

**Energies renouvelables, croissance économique et ouverture commerciale :
Une analyse empirique de la courbe environnementale de Kuznets au
Maroc**

**Renewable energy, economic growth and trade openness: An empirical
analysis of the Kuznets environmental curve hypothesis in Morocco**

Chama El Mummy, (Doctorante)
FSJES de Kénitra
Université Ibn Tofail Kenitra, Maroc

Baddih Hindou, (Enseignant-Chercheur)
FSJES de Kénitra
Université Ibn Tofail Kenitra, Maroc

Salmi Yahya, (Doctorant)
FSJES de Tanger
Université Abdelmalek Essaadi, Maroc

Adresse de correspondance :

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales
Avenue de l'Université
Université IBN TOFAIL
Maroc (Kenitra)
14020
0537 32 94 00
chama.elmoumy@mail.com

Déclaration de divulgation :

Les auteurs n'ont pas connaissance de quelconque
financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts :

Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.

Citer cet article

El Mummy, C., Hindou, B., & Salmi, Y. (2020). Energies
renouvelables, croissance économique et ouverture
commerciale : Une analyse empirique de la courbe
environnementale de Kuznets au Maroc . International Journal
of Accounting, Finance, Auditing, Management and
Economics, 1(3), 402-421.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4282283>

DOI: 10.5281/zenodo.4282283
Published online: November 20, 2020.

Copyright © 2020 – IJAFAME



Energies renouvelables, croissance économique et ouverture commerciale : Une analyse empirique de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc

Résumé

Le Maroc a entamé depuis quelques années un déploiement conséquent d'énergies renouvelables, particulièrement de source solaire et éolienne. Cet article analyse donc le rôle des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de CO₂ et ceci dans le cadre de l'analyse de validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets. Nous allons donc étudier l'impact de la croissance économique sur l'environnement, notamment, sur les émissions de dioxyde de carbone en introduisant d'autres variables explicatives, à savoir, la production d'électricité renouvelable et l'ouverture commerciale, sur une période allant de 1990-2017. Nous allons tester empiriquement grâce à l'approche dite Modèle Autorégressif à Retards Échelonnés et au test de causalité de Granger, la causalité entre les variables ainsi que la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas marocain. En effet, il n'existe que peu d'études empiriques à avoir étudié la validité de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc et aucune n'a examiné le potentiel des énergies renouvelables dans ce sens. Nos résultats suggèrent qu'il existe une forte cointégration entre nos variables et que la croissance économique peut être réalisée en parallèle des politiques environnementales dont le but est de limiter les émissions de CO₂. Le rôle des énergies renouvelables dans la limitation des émissions de CO₂ a été démontré, cependant, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas marocain n'a pas été confirmée.

Mots clés : Courbe environnementale de Kuznets, Émissions de CO₂, PIB, production d'électricité renouvelable, commerce international

Classification JEL : Q20, Q56, O31

Type de l'article : Recherche appliquée

Abstract

Morocco has started few years ago the deployment of renewable energies, particularly from wind and solar sources. The aim of this article is to test the validity of the Kuznets environmental curve in Morocco and to analyze the role of production of electricity from renewable sources on the reduction of CO₂ emissions. For this objective, the relation between CO₂ emissions, economic growth, and other explicative variables such as renewable electricity production and trade openness for the period 1990-2017 will be investigated. Autoregressive distributed lag model empirical approach and the Granger causality test will be used to study the causality between our variables and to test the validity of the environmental Kuznets curve for the Moroccan case. In fact, only few studies have investigated the validity of the environmental Kuznets Curve in Morocco, and no study has studied the renewable energy potential in this framework. Our results suggest that there is a strong reintegration between our variables and that the economic growth can be achieved in parallel with environmental politics that seeks for CO₂ emissions limitation. The role of renewable energy in the reduction of CO₂ emissions had been shown. However, our result didn't confirm the environmental Kuznets Curve for the Moroccan case.

Keywords: Enviromental Kuznets Curve, CO₂ emissions, GDP, renewable electricity production, international trade

JEL Classification: Q20, Q56, O31

Paper type: Empirical research

1. Introduction

Aujourd'hui, dans un souci de durabilité, la croissance économique ne peut être détachée de la question de la détérioration de l'environnement, et doit être réalisée en tenant compte de ses diverses répercussions sur ce dernier. Cependant, les avis divergent en ce qui concerne la possibilité d'allier croissance économique et protection de l'environnement. Les partisans de la croissance zéro considèrent l'environnement comme un frein à la croissance économique tandis que ceux de la croissance verte soutiennent qu'il serait possible d'assurer une croissance économique tout en préservant l'environnement. La théorie de la courbe environnementale de Kuznets (EKC) appuie donc les arguments des défenseurs de la croissance verte puisqu'elle soutient l'hypothèse que la croissance économique, arrivée à un certain niveau, permettrait la préservation de l'environnement. L'hypothèse EKC postule que la relation entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement suit une courbe sous forme d'un « U » inversé. Cela suggère qu'après avoir dépassé un certain niveau de produit intérieur brut (PIB) par habitant, l'augmentation de la dégradation de l'environnement s'inverse, de sorte qu'un PIB plus élevé par habitant conduit à une restauration environnementale, permettant d'annuler les dommages subis pendant les premiers stades de croissance. De nos jours, l'une des préoccupations environnementales majeures concerne le réchauffement climatique causé par l'accumulation des gaz à effet de serre. En effet, le secteur énergétique, basé sur la consommation d'énergies fossiles, étant la principale cause de ces gaz, connaît depuis quelques années des changements structurels en termes d'efficacité énergétique et d'introduction d'énergies renouvelables. Le Royaume du Maroc, un pays de l'Afrique du Nord situé sur le littoral de l'atlantique et de la méditerranée est un pays riche de par sa situation géographique, sa diversité et son ouverture commerciale. Le Maroc a entamé depuis quelques années une stratégie énergétique visant le déploiement des énergies renouvelables. En effet, le pays connaît depuis des années une demande énergétique grandissante, et est contraint d'y répondre en important de l'énergie compte tenu de son manque de ressources énergétiques conventionnelles. Son intérêt pour le déploiement des énergies renouvelables est donc motivé par plusieurs facteurs. L'objectif principal de cette nouvelle stratégie et non seulement de participer à la réduction des émissions à effet de serre et de respecter les engagements internationaux en termes de protection de l'environnement, mais également de pouvoir réduire la dépendance énergétique en stimulant la production locale d'énergies propres, d'assurer sa sécurité énergétique et de permettre un accès à l'énergie généralisé en milieu rural. Quant à la croissance économique marocaine, celle-ci est principalement volatile. Cette volatilité est liée à la concentration de la production dans un petit nombre de secteurs, à savoir celui des matières premières et le secteur agricole, qui sont fortement dépendants des marchés mondiaux et des aléas climatiques. Cet article a donc pour objectif de fournir des résultats empiriques quant à la faisabilité d'une croissance verte au Maroc, en étudiant la validité de la courbe environnementale du Kuznets et en mettant en avant le rôle des énergies renouvelable dans ce sens. Pour ce faire, ce papier présentera dans une première étape, un état des lieux du contexte marocain. Nous allons présenter par la suite une brève revue de littérature suivie de la méthodologie adoptée. Enfin les résultats empiriques sont présentés et analysés.

