
Emissions de CO₂, Consommation d'énergie et Croissance économique au Sein des Pays de Moyen Orient et Afrique du Nord

CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in the Middle East and North Africa (MENA)

Dr/ Mohammed BOUZNIT

Laboratoire Economie et Développement, Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion, Université de Bejaia, 06000, Algérie & Chercheur Associé au Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le Développement (CREAD), Algérie
bouznit_inps@yahoo.fr

Received date: 07/11/2017 **Revised Paper** 07/12/2017 **Accepted paper:** 11/12/2017

JEL: C5;E6;O4;Q4

Abstract :

L'objet du présent article est de vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) pour le cas de 10 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2014. Pour ce faire, la forme fonctionnelle de type *translog* a été adoptée pour estimer la relation entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie et le PIB par habitant. Les résultats obtenus confirment la présence de la CEK, le PIB par habitant et la consommation d'énergie influencent de façon positive les émissions de CO₂, et la présence d'une relation de feedback entre le PIB par habitant et la consommation d'énergie. Par conséquent, le cadre environnemental des pays retenus s'améliore du moment que leur niveau de croissance est devenu plus avancé. En outre, pour réduire les émissions de CO₂, les pays de la région MENA sont appelés à augmenter de façon significative l'utilisation des énergies renouvelables et la mise en place d'une politique énergétique plus efficace.

Keywords: CO₂, Energie, Croissance économique, Fonction translog, Pays de la région MENA.

الملخص:

يتمحور موضوع هذه المقالة حول إثبات صحة فرضية منحني كينزيت «Kuznets» للبيئة في كل من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خلال الفترة الممتدة من 1980 إلى 2014. ولتحقيق ذلك، قمنا بتقدير العلاقة بين انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون ومعدل استهلاك الطاقة والنواتج الداخلي الخام لكل فرد، وهذا باستخدام علاقة وظيفية من نوع *Translog*. وقد أثبتت النتائج المحصل عليها صحة فرضية منحني كينزيت للبيئة، بالإضافة إلى وجود علاقة طردية بين كل من استهلاك الطاقة والنواتج الداخلي الخام لكل فرد من جهة وانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من جهة أخرى. في حين هناك علاقة في الاتجاهين المتعاكسين ما بين استهلاك الطاقة والنواتج الداخلي الخام.

ومن خلال ما سبق، فالإطار البيئي لكل من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا سوف يتحسن عندما يصبح مستوى نموها جد متطور. من جهة أخرى، لتخفيض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في كل من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يتطلب منها استعمال أكثر للطاقات المتجددة ووضع سياسة طاقوية أكثر نجاعة.

الكلمات المفتاحية: ثاني أكسيد الكربون، الطاقة، النمو الاقتصادي، دالة *Translog*، دول المينا.

1. Introduction

Depuis le début des années 1990, la dimension environnementale occupe une place de plus en plus importante dans les politiques de développement aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale. Selon le rapport de Brundtland (1987)¹, le développement durable est celui qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Ceci ne peut pas avoir lieu sans la prise en considération de trois dimensions ; la dimension économique, la dimension sociale et la dimension environnementale. En effet, une politique économique visant à booster le taux de croissance aura certainement des effets négatifs sur l'environnement, car une telle politique nécessite notamment une forte utilisation des ressources naturelles. Panayotou (1993)² est le premier auteur à avoir développé l'idée selon laquelle la relation entre les émissions des CO₂ et la croissance économique prend la forme d'une courbe en « U » inversé, appelé la courbe environnementale de Kuznets. En effet, la dégradation de l'environnement sera moins importante du moment que le niveau de croissance économique est plus élevé.

Par ailleurs, la littérature économique renvoie la croissance économique à l'accumulation des facteurs de production, tels que le capital physique, le travail, le capital humain et le progrès technique^{3, 4, 5}. Cependant, beaucoup d'économistes, spécialistes de l'économie d'énergie, soutiennent l'idée selon laquelle ces facteurs de production ne peuvent être productifs qu'en présence de l'énergie, alors cette dernière est considérée comme le moteur de la croissance économique^{6, 7, 8, 9}. De ce fait, les causes de la dégradation de l'environnement ne se réduisent pas uniquement à un seul facteur, à savoir la croissance économique, mais d'autres facteurs interviennent également comme la consommation d'énergie. En effet, les sources d'énergie les plus utilisées dans les pays de la région MENA sont les énergies fossiles. Ces dernières sont les plus polluantes, car l'utilisation du gaz ou du pétrole dans l'activité économique, à titre d'exemple la production de l'électricité, émet du CO₂ dans l'air et contribue à l'effet de serre. C'est cette pollution atmosphérique qui est à l'origine des changements climatiques. Selon un rapport de la Banque Mondiale publié en 2011, les pays de la région seront durement frappés par les changements climatiques. Car le taux de réchauffement moyen sera plus élevé que la moyenne mondiale, à cela s'ajoute le phénomène de sécheresse et de stress hydrique.

