

Courbe environnementale de Kuznets : un réexamen des canaux de transmission dans les pays en développement

Rock VODA

Email : rock.voda@yahoo.fr

Jude EGGOH

Email : jude.eggoh@gmail.com

Faculté des Sciences économiques et de Gestion (FASEG)
Centre de Recherche en Economie (CRE) – Université d'Abomey-Calavi

Résumé : Cet article revisite la relation entre la croissance économique et la qualité de l'environnement, en mettant en évidence les canaux de transmission, à partir d'un panel de 41 pays en développement sur la période 1995–2020. Au-delà des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), le présent article prend en compte d'autres gaz à effets de serre tels que le méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O). La démarche méthodologique se base essentiellement sur des modèles de régression statiques et dynamiques. Les résultats obtenus confirment l'effet positif de l'accroissement du revenu sur la dégradation de l'environnement. Par ailleurs, l'examen de la non-linéarité a révélé que l'impact négatif de l'accroissement du revenu sur la qualité de l'environnement peut être atténué si l'accroissement du revenu contribue à l'amélioration du niveau d'éducation, des IDE, du développement financier, de l'ouverture commerciale, ou encore de l'urbanisation. Ces résultats ont permis de formuler des recommandations de politiques économiques.

Mots-clés : Croissance économique, Émissions de CO₂, Courbe de Kuznets environnementale

Kuznets environmental curve: a re-examination of transmission channels in developing countries

Summary: *This paper revisits the relationship between economic growth and environmental quality, highlighting the transmission channels, based on a panel of 41 developing countries over the period 1995-2020. The methodological approach is based on statics and dynamics regression models. Beyond carbon dioxide CO₂ emissions, this article account for other greenhouse gases such as methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). The results obtained confirm the positive effect of income growth on environmental degradation. In addition, the examination of non-linearity revealed that the negative impact of income growth on environmental quality can be mitigated if income growth contributes to improvements in education, FDI, financial development, trade openness and urbanization. These results were used to formulate economic policies recommendations.*

Keywords: *Economic growth, CO₂ emissions, Environmental Kuznets curve*

JEL Classification : *O40 - G53 - Q56.*

Received for publication: 20221114.

Final revision accepted for publication: 20230601

1. Introduction

L'une des menaces environnementales les plus graves associées aux activités humaines est le réchauffement de la surface de la terre et des couches inférieures de l'atmosphère. Le réchauffement climatique causé par les émissions de gaz à effet de serre (GES) a induit des menaces sans précédent pour la survie et le développement de la race humaine (Dong et *al.*, 2019). La préoccupation croissante des dangers pour l'environnement en relation avec l'activité humaine, a poussé la communauté internationale à entreprendre des efforts pour prévenir le changement climatique. Depuis le sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992 et le Protocole de Kyoto en 1997, il est communément admis que la dégradation de l'environnement et les changements climatiques qui en découlent sont liés aux procédés de production, surtout la recherche non effrénée de la croissance économique.

Bien que le verdict du protocole de Kyoto démontre son échec dans la réduction des émissions des GES, il a été tout de même incapable de rallier tous les pays jusqu'à son expiration en 2012. En revanche, la conférence de Copenhague qui fixe un objectif clé et contraignant de « limiter la hausse de la température mondiale à 2°C » a réussi à avoir l'adhésion de tous les pays. Par ailleurs, l'accord de Paris sur le changement climatique découlant de la 21^e Conférence des Parties (COP 21) est entré en vigueur en 2016. En proposant des objectifs à long terme, l'accord de Paris vise à réduire l'augmentation de la température moyenne mondiale en dessous du niveau préindustriel voire la limiter à 1,5 degré Celsius (Ladislaw et *al.*, 2017).

Les différents rounds successifs de la COP ont permis d'avancer sur les problématiques environnementales, avec des propositions concrètes, qui pour l'heure n'ont pas encore été opérationnalisées. Par exemple, à la suite de l'accord obtenu à la COP15 biodiversité à Montréal, le 19 décembre 2022, le One Forest Summit qui s'est tenu à Libreville du 1^{er} au 2 mars 2023, a abordé les enjeux liés à la préservation des trois grands bassins forestiers mondiaux, que sont la forêt amazonienne, le bassin du Congo et les forêts tropicales d'Asie du Sud-Est. La préservation de ces réserves irremplaçables de carbone et de biodiversité, est un enjeu planétaire, car elles jouent un rôle crucial dans la régulation du climat et abritent une faune et une flore exceptionnelle.

