

Analyse de la relation entre les émissions de CO₂ et la croissance du PIB en Algérie : Test de l'hypothèse de Kuznets
Analysis of the relationship between CO₂ emissions and GDP growth in Algeria : Testing the Kuznet's hypothesis

Karima YOUNICI¹, Zahir BELHADI²

¹Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion
Université de Bejaia. 06000 Bejaia, Algérie.
Email : karima.younici@univ-bejaia.dz

²Laboratoire de physique théorique, Faculté des sciences exactes.
Université de Bejaia. 06000 Bejaia, Algérie.
Email : zahir.belhadi@univ-bejaia.dz

Date de réception : 20/04/2021 ; Date d'acceptation : 11/09/2021 ; Date de publication : 30/12/2021

Résumé:

L'objectif de notre étude consiste à proposer une analyse empirique de la relation entre les émissions de CO₂ et le niveau de revenu en examinant la validité de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) dans le cas de l'Algérie. L'estimation de la relation émissions de CO₂-revenu est faite pour des données annuelles sur les émissions de CO₂ mesurées en kilotonne et du produit intérieur brut par habitant mesuré en dollars constants de 2010 sur une période allant de 1960 jusqu'à 2019, en construisant un modèle économétrique non linéaire sur la base d'une relation du type Gamma.

Les résultats de notre modèle nous ont permis de confirmer l'existence de cette courbe environnementale dans le cas de l'Algérie. La croissance économique a donc un effet positif sur la qualité de l'environnement, au-delà d'un certain niveau de revenu estimé par notre modèle aux alentours de 6950\$ constant de 2010.

Mots-clés : Courbe environnementale de Kuznets, PIB, CO₂, fonction Gamma.

Codes de classification Jel : Q56; Q53 ; C51.

Abstract :

The objective of our study is to provide an empirical analysis of the relationship between CO₂ emissions and income level by examining the validity of the Kuznets environmental curve (CEK) in the case of Algeria. The estimate of the CO₂ emissions-income relationship is made for annual data on CO₂ emissions measured in kilotons and gross domestic product per capita measured in constant 2010 dollars over a period from 1960 to 2019, in constructing a nonlinear econometric model on the basis of a relation of the Gamma type.

The results of our model allow us to confirm the existence of this environmental curve in the case of Algeria. The economic growth therefore has a positive effect on the quality of the environment, beyond a certain level of income estimated by our model at around \$ 6,950 constant in 2010.

Keywords: Environmental Kuznets curve, GDP, CO₂, Gamma function.

Jel Classification Codes: Q56; Q53; C51.

Comment citer cet article par la méthode APA :

Karima YOUNICI, Zahir BELHADI (2021), **Analyse de la relation entre les émissions de CO₂ et la croissance du PIB en Algérie : Test de l'hypothèse de Kuznets**, *Economic Researcher Review* Volume 09 (02), Algérie, Université 20 Août 1955- Skikda. pp: 205-216

1. Introduction

L'idée d'un développement fondé sur une croissance économique continue fait l'objet de diverses critiques depuis les années 1970 et cela en remettant en cause la pérennité de ses possibilités physiques d'existence. Les travaux de l'équipe Meadows et la publication du rapport « the limits to growth » (1972)¹ traduit en plusieurs langues et vendu à plusieurs millions d'exemplaires contribue à médiatiser cette vision pessimiste de la croissance économique à travers l'appel à l'arrêt de la croissance. Lors de la première conférence sur l'environnement humain tenu en juin 1972 -quelques mois après la parution du rapport Meadows- sous l'égide des Nations Unies, Maurice Strong (secrétaire général de la conférence) et Ignacy Sachs avaient proposé le concept d'écodéveloppement avec comme objectif la prise en charge des préoccupations des pays en voie de développement présents à la conférence ainsi que la prudence écologique. Ce concept sera toutefois remplacé par la notion de développement durable développée ultérieurement. En effet, la poursuite de la dégradation de l'environnement, constatée au niveau international, accompagnée d'un épuisement graduel des ressources naturelles et l'accélération des diverses pollutions ainsi que l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre responsable des changements climatiques, a conduit en 1983 à la création de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED) en vue de redéfinir les rapports entre environnement et développement. Le rapport de cette commission « our common future » (notre avenir à tous), publié en 1987², propose la notion de « sustainable development » traduit en français par « développement durable » et défini comme étant « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs propres besoins » (CMED, 1987). Le rapport reconnaît entre autres les effets négatifs que peut avoir la croissance économique sur l'environnement mais insiste sur l'importance de la libéralisation des échanges et de l'industrialisation en matière de réduction des inégalités sociales et de lutte contre la pauvreté. Depuis lors, de nombreuses controverses apparaissent sur les effets que peut avoir le développement économique accéléré sur l'état et la qualité de l'environnement dans lequel nous vivons.

La disponibilité des données environnementales a permis depuis quelques années de tester et d'estimer la relation pouvant relier amélioration du revenu par habitant et qualité environnementale, et de vérifier dans quelle mesure la pollution est découplée de la croissance. Les premiers travaux entrepris dans ce sens remontent à 1991 avec l'article de Grossman et Krueger (1991)³ qui montre que la dégradation de l'environnement continue dans la première phase de développement pour s'inverser ensuite au-delà d'un certain niveau de revenu. Cette relation non linéaire en forme de « U inversé » est assimilée à la courbe développée par Simon Kuznets (1955)⁴ sur les inégalités sociales et le niveau de développement d'où l'appellation « courbe environnementale de Kuznets ».