2. Revue de littérature et développement des hypothèses :

2.1. Le concept de la croissance verte

Afin de parvenir à ses objectifs de croissance, le monde a puisé dans ses ressources et a parallèlement causé énormément de dégâts à son environnement. En effet, au début des années 1970 et 1980, le rapport du Club de Rome « Halte à la croissance » dénonce la gravité de la situation mondiale et tire la sonnette d'alarme quant aux conséquences de l'industrialisation et du modèle de croissance exponentielle sur lequel le système est basé. C'est en effet, à partir de

ce constat que le concept de développement durable à émergé. La nécessité de trouver un modèle économique qui prend en considération la dimension environnementale et sociale devient donc évidente. Aujourd'hui, bien souvent considérées comme un obstacle à la croissance économique, les politiques de protection de l'environnement ont, en effet, suscité de grandes interrogations quant à leurs impacts sur l'économie. En effet, la nécessité de répondre à un double défi, à savoir, l'élargissement des possibilités économiques et la protection de l'environnement a conduit à l'émergence du concept de « la croissance verte ». Considérée comme une approche pratique de mise en place de développement durable, le concept de la croissance verte signifie selon l'OCDE, « La promotion de la croissance économique et du développement tout en veillant à ce que les actifs naturels continuent à fournir les ressources et services environnementaux dont dépend notre bien-être ». Il s'agit alors de tirer profit des politiques environnementales dans la dynamisation de l'économie et dans la libéralisation de nouveaux moteurs de croissance. En effet, la définition la plus simple de la croissance verte serait une croissance économique (croissance du produit intérieur brut) tout en protégeant scientifiquement l'environnement. La banque mondiale l'a défini en 2012 comme : « Une croissance qui utilise ses ressources naturelles efficacement, c'est une croissance propre qui ne pollue pas et qui minimise les impacts sur l'environnement, c'est aussi une croissance résistante qui représente le rôle de la gestion de l'environnement et du capital naturel afin de prévenir les catastrophes physiques. ». L'UNDP dans son rapport Green Economy a également clarifié le concept de croissance verte en confirmant que la protection de l'environnement engendre des coûts sur le court terme, mais que ces investissements permettront de générer de la croissance sur le moyen et long terme. Le concept de la croissance verte n'est donc pas récent. Au cœur du discours de développement durable, il est considéré comme un moyen de réalisation de ce dernier. (Banque mondial, OCDE, UNEP). La croissance verte soutient alors que la croissance économique est non seulement compatible avec la protection de l'environnement, mais qu'elle pourrait aussi générer et être à la source d'une meilleure croissance. La croissance verte mise alors sur l'investissement et l'innovation pour parvenir à ses objectifs. Il s'agit bien évidemment d'investissements dans le domaine de la protection de l'environnement, menant à la création de ce que l'on appelle les « Emplois verts » et aboutissant à la création d'industries vertes, créatrices de valeur ajoutée. Face à l'émergence de ces concepts, une théorie récente a apporté un fondement essentiel à la plausibilité de la croissance verte. Il s'agit de l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale.

2.2. Développement des hypothèses

Initialement, la courbe de Kuznets illustre les observations empiriques de l'évolution des inégalités dans la distribution des revenus et des fortunes et de la croissance économique. Kuznets (1955) étudia l'impact de la révolution industrielle des États unis d'Amérique au cours de XIX, et XX^{ème} siècle sur la distribution de la richesse. Ces observations empiriques ont permis de schématiser cette évolution sous forme d'un U inversé, traduisant ainsi une conclusion selon laquelle la croissance économique permettrait une diminution des inégalités dans la distribution des revenus. Cependant, cette relation a grandement été controversée à cause de sa non-applicabilité dans un contexte général. Sa validité a été remise en question dans certains pays, notamment, dans les pays en développement. Malgré les contestations, cette courbe de Kuznets a été transposée dans le domaine environnemental par le remplacement de l'axe vertical servant auparavant comme indicateur statistique des inégalités sociales par un indicateur de pollution. Cette transposition a donné ce que l'on appelle aujourd'hui la Courbe environnementale de Kuznets. En effet, L'hypothèse EKC postule que la relation entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement suit une courbe sous forme d'un « U » inversé. Cela suggère que la croissance économique causerait une détérioration de l'environnement dans un premier stade. Cependant, après avoir dépassé un certain niveau de

produit intérieur brut (PIB) par habitant, l'augmentation de la dégradation de l'environnement s'inverse, de sorte qu'un PIB plus élevé par habitant conduit à une restauration environnementale, permettant d'annuler les dommages subis pendant les premiers stades de croissance. Nous allons donc tenter de tester la faisabilité d'une croissance verte au Maroc en étudiant la validité de la courbe environnementale de Kuznets et en testant empiriquement notre Hypothèse 1 : qui soutient que la croissance économique au Maroc, arrivée à un certain niveau de développement, permettrait la réduction des émissions de CO₂ et donc la protection de l'environnement.

D'un autre côté, l'une des préoccupations majeures des politiques environnementales concerne le réchauffement climatique causé par l'accumulation des gaz à effet de serre. Le secteur énergétique, basé sur la consommation d'énergies fossiles, étant la principale cause de ces gaz, connaît donc depuis quelques années des changements structurels en termes d'efficacité énergétique et d'introduction d'énergies renouvelables dans le mix énergétique mondial. Longtemps considérées comme des énergies alternatives, les énergies renouvelables connaissent aujourd'hui un grand succès grâce à leurs caractères inépuisables et respectueux de l'environnement. L'impact de ces sources d'énergies propres sur la réduction des émissions de CO₂ et la protection de l'environnement n'est donc pas à négliger. En effet, afin d'y voir plus clair, plusieurs chercheurs se sont donc intéressés à la question et ont étudié empiriquement la validité de la relation entre la pollution et la croissance économique dans des contextes différents en tenant compte du rôle que peuvent avoir les énergies renouvelables dans ce sens, et en intégrant à leurs modèles des variables explicatives comme la consommation d'énergies renouvelables et la production d'électricité renouvelable. (Jebli et al. (2016); Boluk, Mert (2016); Ben Jebli, Ben Youssed (2015); Bilgili, Kocak, Bulut (2016); Sinha, Shahbaz (2018))

Nous allons donc tenter d'étudier l'impact des énergies renouvelables sur les émissions de CO₂ au Maroc et testant notre Hypothèse 2 qui soutient que la production d'électricité de sources renouvelables permettrait la réduction des émissions de CO₂ et contribuerait donc à la protection de l'environnement.

2.3. Revue de la littérature

Les premières recherches visant à tester la validité de la courbe environnementale de Kuznets étudiaient la relation entre les émissions de CO₂ et la croissance économique, représentée par le PIB/habitant. Récemment, plusieurs variables explicatives ont été intégrées au modèle de base comme le commerce international (Al-Mulali et al. (2016) ; Jebli et al. (2016)) représenté par l'ouverture commerciale et considéré comme un facteur important de pollution. Certains chercheurs ont également estimé que le capital humain représente une variable importante à intégrer (Mahmood, Wang, Hassan (2019)). Mais les études qui nous intéressent particulièrement sont celles qui ont étudié le rôle des énergies renouvelables dans le cadre de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets.

Les études qui ont porté sur l'analyse de l'hypothèse de l'intéressés courbe environnementale de Kuznets peuvent être classées en deux catégories. La première concerne les études effectuées sur des données de panel tandis que la deuxième concerne les études effectuées sur des séries temporelles. Certains chercheurs se sont donc à l'étude de validité de la courbe environnementale de Kuznets sur un groupe de pays. Les recherches de Shafik et Bandyopadhyay (1992) et Grossman et Kruger (1993, 1995) sont considérées comme les études pionnières dans le domaine et plusieurs chercheurs continuent à s'intéresser à la question. Bilgili et al. (2016) ont par exemple tenté de tester la validité de la courbe environnementale de Kuznets sur un panel constitué de 17 pays de L'OCDE en utilisant la méthode FMOLS et DOLS et sur des données de la période 1977-2010. Les auteurs avaient également pour objectif de déterminer le rôle de la consommation d'énergies renouvelables sur les émissions de CO₂, toujours dans le cadre de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets. Les résultats

