Revue Française d'Economie et de Gestion
ISSN : 2728- 0128
Volume 4 : Numéro 1

Impact de la croissance économique sur les émissions de N_2O : Evidence empirique pour le Maroc

Impact of economic growth on N_2O emissions: Empirical evidence for Morocco

Salsabil YACOUR
Doctorante
Université Mohammed V de Rabat, FSJES Souissi
Université de Lille
Maroc-France
LEAM - LEM
Salsabil.yacour@gmail.com

Date de soumission : 07/12/2022
Date d'acceptation : 10/01/2023
Pour citer cet article :
YACOUR.S. (2023) «Impact de la croissance économique sur les émissions de N_2O : Evidence empirique pour le Maroc», Revue Française d'Economie et de Gestion«Volume 4 : Numéro 1 » pp : 27 – 43.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Résumé

Cet article vise à examiner la validité empirique du lien entre les émissions de l'oxyde nitreux (N_2O) et le revenu par habitant. En utilisant l'approche du modèle à retard échelonné (ARDL) et des données annuelles couvrant la période 1970-2017, nous étudions cette relation bien connue en théorie économique sous le nom de courbe environnementale de Kuznets (CKE) dans le cas du Maroc. Les résultats démontrent la non présence de l'hypothèse de la CKE pour les émissions de N_2O. La population, l'ouverture commerciale et la consommation d'énergie sont significativement positives, démontrant leurs impacts positifs sur l'augmentation des émissions de N_2O. Ainsi, pour un pays en développement comme le Maroc, la croissance économique détermine le niveau des émissions polluantes. Cela implique qu'une politique environnementale pourrait être mise en œuvre sans affecter négativement la croissance économique.

Mots clés : Modèle ARDL ; Test de cointégration ; Croissance économique; Consommation d'énergies renouvelables et de combustibles fossiles.

Abstract

This paper aims to examine the empirical validity of the link between Nitrous Oxide (N_2O) emissions and income per capita. Using Autoregressive distributed lag approach (ARDL) and annual data covering the period 1970-2017, we investigate this relation well known in economic theory as the environmental Kuznets curve (EKC) in the case of Morocco. The results demonstrate the non-existence of the environmental kuznets curve hypothesis for N_2O emissions. Population, trade openness and energy consumption are significantly positive, demonstrating their positive impacts on increasing N_2O emissions. Therefore, for a developing country such as Morocco, economic growth determines the level of pollutant emissions. This implies that an environmental policy could be implemented without negatively affecting economic growth.

Keywords : ARDL model; Cointegration test; Economic growth; Renewable energy and Fossil Fuel consumption.

Introduction

Depuis le protocole de Kyoto, de nombreux chercheurs se sont préoccupées par les questions environnementales. En effet, c'est la détérioration de la qualité de l'environnement qui a fait l'objet de ce regain d'intérêt pour les effets environnementaux sur la croissance économique mondiale. Il est de plus en plus évident que le réchauffement) climatique, et en particulier la hausse des températures, a un impact profond sur la productivité économique (Burke et al., 2015). En outre, l'action climatique a incité les décideurs à approfondir les causes de la détérioration du climat. Il a été prouvé par plusieurs chercheurs que les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont l'un des principaux facteurs affectant le changement climatique, et elles n'ont cessé d'augmenter au cours des dernières décennies. Le dioxyde de carbone est le gaz le plus abondant émis par les activités humaines qui, à lui seul, est responsable des deux tiers de l'effet de serre. Il est une source d'énergie pour: la production d'électricité dans les centrales thermiques, le transport routier et aérien et de nombreuses autres productions. Bien que la concentration de protoxyde d'azote soit nettement inférieure à celle du dioxyde de carbone, il s'agit d'un GES important, en raison de sa masse équivalente (Del Grosso & Parton, 2012). En outre, c'est la principale substance appauvrissant la couche d'ozone dans la stratosphere (Ravishankara et al., 2009). Les principales sources de comprennent les activités agricoles et la combustion de combustibles fossiles (Sinha & Bhattacharya, 2016). L'activité humaine a considérablement modifié le processus du cycle de l'azote, principalement en augmentant sa quantité dans la biosphère par l'utilisation d'engrais azotés et la culture de plantes fixatrices d'azote (Del Grosso & Parton, 2012). Au Maroc, l'augmentation des émissions est de plus de 75% sur la période 1990-2017 et reste élevée en moyenne dans les pays à revenu intermédiaire inférieur. Il occupe la troisième place en Afrique du Nord en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, le Maroc représente un cas d'étude pertinent pour examiner l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale.