Il est à noter que les statistiques émanant de la Banque Mondiale (WDI, 2017) montrent que les émissions de CO₂ dans les pays de la

région MENA étaient de 3,6 tonnes métriques par habitant en 1990 et 6,2 tonnes métriques par habitant en 2014, soit une augmentation de 172% en l'espace de deux décennies. Alors que les moyennes mondiales des émissions pour les mêmes périodes (1990 et 2014) ne sont que de 4,2 tonnes métriques par habitant et 5 tonnes métriques par habitant. La tendance haussière des émissions sera un vrai problème que les pays de la région MENA vont devoir faire face, puisque leurs engagements internationaux vis-à-vis des changements climatiques (Accord de Paris de 2016) vont les obliger à œuvrer pour réduire les émissions des gaz à effet de serre. Ceci nécessite, bien entendu, la diminution de la consommation des énergies fossiles, sachant que les énergies propres, dites renouvelables, ne sont pas assez développées pour réussir la transition énergétique, ce qui risque de mettre en péril le développement économique des pays en question.

Dès lors, la promotion du développement durable dans les pays de la région MENA nécessite une analyse attentive des sources de la dégradation de l'environnement. De ce fait, l'objet de cette étude est d'apporter des éclairages à la fois théoriques et empiriques à la nature des relations qui peuvent exister entre la croissance économique, la consommation des énergies fossiles et les émissions de CO₂. Ceci nous amène à vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) pour le cas des pays retenus. La raison qui nous a motivé à aborder une telle problématique est l'absence de consensus entre les résultats des travaux en la matière, car certains travaux ont confirmé l'hypothèse de la CEK, alors que d'autres en infirmer. De ce fait, la présente contribution repose sur une méthodologie nouvelle et appropriée. Il s'agit d'une analyse empirique en données de panel sur 10 pays de la région MENA, et ce durant la période allant de 1980 à 2014. En outre, la forme fonctionnelle *Translog* (*Transcendental-Logarithmique*) sera utilisée pour estimer la relation entre la variable dépendante (émissions de CO₂) et les variables explicatives (PIB par habitant, consommation d'énergie). Le recours aux spécifications économétriques de la fonction *Translog* en données de panel se justifie pour diverses raisons. Cette fonction est flexible, elle permet de capter à la fois non seulement l'effet de chaque variables explicatives sur la variable endogène, mais aussi la nature de la relation entre les variables explicatives, ainsi que l'estimation et leurs effets quadratiques¹⁰. Par conséquent, le signe du terme quadratique du PIB par habitant sera d'importance capitale pour infirmer ou confirmer l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets.

L'article est structuré en cinq sections. Une première section introductive qui expose la problématique et l'objet de l'étude. La deuxième section est consacrée à une revue de littérature qui résume les principaux travaux dédiés à la question de la relation croissance économique-environnement. La troisième section présente la méthodologie utilisée pour traiter notre problématique. L'analyse descriptive de données et la présentation et la discussion des résultats obtenus, feront l'objet de la quatrième et la cinquième section. Enfin, les principales conclusions seront synthétisées dans la section 6.

2. Revue de littérature

Depuis l'étude de Panayotou (1993), les travaux empiriques sur la question de la relation croissance économique-environnement ne cessent de foisonner. En effet, Panayotou (1993) avait tenté, à travers une analyse à la fois théorique et empirique, de vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). Cette hypothèse suppose que la relation croissance économique-environnement prend la forme d'un « U » inversé. En effet, l'étude empirique consistait à mettre en évidence la relation entre les effets de développement économique sur la déforestation et la pollution de l'air, et ce pour un échantillon comportant des pays développés et des pays en développement. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse de la CEK. Selon l'auteur, la confirmation de la CEK implique des conséquences politiques importantes. Car durant la période de développement, la dégradation de l'environnement est inévitable. Toutefois lorsque l'économie atteint un niveau avancé de croissance, le cadre environnemental commence à s'améliorer significativement.

En outre, Panayotou (1993) a élargi le débat en poussant ceux qui s'intéressent à la question de la relation croissance économique-environnement à approfondir leurs recherches pour mieux identifier la nature de cette relation. De ce fait, beaucoup de travaux ultérieurs se sont penchés sur la même question en adoptant des méthodologies différentes que celle de Panayotou (1993), ou encore en introduisant d'autres facteurs jugés importants pour analyser les sources de la dégradation de l'environnement^{11,12,13, 14}. Ces études ont testé l'hypothèse de la CEK en utilisant différentes variables de dégradation de l'environnement. Toutefois, la variable qui est souvent utilisée est les émissions de dioxyde de carbone^{15,16}. S'agissant des variables de la sphère économique, le PIB par habitant, la consommation d'énergie sont souvent utilisées, mais certaines études introduisent d'autres variables

supplémentaires, telles que l'ouverture commerciale, la population, l'urbanisation, et les IDE...etc¹⁷. On note enfin que les résultats de ces travaux empiriques sont loin de faire le consensus dans la mesure où certains confirment l'hypothèse de la CEK quand d'autres l'infirmen.