de l'étude valident l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le panel et confirment le rôle des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de CO₂. Ben Jebli et al. (2016) ont également porté leur étude de données de panel sur un groupe de 25 pays de l'OCDE pour une période allant de 1980 à 2010. Les auteurs ont effectué un test de causalité de Granger et ont également eu recours à la méthode FMOLS et DOLS en intégrant comme variables explicatives, le PIB, la consommation d'énergies renouvelables et non renouvelables et le commerce international. Les résultats de l'étude ont confirmé la validité de la courbe environnementale de Kuznets pour le panel et soutiennent que la consommation d'énergies renouvelables contribue à l'augmentation des émissions de CO₂ tandis que la consommation d'énergies renouvelables et le commerce international permettent de les réduire. Zoundi (2017) quant à lui s'est particulièrement intéressé au cas africain et a étudié les données d'un panel constitué de 25 pays africains pour la période 1980-2012. L'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets n'a pas été confirmée tandis que le rôle des énergies renouvelables dans la limitation des émissions de CO₂ a été approuvé par les résultats de l'étude. D'autres chercheurs ont eu recours à la méthode d'analyse de séries temporelle afin d'étudier la validité de la courbe environnementale de Kuznets et le rôle des énergies renouvelables dans la limitation des émissions de CO₂ et se sont intéressés des pays bien précis. Boluk et Mert (2016) ont par exemple testé la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets et ont étudié le potentiel des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre en Turquie. Les auteurs ont utilisé l'approche ARDL sur des données allant de 1961 à 2010 afin de déterminer la relation entre les émissions de CO₂, le PIB et la production d'électricité de source renouvelable. Les résultats de l'étude ont démontré que la production d'électricité renouvelable contribue à l'amélioration de l'environnement avec un décalage d'un an, et les auteurs confirment le potentiel et l'importance des sources d'énergie renouvelable dans le contrôle des émissions en Turquie. L'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets a également été confirmée. En effet, les résultats ont démontré qu'après avoir atteint un seuil, également appelé un pic de PIB/habitant qui est de 9920 US Dollars, les émissions de CO₂ commencent à baisser. Ben Jebli et Ben Youssef (2015) ont également utilisé l'approche ARDL et l'approche de causalité de Granger afin de tester la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour la Tunisie. Les auteurs ont étudié la relation entre les émissions de CO₂ par habitant, le PIB, la consommation d'énergie de source renouvelable et non renouvelable ainsi que le commerce international sur une période allant de 1980 à 2009. Les résultats de l'étude ont démontré que la Tunisie n'a pas encore atteint le niveau de PIB par habitant requis afin de valider la courbe environnementale de Kuznets et que sur un long terme, les énergies non renouvelables ainsi que le commerce international avaient un impact positif sur le taux d'émissions de CO₂ tandis que les énergies renouvelables représentent un impact faible, mais négatif sur le taux d'émissions de CO₂, pour un modèle avec exportation. En effet, cet impact n'est plus significatif quand il s'agit d'un modèle avec importations. Dong et al (2018) ont examiné la validité de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas chinois et ont étudié le potentiel des énergies renouvelables et nucléaires dans l'atténuation des émissions de CO₂ sur une période allant de 1993 à 2016. A cette fin, les auteurs ont utilisé l'approche ARDL afin de déterminer la relation de cointégration entre les variables ainsi que trois techniques d'estimation à savoir : FMOLS, DOLS et CCR, suivie de l'approche de causalité de Granger. Les résultats de l'article ont prouvé la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas de la Chine et ont déterminé le pic de PIB/habitant de la courbe à 96,680.47 yuan qui sera atteint selon les auteurs en 2028. Les résultats du test ARDL ont également confirmé que la consommation d'énergies fossiles contribuait aux émissions de CO₂ tandis que la consommation d'énergies de source renouvelable et nucléaire permettrait l'amélioration de la qualité environnementale en réduisant ces émissions. Mahmood et al. (2019) ont étudié le cas pakistanais en incluant comme variable explicative au côté de la

consommation d'énergies renouvelables et du commerce international, le capital humain. L'étude porte sur la période allant de 1980 à 2014 et confirme la validité de la courbe environnementale de Kuznets. Les auteurs ont démontré que contrairement à l'énergie non renouvelable et au commerce international, les énergies renouvelables et le capital humain permettaient de réduire la pression environnementale en limitant les émissions de CO₂. Sinha et Shahabz (2017) ont étudié grâce à l'approche ARDL la validité de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas indien sur une période allant de 1971 à 2015 et ont étudié le potentiel des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les auteurs ont intégré comme variables explicatives le commerce international, les facteurs de production et la consommation d'énergie et ont utilisé le test de racine unitaire comme méthodologie empirique. Les résultats de l'étude ont démontré la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas indien et estiment le PIC du PIB/habitant à 2937,77 USD qui se situe en dehors de la période étudiée. Sugiawan et Managi (2016) se sont intéressés au cas indonésien sur une période allant de 1971 à 2010, en prenant en considération le rôle des énergies renouvelables dans la production d'électricité et en utilisant l'approche ARDL. Les résultats ont démontré la validité de la courbe environnementale de Kuznets pour l'Indonésie avec un pic du PIB/habitant estimé à 7729 USD et ont confirmé les bénéfices des énergies renouvelables dans la protection de l'environnement à travers la limitation des émissions de CO₂. Concernant le cas marocain, et au meilleur de nos connaissances, il n'existe que peu d'études empiriques à avoir étudié la validité de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc et aucune n'a examiné le potentiel des énergies renouvelables dans ce sens. Ul Haq et al. (2016) ont examiné la relation entre les revenus, les émissions de CO₂, la consommation d'énergie et l'ouverture commerciale pour une période allant de 1971 à 2011 en utilisation de test de Co intégration de Johansen. Les résultats de l'étude ont confirmé le rôle de la consommation d'énergie dans la détérioration de l'environnement, contrairement au commerce extérieur qui s'est avéré être bénéfique pour ce dernier. Cependant, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets n'a pas été confirmée. Berahab (2017) a également étudié le cas marocain pour la période 1971-2014 en utilisant l'approche ARDL et en intégrant comme variables explicatives la consommation d'énergie et le commerce international. Les résultats de l'analyse confirment l'existence d'une relation positive de long terme entre les émissions de CO₂ et le PIB. D'après les tests de causalité de Granger, le sens de la relation va de la croissance économique vers les émissions de CO₂ ce qui signifie que c'est la croissance économique qui détermine le niveau des émissions et non l'inverse. Une politique énergétique en faveur de l'environnement peut donc être mise en place sans avoir des répercussions négatives sur la croissance économique. Quant au résultat du test ARDL, ces derniers valident l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets.

3. Méthodologie de recherche

Ce papier suit la méthodologie des recherches récentes réalisées sur l'hypothèse environnementale de Kuznets et étudie la relation « croissance économique et pollution environnementale » en intégrant également la production d'électricité de source renouvelable et le commerce extérieur comme variables explicatives. Les tests de cointégration les plus familiers ont été proposés par Engle et Granger (1987), Stock & Watson (1988), sans oublier la méthode multivariée de Johansen (1988) et développée par Johansen et al. (1991). L'objet de cet étude est d'examiner la relation entre les émissions de CO₂, la croissance économique, la production d'électricité renouvelable et l'ouverture commerciale en appliquant l'approche dite Autoregressive Distributed Lag (ARDL) introduite par Pesaran et Smith (1998) et développée par Pesaran, Shin and Smith (2001). Comparée aux autres tests de cointégration, la méthode ARDL se distingue par le fait qu'elle puisse être appliquée sur des séries temporelles non

stationnaires sans la contrainte du même ordre d'intégration. Le test de cointégration peut se faire simultanément sur les variables intégrées d'ordre 1 (I(1)) et sur les variables intégrées d'ordre 0 (I(0)). Le modèle ARDL présente un autre avantage qui concerne la taille de l'échantillon. En effet, ce modèle est plus adapté aux petits échantillons et permet d'obtenir des résultats plus fiables dans ces cas, comparés aux autres tests.