Cette courbe prolonge les débats économiques sur la croissance verte car la mise en évidence de son existence est cruciale au niveau politique, en ce sens qu'elle encourage le phénomène de rattrapage des pays en voies de développement. A travers cette vision optimiste de la relation entre les volets environnemental et économique, où la croissance apporte le remède à ses propres maux, le meilleur moyen pour résoudre les différents problèmes environnementaux est de devenir riche, ce qui signifie que l'environnement et la croissance ne sont pas contradictoires, au contraire, ils peuvent aller de pair dans le sens d'un développement durable conforme aux recommandations de la commission Brundtland qui prône la nécessaire réduction de la pauvreté pour l'amélioration de la qualité de l'environnement (CMED, 1987).

Notre étude a pour objectif la contribution à enrichir les débats déjà existants sur la relation croissance-environnement, en visant surtout à vérifier l'existence d'un point de retournement des émissions de CO₂ en Algérie et le niveau de revenu par habitant lui correspondant, si un tel point existe. En effet, le recourir à une fonction de la forme Gamma, déjà adoptée par Galeotti (1999) et Berrens et al. (1997)⁵, va nous permettre de tester la validité de l'hypothèse de Kuznets dans le cas algérien et d'avoir une estimation du PIB par tête nécessaire pour d'atteindre ce point de

retournement.

2. Les débats autour de la Courbe Environnementale de Kuznets

Il nous apparaît important avant de présenter notre modèle de commencer par donner un aperçu général sur les débats qui entourent la courbe environnementale de Kuznets, tout en insistant toutefois que notre objectif n'étant pas de présenter une revue complète et exhaustive des travaux sur la CEK puisque de nombreux articles sont publiés dans ce sens dans des revues internationales prestigieuses.

Grossman et Krueger sont les premiers à avoir observé l'existence d'une relation empirique entre les indicateurs environnementaux et la concentration de polluants lors de leurs travaux pionniers en 1991 sur l'impact de l'ALENA aux USA où ils proposèrent de transposer la relation déjà observée par Simon Kuznets (1955), entre les inégalités sociales au paradigme environnemental en étudiant l'impact du revenu par tête sur l'émission du dioxyde de soufre et les particules en suspension présentes dans l'air. Lors de leurs travaux ultérieurs (1995)⁶, les deux auteurs étendirent leur première étude à d'autres pays tout en prenant en compte comme indicateurs de la qualité de l'environnement quatre variables à savoir la pollution urbaine de la qualité de l'air, le niveau d'oxygène présent dans l'eau, les contaminations fécales et les contaminations par métaux lourds pour l'analyse de l'état des rivières. Les régressions faites lors de ces deux études, ont permis à Grossman et Krueger (1991, 1995) de conclure que la croissance économique ne s'accompagne pas nécessairement d'une dégradation de la qualité de l'environnement puisque à partir d'un certain niveau de revenu l'environnement s'améliore. Les auteurs sont parvenus finalement à observer une courbe en U inversé, semblable à celle établie par Kuznets, avec des points de retournement situés à des niveaux de revenus entre 5000\$ pour la pollution de l'air et 8000\$ pour la pollution de l'eau. De nombreux travaux suivirent pour tester la validité de cette courbe et des résultats similaires ont été trouvés principalement pour les polluants locaux (Shafik et Bandhyopadhyay (1992)⁷ ; Selden et Song (1994)⁸).

La courbe de Kuznets est rendue populaire avec l'étude de Shafik et Bandyopadhyay (1992) portant sur 10 indicateurs environnementaux et qui a servi de base au rapport de la banque mondiale en 1992 sur l'environnement et le développement. L'origine de l'appellation de courbe environnementale de Kuznets remonte, quant à elle, aux travaux de Panayotou (1993)⁹ pour l'organisation internationale du travail. Les conclusions des deux études précédentes appuient l'existence d'une relation en U inversée entre certains indicateurs de pollution et le revenu par habitant

Pour Arrow et al. (1995)¹⁰, la relation en cloche peut s'observer dans le cas de polluants locaux aux répercussions immédiatement perceptibles (SO₂, les particules fines,). La particularité de ces polluants est que leurs coûts externes sont facilement identifiés par les habitants des régions concernés, contrairement aux polluants globaux qui sont plutôt caractérisés par des coûts plus diffus (déchets, CO₂,...) et dont les impacts impliquent le long terme. Ainsi, dans le cadre des changements climatiques, les études réfutent en général l'hypothèse de la courbe de Kuznets et le point de retournement est situé à des niveaux très élevés lorsque celle-ci est observée (le point est estimé par exemple à 8 millions de dollars par tête chez Holtz-Eakin et Selden (1995)¹¹). Roberts et Grimes (1997)¹² font observer cependant, dans une étude faite sur plus de 100 pays sur l'évolution annuelle de la relation avec l'intensité en carbone représentée par l'émission de CO₂ par unité de PIB, que les régressions qui indiquent l'existence d'une forme linéaire en 1965 prennent la forme d'un U inversé en 1990.