A titre d'exemple, Du et *al.* (2012) ont testé la CEK pour le cas des provinces chinoises et ce durant la période allant de 1990 à 2007. En utilisant une modélisation en données de panel à effet fixe et la méthode générale des moments (GMM), Du et *al.* (2012) sont parvenus à rejeter l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). Ce résultat est partagé par d'autres auteurs, comme l'étude de Chandran et Tang (2013)¹⁸, de Saboori et Sulaiman (2013)¹⁹, et celle de Babu et Datta (2013)²⁰. En outre, l'étude de Ozcan (2013)²¹ a pour objet la vérification de l'hypothèse CEK pour un panel de 12 pays de la région MENA durant la période allant de 1990 à 2008. La méthodologie utilisée repose sur des méthodes avancées d'économétrie en données de panel (*Pedroni cointegration, FMOLS, VECM et Granger causality*), et les variables étudiées sont les émissions de CO₂, la consommation d'énergie, le PIB et le PIB au carré. Les résultats obtenus sont mitigés. La CEK a été identifiée uniquement dans 3 pays, alors que dans 5 pays, la relation entre émissions de CO₂ et le PIB prend une forme de « U », et dans les 4 autres pays, les résultats montrent qu'il n'y a pas de lien de causalité entre le PIB et les émissions de CO₂.

En revanche, beaucoup de travaux empiriques confirment l'hypothèse selon laquelle la relation entre la dégradation de l'environnement et le développement économique se présente sous forme d'un « U » inversé^{22, 23, 24}. En effet, la méthodologie adoptée par Shahbaz et *al.* (2014) est le modèle ARDL pour tester une éventuelle relation de cointégration entre les émissions de CO₂ et le PIB, le PIB au carré, la consommation d'énergie et l'ouverture commerciale. Ces variables ont été étudiées sur la période allant de 1971 à 2010 et pour le cas de la Tunisie. Les résultats confirment alors la présence d'une relation de cointégration entre les variables étudiées et l'hypothèse de la CEK a été confirmée. Ce constat est corroboré par d'autres études^{25, 26}. En outre, Osabuohien et *al.* (2014) ont utilisé une méthodologie différente qui consiste à vérifier l'hypothèse de la CEK en utilisant des techniques avancées en données de panel (*Pedroni-cointegration, et OLS dynamique, DOLS*). Les variables retenues sont les émissions de CO₂, le PIB, le PIB au carré, l'Etat de droit, la qualité de la réglementation, l'efficacité du gouvernement et l'ouverture économique. Cette étude a abouti à la confirmation de l'hypothèse de la CEK.

Dans le sillage des analyses précédentes, la présente étude vise à tester l'hypothèse CEK, pour 10 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2014, en utilisant une nouvelle méthodologie. Cette dernière consiste à supposer une forme fonctionnelle de type *translog* de la relation croissance économique-environnement.

3. Méthodologie

En vue d'identifier la nature de relation entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie et la croissance économique, nous supposerons une forme fonctionnelle de type *translog* en données de panel. Une telle fonction est obtenue via l'approximation locale par un développement limité de Taylor d'ordre 2, mettant en relation une variable endogène, les émissions de CO₂, avec deux variables exogènes qui sont la consommation d'énergie et la croissance économique et ce pour le cas de 10 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2014. Le recours à la forme fonctionnelle *translog* permet d'identifier non seulement la nature de relation entre la variable endogène et les variables explicatives, mais aussi de dégager des conclusions sur les effets croisés et les effets quadratiques, notamment celui relatif à la croissance du PIB. S'agissant du coefficient qui capte l'effet croisé entre le PIB et l'utilisation d'énergie, un signe positif signifie l'existence d'une relation de complémentarité et un signe négatif renseigne sur une relation de substitution. Un signe négatif du coefficient associé au terme quadratique du PIB par habitant nous renseigne alors sur la présence d'un point de retournement entre les émissions de CO₂ et le niveau de développement économique. Ceci nous permet ainsi de tester l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (*the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis*). Il est à noter par ailleurs que les élasticités associées aux variables explicatives d'une fonction *Translog* sont variables et dépendantes du temps et des pays de l'échantillon. En effet, la forme fonctionnelle en données de panel d'une fonction *Translog* d'ordre deux, telle qu'elle a été développée par Christensen *et al.* (1973), est définie come suit :

$$\begin{aligned} \text{LnCO}_{it} = & A_{it} + \beta_1 \text{LnE}_{it} + \beta_2 \text{LnPIB}_{it} + \beta_{12} \text{LnE}_{it} \text{LnPIB}_{it} + \frac{1}{2} (\beta_{22} \text{LnPIB}_{it}^2) \\ & + \frac{1}{2} (\beta_{11} \text{LnE}_{it}^2) + \varepsilon_{it} \quad [1] \end{aligned}$$