La forme générale de l'approche ARDL des équations à estimer est la suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) DY_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} DY_{i,t-i} + \sum_{i=0}^r \beta_{2i} X_{t-i} + \varphi_{i,1} Y_{i,t-1} + \varphi_{i,2} X_{t-1} + \varepsilon_{i,1t} \\ \\ DY_{i,t} = \sum_{i=1}^p \beta_{1i} DY_{i,t-i} + \sum_{i=0}^r \beta_{2i} X_{t-i} + \mu_1 ECT_{i,t-1} + \varepsilon_{i,2t} \end{array} \right.$$

Les variables $Y_{i,t} (i = 1,2,3)$ désignent respectivement les variables dépendantes. Les paramètres $\varepsilon_{i,1}$ et $\varepsilon_{i,2}$ reflètent les résidus de chaque équation. Les β_i désignent les constantes de chaque équation. D est l'opérateur de première différence et (p, r) représentent le nombre de retards.

En effet, notre analyse ARDL suit quatre étapes : La première examine les propriétés stationnaires de chaque variable en utilisant le test de racine unitaire qui permet de définir l'ordre d'intégration des variables. Les tests de stationnarité de Dickey Fuller Augmenté (ADF) et de Phillips Perron (PP) sont utilisés dans ce sens. La deuxième étape consiste à vérifier l'existence de relations à long terme entre les variables en utilisant l'approche de test des limites appelé également Bound Test ARDL, la troisième a pour but d'estimer les paramètres à court et long terme et de tester la stabilité du modèle ; alors que quatrième permet de définir la direction de causalité entre les variables en utilisant le test de causalité de Granger.

3.1. Modèle de recherche

Afin de tester la relation de long terme, dite aussi la cointégration, entre les émissions de CO2, la croissance économique, la production d'électricité de source renouvelable et le commerce extérieur et évaluer la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas marocain, la forme logarithmique linéaire suivante est proposée :

$$LCO2_t = \alpha + \beta_1 LPIB + \beta_2 LPIB^2 + \beta_3 LOC + \beta_4 LER + \varepsilon_t$$

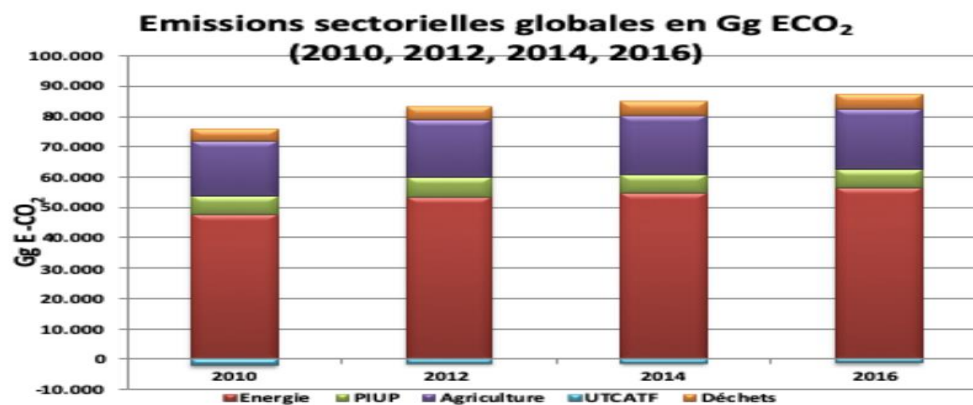
Où : LCO2 représente les émissions de CO2 par habitant, PIB représente le PIB réel par habitant, PIB² : PIB réel par habitant au carré, OC : Ratio d'ouverture commerciale qui est utilisée comme proxy du commerce international, ε_t : terme d'erreur, ER : Production d'électricité de source renouvelable, β_1 : Les paramètres représentent l'élasticité de long terme des émissions de CO2.

3.2. Terrain de l'étude et description

Notre étude concerne le territoire Marocain. En effet, Le Maroc a signé en 1992 la convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques dans le cadre des sommets de terre de Rio de Janeiro et a adhéré au Protocole de Kyoto en 2002 sans oublier ses nombreuses conventions pertinentes comme la Convention relative à la protection de couches d'ozone. Afin d'honorer ses engagements sur le plan international, le Maroc a donc entamé plusieurs réformes politiques, institutionnelles, juridiques, mais aussi socio-économiques. L'adoption de la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable en 2009 suite aux directives de Sa majesté le Roi Mohammed VI, en est la plus grande preuve. En effet, une stratégie de mise à niveau de l'environnement a été mise en place aux côtés de l'initiative nationale de développement humain et de la stratégie Nationale de développement durable. Malgré son faible taux d'émissions de gaz à effet de serre, le Maroc a entamé des mesures préventives afin

de protéger son environnement naturel, social, et économique. Lancée dans un programme de développement durable, l'une des priorités actuelles du pays à côté de la lutte contre la pauvreté, le chômage et des disparités sociales figure la lutte contre les changements climatiques et la protection de l'environnement et des ressources naturelles. Dans ce sens, le Maroc continue à soutenir les efforts internationaux en termes de protection de l'environnement et a lancé sa stratégie nationale de lutte contre le changement climatique qui se compose de mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en intégrant des technologies propres dans ses modes de production et en visant la mise en place d'une économie verte à faible teneur en carbone. Les émissions de GES au Maroc sont principalement dues au secteur énergétique et à la consommation d'énergies fossiles. Pour cette raison, les mesures d'atténuation de changements climatiques se concentrent principalement sur le secteur énergétique en termes d'efficacité énergétique et de déploiement des énergies renouvelables. En effet, Selon l'AIE, les émissions de GES du Maroc résultant de l'utilisation de combustibles sont estimées à environ 50,5 Mt de CO₂ en 2016 et devraient augmenter rapidement. Cette augmentation est principalement due à la croissance du secteur résidentiel et du secteur de l'énergie.

Figure 1 : Évolution des émissions de CO₂ par secteur entre 2010 et 2016



Source : Rapport de la CCNUCC

D'un autre côté, les besoins énergétiques au Maroc sont en hausses depuis des années, la croissance économique, les stratégies sectorielles, la consommation des ménages ainsi que l'électrification du milieu rurale ont fait de l'énergie un besoin urgent. En effet, la consommation d'électricité a doublé entre 1999 et 2015 et la consommation finale d'énergie a atteint 16,1 Mtoe en 2017, soit 34% de plus qu'en 2007. Le Maroc doit donc aujourd'hui, selon le HCP, répondre à une demande croissante en énergie d'environ 7% par an à cause de la croissance de sa population et de son essor économique. En effet, trois secteurs dominant largement la consommation d'énergie. Il s'agit des transports avec un taux de 36%, les constructions à hauteur de 25% et l'industrie à hauteur de 24% de la consommation finale d'énergie. Le mix énergétique marocain est composé principalement de combustibles fossiles, qui représentent près de 90% de la consommation d'énergie primaire. En 2017, Le pétrole représentait 62% de la consommation totale d'énergie primaire, suivi du charbon (22%) et du gaz naturel (5%). Cependant, Le Maroc est un pays qui ne dispose ni de sources pétrolières ni de charbon et qui ne produit qu'une petite quantité de gaz, son approvisionnement en énergie dépend donc principalement du marché extérieur et des importations d'énergie. En effet, selon l'ONEE, en 2017, 93,6% de l'énergie consommée est importée. Avec une facture énergétique dépassant les 69 500 MDH en 2018, le Maroc creuse son déficit commercial afin de répondre à sa demande énergétique croissante. En effet, la balance commerciale des produits énergétiques s'est beaucoup aggravée et est passée de 67,3 Mds DH en 2017 à 78,9 Mds en 2018. Les importations d'électricité ont également augmenté de 73% au cours de la dernière

