

---

## Impact des énergies renouvelables sur le développement économique des pays de l'Afrique du Nord : Analyse en régression des panels cointégrés

### Impact of renewable energies on the economic development of North African countries: Regression analysis of cointegrated panels.

Auteur 1 : EL YOUSOUFI Lahcen

Auteur 2 : BOUSFOUL Hamid

---

**Lahcen ELYOUSOUFI** (Enseignant-chercheur)

Université Cadi Ayyad /Faculté des sciences juridiques économiques et sociales, Marrakech-Maroc  
lelyoussoufi074@gmail.com

**Hamid BOUSFOUL** (Professeur agrégé et doctorant)

Université Cadi Ayyad /Faculté des sciences juridiques économiques et sociales, Marrakech-Maroc  
hamidbousfoul@gmail.com

**Déclaration de divulgation** : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

**Conflit d'intérêts** : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

**Pour citer cet article** : Elyoussoufi L., BOUSFOUL H. (2021) «Impact des énergies renouvelables sur le développement économique des pays de l'Afrique du Nord : Analyse en régression des panels cointégrés», African Scientific Journal « Numéro 6 / Volume 3 » pp: 333-360.

**Date de soumission** : Mai 2021

**Date de publication** : Juin 2021

Copyright © 2021 – ASJ



## Résumé

L'objectif de cet article est d'examiner l'effet de la consommation des énergies renouvelables sur le développement économique des pays de l'Afrique du Nord. Pour ce faire, une régression des panels cointégrés a été appliquée aux données relatives à la consommation des énergies renouvelables de ces pays sur la période 1992-2018. Pour saisir l'effet de cette forme d'énergie, nous avons établi la variable du pourcentage de la consommation des énergies renouvelables par rapport à l'ensemble de l'énergie consommée. Pour le développement économique, nous l'avons considéré à travers ses trois dimensions : la croissance économique, la santé et l'éducation. Nos résultats confirment la présence d'une relation de court-terme et de long-terme entre la consommation des énergies renouvelables et le développement économique pour le cas des pays examinés. En effet ces dernières ont un impact positif sur le développement économique. Par conséquent, les décideurs politiques dans ces pays doivent agir pour accroître les investissements dans les énergies renouvelables pour un développement économique à faible émission de carbone.

**Mots clés** : Énergies renouvelables, développement économique, émission de carbone, régression des panels cointégrés.

## **Abstract**

This article aims to examine the effect of the consumption of renewable energies on the economic development of North African countries. To attain this, a regression of the cointegrated panels was applied to data related to the consumption of renewable energies in these countries over the period 1992-2018. To capture the effect of this form of energy, we established the variable of the percentage of renewable energy consumption in relation to the total energy consumed. For economic development, we have considered it through its three dimensions: economic growth, health, and education. Our results confirm the presence of a short-term and long-term relationship between renewable energy consumption and economic development for the case of the countries examined. Indeed, renewable energies have a positive impact on economic development. Therefore, policymakers in these countries must act to increase investments in renewable energy for a development with low emission of carbon.

**Keywords :** Renewable energies, economic development, carbon emissions, regression of cointegrated panels.

---

## Introduction

Depuis le rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED) publié en 1987, nous avons assisté à une prise de conscience mondiale accrue de la fragilité du modèle de développement poursuivi, qui repose principalement sur la consommation des ressources naturelles non renouvelables. En effet, celui-ci est considéré comme un préjudice pour les générations futures. En 2012, la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) a marqué une nouvelle façon de penser le développement économique. Il est impératif d'établir une transition vers un nouveau modèle de développement en réponse aux défis de la durabilité. À cet égard, les gouvernements du monde entier ont été invités avec un plus grand sentiment d'urgence, lors du sommet mondial sur le développement durable tenu à Johannesburg en 2002 et lors du sommet de Rio+20, à prendre des mesures pour le développement d'une économie verte en augmentant de manière significative la part des sources renouvelables dans le mix énergétique mondial. De telles mesures pourraient améliorer considérablement la croissance économique, la productivité, le chômage, la santé et l'éducation, réduire les conséquences sociales et environnementales de l'extraction d'énergie et atténuer l'instabilité macroéconomique (Banque Mondiale, 2001).

Cette transition concernera aussi bien les pays développés que les pays en développement (PVD). Les déclarations nationales à la conférence sur le climat tenue à Paris en 2015 et à Marrakech en 2016, ont montré que les économies avec retard économique et les pays en développement en général reconnaissent qu'ils sont concernés par la transition de leurs systèmes énergétiques. À ce titre, il y a au moins deux argumentaires qui expliquent l'impératif de soutenir l'option de la transition énergétique "verte" dans les pays en développement (PVD) tels que les pays de l'Afrique du Nord. Le premier a trait à la nécessité d'assurer la sécurité énergétique nationale surtout que l'énergie est indispensable au développement économique. Le deuxième est de moindre intérêt et tient à l'importance de contribuer à minimiser les risques du changement climatique. En réalité, les structures de l'offre énergétique dans les PVD sont moins diversifiées, car elles se caractérisent par un accès faible aux services énergétiques surtout dans le milieu rural et par des investissements insuffisants en ressources électriques.

Aujourd'hui l'un des défis majeurs pour ces pays consiste à mettre en œuvre une telle transition qui coïncide avec les objectifs de développement durable des pays en profonde mutation (Vera et Langlois, 2007). Opérer la transition énergétique « verte » est à même d'assurer un accès plus large à l'électricité, particulièrement pour les populations rurales, d'assurer un environnement plus propre, et se traduirait par davantage d'investissements dans les technologies renouvelables.

