Observatoire de la Francophonie économique
Université de Montréal

Actes de la conférence internationale

ENJEUX et PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES en AFRIQUE FRANCOPHONE

Dakar, 4-5-6 février 2019

Pollution, croissance économique et efficacité énergétique : cas du Maroc

Youssef BOUAZIZI

Doctorant – Université Hassan II Aïn Chock et LASAARE – Casablanca – Maroc

ybouazizi3@gmail.com

Fouzi MOURJI

Professeur – Université Hassan II Aïn Chock et LASAARE – Casablanca – Maroc

fmourji@gmail.com

RÉSUMÉ *L'objet de ce papier est de proposer une analyse empirique de la nature du lien qui existe entre la pollution, la croissance économique et l'efficacité énergétique dans le cas du Maroc, un pays qui a connu des mutations structurelles au niveau de son tissu productif (le passage d'une économie primaire à une économie tertiaire). Nous nous s'appuyons sur les données de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) et celles de la Banque Mondiale (BM) sur la période 1971-2014. Sur le plan méthodologique, nous utilisons des outils économétriques récents comme ceux développés par Pesaran et al. (2001) appliquées au modèle Autorégressif à retards distribués. Nos résultats montrent que la croissance économique a un effet positif sur l'amélioration de la qualité de l'air après un certain seuil dans le court et le long terme, en outre, l'efficacité énergétique reste et demeurera le moyen le plus efficace pour réduire le niveau de la pollution..*

MOTS CLÉS *Croissance économique ; Efficacité énergétique ; Courbe de Kuznets environnementale ; ARDL*

Les idées et opinions exprimées dans les textes sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'OFE ou celles de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité des auteurs.

Pour citer ce document :

Bouazizi, Y. ; Mourji, F. 2019. « Pollution, croissance économique et efficacité énergétique : cas du Maroc », dans *Enjeux et perspectives économiques en Afrique francophone* (Dakar, 4 – 6 février 2019). Montréal : Observatoire de la Francophonie économique de l'Université de Montréal, 577-597 pages.

Introduction :

Le continent africain, le Maroc en particulier, dispose d'un stock important de ressources naturelles et énergétiques qui est demeuré inexploité jusqu'aux années coloniales où cette exploitation a débuté. Elle a progressé sous l'impulsion de la modernisation des équipements et matériels d'extraction. Ces ressources ont fortement contribué à la croissance économique d'une part, et d'autre part ont eu des impacts négatifs de plus en plus intenses sur l'environnement. Les réflexions actuelles, notamment avec les objectifs du développement durable, relèvent que la recherche du bien-être de la population exige de lier « accroissement du revenu » et « meilleure qualité de l'environnement ». Cette exigence fait de l'analyse du lien entre la croissance économique et la pollution une étape nécessaire et cruciale.

Dans la littérature, plusieurs études ont porté sur ce type d'analyse. La référence est la Courbe de Kuznets Environnementale (CKE). Elle décrit une relation en forme de U inversé entre la croissance économique et la pollution mesurée généralement par les émissions de polluants. En indiquant qu'il **peut** exister un point de retournement de la relation positive entre la dégradation de la qualité de l'environnement et le revenu par tête, à partir de laquelle la relation devient négative.

L'objectif de ce papier consiste à vérifier empiriquement cette relation dans le cas du Maroc. Les enseignements de cette recherche peuvent conduire à la formulation de recommandations en vue d'éclairer les décideurs publics lors de la conception des politiques économiques, énergétiques et environnementales.

2-Faits stylisés et analyses :

2.1 Pollution :

L'analyse historique des émissions de dioxyde de carbone (Co_2) au Maroc, à partir les données de la Banque mondiale, permet de dégager l'observation suivante : les émissions de Co_2 ont suivi une tendance croissante durant la période 1971-2014. Elles ont totalisé 8,2 millions de tonnes de Co_2 ($MtCo_2$) en 1971 et ont progressé pour atteindre 59,9 $MtCo_2$ en 2014.

Cependant, une analyse des causes de cette augmentation repose souvent sur une décomposition par période des effets de différents facteurs. Elle s'appuie sur l'équation de (Kaya, 1990) présentée dans les travaux du (GIEC, 2007). Cette égalité purement comptable exprime les rejets de Co_2 d'un

espace géographique en fonction de critères physique, technologique, économique et démographique. Les émissions résultent ainsi de produit de quatre variables :

$$Co_2 = \frac{Co_2}{E} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{PIB}{Pop} \times Pop$$

Le contenu en Co_2 de l'énergie primaire (intensité carbonique) : $\frac{Co_2}{E}$ la quantité d'énergie primaire, consommée par une unité de PIB (intensité énergétique) : $\frac{E}{PIB}$ le PIB par tête et la population : Pop.

La méthode permet d'affecter à chaque facteur la variation des émissions qui lui revient pour chacune des périodes afin de prendre des décisions.

$$\Delta\ln(Co_2) = \Delta\ln\left(\frac{Co_2}{E}\right) + \Delta\ln\left(\frac{E}{PIB}\right) + \Delta\ln\left(\frac{PIB}{Pop}\right) + \Delta\ln(Pop) \quad (1)$$

Toutefois, nos données permettent de déterminer les rejets en Co_2 des différents secteurs. La décomposition temporelle porte sur les périodes 1989-2001 et 2002-2014. Et les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Résultats de l'équation de Kaya

Périodes	$\Delta\ln\left(\frac{Co_2}{E}\right)$	$\Delta\ln\left(\frac{E}{PIB}\right)$	$\Delta\ln\left(\frac{PIB}{Pop}\right)$	$\Delta\ln(Pop)$
1989-2001	4,85%	5,88%	21,27%	17,81%
2002-2014	-2,14%	-6,37%	38,20%	15,09%

Source : Réalisé par les auteurs à partir des données de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) et de la Banque Mondiale (BM)

Nous constatons que, malgré l'effort du gouvernement et des sociétés marocaines en matière de réduction en intensité énergétique et d'utilisation des produits moins polluants, les émissions s'accroissent de plus en plus à cause de l'effet démographique flagrant**. L'effet de la richesse par tête à le même profil.**

Avant de passer au deuxième paragraphe relatif à l'analyse descriptive du système énergétique, il s'avère nécessaire de préciser que les émissions de Co_2 restent le gaz à effet de serre le plus émis dans l'environnement, ce qui soutient l'idée de son choix dans notre étude.