Où $\text{Ln}(\text{CO})$ est le logarithme népérien des émissions de CO_2 (Tonnes métriques par habitant). Le terme A est une constante qui désigne l'effet temporel et individuel de chaque pays, $\text{Ln}E$ est le logarithme népérien de l'utilisation d'énergie (en Kg d'équivalent pétrole par habitant), LnPIB est le logarithme népérien du produit intérieur brut par habitant au dollar constant. Les indices (i) et (t) se réfèrent respectivement à la dimension individuelle et temporelle ($i = 1, 2, \dots, 10$, et $t = 1980, \dots, 2014$). Toutefois, $\beta_1, \beta_2, \beta_{12}, \beta_{11}, \beta_{22}$, sont des paramètres à estimer et en réalité se réfèrent aux élasticités associées aux différents termes de l'équation [1].

En outre, dans le but d'éliminer l'effet de taille de l'échantillon, l'output et les inputs par travailleur seront transformés en différence par rapport à la moyenne de l'échantillon. Les lettres italiques seront utilisées pour désigner une telle différence, alors l'équation [1] sera réécrite de la façon suivante :

$$\text{LnCO}_{it} = A_{it} + \beta_1 \text{LnE}_{it} + \beta_2 \text{LnPIB}_{it} + \beta_{12} \text{LnE}_{it} \text{LnPIB}_{it} + \frac{1}{2} (\beta_{22} \text{LnPIB}_{it}^2) + \frac{1}{2} (\beta_{11} \text{LnE}_{it}^2) + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

Les paramètres de l'équation [2] vont être estimés via des techniques économétriques en données de panel en utilisant le logiciel Stata 11. En effet, deux types de modèles seront estimés, à savoir le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire. Le test de Hausman (1978)²⁷ a été utilisé pour identifier lequel parmi ces deux modèles retenus est le plus approprié. En outre, le modèle retenu sera soumis aux différents tests de validité. Il s'agit de tester la présence, ou pas, d'auto-corrélation des erreurs, d'hétéroscédasticité et de multi-colinéarité dans les données de panel. En effet, si de tels problèmes se manifestent, la méthode *FGLS* (*Feasible Generalized Least Squares*) sera utilisée afin de les éliminer.

4. Analyse descriptive des données utilisées

La présente étude vise à estimer la relation entre les émissions de CO_2 , la consommation d'énergie et la croissance économique durant la période de 1980 à 2014, et ce pour le cas d'un panel de pays de la région MENA. L'échantillon sélectionné comporte 10 pays, à savoir l'Algérie, le Bahreïn, l'Égypte, l'Irak, l'Iran, la Jordanie, le Maroc, l'Arabie-Saoudite, la Tunisie et la Turquie. Toutes les données sont tirées de la

Emissions de CO₂, consommation d'énergie... Journal of Economic & Financial Research
base de données *World Development Indicateurs* (WDI, 2017)²⁸ de la Banque Mondiale. La variable à expliquer est représentée par les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) qui sont exprimées en tonnes par habitant. Pour le cas des pays étudiés, le tableau n°1 et le tableau n°2 font ressortir alors que les émissions annuelles moyennes de CO₂ par habitant sont de 6,2 tonnes, la consommation annuelle moyenne d'énergie par habitant vaut 2310,68 Kg équivalent pétrole, et la moyenne annuelle de PIB par habitant tourne autour de 7038\$. Le pays le moins polluant est le Maroc où les émissions de CO₂ sont les plus faibles en enregistrant une moyenne de 1,21 tonne métrique par habitant. Néanmoins, le pays le plus polluant est le Bahreïn suivi par l'Arabie Saoudite dont les moyennes annuelles des émissions de carbone dioxyde sont respectivement de 24,18 et 15,17 tonnes métriques par habitant. Les autres pays de l'échantillon sont moins polluants, car leurs émissions annuelles moyennes de CO₂ sont inférieures à celles calculées sur la totalité de l'échantillon. A titre d'exemple, les émissions annuelles moyennes de CO₂ sont de 3,08 tonnes métriques par habitant, l'Iran a atteint le niveau de 5,20 tonnes métriques par habitant, tandis que la Tunisie a enregistré 1,95 tonne métrique comme émissions de CO₂ par an.