De nombreuses controverses existent non seulement sur l'allure que peut prendre la relation croissance-environnement (U, N, N inversé), mais également sur le type de spécification économétrique et la forme de fonction à utiliser. La plupart des études faites sur la courbe de Kuznets recourent à l'utilisation de la spécification polynomiale sous forme linéaire, semi-log-linéaire ou log-linéaire (Grossman et Krueger (1991), (1995) ; Shafik (1994)¹³ ; Selden et Song

(1994) ; Holtz Eakin et Selden (1995) ; Stern et Common(2001)¹⁴ ; Dietz et Adger (2001)), mais ces modèles utilisent parfois d'autres fonctions pour infirmer ou confirmer l'existence de cette courbe. Ainsi, des spécifications non paramétriques qui évitent de préciser à priori la forme fonctionnelle de la relation entre les indicateurs environnementaux et le revenu sont utilisées par exemple dans l'étude de Nguyem Van (2003)¹⁵ relative aux pourcentages de terres protégées ainsi que dans le travail d'Azomahou et al. (2006)¹⁶ où ils les opposent à la spécification paramétrique en vue de l'analyse des émissions de CO₂ pour 100 pays durant la période 1960-1996. Cette dernière analyse conduit toutefois à favoriser l'approche non paramétrique qui a débouché sur une courbe croissante alors que la seconde a donné une courbe en U inversé. Galeotti et Lanza (1999)¹⁷ appliquent la théorie des tests d'hypothèses non imbriqués afin de lui permettre de choisir entre le modèle linéaire et log-linéaire, mais les inconvénients qu'ils soulèvent pour ces deux modèles les incitent cependant à rechercher des formes fonctionnelles alternatives en proposant à cet effet les fonctions Gamma et Weibull ce qui les conduisent à conclure que ces dernières doivent être préférées, sans ambiguïté, aux formes fonctionnelles habituelles. Ils notent aussi que l'avantage de ces relations fonctionnelles est l'interprétation des paramètres et la facilité de déterminer analytiquement les points de retournement de la courbe environnementale de Kuznets en utilisant les paramètres estimés.

Certaines études analysant l'existence d'une CEK pour le cas de l'Algérie utilisent en majorité des techniques de séries temporelles, pour étudier la cointégration des variables et la direction de la causalité, et aboutissent à différents résultats. Latifa et al. (2014)¹⁸ étudient le lien entre revenu et environnement en établissant une analyse de cointégration ainsi qu'une relation causale entre la croissance économique et les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) pour l'Algérie, au cours de la période 1965-2009 en utilisant la méthodologie ARDL. Les résultats montrent qu'il existe une relation de cointégration à long terme entre les émissions de CO₂ par habitant et le PIB par habitant. Le test de causalité de Granger, basé sur le modèle vectoriel de correction d'erreurs (VECM), présentait une causalité de Granger unidirectionnelle à court et long terme de la croissance économique aux émissions de CO₂, tandis que des preuves en faveur de la causalité de Granger à court terme n'ont pas été trouvées dans le cas de l'Algérie. Bélaïd et Youssef (2017)¹⁹ étudient la relation de causalité entre émissions de CO₂, la consommation d'électricité renouvelable, la consommation d'électricité non renouvelable et la croissance économique en Algérie en utilisant l'approche Autoregressive Distributed Lag Cointegration sur la période 1980-2012. Leurs résultats confirment l'existence d'une relation de cointégration à long terme entre les variables. A court terme, les résultats révèlent une relation de causalité unidirectionnelle allant du PIB à la consommation d'électricité non renouvelable, étayant l'hypothèse de conservation, c'est-à-dire que la consommation d'électricité est dictée par la croissance économique. Allali et al. (2015)²⁰ examinent le lien entre les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) par habitant et la croissance économique de la consommation d'énergie au cours de la période 1990-2100. L'étude vérifie qu'il existe une relation positive à long terme entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie électrique et l'utilisation de l'énergie. L'article prouve également la causalité bidirectionnelle entre émission de CO₂ et consommation électrique (modélisation de l'impact des émissions de CO₂ sur la production notamment en Algérie). Bouznit et Pablo-Romero (2016)²¹ analysent la relation entre les émissions de CO₂ et la croissance économique en Algérie, en tenant compte à la fois de la consommation d'énergie, de la consommation d'électricité, des exportations et des importations. La validité de l'hypothèse EKC, tout au long de la période de 1970 à 2010, est testée en utilisant le modèle Autorégressive Distributed Lag étendu pour introduire les points de rupture. Les résultats indiquent qu'une augmentation de la consommation d'énergie et de la consommation d'électricité augmente les émissions de CO₂ et que les exportations et les importations les affectent négativement et positivement, respectivement. Ils concluent par conséquent, qu'il est nécessaire de promouvoir les énergies renouvelables et les politiques d'efficacité énergétique. Des réformes réglementaires sont nécessaires pour faciliter les investissements étrangers indispensables pour mener ces politiques. De même, il peut être approprié de réduire les subventions pour les prix de l'énergie afin d'encourager l'efficacité énergétique.

Latifa et al. (2014) indiquent l'existence d'une relation en U inversé entre le PIB par tête et les émissions de CO₂ par tête à laquelle correspond un point de retournement de 2019,37 \$ (2000 USD constant) notant que ce point de retournement relativement faible est prévisible pour l'Algérie du fait qu'il s'agit d'un pays en développement et le PIB réel par habitant étant relativement faible par rapport aux pays développés. Bouznit et Pablo-Romero (2016) confirment l'existence de la courbe de Kuznets pour l'Algérie dans le cas des émissions de CO₂ mais soulignent toutefois que le tournant est atteint pour un niveau de revenu très élevé, le point de retournement est atteint pour une valeur du PIB réel par habitant supérieure de 252,5% à la valeur déjà atteinte en 2010. Il est clair que ces deux études aboutissent à des résultats qui divergent.