Nous croyons que l'un des grands défis posés au modèle de développement basé sur l'option de l'économie verte concerne les énergies renouvelables. Il va sans dire que le lien, souvent établi entre la consommation des ressources énergétiques fossiles<sup>1</sup> et l'augmentation des émissions polluantes, conduit à s'interroger sur les ressources alternatives substituables aux énergies fossiles qui peuvent permettre la poursuite de la croissance économique et le développement économique contrairement à ce qui est prôné par le Club de Rome durant les années 70. À ce titre, un grand intérêt a été porté à la contribution des énergies renouvelables aux nouveaux objectifs de développement durable (ODD). Ceux-ci couvrent dix-sept objectifs. Les 7ème et 13ème reconnaissent l'importance d'une «énergie abordable, fiable, durable et moderne pour tous, de l'atténuation des changements climatiques et de la réduction des impacts environnementaux et sanitaires». Tout effort conduisant à atteindre les ODD doit passer par une augmentation de la demande des énergies renouvelables (Hanley et al., 2009 ; Bekhet et Othman, 2018). En effet, ces énergies pourraient contribuer à la réalisation de certains ODD pour les trois raisons suivantes : premièrement, les énergies renouvelables ne causent pas de dommages locaux comparativement à certaines énergies fossiles, telles que le charbon. Elles pourraient ainsi contribuer à l'objectif d'assurer une vie saine en améliorant la pollution atmosphérique locale (West et coll., 2013) et en se substituant à la source de pollution de l'air intérieur (Torres-Duque et coll., 2008). Deuxièmement, les énergies renouvelables sont propres et génèrent très peu de CO<sub>2</sub> et, par là même, contribuent à la lutte contre le changement climatique, qui est lui-même l'un des ODD.

---

<sup>1</sup> De nos jours, les énergies fossiles représentent plus que 80% du bilan énergétique mondial (Agence Internationale de l'Énergie 2016).

---

Troisièmement, l'énergie contribue au développement de l'éducation et au renforcement de l'égalité des sexes (Daka et Ballet, 2011).

L'importance des énergies renouvelables pour le développement économique a fait l'objet de nombreux travaux empiriques durant les dernières années. Tugcu et coll. (2012) ont affirmé que la croissance économique des pays du G7 pourrait bénéficier de la diffusion des technologies des énergies renouvelables. Tobben (2017) a montré que la production d'électricité à partir de sources renouvelables elle-même bien qu'elle n'ait eu que de petits effets positifs sur les industries, mais conduit à un impact significatif sur les revenus des ménages. Malgré la grande importance accordée aux énergies renouvelables dans la voie vers le développement durable, il convient de nuancer leurs effets positifs. Par exemple, Narayan et Doytch (2017), entre autres, ont montré un lien de neutralité entre l'utilisation des énergies renouvelables et la croissance économique dans le cas des pays à revenu faible, intermédiaire et élevé.

Le survol de la littérature nous a permis de soulever au moins deux constats concernant les questions souvent abordées par rapport au rôle des énergies renouvelables. Le premier concerne la nature des liens entre la croissance économique, les sources d'énergies renouvelables et le développement humain. À ce titre, la plupart des travaux précédents se sont largement focalisés sur l'analyse de la causalité entre les énergies renouvelables et la croissance économique alors que l'attention consacrée aux récompenses sociales et sanitaires de cette source d'énergie demeure insuffisante. C'est pourquoi notre étude tente de s'attaquer à ce point dans le cas des pays de l'Afrique du Nord. Les énergies renouvelables sont considérées comme instrument politique grâce auquel les piliers sociaux et économiques du développement durable peuvent être améliorés et par là-même la dégradation de l'environnement peut être réduite. Le deuxième constat concerne le contexte des études antérieures. Ces dernières se sont majoritairement axées sur les économies développées.

Dans ce contexte et fort des constats relevés de notre revue de littérature et conscient du rôle déterminant des énergies renouvelables, nous avons formulé notre problématique en ces termes:

---

Quel est l'impact de la consommation des énergies renouvelables sur le développement économique des pays nord-africains ?

Cette problématique a été déclinée en trois sous questions de recherches :

- 1- Existe-t-il un lien entre la consommation d'énergies renouvelables et le développement économique ?
- 2- Quel est le sens de cette relation ?
- 3- Comment évolue la consommation d'énergies renouvelables en Afrique ?

Dans la suite de notre travail nous présentons, respectivement, la revue de la littérature et le développement des hypothèses (section 1), les principaux traits du secteur des énergies renouvelables en Afrique (section 2), la méthodologie et les résultats (sections 3), et les conclusions et orientations politiques (section 4).

### **1. Revue de littérature et développement des hypothèses**

La littérature consultée sur les défis énergétiques du développement durable insiste sur l'intérêt que présente la promotion des énergies renouvelables pour le développement socio-économique et pour la santé. Les travaux ont souligné l'impact positif qu'ont ces dernières, surtout, sur l'indépendance énergétique, l'économie d'énergie, l'emploi et l'environnement en termes de création de CO<sub>2</sub>. Toutefois, d'autres travaux ont montré que les coûts de production de la chaleur et de l'électricité à partir de certaines sources d'énergies renouvelables restent encore aujourd'hui élevés.

L'étude des avantages socio-économiques et environnementaux des énergies renouvelables et de leur efficacité est aujourd'hui une tâche intéressante aussi bien pour les chercheurs en sciences économiques et sociales que pour les gouvernements et les agences internationales (Blazejczak et coll., 2014). L'objectif principal des analyses portant sur les énergies renouvelables est d'aider les décideurs à identifier l'efficacité des politiques employées en termes de sources d'énergies renouvelables, pour réduire la dégradation de l'environnement, ce qui, à son tour, améliore le développement économique et favorise la croissance économique. L'objectif de cette section est de discuter des travaux antérieurs examinant les avantages économiques (1.1), sociaux et sanitaires de l'expansion de sources d'énergie renouvelables (1.2).

### **1.1 Impacts économiques des énergies renouvelables**

L'intégration des ressources naturelles dans la théorie économique n'est pas une nouvelle approche. En effet, leur intégration dans les théories de la croissance et du développement est l'un des sujets les plus débattus. Les modèles de croissance de base, comme celui de Solow (1956), n'essaient pas de clarifier la source du progrès technologique, mais, au contraire, ils le supposent exogène et n'incluent ni capital naturel ni énergie dans la fonction de production.

Le développement durable vise à se démarquer de l'approche économique traditionnelle qui ne considère pour terrain d'analyse que l'aspect quantitatif de la croissance. Il faut aussi absolument tenir compte des considérations qualitatives du développement et le concevoir de façon beaucoup plus plurielle et globale. Car ce qui rend les gens heureux, ce n'est plus un accroissement des volumes de la production, mais plutôt un développement économique leur permettant de vivre en harmonie avec leur environnement, en favorisant l'épanouissement de toutes leurs capacités (Claval, 2006).