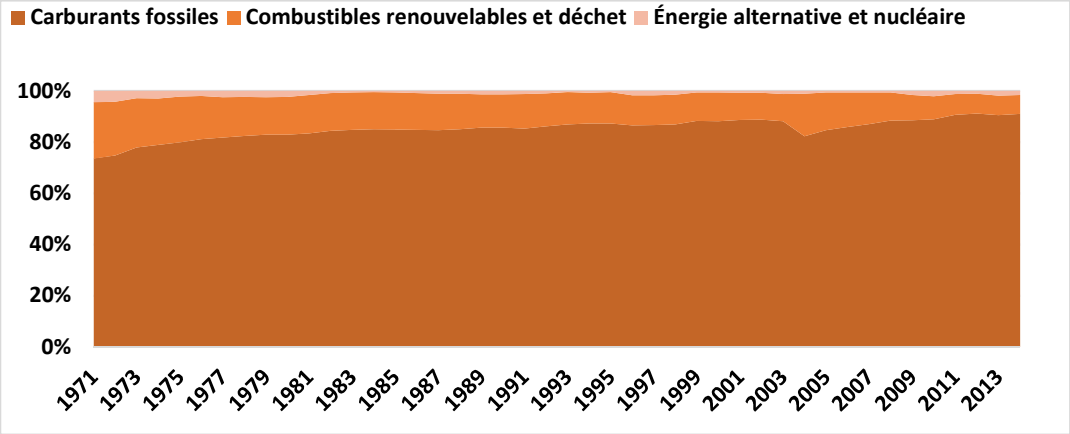
2.2 Énergie

Le Maroc a connu une croissance importante en matière d'approvisionnement total en énergie. En effet, il commence par une valeur de 2955 Ktep (Kilotonne équivalent pétrole) en 1971 pour en arriver à 18981 Ktep en 2014. Soit un taux de croissance annuel moyen de 4,32%.

Cette augmentation s'explique par deux raisons principales : 1 - La croissance urbaine des grandes villes comme Casablanca, Rabat, Tanger et Marrakech, l'existence des pôles industriels au long de la côte atlantique et les zones touristiques des deux coins du pays qui ont impliqué des besoins en énergie intéressants. 2 - L'amélioration rapide de l'accès à l'électricité tout au long des années 1990 et 2000, lorsque le gouvernement a systématiquement élargi l'accès à l'électricité dans les zones rurales. Au cours de cette période, le Maroc a investi plus de 24 milliards de dirhams (2,9 milliards de dollars) dans l'électrification rurale, pour amener l'électricité moderne à un nombre estimé de 12 millions d'habitants dans plus de 39 000 villages (El-Katiri, 2014). La réussite du programme d'électrification rurale globale (PERG) se traduit par le fait que l'accès à l'électricité a considérablement augmenté, passant d'environ 10% en 1990 à environ 83% de la population rurale vers la fin de 2014.

Historiquement, le mix énergétique demeure fortement tributaire des combustibles de carburants fossiles, plus particulièrement le pétrole. En effet, ces derniers couvrent plus de deux tiers des besoins du Maroc, suivis par les combustibles renouvelables et déchets et par l'énergie alternative et nucléaire.

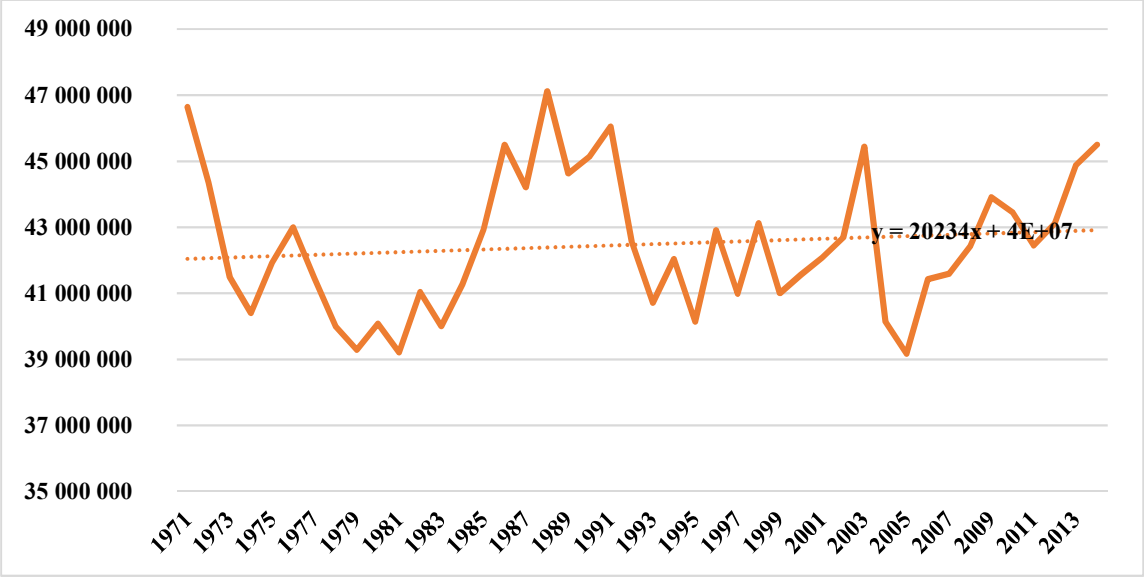
Figure 1 : Structure de la consommation d'énergie primaire au Maroc



Source : Réalisé par les auteurs à partir des données de l'AIE, 2019.