Pour récapituler, depuis les années 1990, une relation en forme de U inversé est détectée pour la croissance et certains indicateurs de pollution. La littérature s'est ensuite enrichie, tout en remettant en cause pour certaines d'entre elles la courbe de Kuznets sur le plan théorique, méthodologique et empirique. En effet, les études montrent que plusieurs formes peuvent exister pour la relation revenu-environnement et diverses explications et interprétations peuvent être données. Enfin loin de constituer une réalité absolue, l'hypothèse de Kuznets reste intéressante pour les pays en développement, qui sont amenés à traiter en parallèle d'autres préoccupations en matière notamment de chômage et de pauvreté.

Nous pensons que la courbe environnementale de Kuznets semble raisonnable, car il faut d'abord atteindre un certain niveau de bien-être social pour que les ménages songent à prendre en considération la question environnementale et à l'inclure dans la prise de décisions. Dans le cas contraire, l'environnement ne va passer pour une priorité sauf peut-être en cas d'un danger imminent sur l'économie, voire la vie. Mais, cela va être très difficile de compter seulement sur les consciences des individus ou sur les politiques gouvernementales pour réduire la pollution, surtout dans le cas d'un problème global qui nécessite la collaboration de plusieurs états. En effet, la concurrence économique, l'absence d'un effet immédiat et direct ainsi que l'apparition de nouveaux types de dépenses, vont constituer un vrai obstacle à l'atteinte de tout objectif environnemental. Pour nous, si le scénario de Kuznets est plausible, c'est seulement dans le cas où un progrès technique est suffisamment avancé au point d'améliorer l'efficacité des moyens de production dans les premiers temps, ensuite diversifier les sources d'énergie et de matière première, pour enfin mettre au point des processus de production moins polluants avec des coûts raisonnables favorisant ainsi l'abandon des méthodes traditionnelles. Tout cela va finir par rendre l'économie verte très concurrentielle, et par là, réduire les le prix environnemental de la croissance.

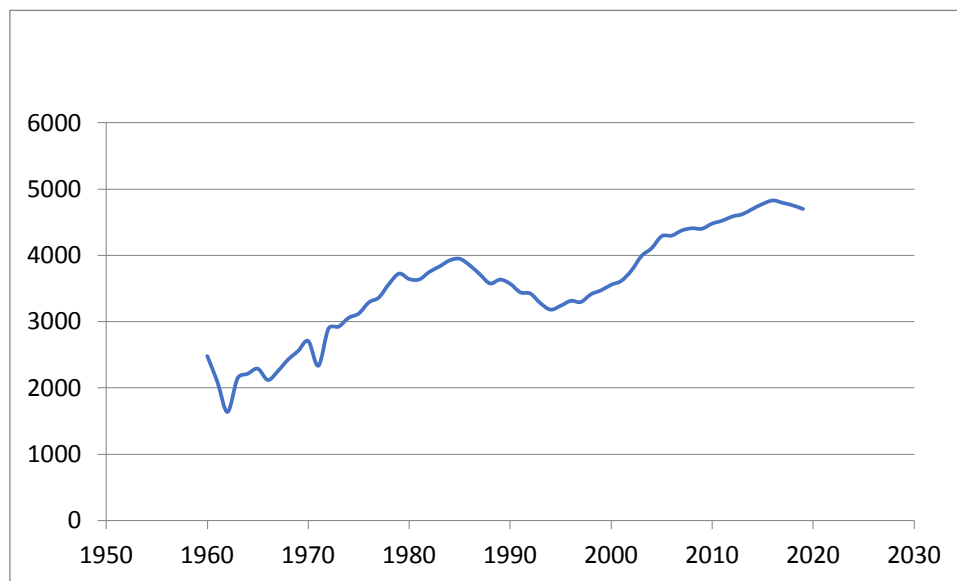
Il ne faut pas perdre de vue que malgré les coûts de la recherche et du développement qu'il faut supporter, ils restent négligeables devant le prix que la préservation de l'environnement va nous coûter dans l'état actuel, un prix qui risque de freiner complètement la croissance économique et menacer l'existence de l'homme sur terre.

Autrement dit, la croissance va permettre de pomper plus d'argent dans la recherche scientifique qui va finir par transformer notre économie en une économie de développement durable. Ajouter à cela le fait que les gens seront plus attentifs aux questions environnementales avec des revenus plus élevés.

Données et modèle économétrique

Nous envisageons d'étudier l'évolution d'un indicateur de dégradation environnementale, l'émission de CO₂ en fonction du revenu par habitant (PIB), dans le but de confirmer ou d'infirmer l'existence de la courbe environnementale de Kuznets pour le cas de l'Algérie. Les données qui seront utilisées proviennent de la base de données de la banque mondiale de 2020. Elles concernent l'évolution dans le temps des émissions de CO₂ mesurées en kilotonne et du produit intérieur brut par habitant mesuré en dollars constants de 2010 allant de 1960 jusqu'à 2019, ce qui constitue un intervalle plus ou moins important.