De plus, des modèles économiques biophysiques sont entièrement basés sur l'énergie et la considèrent comme l'unique facteur de production primaire. Ils supposent que l'énergie accessible à chaque période est exogène (Cleveland, 1991 ; Turner et coll., 2013 ; King, 2019; Patel et coll., 2020). Par rapport aux économistes conventionnels, les économistes écologistes pensent que la sphère économique n'est pas séparée du monde naturel, d'où elle puise les ressources naturelles nécessaires et dans lequel elle jette des déchets, et pensent aussi que les deux sphères sont dépendantes et intégrées.

Le rapport de l'homme avec son environnement est dorénavant bouleversé, car celui-ci doit, d'ores et déjà, être responsable de ses actes touchant à l'environnement et à son avenir. Cela peut être considéré comme « la seconde révolution écologique du monde contemporain » (Jonas , (1990)). Cette révolution écologique a le mérite de donner naissance au principe de responsabilité, devenu le maître mot des décideurs politiques (Claval, (2006)). Celui-ci renvoie à la seule réalité que l'homme est le seul acteur ayant les moyens d'altération et de destruction définitive de son environnement (Cobast, (2005)). De ce fait, les acteurs économiques et sociaux sont incités, aujourd'hui plus que



jamais, à faire de la prévoyance et de la perspicacité sur les principes de contrôle de leurs comportements.

À l'appui de cette affirmation, Kahia et coll. (2017), entre autres, soutiennent que l'énergie constitue un facteur de production vital. Les combustibles fossiles, tels que le pétrole, le gaz naturel et le charbon, sont principalement utilisés comme énergie. Ces sources d'énergie conventionnelles sont considérées parmi les moteurs de la croissance économique (Aslan et coll., 2014). Cependant, en raison des préoccupations croissantes concernant le risque des sources d'énergie conventionnelles, les chocs des prix de l'énergie, les émissions de gaz à effet de serre et d'autres problèmes environnementaux, l'énergie renouvelable a été suggérée comme une solution clé (Yildirim et coll., 2014), qui a la capacité d'offrir une énergie sans gaz à effet de serre et sans polluants atmosphériques en émettant zéro ou peu de ces gaz (Panwara et coll., 2011). Au cours des dernières années, la consommation de sources d'énergies renouvelables a considérablement augmenté dans le monde. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (2009), « les énergies renouvelables sont la source d'énergie mondiale qui connaît la croissance la plus rapide, la consommation augmentant de 3,0% par an ».

Par ailleurs, le secteur des énergies renouvelables constitue un gisement important des emplois verts. En effet, les filières solaires, l'éolien, la géothermie, les biomasses et bois-énergie, etc., sont des leviers porteurs d'emplois décents. Ainsi, rien qu'au cours de la chaîne d'approvisionnement des énergies renouvelables, plusieurs activités se créent.

La question des énergies renouvelables a attiré l'attention des chercheurs, des chefs d'entreprises et des décideurs en tant que composante substantielle de la consommation mondiale d'énergie (Bhattacharya et coll., 2016 ; Belaid et Youssef, 2017 ; Amri et coll., 2018 ; Belaïd et Zrelli, 2019).

Les chercheurs en sciences économiques se concentrent surtout sur l'analyse des avantages économiques de la consommation des énergies renouvelables. Dans ce contexte, il est possible de classer la littérature antérieure sur le lien entre les énergies renouvelables et la croissance économique sous deux grands axes de recherche. Le premier s'intéresse à l'examen des travaux antérieurs sur les relations de cause à effet entre les énergies renouvelables, les énergies non renouvelables et la croissance économique.

La littérature sur ce sujet pourrait être divisée aussi en quatre hypothèses, à savoir : les hypothèses de croissance, de conservation, de rétroaction et de neutralité (Belaïd et Abderrahmani, 2013 ; Omri, 2014). Si l'on regarde les résultats des travaux empiriques existants, on voit qu'il n'y a pas de consensus par rapport aux directions de différentes causalités. Selon Omri (2014) cela s'explique par la nature des variables choisies, les différents ensembles de données utilisées et aussi par les approches méthodologiques adoptées.

Bien que les débats théoriques évoquent souvent l'énergie comme facteur majeur pour la croissance économique, il faut considérer également son impact sur l'environnement (Percebois, (1999)). En effet, après un siècle de croissance exceptionnelle caractérisé par une véritable amélioration des conditions de vie des populations et une expansion des différentes formes d'énergie fossiles, le bilan environnemental devient aujourd'hui accablant (Olivia, (2010)). Les dommages infligés à l'environnement, considérés comme des problèmes d'allocation de ressources, ont conduit les économistes à y chercher des réponses appropriées. Par conséquent, le deuxième axe de recherche se concentre sur les relations entre les énergies renouvelables et non renouvelables, les émissions de CO<sub>2</sub> et la croissance économique. Et comme notre étude s'inscrit dans ce même cadre, nous présentons les résultats de certains de ces travaux. Par exemple, dans le cas de l'Inde, Tiwari (2011) a examiné empiriquement la nature des liens entre les énergies renouvelables, le PIB et les émissions de CO<sub>2</sub> ; l'auteur a constaté qu'une augmentation du niveau de l'utilisation des énergies renouvelables favorise la croissance économique et atténue les émissions carboniques. Bhattacharia et coll. (2016) en appliquant la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) et la méthode généralisée des moments (MGM) sur 85 économies développées et en développement pour la période 1991-2012, ont montré que l'utilisation des énergies renouvelables affecte positivement la croissance économique et réduit les émissions de carbone. Pour Apergis et coll. (2010), en étudiant le cas de dix-neuf économies développées et en développement, ont confirmé qu'une augmentation de la demande des énergies renouvelables entraîne une augmentation des niveaux des activités économiques, mais n'entraîne pas une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

---

Des résultats de la littérature présentée ci-dessus, nous proposons de tester la première hypothèse suivante :

Hypothèse 1 : Les énergies renouvelables favorisent la croissance économique et atténuent les effets négatifs des émissions de CO<sub>2</sub>.