Par conséquent, il est essentiel de comprendre comment le problème du changement climatique aura un impact sur la croissance économique et le développement d'une région. Ce phénomène peut être expliqué théoriquement par l'hypothèse de la CKE, qui illustre la relation entre le revenu et la dégradation de l'environnement. De type similaire à la courbe de Kuznets originale (Kuznts, 1955), la CKE représente une relation en forme de U inversé entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement (Grossman & Krueger, 1991).

Selon cette hypothèse, lorsque le revenu augmente dans les premiers stades du développement économique, les émissions de polluants augmentent, mais au-delà d'un certain seuil de revenu, elles commencent à diminuer (Balsalobre-Lorente et al., 2018).

Ceci s'explique par le fait que la dégradation initiale de l'environnement se fait au prix d'un fort épuisement des ressources pour une demande croissante des consommateurs. S'ensuit une phase dite "Richer is Greener", dans laquelle les personnes disposant de revenus croissants peuvent désormais investir, s'offrir et adopter des technologies propres, réduisant ainsi la dégradation de l'environnement (Shahbaz et al., 2014).

Il existe une littérature restreinte sur l'hypothèse de la CKE en ce qui concerne les emissions polluantes. Étant donné l'importance de ce pollutant (Oxyde Nitreux) et son impact sur le changement climatique et l'effet de serre, il est essentiel d'examiner le comportement conjoint et évolutif des émissions et de la croissance économique afin de concevoir une politique énergétique structurée (Narayan & Narayan, 2010). Dans ce contexte, il est nécessaire de mentionner que la croissance économique atteinte par les pays développés et en développement dans le monde entier dépend principalement des solutions énergétiques basées sur les combustibles fossiles, et en raison de l'essor de l'industrialisation, les activités agricoles sont réduites (Van der Linden, 2018).

A ce propos, quell est l'impact de la croissance économique sur la qualité environnementale et particulièrement sur les emissions dOxyde Nitreux? L'objectif de ce travail est de tester l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale pour le Maroc en reprenant l'étude réalisée par (Ul Haq et al, 2016) et (Sinha & Sengupta, 2019). Dans ce sens, nous étudierons d'une part, l'impact de la croissance économique sur les émissions et l'impact d'autre part de la croissance économique et du mix énergétique sur les émissions. Le reste de l'article est organisé comme suit: La section 2 présente une étude de la littérature empirique sur l'hypothèse de la CKE. La section 3 présente la description des données et la méthodologie économétrique utilisée. La section 4 présente les résultats obtenus et la section 5 conclut le document et révèle les principales conclusions.

1. Revue de littérature

L'enrichissement de la population s'accompagne généralement d'une demande pour un environnement plus sain. (Renforcement des normes d'amélioration de la qualité de l'environnement dans certaines zones). Ce constat a conduit à l'hypothèse suivante : la croissance serait néfaste pour l'environnement dans les premiers stades du développement ; puis, au-delà d'un certain seuil de revenu par habitant, la croissance conduirait à une

amélioration de la qualité de l'environnement (Balsalobre-Lorente et al., 2018), (Alam et al., 2016). Cela pourrait s'expliquer par le fait que, dans un premier temps, la dégradation de l'environnement se produit au prix d'une utilisation excessive des ressources naturelles pour répondre à la demande croissante des consommateurs.

Plusieurs études ont été menées pour examiner l'hypothèse de la CKE. (Apergis & Payne, 2009), (Jalil & Mahmud, 2009), (Pao & Tsai, 2010), (Nasir & Rehman, 2011), (Kanjilal & Ghosh, 2013), (Shahbaz et al., 2014) ont soutenu l'hypothèse de la CKE. En revanche, des études telles que (Akbostancı et al., 2009) et (Ozturk & Al-Mulali, 2015) n'ont pas validé la courbe de Kuznets environnementale.

(Ul Haq et al., 2016) a tenté d'examiner la relation entre le revenu par habitant, les émissions de carbone, la consommation d'énergie et l'ouverture commerciale pour le cas du Maroc. La période d'étude est comprise entre 1971 et 2011. Suite à cette étude, ils ont déduit en utilisant la méthode de cointégration, qu'il existe une relation de long terme entre lesdites variables. En effet, la consommation d'énergie a contribué à la détérioration de la qualité de l'environnement à long et à court terme. Ainsi, ils ont également conclu que l'ouverture commerciale a un impact négatif sur les émissions de carbone. Par conséquent, l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale n'est pas vérifiée même s'il existe une relation de causalité entre le revenu et les émissions de carbone. Ainsi, ils ont déduit que le Maroc peut améliorer la qualité de l'environnement en réduisant les émissions de carbone sans perturber le système économique.