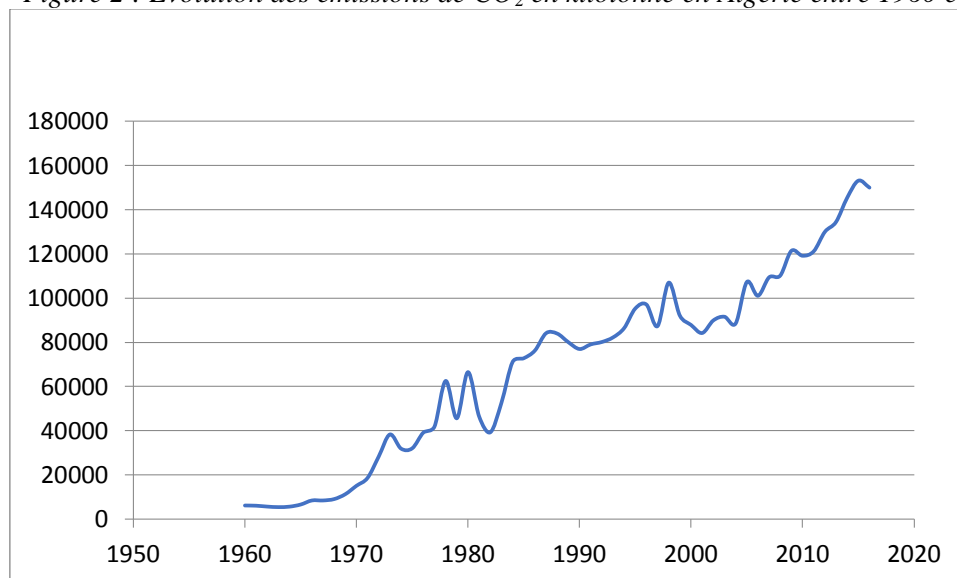
Figure 1 : Evolution du PIB par habitant (en dollars constants de 2010) en Algérie entre 1960 et 2019



Source : établi par les auteurs à partir des données de la Banque mondiale

Comme indiqué sur la figure (1), sur le long terme, on peut distinguer trois phases pour l'évolution du PIB par habitant en Algérie. La première phase, caractérisée par une augmentation linéaire, va s'étendre de 1960 jusqu'à 1986, année où les prix du pétrole brut ont chuté suite au contre choc pétrolier qui entraîna l'économie algérienne dans la deuxième phase avec la baisse du PIB par habitant qui atteint sa valeur minimale de 3165 dollars en 1994. A partir de cette année, l'Algérie entreprend des réformes structurelles marquant le passage d'une économie dirigée à l'économie de marché ce qui permet une reprise des performances économiques et un regain de l'évolution positive du PIB par habitant, ce qui correspond au début de la troisième phase.

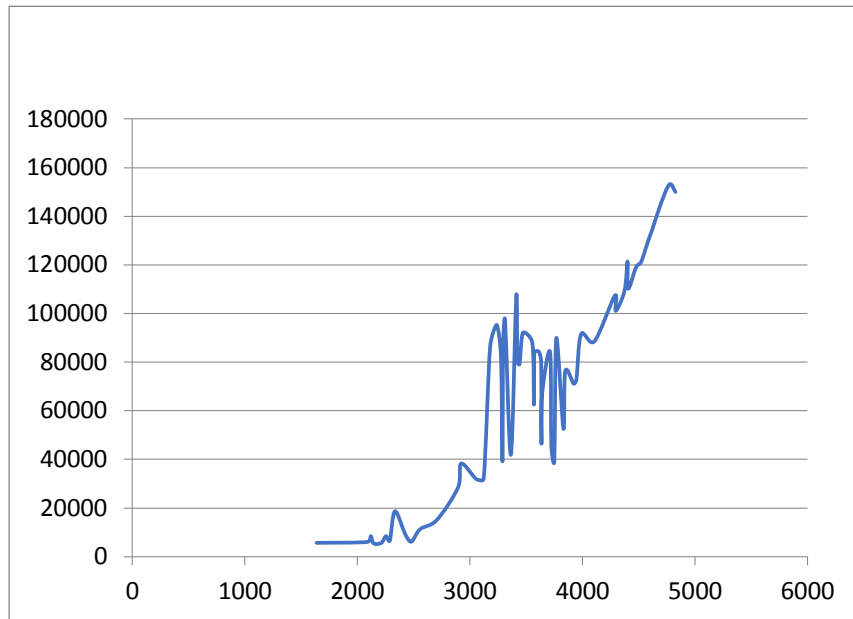
Figure 2 : Evolution des émissions de CO₂ en kilotonne en Algérie entre 1960 et 2016



Source : établi par les auteurs à partir des données de la Banque mondiale

A part certaines fluctuations de courtes durées, les émissions de CO₂ en Algérie ont toujours eu une tendance croissante au cours du temps comme peut le montrer la figure (2). Il est à souligner que cette croissance n'est pas vraiment affectée par la phase de diminution du PIB liée au contre choc pétrolier.

Figure 3 : La relation entre les émissions de CO₂ (en kilotonne) et le PIB par habitant (en dollars constants de 2010) en Algérie



Source : établi par les auteurs à partir des données de la Banque mondiale

La figure (3) met en évidence les liens entre les émissions de CO₂ et le PIB par tête en Algérie. On peut remarquer que, mis à part l'intervalle [3100\$,3800\$] caractérisée par des sauts considérables des émissions, cette relation est visiblement croissante.

A présent, essayons de modéliser cette relation, en s'appuyant sur un modèle qui se distingue des autres études faites sur l'Algérie par l'utilisation d'une spécification économétrique différente. En effet, notre choix s'est fixé sur l'usage d'une fonction de la forme

$$y = Ax^{\alpha} e^{\beta x} \tag{1}$$

où y représente les émissions de CO₂ et x le PIB par habitant¹, tandis que $A > 0$, $\alpha > 0$ et $\beta \in \mathbb{R}$ sont des paramètres réels. La propriété remarquable de cette fonction qui a attiré notre attention réside dans le fait que sa représentation graphique dans le domaine positif peut être une courbe croissante non bornée ou une courbe en forme de cloche admettant un pic, selon que le paramètre β soit supérieur à zéro ($\beta > 0$) ou inférieur à zéro ($\beta < 0$). Cette possibilité va nous permettre justement de vérifier la validité de l'hypothèse de la courbe en cloche (ou en U inversé) de Kuznets. Il est intéressant de souligner que dans le cas particulier où $\beta < -k$, $\alpha = 1/k$ et $A = k^k \Gamma(k)$, on retrouve la distribution de probabilités nommée la loi Gamma, donnée par

$$f(x; k, \lambda) = \frac{x^{k-1} e^{-\lambda x} \lambda^k}{\Gamma(k)}$$

où Γ est la fonction Gamma d'Euler tandis que λ et k sont des nombres réels strictement positifs.