Tableau n°1 : Tableau récapitulatif des données relatives à tous les pays confondus

Variable	Obs.	Moy.	E. type
Emissions de CO ₂ (en tonnes métrique par habitant)	350	6,2	7,24
Utilisation d'Energie (en Kg équivalent pétrole par habitant)	350	2310,68	3067,39
PIB par habitant (au \$ constant, 2010)	350	7038,53	7038,82

Source : calculé par l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale (WDI, 2017)

Par ailleurs, le pays qui a enregistré des niveaux très élevés en matière de PIB annuel moyen par habitant et de consommation annuelle moyenne d'énergie est le Bahreïn avec 20579,38\$ et 10594,28 Kg équivalent pétrole par habitant respectivement. Celles-ci sont nettement supérieures à celles calculées sur la totalité des pays de l'échantillon dont les valeurs sont de 7038,53\$ pour PIB par habitant et 2310,68 Kg équivalent pétrole par habitant pour la consommation d'énergie. La Turquie sort de la règle, car la consommation annuelle moyenne des

énergies est moins importante (1112,67 Kg équivalent pétrole par habitant), elle est inférieure à celle de l'échantillon. Cependant le PIB annuel moyen par habitant est plus moins élevé avec une valeur de 8106,51\$.

Tableau n°2 : Les valeurs annuelles moyennes par habitant du CO₂, E et du PIB durant la période de 1980 à 2014

Pays	Moy. CO ₂	Moy. E	Moy. PIB
Algérie	3,08	913,64	3834,36
Bahreïn	24,18	10594,28	20579,38
Egypte	1,74	634,91	1861,05
Iraq	3,41	1146,41	3466,09
Iran	5,20	1836,10	4623,18
Jordan	2,99	949,94	3075,65
Maroc	1,21	386,37	2043,84
Arabie- Saoudite	15,17	4821,56	19894,70
Tunisie	1,95	710,88	2900,53
Turquie	3,09	1112,67	8106,51

Source : élaboré par l'auteur à partir des données de WDI (2017), Banque Mondiale.

5. Résultats des estimations et discussion

Les résultats des estimations relatifs à l'équation [2], rapportés dans le tableau n°3, ont été obtenus en tenant compte de deux types de modèles : le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire. En effet, le test de Hausman (1978) a été utilisé pour identifier lequel parmi ces deux modèles est le plus approprié et identifier la nature de la relation entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie et la croissance économique. Pour ce faire, l'hypothèse H₀, où le modèle à effet aléatoire est le plus adéquat, contre l'hypothèse alternative H₁ qui stipule que le modèle à effet fixe est le plus approprié, sera testée. En effet, la colonne (A) rapporte les résultats d'estimation du modèle à effet fixe, tandis que la colonne (B) comporte ceux du modèle à effet aléatoire. La valeur du test de Housman est égale à 16,02, et la probabilité de rejeter H₀ est inférieure à 5% (0,006). Par conséquent, nous rejetons l'hypothèse nulle, alors le modèle retenu est celui à effet fixe. Ce dernier modèle montre que les émissions de CO₂ au sein des pays de la région de MENA sont fortement influencées et de façon positive par la consommation d'énergie et le niveau de croissance économique, car les coefficients associés aux *LnE* et *LnPIB* sont positifs et statistiquement très significatifs (seuil de

Emissions de CO₂, consommation d'énergie... Journal of Economic & Financial Research (signification 1%). Néanmoins, les coefficients du terme croisé et des termes quadratiques sont non significatifs, chose qui nous amène à tester la validité et la robustesse de ce modèle (modèle à effet fixe).

Tableau n°3 : Résultats d'estimation de l'équation [2] pour différentes spécifications

Variable à expliquer: <i>LnCO</i>				
Variables	A	B	C	D
<i>c</i>	0,03 (0,018)	0,01 (0,032)		
<i>LnE</i>	0,63*** (0,036)	0,60*** (0,033)	0,86*** (0,020)	0,87*** (0,010)
<i>LnPIB</i>	0,28*** (0,037)	0,26*** (0,034)	0,11*** (0,025)	0,13*** (0,013)
<i>(LnE)(LnPIB)</i>	-0,09 (0,102)	0,02 (0,096)	0,16* (0,095)	0,46*** (0,052)
<i>LnPIB²</i>	0,10 (0,082)	0,03 (0,081)	-0,07 (0,100)	-0,39*** (0,056)
<i>LnE²</i>	0,002 (0,124)	-0,10 (0,115)	-0,23*** (0,096)	-0,55*** (0,052)
Modèle	Effet fixe	Effet aléatoire	FGLS, p(c), c(ar1)	FGLS, p(c)
Nb. Obs.	350	350	350	350
	Test de Hausman : 16,02 Prob(test-H)=0,006		Wald Kh2: 27712,60 Prob=0,00	Wald Kh2: 208240,43 Prob=0,00

Source : élaboré par l'auteur en utilisant le logiciel Stata 11.

NB : (***), (**), (*) signifie que le coefficient est respectivement significatif à 1%, 5% et 10%. Les valeurs entre (.) représentent les écarts types.