décennie pour faire face aux pics de la demande. Avec un déficit commercial de 205,9 Mds DH, soit 18,5% de PIB en 2018, la balance commerciale marocaine est fortement impactée par le niveau d'importations. Cette forte dépendance vis-à-vis des importations de combustibles fossiles a incité le gouvernement à réduire ses importations et à opter pour des sources d'énergies renouvelables ainsi qu'à lancer des politiques d'efficacité énergétique afin de faire face à une demande accrue dans une économie en croissance. Dans ce sens, une stratégie énergétique nationale a été initiée en 2009 dans le but d'assurer une transition énergétique efficace et a quatre objectifs principaux. Elle vise en premier lieu la mise en place d'une sécurité énergétique en limitant la dépendance à l'égard de l'énergie importée. Elle a également pour objectif, la réduction des émissions de carbone et la protection de l'environnement, mais aussi, la généralisation de l'accès à l'énergie à des prix compétitifs et la diversification et l'optimisation du mix énergétique grâce au déploiement des énergies renouvelables. Cette stratégie place également l'efficacité énergétique au cœur des priorités nationales afin d'en maîtriser la demande croissante. La stratégie énergétique nationale ambitionne ainsi de porter la part des énergies renouvelables de 42% de puissance installée en 2020 à 52% en 2030. En effet, une quarantaine de milliards de dollar ont été destinés au secteur énergétique marocain entre 2016 et 2030 afin de développer une capacité de 10100 MW intégrant 4560 MW d'énergie solaire, 4200 MW d'éolienne et 1330 MW d'énergie hydraulique. Elle a également comme objectif de réduire de 32% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. En effet, la part des énergies renouvelables dans le mix-électrique a atteint environ 35% en 2018.

4. Résultats et discussions

4.1. Résultats

Avant d'effectuer le Bound Test, le modèle ARDL commence d'abord par l'examen du test de racine unitaire qui permet de définir l'ordre d'intégration des variables, à savoir, celles du niveau I(0) et celles de niveau I(1). En effet, le modèle ARDL concerne uniquement les séries de niveaux d'intégration 0 et 1 et ne peut être effectué sur des séries d'ordre 2. Afin de déterminer l'ordre d'intégration de nos séries temporelles, notre étude utilise les tests de stationnarité de Dickey Fuller Augmenté (ADF) et de Phillips Perron (PP), dont les résultats sont présentés dans le tableau (1) ci-dessous. Les résultats indiquent que la plupart des variables sont stationnaires en 1re différence et leur évolution fluctue autour de plusieurs moyennes. En effet, certaines sont donc intégrées d'ordre (1), d'autres d'ordre 0. Cependant, aucune d'entre elles n'est intégrée d'ordre 2. Il est donc possible d'utiliser le modèle ARDL. La deuxième étape concerne la sélection du nombre retard optimal du vecteur auto régressif. Grâce aux critères d'informations dont le critère d'Akaike (AIC), de Schwarz (SC), ou d'Hannan et Quinn (HQ). Quatre modèles VAR (P = 0, 1, 2, 3) ont été estimés pour la période 1990-2017. Le critère de sélection AIC du retard optimal du modèle est égal à 1. C'est ce dernier critère qui sera retenu pour notre étude.

Tableau 1 : Résultats du test de stationnarité d'ADF et PP

Variable	ADF (% 5)		Phillips-Perron (% 5)		Niveau
	Niveau (Intercept)	1ère. Différence (Intercept)	Niveau (Intercept)	1ère. Différence (Intercept)	
LCO2	-1.038792 (-2.976263)	-5.500046 (-2.981038)	-1.065012 (-2.976263)	-5.521014 (-2.981038)	I (1)
LER	-3.014576 (-2.976263)	-4.430340 (-3.004861)	-3.014576 (-2.976263)	-5.994619 (-2.981038)	I (0)
LOC	-0.634504 (-2.976263)	-3.519727 (-3.587527)	-0.293120 (-2.976263)	-7.607582 (-2.981038)	I (1)
LPIB	-0.626385 (-2.976263)	-4.398295 (-2.981038)	-0.626385 (-2.976263)	-4.398295 (-2.981038)	I (1)
LPIB Carré	-0.626385 (-2.976263)	-4.398295 (-2.981038)	-0.626385 (-2.976263)	-4.398295 (-2.981038)	I (1)

Le seuil de signification est de 5% (soit 0.05)

Source : Auteurs

Tableau 2 : Statistiques et critères de choix pour la sélection du retard optimal du modèle

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-305.0088	NA	640092.2	24.72070	24.91573	24.77480
1	-235.4529	111.2895 *	9014.425 *	20.43623 *	21.41133 *	20.70668 *
2	-223.0636	15.85829	13475.99	20.72509	22.48027	21.21190
3	-206.9827	15.43765	18358.08	20.71862	23.25388	21.42179

Source : Auteurs

Après avoir déterminé l'ordre d'intégration des différentes variables ainsi que le retard optimal du modèle, on emploie l'approche ARDL ou Black Box pour la cointégration afin de déterminer la relation de long terme entre les variables. On utilise pour cela le « Bound Test » dont l'objectif est de calculer une F-statistique (tableau 3). Celle-ci teste l'hypothèse nulle qui n'implique aucune cointégration $H_0: 1 = 2 = 3 = 0$ par rapport à l'hypothèse alternative, $H_1: 1 \neq 2 \neq 3 \neq 0$ qui implique l'existence de relation à long terme entre les variables étudiées.

Tableau 3: Résultat du ARDL Bound Test

F-statistique calculée	6.1378	
Seuil critique	BI	BS
5%	2.56	3.49
1%	3.29	4.37

Source : Auteurs

En effet, si la statistique F calculée est plus élevée que la valeur critique de la limite supérieure I (1) l'hypothèse nulle sera rejetée. Si la statistique F est inférieure à la valeur critique inférieure I (0), l'hypothèse nulle ne peut pas être rejetée. Quand celle-ci se situe entre, I (0) et I (1), les résultats de Co intégration sont alors considérés comme non concluants. Les variables sont donc dites cointégrées si l'hypothèse nulle est rejetée, ce qui signifie alors l'existence de relation à long terme entre les variables étudiées. Nos résultats indiquent que la F-statistique est égale à 6.1378, qu'on compare aux valeurs critiques inférieures et supérieures au seuil de signification de 5 % et 1 %. La statistique F du test est supérieure à la borne supérieure 3,49 et 4,37 respectivement. On rejette donc l'hypothèse nulle d'absence de cointégration et on conclut l'existence d'une relation de long terme entre les variables du modèle. Ensuite, le sens de la relation entre les variables est déterminé grâce au test de causalité de Granger (tableau 4).

Tableau 4: Test de causalité de Granger

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PIB does not Granger Cause CO2	27	6.37558	0.0186
CO2 does not Granger Cause PIB		0.12672	0.7250
OC does not Granger Cause PIB	27	1.20770	0.2827
PIB does not Granger Cause OC		17.4325	0.0003
ER does not Granger Cause PIB	27	0.00017	0.0399
PIB does not Granger Cause ER		0.76601	0.3901

Source : Auteurs

Nos résultats montrent qu'il existe une relation unidirectionnelle allant du PIB aux émissions de CO2. Ceci implique qu'une hausse de PIB cause une hausse de CO2, mais qu'une hausse de CO2 ne cause pas forcément une hausse de PIB. Les politiques environnementales, dont l'objectif est la réduction des émissions de CO2 n'auront donc aucun impact négatif sur la croissance économique. Nos résultats ont également démontré une causalité unidirectionnelle allant du PIB vers l'ouverture commerciale et de la production d'électricité renouvelable vers le PIB. Notre équation est ensuite utilisée afin de déterminer les coefficients de long et court terme du modèle ARDL en considérant les émissions de CO2 par habitant (LCO2t) comme variable dépendante. Les coefficients de long terme estimés, qui représentent également les élasticités à long terme, sont affichés dans le tableau 5.