La dérivation par rapport à x de l'expression (1) nous donne

¹Il ne faut perdre de vue que $x > 0$, car le PIB est positif.

$$\frac{dy}{dx} = A e^{-\alpha x} (1 - \beta x)$$

Dans le cas où notre courbe présente une forme en cloche ($\alpha > 0$), le point de retournement ($\frac{dy}{dx} = 0$) est atteint une fois que

$$x = \frac{1}{\beta} \tag{2}$$

Comme l'a déjà remarqué Galeotti et Lanza (1999), ce point est facilement calculable, ce qui représente un des avantages de l'utilisation d'une fonction de type Gamma. En remplaçant la valeur (2) dans (1), on obtient

$$y = A e^{-\alpha \left(\frac{1}{\beta}\right)} \tag{3}$$

Il est aussi très utile de déterminer les points d'inflexion de notre courbe en passant par la deuxième dérivée. En effet, d'après la condition $\frac{d^2y}{dx^2} = 0$, nous allons avoir l'équation $\beta^2 x^2 + 2\alpha\beta x + (\alpha^2 - \alpha) = 0$, d'où les deux points d'inflexion $x_1 = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha}}{\beta}$ situé avant la pic et $x_2 = \frac{-\alpha - \sqrt{\alpha}}{\beta}$ situé après le pic.

Afin de modéliser la relation entre les émissions et le PIB, nous allons utiliser l'équation (1), comme nous l'avons mentionné précédemment. Ainsi, le modèle à estimer sera de la forme non linéaire

$$\ln y = c + \alpha \ln x + \beta x + \epsilon \tag{4}$$

où $c = \ln A$ est une constante et ϵ est le terme représentant le résidu de notre régression.

Afin d'estimer les trois paramètres de la relation (4), nous avons fait recours à la méthode des moindres carrés ordinaire sous le logiciel Eviews. Le tableau (1) contient le résultat de l'estimation.

Tableau 1 : Résultat de l'estimation des paramètres

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-41.90129	10.26159	-4.083313	0.0001
X	-0.000994	0.000460	-2.161039	0.0351
LOG(X)	6.911171	1.457375	4.742204	0.0000
R-squared	0.863288	Mean dependent var		10.79028
Adjusted R-squared	0.858224	S.D. dependent var		1.022286
S.E. of regression	0.384923	Akaike info criterion		0.979647
Sum squared resid	8.000930	Schwarz criterion		1.087176
Log likelihood	-24.91993	Hannan-Quinn criter.		1.021436
F-statistic	170.4949	Durbin-Watson stat		0.847519
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : calculs réalisés avec le logiciel Eviews

A première vue, nous constatons que $c = -41.90129$, $\alpha = 6.911171$ et $\beta = -0.000994$. Il est clair que notre modèle est globalement significatif (Prob(F-statistic)=0,000000) et que ses trois

paramètres lesquels sont individuellement significatifs aussi. Le coefficient de détermination ajusté est égal à 0.858224, ce qui montre que l'équation que nous avons choisie pour la régression est bien adaptée pour décrire la relation entre l'émission de CO₂ et le PIB par tête.

3. Résultats et discussion

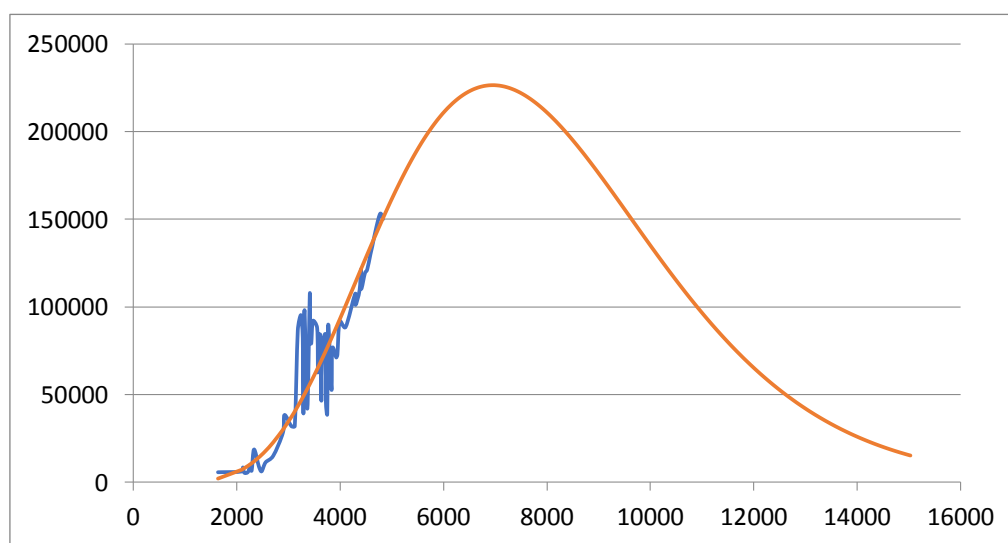
L'estimation de notre modèle nous a permis d'avoir pour résultat principal l'équation suivante

$$\ln y = - 41.90129 - 0.000994x + 6.911171 \ln x$$

La première chose à remarquer est le fait que le coefficient $\hat{\epsilon}$ est négatif (-0.000994), ce qui confirme dans le cas de l'Algérie, l'existence d'un point de retournement conformément à ce que préconise l'hypothèse environnementale de Kuznets. En effet, ce point est donné par la relation (2), ce qui nous permet de conclure que le PIB correspondant au niveau maximum de l'émission avoisine la valeur de **6950\$** constant de 2010. Ce maximum s'obtient à l'aide de la relation (3) et il est égal à **226400** kilotonnes de CO₂.