Cependant, sur un plan purement statistique, l'efficacité énergétique se vérifie, une régression simple du rapport entre le PIB nominal et la consommation d'énergie primaire sur un trend dans la période 1971-2014 conclut qu'il y'a une légère amélioration au niveau de l'utilisation de l'énergie.

Graphique 1 : Évolution historique de l'efficacité énergétique au Maroc



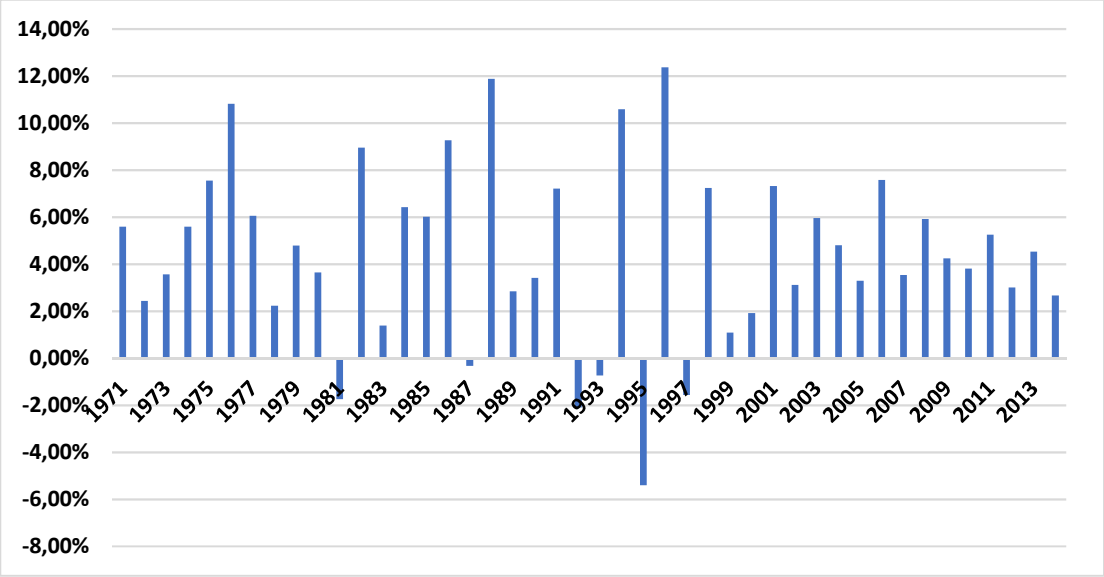
Source : Réalisé par les auteurs à partir des données de l'AIE et de la BM, 2019

2.3 Croissance économique :

Au cours des deux dernières décennies, l'économie marocaine a été marquée par plusieurs mutations structurelles qui ont influencé les changements du rythme de la croissance économique.

Entre 1998 et 2014, le taux de croissance a évolué d'une manière continue malgré la crise financière de 2008 et les contraintes inhérentes aux années de sécheresse (2005 et 2007), contrairement à la décennie de 1990 où le taux de croissance a marqué quelques valeurs négatives.

Figure 2 : Évolution historique du taux de croissance économique au Maroc



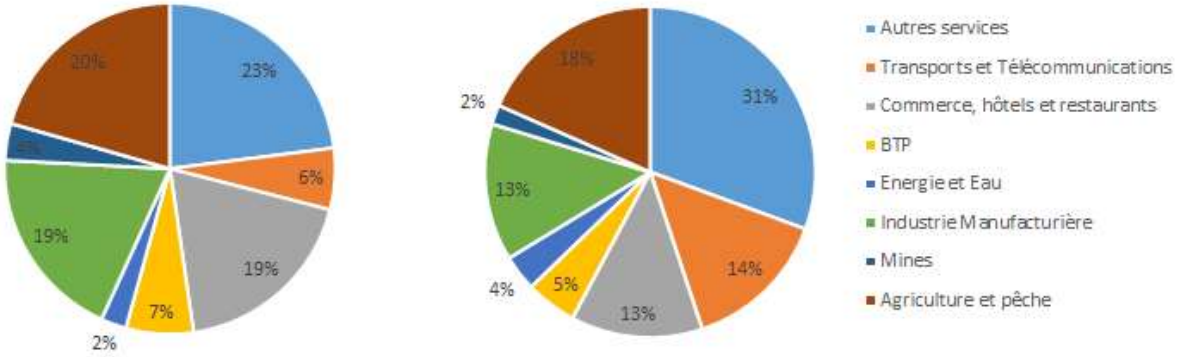
Source : Réalisé par les auteurs à partir des données la BM, 2019

Cela peut être expliqué, en partie, par plusieurs facteurs à savoir : i) le dynamisme de la consommation des ménages grâce à la retombée des bonnes compagnes agricoles, la hausse du Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti (SMIG), la progression des transferts des marocains résidents à l'étranger et la maîtrise de l'inflation. ii) le dynamisme aussi de l'investissement public et privé qui est lié à la politique budgétaire expansionniste qu'a connu le Maroc ainsi qu'au développement financier.

Le rythme relativement plus soutenu de la croissance économique s'est accompagné par une diversification accrue de ses sources, avec notamment une tertiarisation progressive du tissu productif. En effet, les activités des services se sont renforcées ces dernières années, leur part dans la valeur ajoutée réelle totale a passé de 52% à la fin de la décennie 1990 à près de 57% en 2013.

La part de la valeur ajoutée des secteurs primaires (agriculture et pêche) et secondaire dans la production totale a reculé respectivement de 20% et 28% en 1998 à près de 19% et 24% en 2013.

Figure 3 : Ventilation sectorielle du PIB entre 1980 et 2013 en %



Source : (Mourji ,2014)

Par rapport à notre contexte d'étude, cette assez profonde mutation s'est accompagnée par une amélioration de la qualité de l'air. En effet, la baisse de la part de l'industrie manufacturière dans la valeur ajoutée a réduit les émissions de Co_2 inhérentes à ce secteur de 36% à 14% (Banque Mondiale). Nous pouvons approfondir notre analyse en comparant l'indice de découplage entre deux périodes différentes. Cet Indice, inventé par le Programme des Nations Unis pour l'Environnement, est une sorte d'élasticité qui quantifie la sensibilité d'un indicateur de pollution à la variation d'un indicateur de croissance.