Tableau 5: Modèle ARDL et coefficients estimés des variables (long terme)

Variable	Coefficient t	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB	0.000779	0.000328	2.373134	0.0325
PIB ²	-6,66E-08	7.02E-08	-1.694758	0.1122
OC	0.038066	0.004186	1.926715	0.0446
ER	-0.082442	0.006231	-0.391894	0.0010
C	-0.098258	0.321249	-0.305863	0.7642
R	0.992517			
R ²	0.987172			
Log likelihood	57.77939			

F-statistic	185.6952			
Prob(F-statistic)	0.000000			
Durbin-Watson stat	2.038043			

Source : Auteurs

Le coefficient de la variable PIB est égal à 0.000779 et est statistiquement nul. Il implique qu'une hausse de 1 % du PIB par habitant entraînerait une hausse de 0.000779 % des émissions de CO₂ par habitant. D'un autre côté, le signe du coefficient de la variable PIB² EST NÉGATIF, mais non significatif. Cela suggère que l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets n'est pas validée. Ces résultats rejoignent ceux de Ben Jebli, Ben Youssed (2016) qui ont étudié le cas tunisien, ceux de Zoundi (2017) qui ont effectué leur étude sur un groupe de pays africains, et ceux de Haq, Zhu et al. (2016) qui ont étudié le cas marocain. En effet, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets est généralement confirmée pour les pays développés. (Ben Jebli, Ben Youssed (2016)). L'effet de l'ouverture commerciale quant à lui, est positif. En effet, une augmentation de cette variable de 1% engendrerait une hausse des émissions CO₂ de 0.0380% ce qui est significatif. Enfin, l'impact de la production d'électricité renouvelable sur les émissions de CO₂ est significatif. En effet une hausse de celle-ci provoquerait une baisse de la variable dépendante à savoir les émissions de CO₂ de 0.0824%. Par ailleurs, les paramètres d'ajustement R² et R² ajusté sont égaux à 0.9925 et 0.9871 respectivement, ce qui montre que le modèle est bien ajusté. Le mécanisme de correction d'erreur (ECM) est ensuite employé afin de tester la relation de court terme entre les variables (tableau 6).

Tableau 6: Estimation du modèle ECM (court terme)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB)	2.07E-05	0.000138	-0.150005	0.0229
D(PIBC)	5.38E-09	2.73E-08	0.196710	0.0469
D(OC)	0.000902	0.001006	0.896386	0.0052
D(ER)	-0.001367	0.003266	-0.418567	0.6819
CointEq(-1)*	-0.559883	0.079196	-7.069603	0.0000

Source : Auteurs

Les résultats montrent que le coefficient du terme à correction d'erreur **ecm** (-1) est significatif, ce qui implique que la vitesse d'ajustement à court terme pour atteindre l'équilibre est significative. Par ailleurs, ce terme est égal à environ -0.5598, ce qui suggère que lorsque les émissions de CO₂ par habitant sont au-dessus ou au-dessous de leur valeur d'équilibre, elles s'ajusteraient par 55% par an. Les coefficients des variables retardées représentent les élasticités à court terme. Ces dernières sont significatives avec les signes attendus pour l'ensemble des variables, cependant l'effet obtenu de l'ouverture commerciale et de la production d'électricité renouvelable est nul à court terme. Des tests de diagnostic sur les résidus de la régression ARDL ont également été menés afin de valider le modèle (tableau 7).

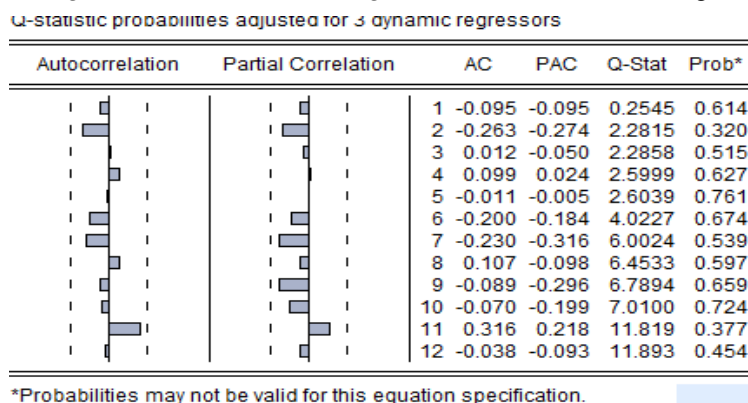
Tableau 7: Tests sur les résidus de la régression ARDL

LM Test d'autocorrélation de Breusch-Godfrey Serial	
Hypothèse nulle : Absence d'autocorrélation	
F-statistique 0.668735	Prob F (10,14) 0.7358
Obs*R-au carré 8.081450	Prob Chi-Square (10) 0.6209
Test d'hétéroscédasticité de ARCH	
Hypothèse nulle : Absence d'hétéroscédasticité	
F-statistique 0.510537	Prob F (1.22) 0.4824
Obs*R-au carré 0.544318	Prob Chi-Square (1) 0.4606
Test de normalité de Jarque Bera	
Hypothèse nulle : Normalité	
Jarque-Bera 4,62	Prob. 0,099
Test RESET de Ramsey	
Hypothèse nulle : Le modèle est correctement spécifié	
t-statistique 1.033848	Prob. 0.3201
F-statistique 1.068842	Prob. 0.3201

Source : Auteurs

Le test LM d'autocorrélation ainsi que le corrélogramme des résidus de la régression (figure 1) confirment l'absence d'autocorrélation. Le test de ARCH confirme l'absence d'hétéroscédasticité des résidus alors que le test de Jarque-Bera montre que ces derniers suivent une distribution normale. Le test de Ramsey, quant à lui, montre-t-il n'y a pas de variables manquantes ni de problème de forme fonctionnelle dans le modèle.

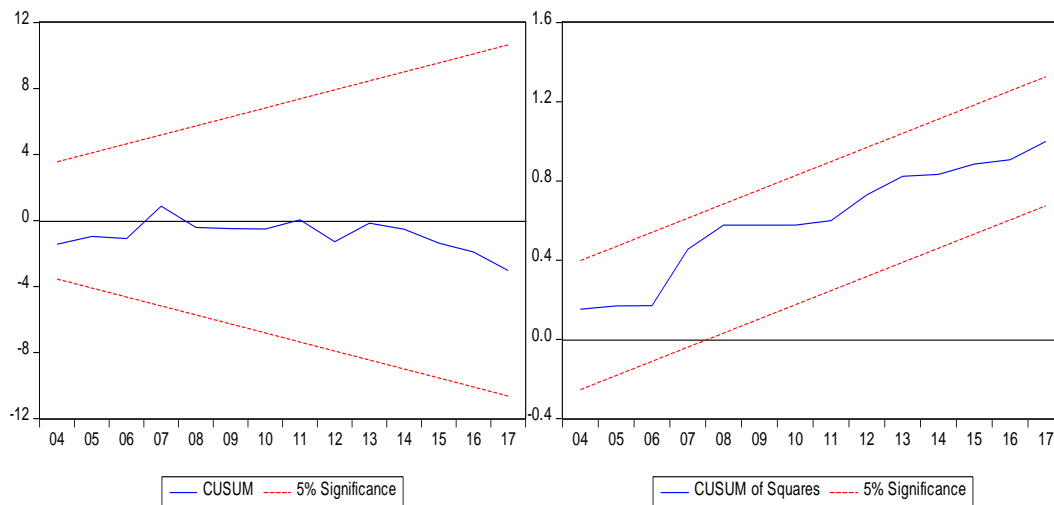
Figure 1: Corrélogramme des résidus de la régression ARDL (bruits blancs, pas d'autocorrélation)



Source : Auteurs

La dernière étape de l'estimation ARDL ou Black Box est de vérifier la stabilité des paramètres à long et court terme de l'équation (2). Les techniques de CUSUM fondée sur la somme cumulée des résidus récurrents et CUSUMQ fondée sur la somme cumulée du carré des résidus récurrents sont appliquées (figure 2).

Figure 2: Tests de stabilité CUSUM et CISUMQ



Source : Auteurs

Les résultats montrent que le graphe des statistiques de CUSUM et CUSUMQ demeurent à l'intérieur de l'intervalle des valeurs critiques au seuil de 5 %, ce qui implique que les coefficients du modèle sont stables.