En dépit de cette prise de conscience collective des enjeux de la dégradation de l'environnement, les activités économiques vectrices de pollution ne se sont pas significativement réduites. En particulier, le contexte actuel marqué par la guerre entre la Russie et l'Ukraine, qui exerce une forte tension sur le prix du pétrole et une reprise post-Covid plus forte que prévue, fait craindre pour l'environnement. L'expansion rapide de ces activités d'une part, et leur impact sur la dégradation de l'environnement ont fait l'objet d'interprétations divergentes au sein des chercheurs. Plusieurs études soutiennent que les activités humaines provenant de la production agricole, de la combustion de combustibles fossiles et la production industrielle ont conduit à une augmentation incontrôlable de consommation d'énergie et prolifération des GES (Rahman et Velayutham, 2020).

L'analyse conventionnelle de la relation croissance économique-pollution de l'environnement s'articule essentiellement autour de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) qui postule une relation en U inversé entre la dégradation environnementale et la croissance économique (Grossman et Krueger, 1991). A la suite de cette contribution séminale, de nombreux travaux ont revisité la CEK, sur des échantillons aussi diversifiés de pays, et mobilisant différents outils méthodologiques. Cependant, les études sur l'hypothèse CEK sont loin de faire consensus surtout dans le cas des polluants organiques. De nombreux travaux ont été réalisés au cours de ces dernières années sur différents groupes de pays, et mobilisant diverses méthodes pour évaluer l'ampleur des activités économiques sur la dégradation de l'environnement. Au-delà de la relation en U inversé, certains auteurs aboutissent à une relation cubique, tandis que d'autres obtiennent une relation logistique (Balaguer et Cantavella, 2018 ; Kaika et Zervas, 2013), suggérant des liens non univoques entre la dégradation de l'environnement et l'activité économique.

En dépit de l'évidence de l'effet dévastateur des dégradations environnementales en relation avec les activités humaines, l'hypothèse de la CEK n'est pas clairement établie dans la littérature empirique sur le sujet pour plusieurs raisons. Premièrement, les résultats basés sur des séries de données chronologiques peuvent être biaisés lorsque le nombre d'observations est faible. Cette insuffisance est compensée par la mobilisation de données en panel, qui présentent l'intérêt de fournir des résultats robustes, même si la dimension temporelle est limitée, à condition que la dimension individuelle soit importante. Deuxièmement, l'hypothèse de la CEK suppose un cadre théorique restreint où le développement économique est appréhendé par une seule variable macroéconomique nécessaire pour améliorer la qualité de l'environnement.

Dans le même temps, l'accroissement des revenus est rendu possible grâce au développement des activités économiques, qui ne peut se faire sans une transformation de ressources naturelles ou semi-naturelles. Il apparaît une causalité réciproque source d'endogénéité, au-delà de la non-linéarité décrite par la CEK, que de nombreux travaux ne prennent pas en compte. Troisièmement, le recours à un seul indicateur, c'est-à-dire les émissions de CO₂ pour étudier la relation entre croissance économique et qualité de l'environnement peut conduire à des résultats partiels. De surcroît, même si le modèle canonique de la CEK met en relation la dégradation de l'environnement et l'accroissement du revenu, à travers une relation quadratique, il n'en demeure pas moins vrai que certaines variables macroéconomiques peuvent jouer un rôle déterminant dans cette relation, quitte à accentuer ou à dégrader le lien.

D'ailleurs, certains auteurs montrent que les conditions macroéconomiques telles que le développement financier, l'ouverture commerciale et l'éducation peuvent être déterminants dans l'amélioration de la qualité de l'environnement (Khan et Eggoh, 2021 ; et Barros et *al.*, 2002).

Tout en répondant aux limites des études précédentes, le présent article contribue à la littérature sur le sujet à travers les points suivants. La première contribution provient de l'utilisation de trois différents vecteurs de la dégradation de l'environnement à savoir : les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. En effet, la grande majorité d'études se limite à l'utilisation du CO₂. Bien que les émissions de CO₂ représentent 60 % des émissions

dans le monde (dernier rapport du GIEC, 2022), il serait intéressant d'examiner la courbe environnementale de Kuznets, au regard des autres GES, tels que le méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O), qui représentent respectivement 15 % et 5 % des émissions.

La deuxième contribution consiste à étendre le cadre théorique de la CEK en incorporant des variables macroéconomiques telles que l'ouverture commerciale, le développement financier, l'urbanisation, l'éducation, et les investissements directs étrangers (IDE). Certains travaux montrent que l'ouverture commerciale, le développement financier pourraient influencer la qualité de l'environnement des pays, en raison de leurs effets modérateurs. Le niveau d'éducation peut également jouer un rôle déterminant dans la CEK, car une population éduquée peut mieux comprendre les enjeux de la dégradation de l'environnement. De même, les effets des IDE sur la qualité environnementale sont expliqués par l'hypothèse de « paradis » de pollution ou celle de « halo » de pollution. En effet, ces hypothèses suggèrent que l'accroissement des IDE peut augmenter (paradis) ou diminuer (halo) les émissions polluantes des économies hôtes, en fonction du type d'activités de production et de technologie utilisées par les entreprises étrangères (Solarin *et al.*, 2017).

