce un impact significatif sur les émissions du CO<sub>2</sub>. Par contre, il existe un impact positif et significatif de ces émissions sur les importations des énergies fossiles.

Pour confirmer les conclusions susmentionnées, nous examinons les directions de causalité entre les variables en utilisant le test de causalité de Granger (1969).

Nous pouvons synthétiser les résultats recueillies (*en annexe 6*), qui montrent les directions et les liens de causalité entre nos variables, à travers le schéma suivant :

**Figure N° 1. Les directions de causalité, au sens de Granger, entre les variables du**



**Source : Elaboration des auteurs**

Les résultats du test de causalité de Granger confirment exactement ceux de l'estimation VAR. Au seuil de 1%, les résultats indiquent l'existence d'une relation de causalité unidirectionnelle allant des émissions du CO<sub>2</sub> vers le PIB, ce même résultat a été obtenu par (Khanniba et al., 2020) pour le cas du Maroc, toutefois, ces résultats témoignent l'absence d'un impact significatif allant du PIB vers les émissions de CO<sub>2</sub>. Nos résultats sont équivalents à ceux obtenus par (Shaari et al., 2014) concernant l'absence de causalité à court-terme pour un panel de 15 pays en développement, et à ceux obtenus par (Saboori et al., 2012) pour le cas de la Malaisie par exemple.

Le test de Granger laisse présager d'un lien de causalité unidirectionnelle, d'une part, entre le PIB et la part de la consommation en énergie renouvelable, et d'autre part, entre les importations en énergies fossiles et le PIB. Au seuil de 10%, la participation des importations en énergies fossiles dans les relations de causalité devient significative puisque le test de Granger, a ce seuil, montre l'existence de relations de causalité unidirectionnelles allant de la part de la consommation en énergie renouvelable vers les importations en énergies fossiles.

En ce qui concerne l'impact des énergies renouvelables sur les émissions du CO<sub>2</sub>, le test de Granger affirme l'absence d'un lien de causalité directe entre ces deux variables.

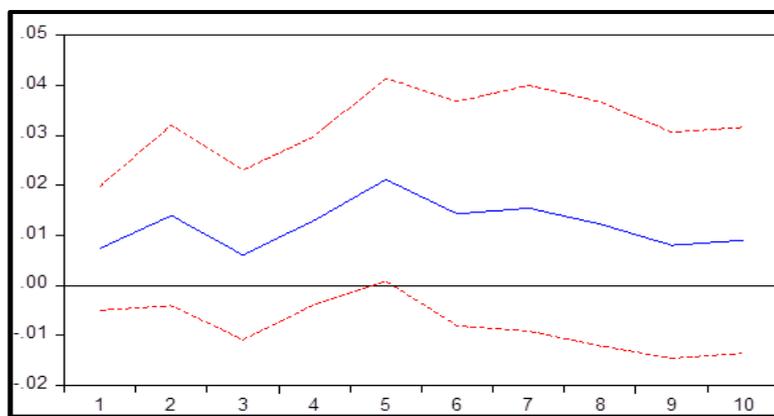
### **3.6. Réaction des variables à un changement dans la part des énergies renouvelables dans la consommation totale de l'énergie :**

Pour déterminer l'impact de la part des énergies renouvelables sur les différentes variables de notre système, nous examinons les profils de réaction générés par le modèle. Ceci nous aide à expliquer la réaction des différentes variables à un choc ou innovation au niveau des énergies renouvelables en décrivant l'évolution de ces variables dans un horizon de temps spécifique après un choc à un moment donné. L'objectif est de tracer les effets instantanés mais aussi futurs sur les variables du modèle et d'examiner à quel degré et vitesse ces changements passent, directement ou indirectement, d'une variable à une autre.

### **3.7. Réaction des importations des énergies fossiles :**

Le graphique 3 retrace les effets de la consommation des énergies renouvelable sur les importations des énergies fossiles. Les résultats de la réaction de cette variable montrent une certaine asymétrie quand il s'agit de la tendance, qui est croissante et décroissante régulièrement sur des périodes approchées.