4.2. Discussion des résultats

Il y a un intérêt croissant pour l'étude de l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale, car elle suggère l'existence d'un point de retournement de l'économie qui mènera à une trajectoire de développement durable. Bien que de nombreuses études se soient concentrées sur l'EKC, seules quelques études empiriques ont analysé l'EKC avec une référence au cas marocain, cependant, aucune d'entre elles n'a tenté d'examiner le potentiel des sources d'énergies renouvelables dans ce cadre.

Les résultats de notre modèle ARDL ont démontré l'existence d'une relation de long terme entre nos variables à savoir les émissions de CO₂, le PIB/Habitant, la production d'électricité renouvelable et l'ouverture commerciale. Le Test de causalité de Granger nous a ensuite permis de déterminer le sens de cette cointégration. En effet, les résultats du test ont permis de démontrer qu'il existe une relation unidirectionnelle allant du PIB aux émissions de CO₂. Ceci implique qu'une hausse de PIB cause une hausse des émissions, mais qu'une hausse des émissions ne causait pas forcément une hausse de PIB. Les politiques environnementales, dont l'objectif est la réduction des émissions de CO₂ n'auront donc aucun impact négatif sur la croissance économique marocaine.

Nos résultats ont également démontré une causalité unidirectionnelle de la production d'électricité renouvelable vers le PIB. La production d'électricité renouvelable permettrait donc une légère hausse du PIB, même si le résultat n'est pas très significatif. Les effets bénéfiques des énergies renouvelables sur la réduction des émissions de CO₂ sont également observables sur le long terme. En effet une hausse de la variable de production d'électricité renouvelable provoquerait une baisse de la variable dépendante à savoir les émissions de CO₂ de 0.0824%. Les impacts favorables de la production d'électricité via les énergies renouvelables sur la réduction des émissions de CO₂ indiquent donc que la durabilité environnementale pourrait être atteinte en augmentant la part des énergies renouvelables dans le mix de production d'électricité. Ceci va donc dans le sens de la politique énergétique actuelle, dont le but et le déploiement des énergies renouvelables, dans un souci de durabilité et de réduction de la dépendance énergétique.

D'un autre côté, le signe du coefficient de la variable PIB² est négatif, mais non significatif. Cela suggère que l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets n'est pas validée. Nos résultats rejoignent donc ceux de Ben Jebli, Ben Youssed (2016) qui ont étudié le cas tunisien, ceux de Zoundi (2017) qui a effectué son étude sur un groupe de pays africains, et ceux de Haq, Zhu et al. (2016) qui ont également étudié le cas marocain sans prendre en considération la variable relative aux énergies renouvelables. En effet, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets est généralement confirmée pour les pays développés. (Ben Jebli, Ben Youssed (2016)). Tenant compte de la situation actuelle de l'économie marocaine, le PIB par habitant n'est pas encore arrivé à un niveau de croissance permettant l'inflexion de la courbe des émissions de CO₂. En effet, selon l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets, il existe trois étapes dans l'intensité de la pollution associées à trois étapes du processus de croissance. Le premier stade est considéré comme un stade préindustriel caractérisé par un revenu par habitant faible et une augmentation de la pollution. Cette augmentation s'explique par l'utilisation de facteurs tels que les technologies polluantes dans les activités économiques, le manque de sensibilisation ainsi que la priorisation de la croissance des revenus et des profits. Cependant, avec l'augmentation du revenu par habitant et de la croissance économique, suivie de l'amélioration des indicateurs sociaux, les investissements ont tendance à s'orienter vers des technologies plus sûres, et les ménages deviennent plus disposés à diriger leurs dépenses vers des biens et des actifs moins polluants. Cette étape marque alors le tournant vers la réduction de la pollution de l'environnement.

Nos résultats ont également démontré que la croissance économique causait l'ouverture commerciale. L'impact de cette dernière sur l'environnement a également été observé. En effet, une augmentation de cette variable de 1% engendrerait une hausse des émissions CO₂ de 0.0380% ce qui est statistiquement significatif. Cela est forcément dû à l'augmentation des échanges commerciaux internationaux, et donc une augmentation de l'utilisation de moyens de transport, particulièrement polluants. En effet, afin de réduire l'impact du commerce international sur la pollution, il est possible de localiser les ports à proximité des zones industrielles exportatrices et importatrices pour réduire les émissions causées par le transport de marchandises. De plus, le Maroc représente un fort potentiel d'exportation d'énergies vertes vers l'Union européenne, grâce à sa proximité avec cette dernière. Le Maroc devrait également profiter du transfert de technologie des énergies renouvelables grâce à l'importation de biens et d'équipements.

5. Conclusion et résumé :

Le monde est depuis quelques années, engagé dans une optique de durabilité, tenant compte des différentes répercussions causées par le modèle de développement particulièrement basé sur la croissance économique. En effet, la protection de l'environnement est devenue une des préoccupations mondiales et a souvent été considérée comme un obstacle à la croissance économique. Cependant l'émergence de nouveaux concepts tels que « La croissance verte » soutiennent que la croissance économique est non seulement compatible avec la protection de l'environnement, mais qu'elle pourrait aussi générer et être à la source d'une meilleure croissance. La croissance verte mise alors sur l'investissement et l'innovation pour parvenir à ses objectifs. Il s'agit bien évidemment d'investissements dans le domaine de la protection de l'environnement, menant à la création de ce que l'on appelle les « Emplois verts » et aboutissant à la création d'industries vertes, créatrices de valeur ajoutée. Une théorie récente a alors apporté un fondement essentiel à la plausibilité de la croissance verte. Il s'agit de l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale. En effet, L'hypothèse EKC postule que la relation entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement suit une courbe sous forme d'un « U » inversé. Cela suggère que la croissance économique causerait une détérioration de l'environnement dans un premier stade. Cependant, après avoir dépassé un certain niveau de