## **1.2 Impacts sociaux et sanitaires des énergies renouvelables**

L'énergie est la base du développement de l'humanité, les différentes formes d'énergie, bois, hydraulique, pétrole ...etc, ont contribué à l'amélioration de la vie des sociétés au fil du temps. Pour Mérenne B. (2017) « L'énergie c'est la vie » puisqu'elle participe à la plupart des besoins de l'homme pris individuellement ou collectivement. On a besoin de l'énergie pour l'alimentation, le chauffage, l'éclairage, la construction, l'industrie, les transports, les communications, les loisirs, etc. En garantissant un accès équitable et juste aux ressources énergétiques pour toutes les sociétés ; l'énergie peut contribuer au développement économique en améliorant le niveau de vie grâce à ses effets sur la santé et l'éducation (OCDE, 2007). La substitution des différentes sources d'énergie renouvelables aux combustibles fossiles est l'un des changements technologiques dans les stratégies de développement énergétique durable. L'accès à l'énergie est un facteur clé dans l'analyse du bien-être. Les énergies renouvelables amélioreraient l'accès à la nourriture et à l'eau, créaient des emplois, réduisaient les impacts sur la santé et enrichissaient les moyens de subsistance (IRENA, 2015). Par conséquent, le passage à une économie verte, basée sur la consommation d'énergie renouvelable qui améliore la qualité de vie de tous les êtres vivants et les préserve pour l'avenir, est absolument nécessaire. Selon le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD, 2007), les énergies renouvelables contribuent positivement aux déterminants du développement humain, tels que l'éducation, la santé, la faim, la pauvreté, l'égalité des sexes et la durabilité environnementale. Ainsi, les énergies renouvelables améliorent la sécurité énergétique en s'appuyant sur des sources d'énergie locales et nationales, contribuent à la lutte contre la pollution et le réchauffement climatique et aident à protéger la santé humaine affectée par la pollution atmosphérique.

Bien que les énergies renouvelables aient reçu un intérêt croissant au cours des dernières années, leurs effets sur le développement humain sont peu présents dans la littérature existante. Dans ce cadre, Del Río et Burguillo (2009) montrent que l'effet des énergies renouvelables sur la dimension sociale du développement durable pourrait être significatif. Ainsi, ils ont souligné que l'exploitation des énergies renouvelables contribue au maintien des espaces et des ressources naturelles et à l'amélioration de la qualité de vie et des besoins humains. Pírlogea (2012), en utilisant une méthode de données de panel pour six pays européens, constate d'une part que les énergies renouvelables contribuent positivement au développement humain et, d'autre part, que l'effet des combustibles fossiles est négatif. De même, Machol et Rizk (2013) précisent que la substitution des énergies renouvelables aux combustibles fossiles offre des avantages significatifs pour la santé publique en évitant les dommages neurologiques, les problèmes respiratoires, le cancer et les crises cardiaques. Ils ont montré également que pour améliorer la santé publique, les énergies renouvelables contribueraient à réduire la pollution de l'eau et de l'air en émettant moins de toxines.

Concernant le cas des pays africains Ouedraogo (2013), en étudiant le cas de 15 pays, a montré que l'accès à des sources d'énergie propres et nouvelles a un effet important sur l'indice de développement humain (IDH).

Notons que, le développement et l'essor des énergies renouvelables ont caractérisé surtout les pays de l'OCDE. Ainsi, la contribution des énergies renouvelables à la satisfaction de la demande énergétique totale est passée de 4.8 % en 1971 à 13% aujourd'hui. Dans ce cadre, Shafiei et Salim (2014), ont étudié le cas de 29 économies de l'OCDE, et ont confirmé que les énergies renouvelables augmentent les perspectives de santé et de bien-être dans ces pays en diminuant les effets des émissions de CO<sub>2</sub>, ce qui prolongera l'espérance de vie et réduira les coûts de santé. Récemment, Ray et coll. (2016) ont tenté d'examiner empiriquement le lien entre la qualité de l'énergie et le développement humain pour quelques zones rurales de différentes zones géographiques. Leurs résultats montrent l'existence d'un lien positif entre, d'une part, l'utilisation de ressources énergétiques propres produites localement combinées à d'autres combustibles propres et l'amélioration de l'indice de développement humain, d'autre part.

---

Dans cette même lignée s'inscrit notre essai qui vise à examiner l'effet de l'expansion des énergies renouvelables sur le développement humain en Afrique du Nord à travers l'étude de leurs effets sur les dimensions sanitaire et éducative de développement humain. D'où notre deuxième hypothèse qui sera testée :

Hypothèse 2 : Les énergies renouvelables encouragent l'éducation via l'accès aux services énergétiques et atténuent l'impact négatif des émissions de CO2 sur la santé.

Dans la littérature, consultée sur la transition énergétique « verte », l'étude de l'impact du développement des énergies renouvelables sur le bien-être socio-économique dans les pays de l'Afrique du Nord, est motivée par au moins deux raisons. Premièrement, dans cette littérature il est montré que les leaders mondiaux des énergies renouvelables sont aussi au Sud et non pas uniquement au Nord, car les pays en transition sont contraints, plus rapidement que les pays développés, d'augmenter et de diversifier leur mix énergétique.

Deuxièmement, l'utilisation de combustibles fossiles, qui constituent la principale cause de pollution de l'air et de changement climatique, représente un défi majeur pour atteindre les objectifs de durabilité, en particulier dans le nouvel agenda 2030 pour le développement durable. À ce titre, les énergies renouvelables peuvent être utilisées pour atténuer les effets négatifs de la dégradation de l'environnement sur le développement durable du point de vue du développement économique et humain. Ainsi, comme déjà souligné, les énergies renouvelables constituent un moyen d'atteindre certains objectifs du développement durable. Par conséquent, tout effort visant à atteindre ceux-ci entraînera une augmentation de la demande de sources d'énergie renouvelables (Hanley et coll., 2009 ; Bekhet, Othman, 2018 et le Sommet des Nations Unies pour le développement durable, 2015).