### Graphique N° 3. Réponse des importations en énergies fossiles à une variation de la part des énergies renouvelables dans la consommation total de l'énergie



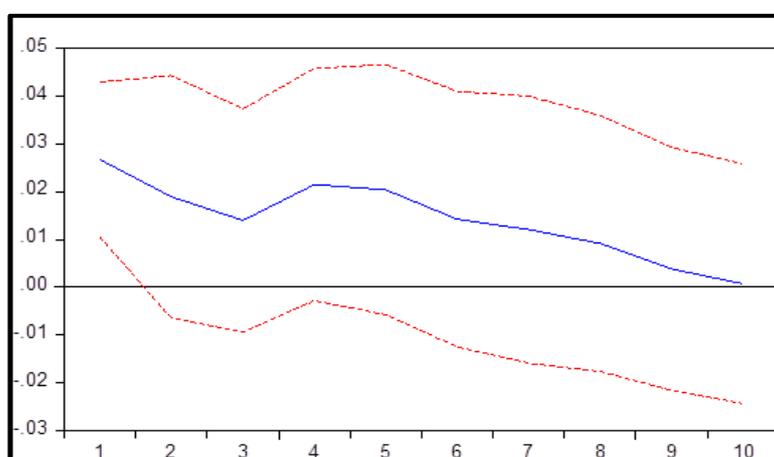
Source : Elaboration des auteurs

Cela est peut-être lié au fait que les importations en énergie ne sont pas impactées uniquement par la part des énergies renouvelable dans la consommation finale mais par d'autres facteurs aussi, non inclus dans la présente étude, tels que les prix des combustibles dans le marché international.

#### 3.8. Réaction des émissions de CO<sub>2</sub> :

Bien que les résultats déjà obtenus n'affirment pas un impact direct des énergies renouvelables sur l'environnement, l'augmentation de la part de ces ressources dans la consommation totale de l'énergie demeure primordiale dans la vision du futur énergétique au Maroc.

### Graphique N° 4. Réponse des émissions du CO<sub>2</sub> à une variation de la part des énergies renouvelables dans la consommation total de l'énergie



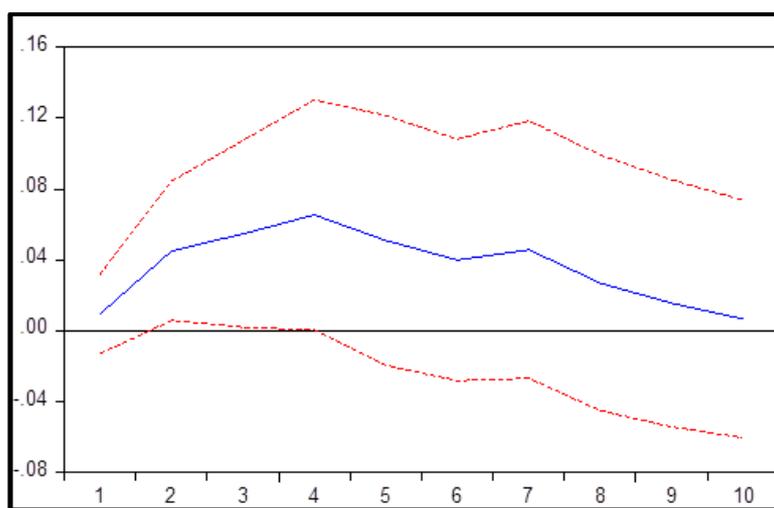
Source : Elaboration des auteurs

Par ailleurs, le graphique 4 présente les résultats de notre simulation de la réaction des émissions de CO<sub>2</sub> à une innovation ou choc au niveau de la part des énergies renouvelables dans la consommation totale. Ces résultats montrent une réaction caractérisée par une diminution immédiate entre la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> année, ensuite il y aura lieu un pic à la 4<sup>ème</sup> année et puis la tendance reprendra son rythme décroissant sur le reste de l'horizon temporel, c'est à dire à partir de la 4<sup>ème</sup> année.

### 3.8.1. Réaction du PIB :

En ce qui concerne le Produit Intérieur Brut, le graphique 5 montre une croissance continue pendant les 4 premières années, puis la tendance décline à partir de la 4<sup>ème</sup> année d'une façon continue et soutenue.

**Graphique N° 5. Réponse du PIB à une variation de la part des énergies renouvelables dans la consommation total de l'énergie**



Source : Elaboration des auteurs

Bien que le PIB ne soit pas impacté directement par la part de la consommation des énergies renouvelable, comme nous l'avons déjà démontré lors de l'analyse des relations de causalité selon le sens de Granger, nous pouvons supposer que l'impact passe également à travers les importations.

### Conclusion :

En guise de conclusion, le sujet du renforcement de l'efficacité énergétique est devenu aujourd'hui une priorité majeure de l'opinion publique et des acteurs économiques. Pour cette raison, le Maroc est amené à orienter sa stratégie nationale vers la diversification du bouquet énergétique, par le développement des énergies renouvelables et des énergies propres pour

satisfaire à la fois la demande en énergie et d'alléger la dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur. Le pays dispose d'un potentiel énorme dans ce domaine et les perspectives sont très prometteuses.