Le premier point d'inflexion situé avant le pic correspond à la valeur **4310\$**. Cette valeur du PIB par habitant sépare une phase où les émissions en CO₂ augmentent rapidement et une autre phase où la vitesse d'augmentation des émissions va diminuer pour s'annuler quand le PIB par habitant arrivera à la valeur correspondant au pic des émissions. D'après notre modèle ce point est déjà atteint, ce qui constitue une route vers la réalisation du scénario du Kuznets dans le cas de l'Algérie.

Figure 4 : Comparaison des observations (en bleu) avec les valeurs estimées (en rouge).



Source : établi par les auteurs à partir des données de la Banque mondiale et de notre modèle

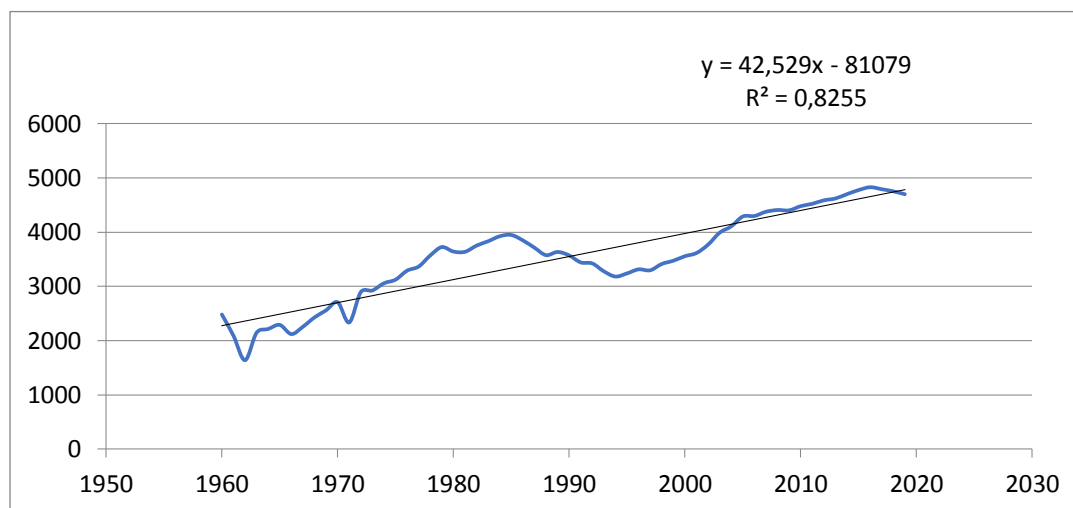
La valeur de **6950\$** relative au pic, est relativement faible par rapport aux valeurs prédites dans le cas des pays développés, conformément aux affirmations de certaines études (Latifa et al. (2014), Al Sayed et Sek (2013)²²). Cela peut être expliqué par le fait que l'Algérie étant un pays actuellement en voie de développement, importateur de technologies, donc, bénéficiaire de nouveaux procédés moins polluant de l'environnement grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique (produire plus d'énergie avec moins d'émission). Autrement dit, le temps que l'Algérie développe son industrie et augmente la taille de son économie, donc son niveau de PIB, les technologies vertes auront déjà atteint une efficacité significative en termes de réduction des émissions.

Ce niveau de PIB reste tout de même largement significatif pour un pays jeune comme l'Algérie, puisqu'il lui a fallu une cinquantaine d'année pour passer de 2000\$ à 4800\$ PIB par

habitant. En supposant que la croissance de l'économie algérienne va suivre la même tendance, une régression linéaire simple sur Excel de l'évolution du PIB par habitant « x » dans le temps « t », nous permet d'avoir la relation

$$x = 42,52 t - 81\ 079.$$

Figure 5 : Modélisation linéaire de l'évolution du PIB par habitant dans le temps.



Source : établi par les auteurs à partir des données de la Banque mondiale

Donc, $x=6950\$$ correspond à l'année $t=2070$, ce qui montre qu'il faut attendre encore cinquante ans pour atteindre le point de retournement.

4. Conclusion

L'Algérie est l'un des pays en développement qui ont pris l'initiative de signer en 1993 la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et ayant adhéré au protocole de Kyoto en 2004, ce qui témoigne de sa volonté de participer aux efforts fournis au niveau international pour lutter contre les répercussions néfastes des changements climatiques et cela à travers la réduction des émissions de CO₂. Notre étude nous a permis de montrer qu'une courbe environnementale de kuznets existe pour le cas de l'Algérie, ce qui nous indique que pour s'impliquer dans l'effort de réduction des émissions de CO₂, l'Algérie doit encourager des politiques de développement économique favorables pour hausser les niveaux de revenus par habitants à des niveaux qui avoisinent 6950\$ correspondant au point de retournement de la courbe de Kuznets. Ce point de retournement est relativement faible par rapport aux points de retournement observés dans les pays développés pour un polluant d'envergure internationale tel que le CO₂, car l'Algérie peut disposer de l'avantage d'utiliser des technologies importées, à la fois, plus performantes et moins émettrices de polluants.