(Meng & Huang, 2018) ont effectué une analyse sur les relations entre la croissance économique et les émissions dans les villes chinoises en utilisant des modèles spatiaux de Durbin. Leurs résultats montrent que les émissions augmentent de manière monotone par rapport à la croissance économique des villes et que les effets moteurs de la croissance économique sont légèrement moins importants dans le centre de la Chine que dans l'est et l'ouest du pays. En outre, la part de l'industrie dans l'économie est un facteur majeur des émissions, tandis que l'amélioration technologique, mesurée par l'intensité énergétique par unité de produit intérieur brut (PIB) et l'efficacité de la gouvernance aplatissent la forme de la courbe environnementale de Kuznets. (Ozturk & Acaravci, 2013) ont testé l'hypothèse de la CKE pour la Turquie en utilisant des données sur les émissions de carbone, le revenu, l'énergie, l'ouverture commerciale et le développement financier. Cette étude a couvert une période allant de 1960 à 2007. Ils ont appliqué le test de causalité de Granger basé sur un modèle de correction des erreurs. Ils ont trouvé des résultats significatifs de la relation à long terme entre lesdites variables. Par conséquent, la CKE a été confirmé pour le cas de la Turquie.

(Al-Mulali et al., 2015) ont examiné la courbe de Kuznets environnementale pour le Kenya au cours de la période 1980-2012. Pour ce faire, ils ont utilisé l'approche ARDL. Ils ont conclu que la consommation d'énergie fossile, le revenu, l'urbanisation et l'ouverture commerciale augmentent les émissions à long et à court terme. En revanche, les énergies renouvelables atténuent la pollution atmosphérique à long et à court terme, de même que le développement financier. Ainsi, ils ont vérifié l'hypothèse de la courbe de Kuznets pour le Kenya.

(Zambrano-Monserrate & Fernandez, 2017) ont analysé la relation entre les émissions d'oxyde nitreux, le revenu, l'utilisation des terres agricoles et les exportations. Leur étude s'est concentrée sur le cas de l'Allemagne durant la période 1970-2012 en utilisant le modèle ARDL. Ils ont conclu que la courbe de Kuznets environnementale est vérifiée pour ce pays et que l'atténuation des émissions affecte la croissance économique en Allemagne. Ainsi, les autorités peuvent entreprendre n'importe quelle politique de réduction des émissions polluantes sans avoir de conséquences sur le secteur économique. (Murshed et al., 2020) testent la viabilité de la CKE pour le Bangladesh durant la période 1972-2018. Ils ont essayé de tester l'impact de la consommation d'énergie, de l'utilisation des terres agricoles, du taux de croissance de la population sur les propensions à la déforestation. En utilisant l'approche ARDL, ils ont validé l'hypothèse de la CKE pour ce pays induite par la déforestation. Les estimations des élasticités ont montré que la consommation d'énergie ne favorise les activités de déforestation qu'à long terme. En somme, les résultats indiquent qu'il existe un compromis entre la croissance économique et la qualité de l'environnement pendant les premières étapes de la croissance économique au Bangladesh.

En revanche, (Ozturk & Al-Mulali, 2015) ont essayé d'examiner la viabilité de la courbe de Kuznets environnementale pour le cas du Cambodge pendant la période 1996-2012. La période d'étude étant courte, l'approche utilisée est la méthode des moments généralisés (GMM) et des moindres carrés en deux étapes. Leur étude a montré que le PIB, l'urbanisation, la consommation d'énergie et l'ouverture commerciale augmentent les émissions. Cependant, le contrôle de la corruption et de la gouvernance peut réduire les émissions de dioxyde de carbone. En bref, ils ne confirment pas la validité de l'hypothèse de la CKE. (Jebli & Youssef, 2017) ont examiné les liens de causalité dynamiques entre les émissions de dioxyde de carbone, la valeur brute réelle du produit intérieur de consommation (PIB), la consommation de combustibles d'énergie renouvelable et de déchets, et le transport maritime et ferroviaire en Tunisie couvrant la période 1980-2011. Un modèle autorégressif et des tests de causalité de Granger sont utilisés pour étudier les relations à court et long terme entre les variables. Les résultats empiriques

suggèrent une causalité bidirectionnelle à court terme entre les émissions et le transport maritime, et une causalité unidirectionnelle allant du PIB réel aux carburants renouvelables et à la consommation de déchets, du transport ferroviaire aux émissions. Les estimations à long terme montrent que le PIB réel contribue à la réduction des émissions, tandis que les combustibles renouvelables et la consommation de déchets, ainsi que le transport maritime et ferroviaire ont un impact positif sur les émissions.