Cette étude nous a montré qu'il existe une relation bidirectionnelle, à des seuils différents, entre le PIB et les importations en énergie fossiles. Elle affirme l'existence d'une relation unidirectionnelle allant du PIB vers la consommation des énergies renouvelable, en y ajoutant un impact unidirectionnel de la consommation des énergies renouvelable sur les importations en énergie. On peut conclure alors qu'il existe un impact indirect de la consommation des énergies renouvelables sur le PIB. S'agissant du volet environnemental, nous n'avons pas pu démontrer, à travers la présente étude, l'existence d'un impact significatif des énergies renouvelables sur les émissions de dioxyde de carbone. Toutefois, l'intégration d'autres variables explicatives dans les études futures sur la question de l'environnement peut influencer ces résultats, tel que les investissements directs étrangers dont nous avons confirmé l'impact significatif sur les émissions du CO<sub>2</sub>, que ça soit au niveau continental, pour le cas des pays africains (Gharnit et al., 2019) ou au niveau nationale, pour le cas du Maroc (Gharnit et al., 2020).

L'énergie est continuellement sollicitée par les différents secteurs économiques (industrie, agriculture, ménage, etc.), pourtant et malgré les projets innovants réalisés dans le secteur énergétique au niveau des sources renouvelables, le Maroc ne peut pas satisfaire tous ses besoins par ces dernières, d'où le recours aux énergies fossiles progresse d'une année à une autre ce qui laisse l'impact des énergies renouvelables moins important au niveau économique et environnemental. D'autre part, nous pouvons supposer que la consommation des énergies renouvelables ne touche pas aux secteurs polluants tels que le secteur manufacturier ou le secteur du transport... d'où l'effet insignifiant sur l'environnement selon nos résultats. Il faut ainsi orienter les énergies renouvelables pour le remplacement des combustibles fossiles dans ces secteurs et réussir la transition des moyens roulants au niveau du secteur du transport vers des véhicules hybrides ou totalement électriques.

**ANNEXES :**

**Annexe 1: Résultat des tests de stationnarité des variables**

	Log CER	Log ImpEF	Log PIB	Log EmCO2
<b>Au Niveau</b>				
<b>ADF</b>	-0,994031	<b>-3,286589**</b>	-1,751249	<b>-5,110282***</b>
<b>DF GLS</b>	-0,894529	<b>0,637627**</b>	0,721901	<b>0,061234***</b>
<b>PP</b>	-0,994031	<b>-3,362010**</b>	-1,649481	-2,311933
<b>Au premier niveau</b>				
<b>ADF</b>	<b>-4,493346***</b>	<b>-5,155578***</b>	<b>-5,898386***</b>	-
<b>DF GLS</b>	<b>-4,577292***</b>	<b>-4,918306***</b>	<b>-5,204570***</b>	-
<b>PP</b>	<b>-4,481662***</b>	<b>-5,121711***</b>	<b>-5,896046***</b>	<b>-9,423035***</b>

\*\*\*, \*\*, \* indiquent une signification respectivement au niveau de 1%, 5% et 10%. La sélection du retard maximum est automatique par le logiciel utilisant le SIC comme référence.

**Annexe 2: Résultat du test de cointégration de Johansen**

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	P-value*
<b>None</b>	0.550805	43.19308	47.85613	0.1279
<b>At most 1</b>	0.436105	24.78624	29.79707	0.1692
<b>At most 2</b>	0.340037	11.60985	15.49471	0.1766
<b>At most 3</b>	0.085342	2.051708	3.841466	0.1520

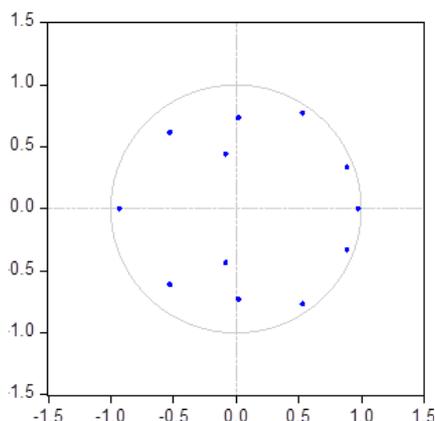
\* Rejet de l'hypothèse nulle au niveau de signification de 5%