Les différents tests de validation sur le modèle à effet fixe, à savoir les tests d'auto-corrélation des erreurs, d'hétéroscédasticité et de multi-colinéarité dans les données de panel, montrent que celui-ci n'est pas robuste et présente beaucoup d'insuffisances en leur rendant incapable d'expliquer la relation entre la variable endogène (les émissions de CO₂) et les variables explicatives (la consommation d'énergie et la croissance économique). En effet, l'hypothèse nulle (H₀) d'absence d'hétéroscédasticité des erreurs a été via le test de Wald modifié, présenté par Greene (2000)²⁹. Alors le résultat de ce test montre

que la probabilité qui en associée est égale à 0,00. Elle est inférieure à 0,05, ce qui signifie le rejet de l'hypothèse nulle (H_0) au seuil de signification de 5%, et par conséquent les erreurs sont hétéroscestiques. En outre, le test de Wooldridge³⁰ montre que l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation des erreurs est rejetée au seuil de signification de 5%. Quant au test sur la présence, ou pas, de multi-colinéarité, les résultats du test de Breusch-Pagan LM prouvent la présence de dépendance entre les individus du panel, c'est-à-dire nous acceptons l'hypothèse alternative H_1 qui préconise la présence de dépendance entre les individus du panel. Le détail de résultats de différents tests est rapporté dans l'annexe du présent article.

En vue de remédier à ces problèmes d'ordre technique, l'équation [2] sera ré-estimée en utilisant la méthode de régression FGLS (*Feasible Generalized Least Squares*). Cette dernière permet de fournir des estimateurs robustes dans le cas de présence de l'auto-corrélation, l'hétéroscedasticité, et la multi-colinéarité. Les résultats obtenus, selon les différentes spécifications, sont consignés dans les colonnes (C) et (D) du tableau n°3. En effet, la colonne (C) présente les résultats d'estimation de l'équation [2] par la méthode FGLS en tenant compte dans le modèle des variables indicatrices (*dummy variables*), l'hétéroscedasticité, l'autocorrélation et la corrélation contemporaine. Les résultats obtenus montrent que la consommation d'énergie par habitant et le PIB par habitant influencent positivement les émissions de CO₂ au sein des pays retenus dans l'étude (au seuil de signification de 1%). Les coefficients estimés sont des élasticités dont les valeurs sont de 0,86 pour la consommation d'énergie par habitant et 0,11 pour le PIB par habitant. Cela signifie que lorsque la consommation d'énergie augmente d'une unité, alors les émissions de CO₂ augmentent de 0,86%, tandis qu'une unité supplémentaire dans le PIB par habitant va impulser les émissions de CO₂ de 0,11%. Par conséquent, la dégradation de l'environnement au sein pays de la région MENA est tributaire beaucoup plus de l'utilisation de l'énergie fossile que de la croissance économique. Ces résultats viennent corroborer en effet ceux obtenus par des travaux antérieurs^{31, 32}.

Par ailleurs, le coefficient associé au terme croisé apparaît avec un signe positif et significatif au seuil de 10%. Cela signifie la présence d'une relation de feedback entre la consommation d'énergie et la croissance économique des pays retenus. Autrement dit, la consommation d'énergie influence positivement le PIB par habitant, et ce dernier à sons tour impacte de façon positive la consommation d'énergie. Ce résultat est conforme à la théorie économique et beaucoup de travaux

empiriques en soutenant l'idée selon laquelle l'utilisation d'énergie est l'un des facteurs clés de la croissance économique^{33,34}. Quant aux termes quadratiques ($LnPIB^2$, LnE^2), les coefficients associés apparaissent avec des signes négatifs, cependant celui du ($LnPIB^2$) est non significatif et celui du (LnE^2) est très significatif (seuil de 1%).

La colonne (D) rapporte les résultats d'estimation de l'équation [2] en utilisant également la méthode FGLS en tenant compte de la présence des variables indicatrices (dummy variables), l'hétéroscedasticité, l'autocorrélation et la corrélation contemporaine. Cette colonne fait ressortir que les émissions de CO₂ au sein des pays de la région MENA sont impactées positivement par la consommation d'énergie et le PIB par habitant. L'élasticité associée à la variable d'énergie demeure nettement supérieure à celle de la croissance économique. Alors si la consommation d'énergie et le PIB par habitant augmentent d'une unité, les émissions de CO₂ vont également augmenter de 0,87% et 0,13% respectivement. Ces résultats sont concordants avec les résultats obtenus par des travaux antérieurs sur les pays de la région MENA^{35, 36, 37}. Ces travaux sont parvenus à confirmer la présence d'une forte relation entre l'utilisation d'énergie, le niveau de croissance économique et la dégradation et l'environnement des pays MENA. Selon Omri (2013), la croissance économique influence positivement les émissions de CO₂ et vice versa, c'est-à-dire une relation de feedback. Cependant, l'utilisation d'énergie impulse les quantités émises de CO₂, c'est-à-dire la relation va dans un seul sens. En outre, l'élasticité croisée demeure également positive et statistiquement très significative en confirmant alors la relation de complémentarité entre la consommation d'énergie et la croissance économique. Ce résultat corrobore en effet les conclusions dégagées par Ghali et El-Sakka (2004), et Apergis et Payne (2009). Ces auteurs ont confirmé la présence d'une relation de feedback, de complémentarité, entre la croissance économique et le niveau d'utilisation d'énergie. Ceci implique que le taux de croissance économique est tributaire fortement à l'utilisation d'énergie et vice versa.