Dans la première période (1980-1996), l'indice donne une valeur de 1,03 indiquant ainsi qu'il y a une absence de découplage entre le PIB et les émissions de dioxyde de carbone. En effet, dans cet intervalle de temps, le secteur industriel a occupé une part importante. Par contre dans la deuxième période (1997-2014), l'indice présente une valeur inférieure à l'unité, ce qui confirme que la transition d'une économie plus ou moins industrielle vers une économie tirée par les services a influencé positivement l'amélioration écologique du pays.

3. Fondements théoriques de la Courbe de Kuznets Environnementale

3.1 1er facteur : Impact des conditions de production :

Dans le début du processus de développement, la composition de la production évolue dans un pays en fonction de l'industrialisation de l'économie et l'urbanisation des villes. En conséquence, le niveau de la pollution s'accroît jusqu'à atteindre le pic. En effet, cette situation se caractérise par la consommation intensive des ressources naturelles, celles énergétiques surtout, qui émettent des déchets toxiques et causent la déforestation. Mais, au-delà d'un certain niveau de développement, on peut constater un changement de la structure de production dans l'économie. Cette restructuration se traduit par une diminution de la part des industries intensives en pollution au profit des secteurs de plus en plus immatériels et considérés moins intensifs comme le secteur des services par exemple.

Dans certains cas, particulièrement pour les pays développés, cette évolution de la structure de l'économie peut s'expliquer par une délocalisation de certaines industries lourdes dans les pays en développement, où les réglementations environnementales sont estimées beaucoup moins strictes (Van Alstine, 2010). Ce phénomène est généralement connu sous le nom du « havre de la pollution».

L'amélioration de la qualité de l'environnement est due aussi aux innovations technologiques. En effet, à partir d'un certain niveau de revenu, un pays alloue une part importante de son budget à la recherche et développement des techniques de production économes en énergie. Cette amélioration de l'efficacité énergétique se réalise avec la substitution des anciennes technologies par les nouvelles qui sont considérées comme beaucoup moins polluantes.

Cependant, il convient de préciser que ces différentes baisses ne sont possibles que si ces gains d'efficacité énergétique se traduisent par une diminution de l'énergie (effet rebond). En outre, ces innovations technologiques peuvent permettre aussi à la fabrication des biens consommant peu d'énergie et moins polluants comme par exemple la fabrication des véhicules électriques, des bâtiments écologiques, etc., ce qui diminue davantage, les pressions sur l'environnement.

3. 2 2ème facteur : évolution de la demande

Aux premiers stades du développement économique, le principal souci des ménages pauvres est d'assurer l'accès aux biens de première nécessité, en ne prêtant que peu d'attention aux conséquences environnementales de leurs décisions. Avec l'amélioration progressive des conditions de vie, les ménages commencent à espérer d'un environnement propice. En effet, ils vont accroître leur demande en biens propres et faire pression sur les gouvernements pour bien protéger les ressources naturelles et environnementales. Dans ce contexte, la qualité environnementale peut être analysée comme un bien de luxe (la loi d'Engel) (Beckerman, 1992).

Cette hypothèse sur le comportement du consommateur permet d'expliquer en partie la réduction de la dégradation environnementale.

3.3 3ème facteur : Influence des revendications politiques

D'après Noury (2007), l'existence d'institutions de réglementation environnementale, pouvant mettre des politiques en faveur de l'environnement, joue un rôle déterminant dans la baisse de la pollution dans les pays à revenus élevés. Contrairement dans les pays pauvres où, ces institutions sont peu développées, voire inexistantes. Dans ce contexte, les droits de propriété sur les ressources naturelles sont mal définis, ce qui facilite leur surexploitation. Ainsi, les agents économiques ne sont pas incités à prendre en compte les effets environnementaux négatifs dans leurs décisions, car ils ne seront pas pénalisés.

4-Revue de littérature empirique :

Le débat autour de la CKE a été animé dans les débuts des années 90. C'est Grossman et Krueger (1991), qui sont les premiers à avoir testé cette hypothèse dans le cadre d'un panel de pays. Ils ont pris comme indicateurs de pollution les particules en suspension dans l'air et le dioxyde de souffre (SO_2). La CKE a été vérifiée pour les deux émissions sachant que le point de retournement de la 1ère est plus faible.

Les travaux effectués sur des séries temporelles ont fourni aussi des conclusions intéressantes. Mais vu leur abondance, nous allons se contenter de quelques travaux que nous jugeons pertinents.

Pao et Tsai (2011), ont utilisé des données annuelles du PIB et des émissions de Co_2 pour tester la CKE dans le cas du Brésil. En adoptant l'approche ARDL, ils ont abouti à une vérification de

l'hypothèse. Saboori et Sulaiman (2013) ont mené la même réflexion dans le cas de la Malaisie en introduisant dans leur équation la consommation d'énergie, mais ils ne sont pas parvenus à valider l'hypothèse. Cependant en désagrégeant l'énergie, ils ont rejeté l'hypothèse de CKE dans le court terme en indiquant qu'elle relève à un phénomène de long terme. Ils ont également constaté une causalité bidirectionnelle entre les émissions de Co_2 et le PIB.

Pour la Russie, Pao et al. (2011) ont également évalué l'impact de la croissance économique et la consommation d'énergie sur les émissions de Co_2, entre 1990 et 2007. Ils ont trouvé une forme linéaire positive. En conséquence, ils ont suggéré une utilisation économe de l'énergie pour lutter contre la pollution. Par contre, Nasir et Rehman (2011), pour le cas de la Malaisie, acceptent l'hypothèse de la CKE dans le long terme à l'aide du test de cointégration de Johansen.