2. Données et méthodologie de recherche

Les données proviennent principalement des bases de données de la Banque mondiale (https://datatopics.worldbank.org) et de l'Agence internationale de l'énergie (www.iea.org) ainsi que du Statistical Review of World Energy (www.bp.com). La pluralité des bases de données est due à l'extension de la période d'étude. Le revenu est indiqué par le PIB par habitant et est calculé en divisant le PIB de l'année respective par la série de population totale. Le PIB est mesuré en dollars américains courants. L'indice d'ouverture commerciale est calculé en utilisant le rapport entre les exportations et les importations et le PIB. Il est utilisé comme un indicateur du commerce extérieur. L'oxyde nitreux représente les émissions en tonnes métriques par habitant, qui représentent la dégradation de l'environnement. La population est la densité de la population totale. La consommation d'énergie renouvelable (REN) indique les énergies renouvelables. Fossil désigne les combustibles fossiles.

L'approche utilisée dans ce travail pour déterminer le type de relation entre les émissions des deux polluants et le revenu par habitant est la cointégration. Elle représente une propriété statistique des séries temporelles. Elle permet de détecter la relation à long terme entre deux ou plusieurs séries temporelles. Sa formalisation rigoureuse est due à (Engle & Granger, 1987), (Johansen & Juselius, 1990). Nous allons également appliquer l'approche du test des limites pour déterminer le nombre de relations de cointégration. Pour ce faire, nous commencerons par examiner la possibilité que la série soit intégrée en testant la stationnarité du terme d'erreur de la relation de long terme. Ensuite, nous allons étudier la stationnarité de l'ensemble des séries en utilisant les deux tests: Augmented Dickey Fuller (ADF) et Phillips et Perron (PP), et nous appliquerons le test de Johansen. Enfin, nous examinerons la relation à long terme et à court terme dans le cadre d'un modèle ARDL afin de tester l'hypothèse de la CKE.

Nous considérons la spécifications du modèle incorporant les variables suivantes: le revenu (PIB par habitant), la consommation d'énergie renouvelable (REN), le combustible fossile, (Fossil) sont considérés comme les proxy de la croissance économique; l'ouverture commerciale (TO) est considérée comme le proxy du développement technologique; et la

population (Pop) est le proxy de la densité de population. De ce qui est mentionné ci-dessus, les modèles temporels empiriques à tester dans cette étude sont les suivants pour un t donné.

$$Log(\mathrm{N_2}O)_t = \alpha_0 + \alpha_1 Log(GDP)_t + \alpha_2 Log(GDP)_t^2 + \alpha_3 Log(TO)_t + \alpha_4 Log(Pop)_t + \alpha_5 Log(Fossil)_t + \alpha_6 Log(REN) + \epsilon'_t \quad (3)$$

Selon l'hypothèse de la CKE, le coefficient α_1 doit être de signe positif et le coefficient α_2 prévu d'avoir un signe négatif. En même temps, le fait que le coefficient soit significatif et négatif signifie qu'il existe un point d'inflexion sur la courbe. À ce point, l'augmentation de la croissance économique commence à réduire les émissions de l'oxyde nitreux. Cependant, lorsque le coefficient α_2 n'est pas significatif, les émissions de l'oxyde nitreux augmentent de façon monotone.

Quant au signe attendu de la variable explicative énergie, son coefficient devrait être négatif puisque la production d'énergie à partir de ressources renouvelables remplace les émissions de gaz à effet de serre résultant de la combustion de combustibles fossiles. De plus, il est généralement admis que les ressources énergétiques renouvelables réduisent les impacts de l'approvisionnement énergétique sur l'environnement et la santé humaine. L'ouverture commerciale pourrait influencer la qualité de l'environnement par trois canaux (effet de composition, effet technique et effet d'échelle (Bo, 2011).

Pour examiner la relation à long terme entre les variables, il existe de nombreuses approches de cointégration dans la littérature existante. A titre d'illustration, (Engle & Granger, 1987) se base sur une procédure en deux étapes, (Johansen & Juselius, 1990) utilise le maximum de vraisemblance à information complète et (Stock & Watson, 1993) applique les moindres carrés ordinaires dynamiques qui exigent que toutes les séries soient intégrées au même ordre d'intégration. Ces approches de la cointégration ne donnent pas de bons résultats pour les petits échantillons et nécessitent de grands échantillons de données pour une preuve empirique efficace (Gonzalo & Lee, 1998). Cependant, récemment, une nouvelle approche de la cointégration a été trouvée par (Pesaran & Tosetti, 2011), à savoir la méthode ARDL (autoregressive distributed lag), également connue sous le nom de test de Bounds, qui modifie cette contrainte. La méthodologie ARDL permet aux régresseurs d'être stationnaires en niveaux (I(0)) ou en première différentiation (I(1)). En raison de cette commodité, la méthode ARDL a été utilisée dans plusieurs études. Ainsi, cette technique a été utilisée pour obtenir la relation de long terme entre les séries. Avant de présenter les modèles associés à cette approche, considérons la notation des variables suivantes:

Table 1. Notation des variables

Variables	Notation
Variable à expliquer	
Log Nitrous Oxide Emissions (N_2O)	Y_1
Variables explicatives	
Log(GDP)	X_1
Log(GDP)^2	X_2
Log(TO)	X_3
Log(Pop)	X_4
Log(Fossil)	X_5
Log(REN)	X_6

En suivant (Sinha & Sengupta, 2019), l'approche ARDL correspondant au modèle des emissions de N_2O pourrait être représentée comme suit :

$$\begin{aligned}\Delta Y_{1_t} &= \beta_0 + \sum_{t=1}^{P} b_{11}\,\Delta Y_{1_{t-1}} + \sum_{t=1}^{P} b_{21}\,\Delta X_{1_{t-1}} + \sum_{t=1}^{P} b_{31}\,\Delta X_{2_{t-1}} + \sum_{t=1}^{P} b_{41}\,\Delta X_{3_{t-1}} + \sum_{t=1}^{P} b_{51}\,\Delta X_{4_{t-1}} \\ &+ \sum_{t=1}^{P} b_{51}\,\Delta X_{7_{t-1}} + \sum_{t=1}^{P} b_{61} + \gamma_1 Y_1 t - 1 + \gamma_2 X_{1_t} + \gamma_3 X_{2_{t-1}} + \gamma_4 X_{3_{t-1}} \\ &+ \gamma_5 X_{4_{t-1}} + \gamma_6 X_{5_{t-1}} + \mu_t,\end{aligned} \tag{5}$$

Pour examiner la relation à long terme entre les variables, nous allons étudier le test ARDL Bounds. Selon ce test, l'hypothèse nulle implique la non-présence d'une relation de cointégration contre l'hypothèse alternative indiquant la présence d'une relation de cointégration entre les séries. Théoriquement, le test des bornes doit être effectué sur des variables en niveau et non sur des variables différenciées. Si les statistiques F calculées sont supérieures à la valeur critique de la borne supérieure I(1), nous pouvons conclure qu'il existe une relation de cointégration. En d'autres termes, il existe une relation à long terme entre les séries et nous rejetons donc l'hypothèse nulle de non cointégration. Si les statistiques F calculées sont inférieures à la valeur critique de la borne inférieure I(0), nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de relation de cointégration et donc, nous acceptons l'hypothèse nulle.

3. Résultats empiriques et discussions

Les résultats des tests de stationnarité montrent que toutes les variables deviennent stationnaires uniquement en première différence et non en niveau, à l'exception de la densité de population

qui est stationnaire en niveau et manifestement en première différence. Ces résultats sont présentés dans le tableau 2. Le test de Dickey et Fuller augmenté (test ADF) pour détecter la présence d'une racine unitaire pour les processus de type AR. L'hypothèse nulle de ce test est l'hypothèse de la présence d'une racine unitaire. Ce test consiste à comparer la valeur estimée du t-student avec les valeurs tabulées de cette statistique. Les valeurs critiques de cette statistique sont données par (MacKinnon, 1996). L'hypothèse nulle de non-stationnarité de la série temporelle est rejetée au niveau de 5% lorsque la valeur observée du t-student est inférieure à la valeur critique tabulée par (MacKinnon, 1996) .

(Perron & Phillips, 1987) ont proposé un autre test (test PP) pour détecter la non-stationnarité d'une série temporelle. Ce test est une adaptation non paramétrique du test de Dickey et Fuller. L'hypothèse nulle du test est, comme pour le test DF, la présence d'une racine unitaire. On peut donc en déduire que les variables sont intégrées de même ordre. Il y a donc un risque de cointégration. Ensuite, on choisit le lag optimal en utilisant les critères d'information SC et AIC et HQ.