produit intérieur brut (PIB) par habitant, l'augmentation de la dégradation de l'environnement s'inverse, de sorte qu'un PIB plus élevé par habitant conduit à une restauration environnementale, permettant d'annuler les dommages subis pendant les premiers stades de croissance. Cet article étudie donc la validité de théorie de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc en intégrant également la production d'électricité de source renouvelable et le commerce extérieur comme variables explicatives. En effet, engagé dans une optique de développement durable, le Maroc a entamé depuis quelques années un déploiement conséquent d'énergies renouvelables, particulièrement de source solaire et éolienne. Cette étude tente alors de tester la validité de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas marocain, pour la période 1971–2010 en considérant le rôle des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de CO₂. La relation et le sens de causalité entre les variables ont donc été étudiés grâce au modèle ARDL et au test de causalité de Granger. En effet, il n'existe que peu d'études empiriques à avoir étudié la validité de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc et aucune n'a examiné le potentiel des énergies renouvelables dans ce sens. Nos résultats ont démontré qu'il existe une forte cointégration entre nos variables et que la croissance économique peut être réalisée en parallèle des politiques environnementales dont le but est de limiter les émissions de CO₂. En effet, Le Test de causalité de Granger nous a permis de démontrer qu'il existe une relation unidirectionnelle allant du PIB aux émissions de CO₂. Ceci implique qu'une hausse de PIB causerait une hausse des émissions, mais qu'une hausse des émissions ne causait pas forcément une hausse de PIB. Les politiques environnementales, dont l'objectif est la réduction des émissions de CO₂ n'auront donc aucun impact négatif sur la croissance économique marocaine. Le rôle des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de CO₂ a également été démontré. En effet, les résultats de l'étude ont démontré qu'une hausse de la variable de production d'électricité renouvelable provoquerait une baisse des émissions de CO₂ de 0.0824%. Les énergies renouvelables permettraient donc une réduction des émissions de CO₂ et contribueraient alors à la protection de l'environnement. Ceci va alors dans le sens de la politique énergétique actuelle, dont le but et le déploiement des énergies renouvelables afin d'assurer la durabilité et de réduire la forte dépendance énergétique marocaine. Cependant, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas marocain n'a pas été confirmée et nos résultats rejoignent ceux de Ben Jebli, Ben Youssed (2016) qui ont étudié le cas tunisien, ceux de Zoundi (2017) qui a tenté de valider la courbe environnementale de Kuznets pour groupe de pays africains ainsi que ceux de Haq, Zhu et al. (2016) qui ont également étudié le cas marocain sans prendre en considération la variable relative aux énergies renouvelables. En effet, les résultats ne sont pas étonnants, car l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets est souvent confirmée pour les pays développés. (Ben Jebli, Ben Youssed (2016)). Ce résultat peut donc être expliqué par le fait que le Maroc soit encore un pays en voie de développement et que le PIB par habitant ne soit pas encore arrivé à un niveau de croissance permettant l'inflexion de la courbe des émissions de CO₂. L'impact négatif de l'ouverture commerciale sur l'environnement a également été observé. En effet, une augmentation de cette variable de 1% engendrerait une hausse des émissions CO₂ de 0.0380% ce qui est statistiquement significatif. Ces résultats rejoignent également ceux de Ben Jebli et Ben Youssed (2016) et Mahmoud et wang (2019) qui ont expliqué que cela est forcément dû à l'augmentation des échanges commerciaux internationaux, et donc d'une augmentation de l'utilisation de moyens de transport, particulièrement polluants. En effet, afin de réduire l'impact du commerce international sur la pollution, il est recommandé de localiser les ports à proximité des zones industrielles exportatrices et importatrices afin de réduire les émissions causées par le transport de marchandises. Cet article a incorporé la variable d'ouverture commerciale afin de former un cadre multidimensionnel. Cependant, à l'instar de Mahmoud et wang (2019), nous nous sommes abstenus de prendre en considération des variables sociales, tel que l'indice de développement humain, car notre intention était

principalement axée sur la validité de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc et le rôle des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de CO₂. Cependant, tenant compte de l'importance que représente le développement humain aujourd'hui, une étude plus approfondie intégrant cet aspect représentera une occasion d'étudier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets dans un cadre plus varié. En effet, plusieurs chercheurs estiment que le capital humain influencerait les niveaux des émissions de CO₂ et contrôlerait le niveau de consommation d'énergie. (Bano et al. (2018) et Salim et al. (2017)).

Références :

- (1) Bano S, Zhao Y, Ahmad A, Wang S, Liu Y (2018) Identifying the impacts of human capital on carbon emissions in Pakistan. *J Clean Prod* 183: 1082–1092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.008>
- (2) Ben Jebli, M., et Slim Ben Y. (2015). The Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Renewable and Non-Renewable Energy, and Trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-85.
- (3) Ben Jebli, M., Slim Ben, Y, et Ozturk, I (2016). Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis: The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Trade in OECD Countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-31.
- (4) Berahab, R. (2017). Emissions de Dioxyde de Carbone et Croissance Economique au Maroc : Une Analyse de la Courbe Environnementale de Kuznets., s. d., 32.
- (5) Bilgili, F., Emrah K., et Ümit B. (2016). The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-45.
- (6) Bölük, G., et Mehmet M. (2015). The Renewable Energy, Growth and Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52.
- (7) Dong, K., Renjin S., Hongdian J., et Xiangang Z. (2018). CO₂ Emissions, Economic Growth, and the Environmental Kuznets Curve in China: What Roles Can Nuclear Energy and Renewable Energy Play? *Journal of Cleaner Production*, 196.
- (8) Haq, I., Shujin Z, et Shafiq, M. (2016). Empirical Investigation of Environmental Kuznets Curve for Carbon Emission in Morocco ». *Ecological Indicators*, 67.
- (9) La banque mondiale, Une croissance verte et solidaire : Vers un développement durable (2012). URL: <https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2012/05/09/from-growth-to-inclusive-green-growth-the-economics-of-sustainable-development>
- (10) Mahmood, N., Zhaohua W., et Syed T. (2029). Renewable Energy, Economic Growth, Human Capital, and CO₂ Emission: An Empirical Analysis. *Environmental Science and Pollution Research* 26, no 20, 20619-30.
- (11) OCDE, Vers une croissance verte (2011). URL: <http://www.oecd.org/fr/croissanceverte/vers-une-croissance-verte-9789264111332-fr.htm>
- (12) Salim R, Yao Y, Chen GS (2017) Does human capital matter for energy consumption in China? *Energy Econ* 67: 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.016>
- (13) Sinha, A., et Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: Role of Renewable Energy Generation in India. *Renewable Energy*, 119.
- (14) Site de la GIZ, L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables au Maroc. URL : <http://giz-energy.ma/wp-content/uploads/sites/128/2017/07/PAREMA-LES-ENERGIES-RENOUVELABLES-ET-LEFFICACITE-ENERGETIQUE-AU-MAROC.pdf>

- (15) Site de la GIZ, Stratégie énergétique Nationale Horizon 2030. URL: <http://giz-energy.ma/wp-content/uploads/sites/128/2017/06/STRATEGIE-ENERGETIQUE-NATIONALE%202011.pdf>
- (16) Site du HCP, Energie 2030 : Quelles options pour le Maroc ? URL: https://www.hcp.ma/downloads/Maroc-2030_t11885.html
- (17) Site du HCP, Prospective Maroc 2030, Environnement géostratégique et économique. URL : https://www.hcp.ma/downloads/Maroc-2030_t11885.html
- (18) Sugiawan, Y., et Shunsuke M. (2016). The Environmental Kuznets Curve in Indonesia: Exploring the Potential of Renewable Energy. *Energy Policy*, 98, 187-98.
- (19) Zoundi, Z. (2017). CO2 Emissions, Renewable Energy and the Environmental Kuznets Curve, a Panel Cointegration Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72.

ANNEXES

Sélection d'articles récents sur la relation entre les émissions de CO₂, la croissance économique, et les énergies renouvelables dans le cadre de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets.

Auteurs	Période étudiée	Territoire étudié	Variables intégrées	Méthodologie utilisée	Causalité ER et CO ₂	Hypothèse CEK
Ben Jebli, Ben Youssef (2016)	1980-2009	Tunisie	CO ₂ , PIB, PIB ² , ER, ENR, OC	ARDL, VECM, Granger	ER → CO ₂	×
Boluk, Mert (2016)	1961-2010	Turquie	CO ₂ , ER, PIB, PIB ²	ARDL	Non étudiée	✓
Ben Jebli, Ben Youssef, Ozturk (2016)	1980-2010	25 pays de l'OCDE	CO ₂ , PIB, PIB ² , ER, ENR, OC	Test de causalité de Granger, FMOLS, DOLS	ER ↔ CO ₂	✓
Bilgili, Kocak, Bulut (2016)	1977-2010	17 pays de l'OCDE	CO ₂ , ER, PIB, PIB ²	FMOLS, DOLS	ER → CO ₂	✓
Sugiawan, Managi (2016)	1971-2010	Indonésie	CO ₂ , ER, PIB, PIB ²	ARDL	Non étudiée	✓
Zoundi (2017)	1980-2012	25 pays africains	CO ₂ , ER, PIB, PIB ²	FMOLS, DOLS	ER → CO ₂	×
Dong et al (2018)	1993-2016	Chine	CO ₂ , PIB, PIB ² , ER, EN	ARDL, Granger, FMOLS, DOLS	ER ↔ CO ₂	✓

Sinha, Shahbaz (2018)	1971-2015	Inde	CO2, PIB, ENR, FP	ER, OC,	ARDL	Non étudiée	✓
Mahmood, Wang, Hassan (2019)	1980-2014	Pakistan	CO2, PIB2, CH	ER,	SEM (simultaneous equation model), 3SLS (three stages least square)	Non étudiée	✓