## **2. Évolution de la consommation des énergies renouvelables en Afrique**

Les chocs pétroliers observés durant les décennies 70, 80 et 90 dans les secteurs énergétiques fossiles ont favorisé le développement des secteurs renouvelables. Les augmentations continues des cours du pétrole ont conforté les innovations dans les

technologies énergétiques « vertes » (Newell et coll., (1999))<sup>2</sup>. Dans ce cadre, Popp (2002) montre que le prix de l'énergie a exercé une influence positive sur l'activité de recherche en technologies propres aux États-Unis. C'est ainsi qu'après chaque crise énergétique, le nombre de dépôts de brevets sur les technologies « vertes » augmente. En effet, depuis les années 70, les sources d'énergies renouvelables prennent de l'importance d'année en année. Cette importance devient significative notamment au début des années 80, c'est-à-dire après le deuxième choc pétrolier. Que ce soit dans le secteur de l'électrification, des transports, du chauffage ou de la climatisation. Les énergies renouvelables sont devenues une composante essentielle dans le panier de consommation finale d'énergie dans le monde.

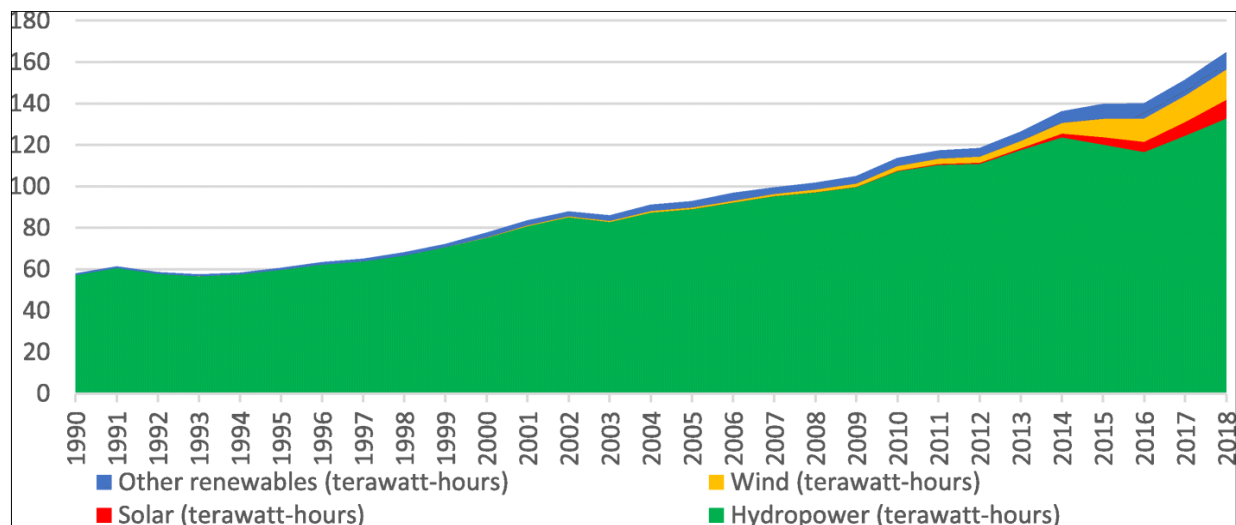
Le rapport de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (2018) prévoit que la part des énergies renouvelables dans la satisfaction de la demande énergétique mondiale augmentera d'un cinquième pour atteindre 12,4% d'ici 2023. Selon Demirbas (2009), la contribution des sources d'énergie renouvelables à l'approvisionnement énergétique mondial atteindra 34,7% et 47,7% d'ici 2030 et 2040, respectivement. Autrement dit, d'ici la fin de 2030, environ 35% de l'approvisionnement énergétique mondial proviendra de sources renouvelables.

Dans ce contexte, conscient du rôle important des énergies renouvelables pour le développement économique, plusieurs pays africains ont investi ces dernières années dans ces formes d'énergie « vertes », entraînant l'augmentation de leur part dans la consommation énergétique totale comme montrée à la figure 1.

---

<sup>2</sup> Cité par Johnstone et Labonne (2006).

**Figure n° 1 : Consommation d'énergies renouvelables en Afrique  
(Terawatt/Heur)**



**Source : Amoah, A., Kwablah, E., Korle, K. et coll. (2020)**

En observant la figure 1, on remarque qu'avant la période 1990-1999 les énergies solaire et éolienne n'entraient pas dans la consommation d'énergie renouvelable en Afrique. Durant cette période, les sources hydroélectriques et autres ont été les principales sources de consommation d'énergie renouvelable. Cependant, à partir des années 2000, n'a pas cessé d'augmenter, la croissance de la consommation des énergies renouvelables a été principalement due à l'augmentation de consommation des énergies solaires et éoliennes. En outre, de 2015 à 2018, ces deux énergies ont continué à dominer la croissance de la consommation des autres énergies renouvelables en Afrique.

### **3. Méthodologie de la recherche et résultats de l'étude**

#### **3.1. Méthodologie**

Aux fins de notre recherche, à savoir, examiner l'impact des énergies renouvelables sur le développement économique en Afrique du Nord, nous avons opté pour la régression des panels cointégrés.

L'estimateur MCO peut représenter certains biais et incohérences lorsqu'il est appliqué à un panel cointégré. Pour cette raison, Pedroni (1999), (2000), (2001) et (2004) a proposé

un estimateur MCO entièrement modifié, le FMOLS qui devient un DOLS dynamique et donne pour la « moyenne de groupe » entre les dimensions, les estimateurs des méthodes DOLS et FMOLS. Ces estimateurs nous permettent une plus grande flexibilité en présence d'hétérogénéité dans les vecteurs cointégrés examinés. En outre, les méthodes ci-dessus permettent, en hypothèse nulle, de tester s'il existe une relation étroite entre les énergies renouvelables et le développement économique des pays de l'Afrique du Nord.

Notre étude couvre la période 1992-2018 et concerne les pays suivants : Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Mauritanie et Égypte, ce qui nous a permis de recueillir 156 observations. Nous vérifierons la relation entre les énergies renouvelables et le développement économique à l'aide des modèles suivants :

$$\text{PIB/HAB} = f(\text{Energie})$$

$$\text{EVN} = f(\text{Energie})$$

$$\text{EDUC} = f(\text{Energie})$$

Avec :

Énergie : le pourcentage de la consommation d'énergie renouvelable.

PIB/HAB : le produit intérieur brut par habitant.

EVN : l'espérance de vie à la naissance.

EDUC : le niveau d'éducation.