Table 2. Test de racine unitaire pour le modèle d'emission de N_2O

	PP test		ADF test	
Variables	En niveau	En première différence	En niveau	En première différence
N_2O	-0.358	-6.661	-0.254	-4.353
GDP	-2.111	-5.136	-2.168	-3.567
GDP²	-1.782	-5.36	-1.795	-3.704
REN	-4.746	-11.24	-3.574	-7.121
Fossil	-2.045	-7.023	-2.077	-4.847
TO	-1.369	-7.148	-1.747	-5.52
Pop	-6.368	-0.752	-1.831	-1.657

Après avoir déterminé le ratio optimal à travers les critères d'information, nous avons procédé à l'identification du nombre de relation de cointégration à travers le test de Johansen (Johansen & Juselius, 1990). Ce test peut être effectué en utilisant le test de trace ou le test d'Eigen. En outre, nous pouvons effectuer le test des limites pour identifier les relations de cointégration possibles. Cette méthode est fortement recommandée pour les modèles étudiant des données courtes ((Burke et al., 2015) ; (Shahbaz et al., 2014)). Les résultats du test de trace de cointégration (Ullah et Khan, 2020) pour les deux modèles étudiés sont présentés dans le

tableau 3.Pour démontrer l'existence d'une ou plusieurs relations de cointégration, nous avons utilisé le test de trace de Johansen. La valeur de ce test doit être supérieure à la valeur critique au niveau de 5%. Si c'est le cas, alors nous rejetons l'hypothèse nulle de non cointégration des séries et nous acceptons l'hypothèse alternative de la présence de cointégration. Dans les deux tableaux du test de trace de Johansen, nous remarquons qu'il existe au moins quatre relations de cointégration pour le modèle des émissions de N_2O.

Table 3 : Test de Trace de cointégration

Hypothèse	Statistique de Trace	10% critical value	5% critical value	1% critical value
$r \leq 6$	5.37	6.50	8.18	11.65
$r \leq 5$	27.32**	15.66	17.95	23.52
$r \leq 4$	61.51**	28.71	31.52	37.22
$r \leq 3$	107.02**	45.23	48.28	55.43
$r \leq 2$	159.47**	66.49	70.60	78.87
$r \leq 1$	247.06**	85.18	90.39	104.20
$r = 0$	344.71**	118.99	124.25	136.06

Sources: Calcul de l'auteur

Note: ** indique le rejet de l'hypothèse au niveau de 5%.

Les valeurs du test sont supérieures à celles des valeurs critiques au seuil de 5%. Le tableau 4 nous montre également qu'il existe bien une relation de cointégration. La valeur statistique de F est supérieure à la valeur critique de la limite supérieure I(1). Selon ce résultat, nous pourrons déduire qu'il existe une relation de long terme entre les variables utilisées dans le modèle que nous devons estimer.

Table 4. Résultats du test de cointégration de Bounds

Modèle	Modèle N_2O	
F-statistic	4.803	
Valeurs critiques	Valeurs critiques	
	Lower bounds I(0)	Upper bounds I(1)
10 % level	2.393	3.583
5% level	2.848	4.16
1% level	3.928	5.408

Le tableau 5 montre les résultats de la relation à long terme du modèle pour les émissions de N_2O. Dans l'ensemble, les résultats sont significatifs. Le revenu est significativement négatif alors que son carré est significativement positif. Cela pourrait démontrer qu'il existe une relation

sous forme de U entre les émissions de N_2O et la croissance économique à long-terme. L'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale n'est donc pas vérifiée sur le long terme. Le coefficient de population est significativement positif, ce qui nous permet de dire que cette variable induit une augmentation des emissions de N_2O. Cette pression négative sur la qualité de l'environnement due à l'augmentation de la population a entraîné une pression sur les infrastructures urbaines. Une situation similaire a été identifiée par (Sinha & Bhattacharya, 2016), (Sinha & Bhattacharya, 2017) pour les villes indiennes, et (Sinha & Shahbaz, 2018) pour le cas de l'Inde. En effet, l'industrialisation croissante entraîne une diminution des terres agricoles et, par conséquent, les habitants des zones rurales se déplacent vers les zones urbaines à la recherche d'opportunités d'emploi. Cette augmentation de l'urbanisation coexiste avec l'augmentation de la population mondiale, et par conséquent, la croissance économique réalisée par ces nations se fait au détriment du développement durable de ces pays. Par ailleurs, le coefficient de la consommation d'énergie renouvelable est significativement positif, ce qui démontre son impact positif sur ce polluant. Dans ce sens, le Maroc s'oriente davantage vers l'utilisation des énergies renouvelables au détriment des énergies non renouvelables nuisibles à la qualité de l'environnement. En effet, 0,77% et 0,04% des émissions de l'oxyde nitreux sont contribués avec 1% d'augmentation de la densité de population et des énergies renouvelables respectivement. En revanche, le coefficient du combustible fossile est négatif mais non significatif, de même pour l'ouverture commerciale, non significative mais positive, ce qui prouve leur influence minime sur les émissions. Ce résultat diffère de celui montré par (Sinha & Sengupta, 2019). Ils ont indiqué que les énergies renouvelables ont un effet favorable sur les emissions d'oxyde nitreux, ce qui est inversement démontré dans notre étude.