Par ailleurs, Ozturk et Acaravci (2010) utilisent l'approche ARDL pour tester la relation en intégrant l'emploi comme une variable additionnelle (à côté du PIB et l'énergie). Ils n'ont pas obtenu une forme en U inversé. En outre, les résultats ont montré une absence de causalité. Par conséquent, les auteurs ont conclu qu'une politique de conservation de l'énergie et de réduction de Co_2 n'aura pas un effet négatif sur la croissance économique.

Deux autres études ont été menées dans le cas de la Turquie avec des résultats contradictoires. En effet, Yavuz (2014), a réussi à approuver l'hypothèse de la CKE, entre 1960 et 2007. Tandis que, Akbostanci et al. (2009) ont trouvé une relation linéaire positive et ont constaté que la croissance économique n'était pas suffisante pour contrôler le niveau de la pollution.

Le cas de la Chine a été analysé par Tiwari et al. (2013) en incorporant l'ouverture commerciale. Leurs résultats, en adaptant l'approche ARDL, démontrent la validité de l'hypothèse de CKE dans le court et le long terme.

En définitive, le manque de consensus dans les résultats des études portant sur un même pays ou une même zone géographique se trouve donc lié aux différences méthodologiques et / ou aux différences des intervalles annuelles.

5. Méthodologie :

La procédure usuelle permettant de tester l'hypothèse de l'existence d'une CKE repose sur l'équation suivante :

$$p_t = a_1 y_t + a_2 y_t^2 + a_0 + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

Où p est un indicateur de pollution (dans notre cas, les émissions de Co_2 en tonnes métriques par habitant), y_t est le revenu moyen (mesuré par le produit intérieur brut en dirhams constants par tête), ε_{1t} et a_0 représentent respectivement le bruit et la constante.

Comme la recommande la revue des écrits, nous voulons ajouter la consommation d'énergie primaire (en kilo tonne équivalent pétrole) dans l'équation, mais vu sa colinéarité quasi-parfaite avec le PIB par tête, nous préférons d'utiliser l'efficacité énergétique (eff). Nous introduisons aussi le taux de croissance de la valeur ajoutée du secteur des services (gs), en effet, la tertiarisation du tissu productif pourrait avoir un impact positif sur l'amélioration de la qualité de l'air.

Nous tenons à préciser que l'ampleur de notre sélection est contrainte, par la disponibilité des données sur certaines variables jugées soutenues par les bases théoriques et le bon sens, ainsi que leurs répercussions sur la qualité de nos estimations.

En ajoutant le logarithme népérien (ln) aux deux termes de l'égalité, on obtient :

$$\mathrm{Ln}(co2)_t = \alpha_1 \ln(y)_t + \alpha_2 \ln(y)_t^2 + \alpha_3 \ln(eff)_t + \alpha_4 gs_t + \alpha_0 + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

Les données utilisées pour cette étude sont annuelles et s'étendent de 1971 à 2014. Elles sont obtenues à partir de la base de données de l'AIE pour la consommation d'énergie et les émissions de Co_2. La population, le PIB et le taux de croissance économique sont obtenus à partir de la base de données de la BM.

Pour vérifier empiriquement l'hypothèse de la CKE, nous utilisons « l'approche ARDL Bounds Testing » qui a été introduite et développée par Pesaran et al. (2001). Le choix de cette approche est basé sur la flexibilité de son application dans la mesure où les variables introduites dans le modèle peuvent avoir un ordre d'intégration différent. En outre, ses propriétés statistiques admettent sans problème un échantillon de taille réduite.

La représentation ARDL de l'équation (3) est formulée et spécifiée comme suit :

$$\Delta \ln(Co_2)_t = \gamma_1 \ln(Co_2)_{t-1} + \gamma_2 \ln(y)_{t-1} + \gamma_3 \ln(y)^2_{t-1} + \gamma_4 \ln(eff)_{t-1} + \gamma_5 gs_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \delta_{1i} \Delta \ln(Co_2)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \delta_{2i} \Delta \ln(y)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \delta_{3i} \Delta \ln(y)^2_{t-1} + \sum_{i=0}^{n} \delta_{4i} \Delta \ln(eff)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \delta_{5i} \Delta gs_{t-i} + \delta_0 + \varepsilon_{4t} \quad (5)$$

Nous désignons par Δ la différence première des variables considérées.

Elle est dérivée de l'équation suivante :

$$\ln(Co_2)_t = \sum_{i=1}^{n} \beta_{1i} \ln(Co_2)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \beta_{2i} \ln(y)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \beta_{3i} \ln(y)^2_{t-1} + \sum_{i=0}^{n} \beta_{4i} \ln(eff)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \beta_{5i} gs_{t-i} + \beta_0 + \varepsilon_{3t} \quad (4)$$

6. Traitements préalables et estimation des résultats :

6.1 Traitements préalables[1] :

6.1.1 Test de causalité :

Avant de commencer l'étape d'estimation, il convient de déterminer le sens de causalité entre le revenu moyen et les émissions de Co_2 par habitant. D'une manière plus précise, il s'agit de savoir si un environnement de mauvaise qualité ne constitue pas un frein à l'activité économique. En effet, Lieb (2003) a soutenu la question de l'endogénéité dans la mesure où, la productivité de travail peut baisser à cause de certains polluants qui engendrent des problèmes de santé et une diminution de la capacité de concentration et d'apprentissage. De plus, la pollution réduit les rendements agricoles et ceux du secteur de la pêche, ce qui impacterait négativement la croissance économique.

Pour tester la causalité, nous utilisons le test de Granger sur un retard de 2 ans.

Les résultats montrent qu'il existe une relation de causalité unidirectionnelle, au seuil de 5%, allant de la variable « revenu moyen » à la variable « émissions de dioxyde de carbone par tête ». Ce qui implique qu'une politique en faveur de l'environnement peut être mise en œuvre sans risquer d'avoir des répercussions négatives sur la croissance économique.