Pour saisir l'effet des énergies renouvelables, nous avons établi la variable du pourcentage de la consommation d'énergies renouvelables par rapport à l'ensemble de l'énergie consommée, pour les pays concernés.

Pour le développement économique, nous l'avons considéré à travers ses trois dimensions : la croissance économique, la santé et l'éducation.

Les données sont tirées de la base de données de la Banque Mondiale (WED) ainsi que de la base de données de la Banque Africaine de Développement.

### 3.2. Résultats de l'étude

Dans cette étude, la condition préalable des tests de racine d'unité de panel a été réalisée avant de procéder au test de cointégration de panel. Selon Im et coll. (2003), toutes les variables ont été testées à la fois en niveau et en différence première, avec et sans constante. Les tests de racine d'unité de panel sont présentés dans le tableau.



**Tableau n°1: Résultats du test de cointégration du panel Pedroni**

Séries	Energy		Pib-Hab		EVN		Educ	
	Avec Trend	Sans Trend	Avec Trend	Sans Trend	Avec Trend	Sans Trend	Avec Trend	Sans Trend
<b>En niveau</b>								
Levin				1.0220		-		
Lin	-0.62825	-0.25164	-0.86548	6	2.46554	1.58737*	0.08534	1.10263
IPS	-0.17552	0.51437	0.92455	1.1717	5.39838	3.45082	0.46691	3.00644
ADF-Fisher				5.5133				
	10.0066	9.73576	5.33541	0	0.00129	12.0686	9.01133	2.34690
<b>1ère différence</b>								
Levin	-	-	-	-	-	-	-	-
Lin	5.73558***	6.6474**	1.39541*	0.20868	10.922**	14.950**	1.51877*	1.49273*
IPS	5.9537**	6.7753**	3.3081**	1.5071*	17.670**	12.617**	3.0200**	3.2024**
ADF-Fisher	53.8284***	65.4373***	32.4709***	19.6527*	370.541***	112.640***	29.5438***	30.3192***

Note : \*, \*\*, et \*\*\* indiquent le rejet de la nullité de la non-stationnarité aux niveaux de signification, respectivement, de 10 %, 5 % et 1 %.

**Source : Elaboré par les auteurs.**

Après que toutes les variables soient stationnaires dans la première différence, le test de cointégration de Pedroni est appliqué dans cette étude.

Les tests de cointégration du panel proposés par Pedroni (2000 et 2004) tiennent également compte de l'hétérogénéité en utilisant des paramètres spécifiques qui ont été autorisés à varier entre les différents membres de l'échantillon.

Le tableau 2 montre les résultats des tests de cointégration de Pedroni (2004) avec quatre tests intragroupes et trois tests inter-groupes qui indiquent la présence d'une relation de cointégration entre les variables.

**Tableau n°2 : Résultats du test de cointégration du panel Pedroni**

<b>Within-dimension</b>				
	Statistic	P-valeur	Statistic	P-valeur
Panel v-Statistic	0.303837	0.3806	-2.264509	0.9882
Panel rho-Statistic	-0.406919	0.3420	-2.240215	0.0125***
Panel PP-Statistic	-1.175913	0.1198	-3.873976	0.0001***
Panel ADF-Statistic	-1.679996	0.0465	-2.137779	0.0163***
<b>Between-dimension</b>				
	Statistic	P-valeur		
Group rho-Statistic	-0.191197	0.4242		
Group PP-Statistic	-2.282284	0.0112***		
Group ADF-Statistic	-0.790825	0.2145		

**Source : Elaboré par les auteurs.**

La méthodologie de cointégration de Pedroni permet uniquement de tester la présence de la cointégration, mais ne peut pas estimer la relation de long terme entre les variables dans un cadre de panel, c'est pourquoi les MCO entièrement modifiés, Fully modifies OLS (FMOLS) et les MCO dynamiques (DOLS) sont proposés dans cet article.

L'estimateur FMOLS ou DOLS est plus fiable dans la régression par panel cointégré. Kao et Chiang (2000) ont montré que les MCO et les MCO entièrement modifiés (FMOLS) présentent un faible biais d'échantillon tandis que l'estimateur DOLS semble surpasser les deux estimateurs. En fait, la méthode DOLS peut corriger le biais d'endogénéité et la corrélation sérielle.

**Tableau n°3: Résultats Modèle 1**

Variables dépendante : LOGGDP						
FMOLS				DOLS		
Variable	Coefficient	t-Statistic	P-valeur	Coefficient	t-Statistic	P-valeur
ENERGY	0.529187	8.980.614	0.0000	0.516546	8.513.949	0.0000

Source : Elaboré par les auteurs.

**Tableau n°4: Résultats Modèle 2**

Variable dépendante EVN						
FMOLS				DOLS		
Variable	Coefficient	t-Statistic	P-valeur.	Coefficient	t-Statistic	P-valeur.
ENERGY	4.889.562	9.577.408	0.0000	4.774.844	9.037.569	0.0000

Source : Elaboré par les auteurs.

**Tableau n°5: Résultats Modèle 3**

Variable dépendante : EDUC						
FMOLS				DOLS		
Variable	Coefficient	t-Statistic	P-valeur	Coefficient	t-Statistic	P-valeur
ENERGY	6.828.546	8.968.937	0.0000	6.704.894	8.578.882	0.0000

Source : Elaboré par les auteurs.

Les différents tableaux au-dessus présentent les résultats des estimations FMOLS et DOLS.

Les coefficients des trois modèles estimés par le FMOLS et le DOLS sont positifs et statistiquement significatifs au niveau de 1 % et 5 %. Confirmant que les énergies renouvelables impactent positivement le développement économique dans les pays examinés. Ces résultats confirment donc les deux hypothèses développées précédemment.

#### 4. Conclusions et orientations politiques

Ce travail nous a permis de mettre en évidence l'importance des énergies renouvelables pour le basculement vers le nouveau modèle de développement basé sur l'option de l'économie verte et en même temps atteindre les ODD (Objectifs du Développement Durable). En effet, pour que ces formes d'énergies puissent être catalyseurs de la transition verte il faut qu'elles répondent aux exigences de la durabilité du développement. En conséquence, l'objectif principal de cet article est de vérifier si et comment les énergies renouvelables impactent le développement économique dans les pays de l'Afrique du Nord.