S'agissant du terme quadratique du PIB par habitant, cette fois-ci les résultats d'estimation montrent que le coefficient estimé a un signe négatif et statistiquement est très significatif. Ceci signifie que la relation entre les émissions de CO₂ et la croissance économique est concave. Car le coefficient estimé du $LnPIB$ est positif, tandis que le coefficient associé au $LnPIB^2$ est négatif. Du point de vue économique, un tel résultat signifie que la courbe qui retrace l'évolution des émissions de CO₂ en fonction du PIB par habitant se caractérise par trois phases. La première

phase est celle relative au de développement économique au cours de laquelle les émissions de CO₂ ont une tendance à l'hausse, puis la phase de stabilisation où les quantités émises de CO₂ commencent à stagner. Cependant, la troisième phase est celle relative à un niveau avancé de croissance économique où la courbe des émissions de CO₂ s'inverse en prenant alors une tendance à la baisse. Cette courbe prend alors la forme d'un U inversé, ce qui nous amène à confirmer l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets^{38, 39}. Par ailleurs, le signe négatif du coefficient quadratique (LnE^2) peut s'expliquer par la relation de complémentarité entre la croissance économique et la consommation de l'énergie, car avec un niveau avancé de croissance économique, l'utilisation des énergies propres et des nouvelles technologies pour produire des biens et des services est primordiale, ce qui ne favorise pas les émissions de CO₂.

6. Conclusion

L'objet de cet article était de mettre en évidence la question de la relation croissance économique-environnement au sein de 10 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2014. Autrement dit, les relations entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie et le PIB par habitant ont été analysées et ce pour vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). La méthodologie utilisée repose sur une forme fonctionnelle de type *translog* en données de panel. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse de la CEK. En outre, le PIB par habitant et la consommation d'énergie influencent de façon positive les émissions de CO₂, et la présence d'une relation de feedback entre la consommation d'énergie et le PIB par habitant. En effet, les émissions de CO₂ sont fortement influencées par la consommation d'énergie, car les résultats montrent que lorsque la consommation d'énergie augmente d'une unité, les émissions de CO₂ augmentent également avec un pourcentage qui varie entre 0,86% et 0,87%. Toutefois, si le PIB par habitant augmente d'une unité, les quantités émises de CO₂ vont augmenter entre 0,11% et 0,13%. Par conséquent, le cadre environnemental des pays retenus s'améliore du moment que leur niveau de développement économique est devenu plus avancé.

A la lumière de ces résultats, quelques recommandations peuvent être formulées. Les pays de la région MENA sont appelés à promouvoir les énergies renouvelables en vue de se substituer aux énergies fossiles, ce qui permet de booster le taux de croissance économique d'une part, mais aussi de réduire les émissions de CO₂ responsables sur l'effet de

Emissions de CO₂, consommation d'énergie... Journal of Economic & Financial Research
serre d'autre part. De ce fait, il est vivement recommandé d'accorder des mesures incitatives, telles que les avantages fiscaux, pour encourager les investissements dans les énergies renouvelables (les énergies propres), et l'investissement dans l'innovation technologique afin de produire des équipements qui consomment moins d'énergie et émettent moins de gaz à effet de serre.

Références bibliographiques:

- ¹Brundtlan, G. H. (1987). Rapport des ONU sur le développement durable, http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_070_1-4-4_1.html. Nations Unies. Consulté le 04/11/2017.
- ²Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. Working Paper WP238, Technology and Employment Programme, International Labour Office, Geneva.
- ³Solow R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No.1, 65-94
- ⁴Romer P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 5, 1002-1037.
- ⁵Lucas R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, No. 2, 3-42.
- ⁶Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices, and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Econ.* 22, 615-625.
- ⁷Yang, H. (2000). A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. *Energy Econ.* 22, 309-317
- ⁸Stern, D. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy, *Energy Economics*, 22 (2), 267-283.
- ⁹Ghali, Khalifa H. & El-Sakka, M.I.T. (2004). Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis. *Energy Economics*, 26, 225-238.
- ¹⁰Christensen L. R., Jorgenson D. W. & Lawrence J. L. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics* 55, No. 1, 28-45.
- ¹¹Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of public Economics*, 57, 85-101.