[1] Les résultats des traitements préalables et des tests de validation sont présentés dans l'annexe.

6.1.2 Tests de stationnarité :

Il est nécessaire de déterminer l'ordre d'intégration de chacune des variables utilisées afin d'éviter des estimations fallacieuses. Pour ce faire, nous appliquons les tests de racine unitaire[2].

Les résultats indiquent que toutes les séries sont stationnaires en niveau, à l'exception du ln de PIB par tête et de PIB par tête au carré. En somme, l'ensemble des variables de l'étude sont intégrées d'un ordre inférieur à deux, ce qui nous permettra par la suite d'appliquer la méthodologie adoptée.

6.1.3 Détermination du nombre de retards et Test de cointégration :

Pour déterminer le nombre de retards, nous utilisons le SBIC (Shwarz Bayesian Information Criterion). La figure (4) présente les 20 meilleurs modèles choisis. En effet, la spécification optimale correspond à la valeur la plus faible du critère en question. Dans ce sens, nous retenons l'ARDL (1,0,0,0,2)

Une fois le nombre de retards est retenu, nous vérifions l'existence d'une relation de long terme en appliquant le Bounds Test. Ce dernier est un test de Fisher de significativité jointe des coefficients de l'équation de long terme. Selon le résultat, nous remarquons que la statistique est significative au seuil de 1%. En conséquence, nous concluons à l'existence d'une relation de long terme entre les variables prises.

6.2 Estimation des résultats :

Les résultats de l'estimation de l'équation (4) sont :

$$\ln(\mathrm{Co}_2)_t = 0{,}18\ln(\mathrm{Co}_2)_{t-1} + 2{,}88\ln(y)_t - 0{,}10\ln(y)_t^2 - 0{,}86\ln(\mathrm{eff})_t + 0{,}06\mathrm{gs}_t - 0{,}46\mathrm{gs}_{t-1} - 0{,}37\mathrm{gs}_{t-2} - 3{,}04$$

R^2 ajusté = 99,32%

F Statistique = 913,18 avec une Probabilité = 0,00

Avec les t de Student respectifs ; 1,93 ; 2,81 ; -1,97 ; -7,41 ; 0,31 ; -2,57 ; -2,01 et -0,63.

À travers la spécification ci-dessus, nous allons dériver les multiplicateurs de long terme. En effet nous savons qu'à long terme $\ln(\mathrm{Co2})_t = \ln(\mathrm{Co2})_{t-1}$ et $\mathrm{gs}_t = \mathrm{gs}_{t-1} = \mathrm{gs}_{t-2}$

[2] Les tests utilisés dans cette étude sont ceux d'ADF (Augmented Dickey Fuller) et de PP (Phillips et Perron).

Ce qui nous permet d'écrire :

$$\ln(Co_2)_t = 0{,}18\ln(Co_2)_t + 2{,}88\ln(y)_t - 0{,}10\ln(y)_t^2 - 0{,}86\ln(eff)_t + 0{,}06gs_t - 0{,}46gs_t - 0{,}37gs_t - 3{,}04$$

$$\ln(Co_2)_t = \frac{2{,}88}{1-0{,}18}\ln(y)_t - \frac{0{,}10}{1-0{,}18}\ln(y)_t^2 - \frac{0{,}86}{1-0{,}18}\ln(eff)_t + \frac{0{,}06-0{,}46-037}{1-0{,}18}gs_t - 3{,}71$$

$$\ln(Co_2)_t = 3{,}50\ln(y)_t - 0{,}12\ln(y)_t^2 - 1{,}05\ln(eff)_t - 0{,}94gs_t - 3,\ 71$$

Avec les t de Student respectifs :

3,02 ; -2,04 ; -8,44 ; -2,95 et -0,64

Après avoir estimé le modèle, nous estimons la dynamique de court terme en utilisant le modèle de correction d'erreur :

$$\widehat{U_t} = \ln(Co_2)_t - 3{,}50\ln(y)_t - 0{,}12\ln(y)_t^2 - 1{,}05\ln(eff)_t - 0{,}94gs_t - 3,\ 71 = CointegEq_t$$

Après, il convient de le retarder et de l'insérer dans l'équation suivante :

$$\Delta\ln(Co_2)_t = \sum_{i=1}^{n}\beta_{1i}\Delta\ln(Co_2)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n}\beta_{2i}\Delta\ln(y)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n}\beta_{1i}\Delta\ln(y)_{t-i}^2 + \sum_{i=0}^{n}\beta_{1i}\Delta\ln(eff)_{t-i} + \sum_{i=0}^{n}\beta_{1i}\Delta gs_{t-i} + \gamma CointegEq_{t-1}$$

γ: force de rappel vers l'équilibre

Les paramètres de court terme estimés sont :

$$\Delta\ln(Co_2)_t = 2{,}88\Delta\ln(y)_t - 0{,}10\Delta\ln(y)_t^2 - 0{,}86\Delta\ln(eff)_t + 0{,}06\Delta gs_t + 0{,}37\Delta gs_t - 0,\ 82CointegEq_{t-1}$$

Avec les t de Student respectifs :

2,81 ; -1,97 ; -7,41 ; 0,31 ; 2,02 et -8,90

Pour valider le modèle, il faut mener des tests de diagnostic. Nous précisons que tous les tests relatifs aux résidus (normalité, ARCH et test de Breusch-Godfrey Serial Correlation LM « Lagrange Multiplier) ont été vérifiés. En effet, le test de Jarque-Berra accepte l'hypothèse nulle de la normalité au seuil de 5% indiquant ainsi que les résidus sont distribués selon la loi de Gauss.

Le test d'hétéroscédasticité d'ARCH montre que les erreurs du modèle sont stables. Et, le test de Ramsey quant à lui, accepte l'hypothèse de la bonne spécification du modèle.