À l'aide d'un modèle de régression par panel cointégré, nous avons souligné que les énergies renouvelables ont un grand potentiel pour rééquilibrer les objectifs sociaux, économiques et environnementaux. La transition vers une option énergétique « verte » implique la poursuite des substitutions en faveur des énergies renouvelables et devrait se solder par une augmentation des investissements dans ce secteur d'activité. Cela signifie que cette forme d'énergie constitue une opportunité d'investissement très talentueuse d'un point de vue économique et social.

Nos résultats soutiennent l'argument selon lequel les énergies renouvelables peuvent contribuer à la réalisation des ODD dans le cas des pays de l'Afrique du Nord. Cet article contribue à la littérature existante en proposant une approche empirique visant à mettre en évidence la capacité des énergies renouvelables à atteindre ces objectifs en Afrique du Nord. Cette approche a également des implications pratiques et politiques et donne des orientations de recherche futures.

Cette étude a montré que les énergies renouvelables peuvent contribuer à la réduction des émissions carboniques et par là même soutenir le développement économique dans les pays étudiés. Ainsi, nous avons montré qu'elles ont un impact positif sur les trois volets du développement économique à savoir : la croissance économique, l'éducation et la santé.

L'augmentation de l'utilisation des sources énergétiques renouvelables peut avoir des répercussions économiques positives. Par exemple, les entreprises du secteur de l'approvisionnement en énergie renouvelable bénéficieront d'une expansion de ces

sources d'énergie, et les entreprises locales indépendantes profiteront de l'augmentation des revenus des entreprises et des ménages. Les conséquences sont le maintien de la croissance économique et l'amélioration de la qualité de l'environnement entraînant l'amélioration des indicateurs de base du développement économique (revenu, santé et éducation).

En outre, la création d'emploi constitue également un des enjeux de développement des énergies renouvelables. En effet, le développement de celles-ci à grande échelle s'accompagnera de créations d'emplois.

Les résultats de notre travail sont également révélateurs du point de vue relation énergie-développement économique. L'expansion des technologies de l'énergie solaire et éolienne, par exemple, est une solution pouvant contribuer à atténuer les inégalités régionales, et de même à faire face au problème de l'exclusion sociale dans ces pays. Ce constat est surtout vrai puisque ces formes d'énergie favorisent les applications décentralisées, particulièrement dans le cadre de l'électrification rurale et les zones isolées. Cela permet aux ménages vivants dans des endroits enclavés et non raccordés au réseau national de bénéficier des services offerts par l'électricité d'origine renouvelable. L'énergie est un élément central du panier de biens et services auquel chaque ménage doit avoir accès pour ne pas être considéré comme pauvre. Le manque d'infrastructures énergétiques et la qualité de l'habitat sont parmi les caractéristiques de la pauvreté. De ce fait, pour lutter contre celle-ci l'action doit porter, entre autres, sur le développement et l'expansion des technologies des énergies renouvelables.

Par conséquent, il sera essentiel que les gouvernements incluent des actions générales qui stimulent le déploiement des énergies renouvelables, telles que le développement des capacités institutionnelles humaines, la mise en place d'infrastructures de recherche et développement et la création d'un environnement d'investissement favorable. Par ailleurs, le financement des énergies renouvelables dans les pays africains est un autre défi pour intégrer les énergies renouvelables dans le mix énergétique actuel. Dans ces économies, le secteur bancaire est la principale source de financement externe. En conséquence, les projets d'énergie renouvelable sont particulièrement désavantagés. En fait, le financement de ces projets est étroitement lié au développement des institutions financières. En

conséquence, les gouvernements locaux devraient accroître leur capacité à financer ces projets. Une étape importante à cet égard consiste à améliorer la qualité des marchés financiers nationaux afin d'accroître la capacité de financement national.

D'un point de vue politique, il est question d'assurer un cadre politique pour stimuler l'utilisation et le développement des énergies renouvelables et créer un environnement favorable pour attirer davantage d'investissements dans ce secteur. En outre, il est important de stimuler les investisseurs privés et les inciter à s'engager plus activement dans le vaste domaine de l'activité des énergies renouvelables. Pour y parvenir il faut encourager davantage d'initiatives de partenariat public-privé et d'identifier les obstacles à l'augmentation des investissements dans les énergies renouvelables.

Finalement, on peut dire que la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) nécessite, entre autres, la poursuite des substitutions en faveur des énergies renouvelables, ce qui devrait se solder par une augmentation des investissements dans ce secteur d'activité.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (2018). Renewables 2018 –market analysis and forecast from 2018 to 2023. <https://www.iea.org/renewables2018>. Accessed 6 May 2019.
- Amoah, A., Kwablah, E., Korle, K. et coll (2020). Renewable energy consumption in Africa: the role of economic well-being and economic freedom. *Energy Sustain Soc* 10, 32 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00264-3>
- Amri, F., B'elaïd, F., Roubaud, D., (2018). Does technological innovation improve environmental sustainability in developing countries? Some evidence from Tunisia. *J. Energy Dev.* 44 (1/2), 41–60. <https://doi.org/10.2307/26863980>.
- Apergis, N., Payne, J.E., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y., (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecol. Econ., Special Section - Payments for Ecosystem Services: From Local to Global* 69, 2255–2260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.014>.
- Aslan, A., Apergis, N., Yildirim, S., (2014). Causality between energy consumption and GDP in the U.S.: evidence from wavelet analysis. *Front. Energy* 8, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11708-013-0290-6>.
- Banque mondiale, (2001). The World Bank Group's Energy Program: Poverty Alleviation, Sustainability, and Selectivity. Energy and Mining Sector Board. The World Bank, Washington, DC, USA.
- Bekhet Hussain Ali, Othman Nor Salwati (2018). The role of renewable energy to validate dynamic interaction between CO2 emissions and GDP toward sustainable development in Malaysia. Volume 72, May 2018, Pages 47-61.
- Belaïd, F., Abderrahmani, F., (2013). Electricity consumption and economic growth in Algeria: a multivariate causality analysis in the presence of structural change. *Energy Policy, Special section: Long Run Transitions to Sustainable Economic Structures in the European Union and Beyond* 55, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.004>.
- Belaïd, F., Youssef, M., (2017). Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: assessing the evidence from Algeria. *Energy Pol.* 102, 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.012>.