**Annexe 3: Résultat des tests du nombre de retard optimal**

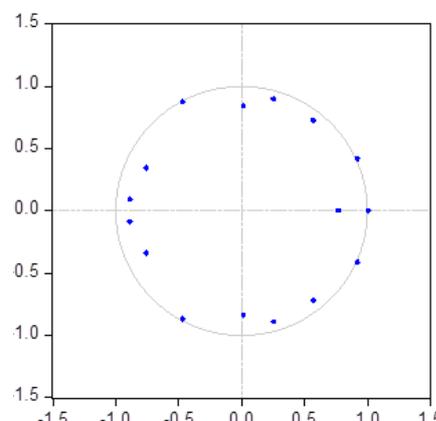
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
<b>0</b>	77,21154	NA	1,10E-08	-6,972527	-6,773571	-6,929349
<b>1</b>	150,9894	<b>112,4235*</b>	4,66E-11	-12,47518	<b>-11,48040*</b>	-12,25929
<b>2</b>	165,2344	16,27991	6,72E-11	-12,30803	-10,51742	-11,91943
<b>3</b>	192,7251	20,94535	<b>4,10e-11*</b>	-13,40239	-10,81596	-12,84107
<b>4</b>	223,845	11,85519	5,28E-11	<b>-14,84238*</b>	-11,46012	<b>-14,10834*</b>

\* nombre de retard optimal indiqué par les résultats de test

**Annexe 4: Racine unitaire du modèle au retard de 3 et 4**



**Graphique 1. Racine unitaire du modèle au retard de 3**



**Graphique 2. Racine unitaire du modèle au retard de 4**

**Annexe 5 : Résultats de l'estimation du modèle vectoriels autorégressif**

	<i>Log PIB</i>	<i>Log EmCO<sub>2</sub></i>	<i>Log CER</i>	<i>Log ImpEF</i>
<i>Log PIB (-1)</i>	0,686465 *	0,189473	0,456091	0,056451
<i>Log PIB (-2)</i>	-0,507206 ***	-0,092665	-0,361663	-0,143397
<i>Log PIB (-3)</i>	0,175223	-0,031467	-0,670782 **	0,153544
<i>Log EmCO<sub>2</sub> (-1)</i>	1,941495 *	0,202843	-0,32484	0,034986
<i>Log EmCO<sub>2</sub> (-2)</i>	0,475014	-0,501233	-0,363295	-0,722978
<i>Log EmCO<sub>2</sub> (-3)</i>	1,08198	0,125259	1,571905	0,737908 **
<i>Log CER (-1)</i>	-0,022203	0,133873	0,401949 ***	0,122869
<i>Log CER (-2)</i>	-0,062868	0,05533	0,303863	0,139611
<i>Log CER (-3)</i>	-0,044831	0,011158	-0,349049	-0,110882
<i>Log ImpEF (-1)</i>	-1,57453 **	0,230692	-0,671149	0,4436
<i>Log ImpEF (-2)</i>	0,82671	0,774036	1,28907	0,578842
<i>Log ImpEF (-3)</i>	-1,712869 **	0,04819	-0,991211	-0,127405
<i>Constant</i>	1,604501	1,439148	7,176626 *	-0,825106
<b>R-squared</b>	0,993386	0,98938	0,923943	0,995385
<b>Adj. R-squared</b>	0,984566	0,97522	0,822534	0,989233
<b>F-statistic</b>	112,6394	69,87164	9,111043	161,778
<b>Akaike AIC</b>	-2,753115	-3,190743	-2,050229	-3,918239
<b>Schwarz SC</b>	-2,108408	-2,546036	-1,405522	-3,273532
<b>Determinant resid covariance (dof adj.)</b>				4,03E-12
<b>Determinant resid covariance</b>				1,13E-13
<b>Log likelihood</b>				203,0799
<b>Akaike information criterion</b>				-13,73453
<b>Schwarz criterion</b>				-11,15571
<b>Number of coefficients</b>				52

\*, \*\*, \*\*\* indiquent une signification respectivement au niveau de 1%, 5% et 10%.

**Annexe 6 : Résultats du test de causalité au sens de Granger**

Dependent variable: <i>Log PIB</i>				Dependent variable: <i>Log CER</i>			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
<i>Log EmCO2</i>	13,91678	3	0,003	<i>Log PIB</i>	16,62335	3	0,0008
<i>Log CER</i>	0,629536	3	0,8896	<i>Log EmCO2</i>	2,714948	3	0,4377
<i>Log ImpEF</i>	13,59554	3	0,0035	<i>Log ImpEF</i>	1,897941	3	0,5939
<i>All</i>	36,6656	9	0	<i>All</i>	32,64704	9	0,0002
Dependent variable: <i>Log EmCO2</i>				Dependent variable: <i>Log ImpEF</i>			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
<i>Log PIB</i>	0,92	3	0,8206	<i>Log PIB</i>	1,737109	3	0,6287
<i>Log CER</i>	2,387319	3	0,496	<i>Log EmCO2</i>	4,827383	3	0,1849
<i>Log ImpEF</i>	2,826494	3	0,4192	<i>Log CER</i>	7,059778	3	0,07
<i>All</i>	5,14735	9	0,8213	<i>All</i>	13,8977	9	0,126