Table 5. Estimation des coefficients de long terme associés au modèle d'emissions de N_2O

Variables	Coefficients	Std-error	T-value
(Intercept)	-3.059	2.444	-1.252
Log(GDP)	-1.262***	0.443	-2.845
Log(GDP)²	0.214**	0.081	2.620
Log(Pop)	0.770**	0.348	2.211
Log(REN)	0.040*	0.020	1.947
Log(Fossil)	-0.118	0.376	-0.315
Log(TO)	0.069	0.161	0.428

Sources: Calcul de l'auteur

Note: ***, **,* indiquent qu'ils sont statistiquement significatifs à 1%, 5% et 10% respectivement.

Concernant les résultats de la relation à court terme, ils sont similaires à ceux de la relation à long terme. La CKE n'est pas vérifiée pour les emissions N_2O, il est sous forme de U. La population, l'ouverture commerciale et la consommation d'énergie sont significativement positives, démontrant leurs impacts positifs sur l'augmentation des emissions de N_2O. La hausse de l'industrialisation entraîne une diminution des terres agricoles et, par conséquent, les habitants des zones rurales se déplacent vers les zones urbaines à la recherche d'opportunités professionnelles.

Table 6. Estimation des coefficients de court terme associés au modèle d'emissions de N_2O

Variables	Coefficients	Std-error	T-statistic
(Intercept)	8.185***	1.317	6.2
d(Log(GDP))	-1.262***	8.073	-1.564
d(Log(GDP²))	2.140***	1.342	1.595
d(Log(TO))	6.926***	8.549	8.102
d(Log(REN))	4.045***	8.018	5.044
d(Log(Fossil))	-1.186***	1.839	-6.450
d(Log(Pop))	7.703***	1.714	4.494
ECTlag	-0.0434***	9.345	1.070

Sources: Calcul de l'auteur

Note: *** Significatif au niveau de 1 %

Cette augmentation de l'urbanisation coexiste avec l'augmentation de la population globale, et par conséquent, la croissance économique de ces nations se fait au détriment du développement durable. Cette industrialisation rapide est principalement alimentée par des sources d'énergie basées sur les combustibles fossiles, et la combustion de ces derniers aggrave encore la situation en augmentant le niveau des émissions de N_2O dans l'atmosphère ambiante. C'est pourquoi le coefficient de la population est positif et le coefficient des combustibles fossiles est négatif dans la relation à court terme pour les émissions de N_2O .
Le terme de correction d'erreur n'est pas significatif. Ce résultat ne corrobore pas avec celui trouvé précédemment sur l'existence d'une relation de long terme. Cependant, cela correspond parfaitement au résultat de la non vérification de la courbe de Kuznets trouvée dans le modèle de long terme.

Conclusion

L'objectif principal de cette étude est d'examiner la relation entre le revenu, la consommation d'énergie, l'ouverture commerciale et la dégradation de l'environnement au Maroc. L'étude a

utilisé des données de séries temporelles, pour cet objectif. Les variables considérées se sont avérées être stationnaires en différence première. Le test de cointégration de Johansen a confirmé la présence d'une relation de long terme entre les variables. Les estimations à long terme ne confirment pas l'existence d'une CKE dans l'économie marocaine pour les emissions de N2O. Ce travail met en évidence que l'économie marocaine n'a pas atteint le seuil de revenu à partir duquel les gens commencent à penser à la qualité de l'environnement. La consommation d'énergie a détérioré la qualité de l'environnement. Les résultats ont aussi montré que l'influence des énergies fossils et de l'ouverture commerciales est minime sur les émissions. Les estimations dynamiques à court terme du terme d'erreur ont montré la non présence de la CKE à court terme. Cela pourrait être dû au développement que l'économie marocaine a connu au cours de la dernière décennie et aux politiques environnementales adoptées par le gouvernement depuis 2005. L'effet de la consommation d'énergie est le même que celui capté à long terme, ce qui reflète une qualité de consommation d'énergie environnementale réduite non seulement à long terme mais aussi à court terme. Le gouvernement marocain a lancé des projets verts pour la production d'énergie et ses actions en termes de politiques environnementales et énergétiques pourraient être favorable dans le long terme sur la qualité de son environnement.

Le présent travail pourrait être amélioré en prenant en considération de nouveaux indicateurs environnementaux atmosphériques, biodiversité, qualité de l'eau…Par ailleurs, il serait opportun de mettre l'accent dans un travail future sur les disparités régionales du Maroc pour mieux cerner l'impact de la croissance économique relative à chaque region sur les emissions du pollutant étudié.