Il est à noter que, même s'il existe une relation de cointégration entre les variables, le résultat sera sans importance si les paramètres ne sont pas stables tout au long de la période étudiée. Il est donc important de vérifier si les paramètres sont stables pour rendre l'inférence totalement fiable. Pour ce faire, Pesaran a préconisé d'appliquer le test de « Cumulative sum of recursive residuals » (CUSUM), nous ajoutons aussi le test de CUSUM of Squares (CUSUMQ) pour avoir une idée plus claire sur la stabilité des estimateurs (voir l'annexe, graphiques 2 et 3).

Le modèle est structurellement et ponctuellement stable, car les courbes ne coupent pas le corridor qui est en pointillé.

Finalement, le graphique (4), montre que le modèle fonctionne bien, en effet, les valeurs historiques (en rouge) et les valeurs estimées (en vert) de l'évolution des émissions suivent une tendance similaire.

7. Commentaires

Dans le long terme, les coefficients associés aux logarithmes népériens du PIB et PIB par tête au carré sont statistiquement significatifs avec les signes attendus confirmant ainsi la vérification de la CKE dans le cas du Maroc. Sachant que l'ampleur de ces effets est moins importante dans le court terme, en précisant, lorsque le revenu moyen augmente de 1%, les émissions de Co_2 progressent de 2,88% jusqu'à atteindre un certain seuil où elles diminuent de 0,10% (au lieu de 3,50% et -0,12% dans le long terme). En effet, la volonté des marocains à payer pour se procurer d'un environnement de qualité s'accroît d'une proportion plus grande que celle du revenu. Le coefficient associé au taux de croissance de la valeur ajoutée du secteur des services dans le long terme est négatif (-0,94). Comme mentionné à maintes reprises, ce secteur contribue à l'amélioration de l'environnement vu qu'il est moins intensif en pollution et consomme moins de produits énergétiques contrairement aux secteurs d'agriculture et d'industrie. Et finalement, l'efficacité énergétique a un impact négatif sur la pollution dans la mesure où elle reste le principal facteur maîtrisable dont les décideurs publics et les sociétés s'appuient pour améliorer l'environnement.

Conclusion

En guise de conclusion, il est opportun pour les décideurs publics de comprendre la théorie de l'évolution de la qualité environnementale. Ce qui donne une importance particulière à la recherche de la forme entre le produit et la dégradation de l'environnement en se basant sur l'hypothèse de la CKE. Selon cette dernière, la dégradation s'accélère jusqu'à un certain niveau de revenu puis elle baisse. La littérature s'est par la suite enrichie dans ce domaine. Toutefois, certaines études ont remis en cause la CKE sur le plan théorique, empirique que méthodologique. En effet, la relation environnement-revenu peut prendre plusieurs autres formes et peut avoir diverses explications.

Avec les données annuelles sur les émissions de Co_2 par tête et le PIB par tête, nous avons estimé la CKE dans le cas du Maroc, l'efficacité énergétique et le taux de croissance de la valeur ajoutée du secteur des services ont été utilisés comme variables supplémentaires. Ces variables sont toutes significatives avec les signes attendus. L'estimation accepte l'hypothèse de la CKE et rejette la forme linéaire positive.

De plus, nos résultats vont dans le sens des critiques formulées dans la littérature de la CKE et qui stipulent que cette dernière n'est vérifiée que dans les pays développés. En effet, Dasgupta et al. (2002) ont prouvé que dans les pays en développement, la CKE peut exister en prenant une forme en cloche plus aplatie.

Vu la situation environnementale de la planète, la question de la soutenabilité du développement commence à être une préoccupation majeure pour les décideurs publics des pays en développement en parallèle avec les autres priorités tels que le chômage et la pauvreté.

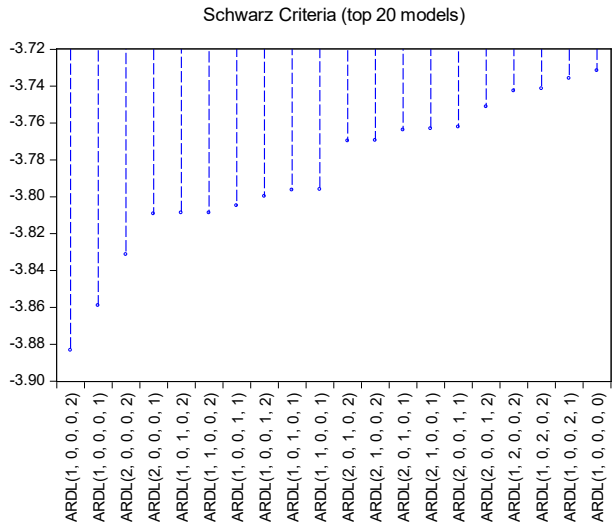
ANNEXES

Tableau 2 : Résultats du test de causalité de Granger

Hypothèses	**Fisher**	**Prob.**
$\ln(y)$ ne cause pas $\ln(Co_2)$ par tête au sens de Granger	7,28	0,0022
$\ln(Co_2)$ ne cause pas $\ln(y)$au sens de Granger	0,1	0,9062
$\ln(y)^2$ne cause pas $\ln(Co_2)$ au sens de Granger	6,83	0,003
$\ln(Co_2)$ ne cause pas $\ln(y)^2$ au sens de Granger	0,06	0,9429

Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Figure 4 : Résultats de la sélection du retard optimal



Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Tableau 5: Résultat du Bounds Test

Test	**Valeur**	**Nombre de variables explicatives**
Fisher	10,63736	4

Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Tableau 6: Seuils critiques du Test

Significativité	**I(0) Bound**	**I(1) Bound**
10%	2,45	3,52
5%	2,86	4,01
2,5%	3,25	4,49
1%	3,74	5,06