## BIBLIOGRAPHIE:

- AMEE. (2021, February 24). *AMEE | Historique*. <https://www.amee.ma/fr/history>
- Apergis, N., & Danuletiu, D. C. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578–587.
- Behname, M. (2012). La Consommation D’Energie Renouvelable Et La Croissance Economique Dans L’Europe De L’Ouest. *Romanian Journal of Economics*, 35(2(44)), 160–171.
- Benalouache, N. (2015). Le déploiement des technologies solaires sur le marché maghrébin. Essai d’une géographie des acteurs industriels des filières photovoltaïque (PV) et thermodynamique (CSP). *Rives méditerranéennes*, 51, 83–97. <https://doi.org/10.4000/rives.4947>
- Bilan, Y., Streimikiene, D., Vasylieva, T., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Pavlyk, A. (2019). Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership. *Sustainability*, 11(6), 1528. <https://doi.org/10.3390/su11061528>
- Chen, Y., Zhao, J., Lai, Z., Wang, Z., & Xia, H. (2019). Exploring the effects of economic growth, and renewable and non-renewable energy consumption on China’s CO2 emissions: Evidence from a regional panel analysis. *Renewable Energy*, 140, 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.058>
- Farooq, M., & Ullah, S. (2011). Sectoral oil consumption and economic growth in Pakistan: An ECM approach. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 2. <https://doi.org/10.5251/ajsir.2011.2.2.149.156>
- Gharnit, S., Bouzahzah, M., & Soussane, J. A. (2019). Foreign direct investment and pollution havens: Evidence from African countries. *Archives of Business Research*, 7(12), 244–252. <https://doi.org/10.14738/abr.712.7531>
- Gharnit, S., Bouzahzah, M., & Soussane, J. A. (2020). Impact de l’investissement direct étranger sur les émissions du CO2 au Maroc: Une investigation empirique. *Repères et Perspectives Economiques*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/RPE/21540>
- Khanniba, M., Lahmouchi, M., & Bouyghrissi, S. (2020). La production des énergies renouvelables, les émissions de CO2 et la croissance économique au Maroc: Une



- approche ARDL. *Revue Internationale du Chercheur*, 1(2), Article 2.  
<https://revuechercheur.com/index.php/home/article/view/13>
- Kwakwa, P. (2011). Disaggregated Energy Consumption and Economic Growth in Ghana. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2, 34–40.
- Lekana, H. (2019). RELATION ENTRE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET LA CROISSANCE ECONOMIQUE DANS LES PAYS DE LA CEMAC. *Annale des Sciences Economiques et de Gestion*, 18(2), Article 2.  
<https://www.annalesumng.org/index.php/seg/article/view/462>
- Les Echos. (2017, April 14). *Les énergies renouvelables se déploient au Maroc*. Les Echos.  
<https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/les-energies-renouvelables-se-deploient-au-maroc-1010321>
- Liew, V. (2004). Which Lag Selection Criteria Should We Employ? *Economics Bulletin*, 3, 1–9.
- MASEN. (2021, February 26). *Masen | L'Agence Marocaine pour l'Energie Durable*.  
<https://www.masen.ma/>
- Öcal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494–499.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.036>
- OME. (2021, February 24). *Le secteur énergétique au maroc. – OME*.  
<https://www.observatoirenergie.ma/le-secteur-energetique-au-maroc/>
- ONEE. (2021, February 24). *Site web officiel de l'ONEE - Branche Electricité*.  
<http://www.one.org.ma/FR/pages/interne.asp?esp=2&id1=6&t1=1>
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO2 emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 51, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.065>
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries. *Environmental Research*, 186, 109567. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109567>
- Schilling, J., Freier, K. P., Hertig, E., & Scheffran, J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021>



Shaari, M. S., Hussain, N. E., Abdullah, H., & Kamil, S. (2014). Relationship among Foreign Direct Investment, Economic Growth and CO2 Emission: A Panel Data Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 706–715.

Wolde-Rufael, Y. (2010). Coal consumption and economic growth revisited. *Applied Energy*, 87(1), 160–167.