- ¹²Lindmark, M. (2002). Analysis an EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870–1997. *Ecological Economics* 42, 333–347.
- ¹³Du, L., Wei, C. & Cai, S. (2012). Economic development and carbon dioxide emissions in China: provincial panel data analysis. *China Econ. Rev.* 23, 371–384.
- ¹⁴Al-Mulali,U.,Saboori,B. & Ozturk,I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy* 76, 123–131.
- ¹⁵Bouznit M. & Pablo-Romero, M. (2016). CO2 emission and economic growth in Algeria. *Energy Policy* 96, 93-104.
- ¹⁶Bélaïd, F. & Youssef, M. (2017). Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: Assessing the evidence from Algeria. *Energy Policy* 102, 277–287
- ¹⁷Plassmann, F. & Khanna, K. (2006). Household income and pollution implications for the de bate about the environmental Kuznets curve hypothesis. *J. Environ. Dev.* 14, 22–41.
- ¹⁸Chandran, V.G.R. & Tang,C.F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO₂ emissions in ASEAN-5 economies. *Renew. Sustain. Energy Rev.*24, 445–453.
- ¹⁹Saboori, B. & Sulaiman, J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *Energy Policy* 60, 892–905.
- ²⁰Babu, S. S. & Datta, S. K. (2013). The relevance of environmental Kuznets curve (EKC) in a frame works of broad-based environmental degradation and modified measure of growth- a pooled data analysis. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 20, 309–316.
- ²¹Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: a panel data analysis. *Energy Policy* 62, 1138–1147.
- ²²Jalil, A. & Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy Econ.*33, 284–291.

- ²³Shahbaz, M., Khraief, N., Uddin, G. S. & Ozturk, I. (2014). Environmental Kuznets curve in an open economy: a bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 34, 325–336.
- ²⁴Osabuohien, E. S., Efobi, U. R. & Gitau, C. M. W. (2014). Beyond the environmental Kuznets curve in Africa: evidence from panel cointegration. *J. Environ. Policy Plan.* 16, 517–538.
- ²⁵Al-Mulali, U., Saboori, B. & Ozturk, I. Op. cit.
- ²⁶Plassmann, F. & Khanna, K. Op. cit.
- ²⁷Hausman J. A. (1978). Specification test in econometrics. *Econometrica*, Vol. 46, No. 6, (1978), 1251–1271.
- ²⁸World Development Indicators (WDI, 2017). <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- ²⁹Greene W. H. (2000). *Econometric Analysis 4th Edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. USA.
- ³⁰Wooldridge, Jeffrey M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge: MIT Press. UK.
- ³¹Jayanthakumaran, K. & Ying-Liu, R. V. (2012). CO₂ emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India. *Energy Policy* 42, 450–460.
- ³²Onafowora, Olugbenga A. & Owoye, O. (2014). Bounds testing approach to analysis of the environment Kuznets curve hypothesis. *Energy Economics* 44, 47–62.
- ³³Apergis, N. & Payne, J. E. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics* 31, 211–216.
- ³⁴Pablo-Romero, M. del P. & Sánchez-Braza, A. (2015). Productive energy use and economic growth: Energy, physical and human capital relationships. *Energy Economics* 49, 420–429.
- ³⁵Arouri, M. E. H., Youssef, A. B., M'henni, H. & Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342–349.
- ³⁶Ozturk, I. & Acaravci, A. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 3220–3225

- ³⁷Omri, A. (2013). Co2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: evidence from simultaneous equations models. *Energy Econ.* 40, 657–664.
- ³⁸Narayan, P. K. & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: panel data evidence from developing countries. *Energy Policy* 38 (1), 661–666.
- ³⁹Farhani, S., & Shahbaz, M. (2014). What role of renewable and non-renewable electricity consumption and output is needed to initially mitigate CO2 emissions in MENA region? *Renew. Sustain. Energy Rev.* 40, 80–90.

Annexes:

1.

hausman effetc3 .

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) effetc3	(B) random3		
m1ne	.6349821	.6958637	-.0608817	.0155141
m1ny	.2811976	.2674036	.013794	.0159682
m1ney	-.0943504	.0236997	-.1180501	.0347293
A	.1038929	.0349888	.0689041	.0167579
B	.0027381	-.1045762	.1073143	.0463658

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(5) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 16.02
Prob>chi2 = 0.0068
(V_b-V_B is not positive definite)

2.

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H0: sigma(i)^2 = sigma^2 for all i

chi2 (10) = 1868.22
Prob>chi2 = 0.0000

3.

Breusch-Pagan LM test of independence: chi2(45) = 154.750, Pr = 0.0000
Based on 35 complete observations over panel units

4.

Friedman's test of cross sectional independence = 16.530, Pr = 0.0566

5.

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first-order autocorrelation
F(1, 9) = 51.577
Prob > F = 0.0001