BIBLIOGRAPHIE

Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., & Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, *37*(3), 861–867.

Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, *70*, 466–479.

Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, *76*, 123–131.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). CO_2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, *37*(8), 3282–3286.

Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., & Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO_2 emissions? *Energy Policy*, *113*, 356–367.

Bo, S. (2011). A literature survey on Environmental Kuznets Curve. *Energy Procedia*, *5*, 1322–1325.

Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, *527*(7577), 235–239.

Del Grosso, S., & Parton, W. (2012). Climate change increases soil Nitrous Oxide emissions. *New Phytologist*, *196*(2), 327–328.

Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Cointegration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251–276.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. National Bureau of economic research.

Jalil, A., & Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets Curve for CO_2 emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy*, *37*(12), 5167–5172.

Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO_2 emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators*, *74*, 295–301.

Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *52*(2), 169–210.

Kanjilal, K., & Ghosh, S. (2013). Environmental Kuznets Curve for India: Evidence from tests for cointegration with unknown structuralbreaks. *Energy Policy*, *56*, 509–515.

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, *45*(1), 1–28.

MacKinnon, J. G. (1996). Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal of Applied Econometrics*, *11*(6), 601–618.

Meng, L., & Huang, B. (2018). Shaping the relationship between economic development and carbon dioxide emissions at the local level: Evidence from spatial econometric models. *Environmental and Resource Economics*, *71*(1), 127–156.

Murshed, M., Nurmakhanova, M., Elheddad, M., & Ahmed, R. (2020). Value addition in the services sector and its heterogeneous impacts on CO_2 emissions: Revisiting the EKC hypothesis for the OPEC using panel spatial estimation techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(31), 38951–38973.

Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, *38*(1), 661–666.

Nasir, M., & Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets Curve for carbon emissions in Pakistan: An empirical investigation. *Energy Policy*, *39*(3), 1857–1864.

Ozturk, I., & Acaravci, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, *36*, 262–267.

Ozturk, I., & Al-Mulali, U. (2015). Investigating the validity of the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Cambodia. *Ecological Indicators*, *57*, 324–330.

Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2010). CO_2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, *38*(12), 7850–7860.

Perron, P., & Phillips, P. C. (1987). Does GNP have a unit root?: A re-evaluation. *Economics Letters*, *23*(2), 139–145.

Pesaran, M. H., & Tosetti, E. (2011). Large panels with common factors and spatial correlation. *Journal of Econometrics*, *161*(2), 182–202.

Ravishankara, A., Daniel, J. S., & Portmann, R. W. (2009). Nitrous oxide (N_2O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science*, *326*(5949), 123–125.

Shahbaz, M., Dube, S., Ozturk, I., & Jalil, A. (2015). Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Portugal. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *5*(2), 475–481.

Shahbaz, M., Khraief, N., Uddin, G. S., & Ozturk, I. (2014). Environmental Kuznets Curve in an open economy: A bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *34*, 325–336.

Shahbaz, M., & Sinha, A. (2019). Environmental Kuznets Curve for CO_2 emissions: A literature survey. *Journal of Economic Studies*.

Sharma, S. S. (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, *88*(1), 376–382.

Sinha, A., & Bhattacharya, J. (2016). Environmental Kuznets Curve estimation for N_2O emissions: A case of indian cities. *Ecological Indicators*, *67*, 1–11.

Sinha, A., & Bhattacharya, J. (2017). Estimation of Environmental Kuznets Curve for SO_2 emissions: A case of indian cities. *Ecological Indicators*, *72*, 881–894.

Sinha, A., & Sengupta, T. (2019). Impact of energy mix on nitrous oxide emissions: An Environmental Kuznets Curve approach for APEC countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(3), 2613–2622.

Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO_2 emissions: Role of renewable energy generation in India. *Renewable Energy*, *119*, 703–711.

Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 783–820.

Ul Haq, I., Zhu, S., & Shafiq, M. (2016). Empirical investigation of Environmental Kuznets Curve for carbon emission in Morocco. *Ecological Indicators*, *67*, 491–496.

Ullah, A., & Khan, D. (2020). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in the presence of green revolution: A cointegration analysis for Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–17.

Van der Linden, S. (2018). Warm glow is associated with low-but not high-cost sustainable behaviour. *Nature Sustainability*, *1*(1), 28–30.

Zambrano-Monserrate, M. A., & Fernandez, M. A. (2017). An Environmental Kuznets Curve for N_2O emissions in Germany: An ARDL approach. *Natural Resources Forum*, *41*, 119–127.