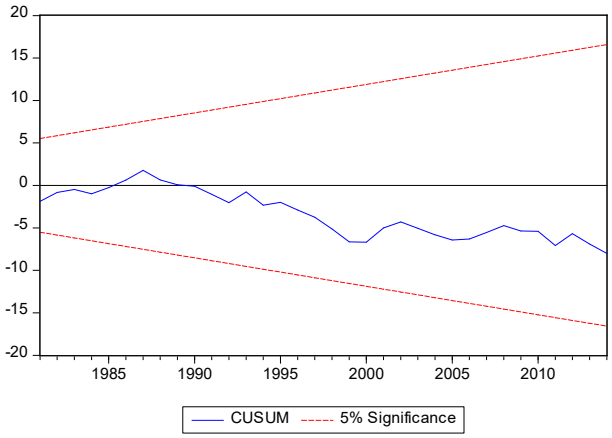
Source: Extrait de la table de Pesaran

Tableau 7 : Résultats des tests de diagnostic

Tests	**Fisher**	**Prob.**
Breusch-Godfrey Langrange Multiplier (LM) « 1Lag »	0,13	0,88
Breusch-Pagan-Godfrey	0,53	0,47
Ramsey	0,93	0,34
Jarque-Bera	1,83	0,40

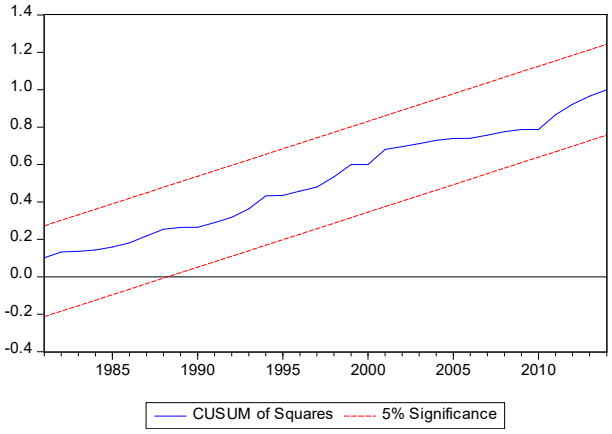
Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Graphique 2 : Test de CUSUM



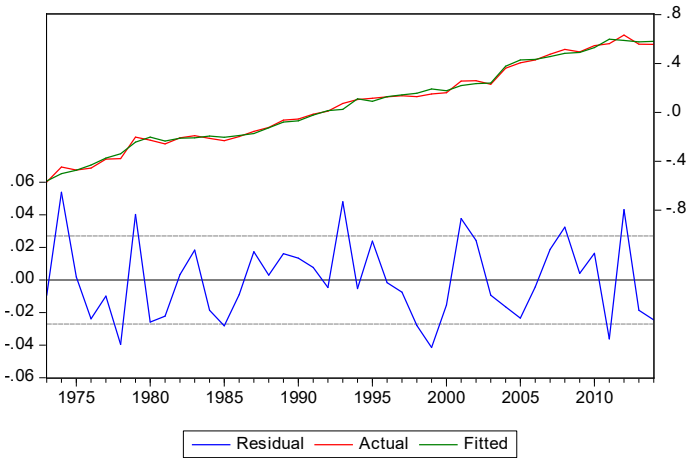
Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Graphique 3 : Test de CUSUM au carré



Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

Graphique 4 : Résultat de la simulation



Source: Nos estimations sous Eviews 9.0

BIBLIOGRAPHIE :

Akbostanci et al. 2009 “The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets Curve?”, Energy Policy 2009, 37(2):861e7.

Beckerman. 1992 “Economic growth and the environment: Whose growth? Whose - environment?”, World Development, vol. 20, pp 481-496.

Dasgupta et al. 2002 “Environmental Regulation and Development: a Cross-country Empirical Analysis”, Oxford Develoment Studies, vol. 29, n° 2, pp. 173-187.

Données de l’Agence Internationale de l’Energie (https://www.iea.org/statistics/).

Données de la Banque Mondiale (https://donnees.banquemondiale.org/pays/maroc).

El-Katiri. 2014 “Energy Poverty in the Middle East and North Africa”, in: A. Halff, B.K. Sovacool, et J. Rozhon (2014) Energy Poverty, Global Challenges and Local Solutions, Oxford University Press, pp. 273-297.

GIEC. 2007 Changements climatiques, Rapport de synthèse, OMM-PNUE.

Grossman et Krueger. 1991 “Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement”, NBER working paper 3914.

Kaya. 1990 “Impact of Carbon Deoxide Emissions Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios”, Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategy Working Group, Paris.

Lieb. 2003 “The environmental Kuznets curve ...: A simple static model”, Environment and Development Economics Vol. 7, pp 429-448.

Mourji. 2014 “L'état de l'économie marocaine, un potentiel de développement réel mais contraint”, p 907-944.

Nasir et Rehman. 2011 “Environmental Kuznets Curve for carbon emissions in Pakistan: an empirical investigation”, Energy Policy 2011;39:1857e64.

Noury. 2007 “La croissance économique est-elle un moyen de lutte contre la pollution? ”, Revue française d'économie, volume 21, n°3, 2007. pp. 137-176.

Ozturk et al. 2010 “The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey”, Energy Econ 2013;36:262e7.

Pao et al. 2011 “Modeling the CO2 emissions, energy use, and economic growth in Russia”, Energy 2011;36(8):5094e100.

Pao et Tsai. 2011 “Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil”, Energy 2011;36:2450e8.

Pesaran et al. 2001 “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, Journal of Applied Econometrics, 16, 289-326.

Saboori et Sulaiman. 2013 “Environmental degradation, economic growth and energy consumption: evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia”, Energy Policy 2013b;60:892e905.

Tiwari et al. 2013 “The environmental Kuznets curve and the role of coal consumption in India: cointegration and causality analysis in an open economy”, Renew Sustain Energy Rev 2013;18:519e27.

Van Alstine. 2010 “The environmental Kuznets curve”, in: Callagher Kevin P. (ed) Handbook on ISBN 9781847204547.

Yavuz. 2014 “CO2 emission, energy consumption, and economic growth for Turkey: evidence from a cointegration test with a structural break”, Energy Sources Part B Econ Plan Policy 2014, 9(3):229e35.