Nos résultats rejoignent, à cet effet, les études antérieures qui vérifient l'existence d'une éventuelle relation en U inversé entre la dégradation de l'environnement et le niveau de développement des pays impliquant, la possibilité d'un développement durable fondé sur la croissance économique et l'augmentation des revenus par habitant. Cette hypothèse est par ailleurs, soutenue par l'idée d'un changement dans les structures des économies (Grossman et Krueger (1991,1995) ; Shafik et Bandhyopadhyay (1992) ; De Bruyn et al. (1998)²³ ; Dinda et al. (2000)²⁴ ; Hettige et al. (2000)²⁵) à travers la tertiarisation de l'économie et l'utilisation de techniques plus propres et plus efficaces par rapport à la consommation des ressources, ce qui peut justifier la phase descendante de la courbe de Kuznets. A cela, s'ajoute le fait qu'après un certain niveau de revenu, la volonté de payer pour un environnement propre augmente d'autant plus que le revenu (Roca, 2003)²⁶. L'environnement serait ainsi un « bien de luxe », c'est-à-dire un bien dont la demande

augmente avec le revenu (à l'instar de la santé ou des loisirs). L'existence d'institutions efficaces et une réglementation plus stricte devraient aussi réduire les atteintes environnementales et éventuellement atteindre le niveau d'inflexion plus tôt.

Nous pouvons plaider pour conclure en faveur de l'adoption de politiques économiques privilégiant l'accumulation de richesses en vue d'atteindre rapidement le seuil de retournement des émissions de CO₂, puisque la demande d'un environnement plus salubre prendrait de l'importance au fur et à mesure de l'augmentation des niveaux de vie. Les questions les plus urgentes en matière de chômage et de pauvreté pourront être traitées avec des revenus plus élevés, ce qui permettra après aux individus de stimuler la demande pour environnement de qualité. En effet, notre étude nous a permis de constater que lorsque le revenu augmente, les émissions de CO₂ progressent également, dans un premier temps, jusqu'à atteindre le seuil de **6950\$** constant de 2010, où elles vont commencer à diminuer avec une proportion plus grande que celle du revenu. Ainsi, selon notre modèle l'Algérie n'a pas à se soucier de l'environnement dans le processus de croissance, car la courbe des émissions va s'inverser d'elle-même avec l'augmentation des revenus.

Il est ainsi très intéressant de mener des études plus approfondie dans le sens de la recherche du facteur pouvant expliquer le point de retournement pour le cas de l'Algérie en faisant par exemple recours à l'examen des impacts microéconomiques des préférences des consommateurs sur l'environnement ou encore à l'étude des effets dans les structures de production sur la pollution et le rôle que peuvent jouer des institutions plus efficaces.

Références

- ¹ Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth*. New York, 102, 27.
- ² Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: "our common future"*. United Nations.
- ³ Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement* (No. w3914). National Bureau of Economic Research.
- ⁴ Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- ⁵ Berrens, R. P., Bohara, A. K., Gawande, K., & Wang, P. (1997). Testing the inverted-U hypothesis for US hazardous waste: An application of the generalized gamma model. *Economics Letters*, 55(3), 435-440.
- ⁶ Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- ⁷ Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence* (Vol. 904). World Bank Publications.
- ⁸ Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.
- ⁹ Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development* (No. 992927783402676). International Labour Organization.
- ¹⁰ Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ... & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- ¹¹ Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
- ¹² Roberts, J. T., & Grimes, P. E. (1997). Carbon intensity and economic development 1962–1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve. *World development*, 25(2), 191-198.

- ¹³ Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford economic papers*, 757-773.
- ¹⁴ Stern, D. I., & Common, M. S. (2001). Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 162-178.
- ¹⁵ Van, P. N. (2003). A semiparametric analysis of determinants of a protected area. *Applied Economics Letters*, 10(10), 661-665.
- ¹⁶ Azomahou, T., Laisney, F., & Van, P. N. (2006). Economic development and CO 2 emissions: a nonparametric panel approach. *Journal of Public Economics*, 90(6), 1347-1363.
- ¹⁷ Galeotti, M., & Lanza, A. (1999). Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries. *Energy Policy*, 27(10), 565-573.
- ¹⁸ Latifa, L., Yang, K., & Xu, R. R. (2014). Economic growth and CO 2 emissions nexus in Algeria: a cointegration analysis of environmental Kuznets curve. *Int. J. Econ*, 4, 1-14.
- ¹⁹ Bélaïd, 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.
- ²⁰ Allali, K., Azzag, E. B., & Labar, H. (2015). Techno-economic Analysis of a Wind-Diesel Hybrid Power System in the South Algeria. *International Journal of Renewable Energy Development*, 4(2), 137.
- ²¹ Bouznit, M., & Pablo-Romero, M. D. P. (2016). CO 2 emission and economic growth in Algeria. *Energy Policy*, 96, 93-104.
- ²² Al Sayed, A. R., & Sek, S. K. (2013). Environmental Kuznets Curve: Evidences from. *Applied Mathematical Sciences*, 7(22), 1081-1092.
- ²³ De Bruyn, S. M., van den Bergh, J. C., & Opschoor, J. B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161-175.
- ²⁴ Dinda, P. A., & O'hallaron, D. R. (2000). Host load prediction using linear models. *Cluster Computing*, 3(4), 265-280.
- ²⁵ Hettige, H., Mani, M., & Wheeler, D. (2000). Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. *Journal of development economics*, 62(2), 445-476.
- ²⁶ Roca, J. (2003). Do individual preferences explain the Environmental Kuznets curve?. *Ecological Economics*, 45(1), 3-10.