- Belaïd, F., Zrelli, M.H., (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption, environmental degradation and economic development: evidence from Mediterranean countries. *Energy Pol.* 133, 110929. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110929>.
- Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I., Bhattacharya, S., (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. *Appl. Energy* 162, 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.applenergy.2016.07.088>.
- Blazejczak, J., Braun, F.G., Edler, D., Schill, W.-P., (2014). Economic effects of renewable energy expansion: a model-based analysis for Germany. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 40, 1070–1080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.134>.
- Claval P., (2006). Le développement durable: stratégies descendantes et stratégies ascendantes , Géographie, économie, Société, Vol. 4, N°8, 180 p.
- Cleveland, J.C., (1991). Natural Resource Scarcity and Economic Growth Revisited: Economic and Biophysical Perspectives. Department of Geography and Center for Energy and Environmental Studies at Boston University, Boston, pp. 290–317.
- Cobast E., (2005). L'insoutenable responsabilité des hommes - *Le regard du philosophe*, Géopolitique du développement durable, Presses Universitaires de France, 365 p.
- Daka, K.R., Ballet, J., (2011). Children's education and home electrification: a case study in northwestern Madagascar. *Energy Pol.* 39, 2866–2874.
- Del Río, P., Burguillos, M., (2009). An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 103–111.
- Demirbas A (2009). Global renewable energy projections. *Energy Source Part B* 4(2):212–224
- Hanley N, Barbier EB, Barbier E (2009). Pricing nature: cost-benefit analysis and environmental policy. MPG Books group, UK.
- IRENA, (2015). Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2015. Ito, K., 2017. CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: evidence from panel data for developing countries. *Int. Econ. Rev.* 58, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>.
- Jonas H., (1990). Le principe responsabilité, une éthique pour la civilisation technologique, Édition le Cerf, Paris, 470 p.



- 
- Kahia, M., Aïssa, M.S.B., Lanouar, C., (2017). Renewable and non-renewable energy use - economic growth nexus: the case of MENA Net Oil Importing Countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 71, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.010>.
- Kao, C and M.H.Chiang (2000). On the Estimation and Inference of a Cointegrated Regression in Panel Data, *Advances in Econometrics*, 15, 179-222.
- King, C.W., (2019). An integrated biophysical and economic modeling framework for longterm sustainability analysis: the HARMONEY model. *Ecol. Econ.* 169, 106464.
- Machol, B., Rizk, S., (2013). Economic value of U.S. fossil fuel electricity health impacts. *Environ. Int.* 52, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.03.003>.
- Narayan, S., Doytch, N., (2017). An investigation of renewable and non-renewable energy consumption and economic growth nexus using industrial and residential energy consumption. *Energy Econ.* 68, 160–176. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.09.005>.
- Nations Unies, (2015). *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. UN Doc. A/70/L.
- Newell R.G., Jaffe A. B. et Stavins R. N., (1999). The induced innovation Hypothesis and energy-saving Technological change », *Journal of economics*, Vol. 114, N° 3, pp. 941-975.
- OCDE, (2007). *Human Development Report 2007/2008*. United Nations Development Programme (UNDP), New York, NY, USA, ISBN 978-0-230-54704-9. Union of Concerned Scientists, 1999. *Barriers to renewable energy technologies*.
- Olivia M-D., (2010). « développement durable ou économie verte? », *Cahiers français* N° 355, 96 p.
- Omri, A., (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: evidence from country-specific studies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38, 951–959. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.084>.
- Ouedraogo, N.S., (2013). Energy consumption and economic growth: evidence from the economic community of West African States (ECOWAS). *Energy Econ.* 36, 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.011>.
- Panwara, N.L., Kotharia, S., (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 1513–1524.
-

- 
- Patel, P., Patel, B., Vekaria, E., (2020). Biophysical economics and management of biodiesel, a harbinger of clean and sustainable energy. *Int J Energ Water Res.* <https://doi.org/10.1007/s42108-020-00087-0>.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653–669.
- Pedroni, P. (2000). Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels, *Advances in Econometrics*, 15, 93-132.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels, *Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis, *Econometric Theory*, 20(3), 597-625.
- Percebois J., (1999). L'apport de la théorie économique aux débats énergétiques, *Revue de l'Énergie*, N° spécial "50 ans", pp. 473-488.
- Pîrlogea, C., (2012). The Human Development Relies on Energy. Panel Data Evidence.
- Popp D., (2002). Induced innovation and energy prices”, *American economic review*, Vol. 92, N°1, pp. 160-180.
- Ray, S., Ghosh, B., Bardhan, S., Bhattacharyya, B., (2016). Studies on the impact of energy quality on human development index. *Renew. Energy* 92, 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.061>.
- Shafiei, S., Salim, R.A., (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: a comparative analysis. *Energy Pol.* 66, 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.064>.
- Solow, R.M., (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Q. J. Econ.* 70, 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>.
- Tiwari, A.K., (2011). A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: evidence from India. *Econ. Bull.* 31, 1793–1806.
- Torres-Duque, C., Maldonado, D., P´erez-Padilla, R., Ezzati, M., Viegi, G., (2008). Biomass fuels and respiratory diseases: a review of the evidence. *Proc. Am. Thorac. Soc.* 5, 577–590.

---

Tugcu, C.T., Ozturk, I., Aslan, A., (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: evidence from G7 countries. *Energy Econ.* 34, 1942–1950. <https://doi.org/10.1016/j>.

Turner, G.M., Elliston, B., Diesendorf, M., (2013). Impacts on the biophysical economy and environment of a transition to 100% renewable electricity in Australia. *Energy Pol.* 54, 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.038>.

Vera, I., Langlois, L., (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy, third dubrovnik conference on sustainable development of energy. Water and Environment Systems* 32, 875–882. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006>.

West, J., Smith, S., Silva, R. et coll. (2013). Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health. *Nature Clim Change* 3, 885–889. <https://doi.org/10.1038/nclimate2009>

Yildirim, S., Aslan, A., Apergis, N., (2014). Causality between energy consumption and GDP in the U.S.: evidence from wavelet analysis. *Front. Energy* 8, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11708-013-0290-6>.