La troisième contribution est d'ordre méthodologique, et consiste à mobiliser l'estimateur de la méthode des moments généralisés (GMM) sur panel dynamique afin de capter les effets de persistance dans la CEK et de contrôler les potentiels biais d'endogénéité, en raison de la concomitance entre dégradation de l'environnement et croissance économique.

Les résultats obtenus à partir d'un panel de 41 pays entre 1995 et 2020 confirment la CEK. Par ailleurs le niveau d'éducation, l'investissement direct étranger, l'ouverture commerciale contribuent à la réduction des émissions polluantes, tandis que le revenu par habitant, le développement financier ainsi que l'urbanisation affectent positivement ces émissions. Enfin, l'estimation de la relation quadratique suggère que les différentes variables macroéconomiques mobilisées, atténuent au-delà d'un seuil donné, le lien positif entre la dégradation de l'environnement et le niveau du PIB, fournissant par conséquent, une nouvelle évidence à la CEK.

Le reste de l'article est organisé comme suit. La Section 2 est consacrée à la revue de littérature, tandis que la Section 3 décrit la démarche méthodologique et les données. La Section 4 présente les résultats des estimations, et la Section 5 conclut l'article et propose des recommandations de politiques économiques.

2. Bref aperçu de la littérature

2.1. Revue de la littérature théorique

L'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) est apparue à la suite de la préoccupation en matière de développement durable qui met l'accent sur le rôle de la croissance économique dans l'altération des conditions de vie des populations en raison de l'exploitation massive des ressources naturelles. Ainsi, au lieu d'apporter le bien-être humain, la croissance économique est suivie de nouveaux problèmes socio-économiques

comme l'épuisement des ressources naturelles et la dégradation de l'environnement (Arrow et *al.*, 2012).

L'analyse conventionnelle de la relation croissance économique-pollution de l'environnement s'articule autour de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) qui postule une relation en U inversé entre le degré de pollution et le revenu par habitant (Grossman et Krueger, 1991). La CEK est une adaptation des travaux de Kuznets (1955), qui à l'origine traduit la relation entre les inégalités de revenu et le niveau de développement dans un pays. Au cours des premiers stades de développement, les pays subissent « la malédiction de Kuznets », où les inégalités croissent avec l'augmentation des revenus, puis se réduisent au-delà d'un seuil de revenu. Un lien fonctionnel semblable se retrouve entre la dégradation de l'environnement et le développement des pays, mais avec des hypothèses différentes. La qualité de l'environnement diffère considérablement selon les étapes du développement économique.

En effet, au cours des premiers stades du développement, la hausse d'émissions polluantes va de pair avec l'industrialisation. Ensuite, à partir d'un seuil de développement économique où les besoins primaires sont pourvus, le souci pour l'environnement s'accroît et la tendance s'inverse. Ainsi, la CEK suggère qu'un accroissement du revenu par habitant s'accompagne d'une dégradation de l'environnement en lien avec l'augmentation des émissions polluantes, et une fois un seuil de développement franchi, la pollution diminue parallèlement à l'augmentation de la croissance économique.

2.2. Revue de la littérature empirique

La CEK a fait l'objet d'un grand nombre d'évaluations empiriques, fournissant des résultats aussi bien connexes que contradictoires. En effet, 55,7 % des études soutiennent l'existence d'une CEK en forme de U inversé de Kuznets entre les émissions et le niveau de revenu par habitant, 17,7 % aboutissent à une relation monotone, tandis que les preuves contre la CEK sont rapportées seulement pour 11,5 % d'études (Menuet et *al.*, 2020 ; Pérez-Suarez et Lopez-Menéndez, 2015). Même lorsque la CEK est validée, les points d'inflexion sont au-delà des niveaux de revenu atteignables des pays développés (Jalil et Feridun, 2011), remettant ainsi en cause soit les hypothèses du modèle soit la validité des résultats. Cette remise en cause des hypothèses de la CEK a conduit au test de différentes formes de non-linéarité, notamment des formes quadratiques, cubiques, logistiques, exponentielles, non-paramétriques et semi-paramétriques (Aslanidis, 2009).

Un bref résumé de la littérature testant la relation CEK est présenté dans le Tableau 1, qui montre la diversité dans la méthodologie adoptée des études empiriques précédentes ainsi que leurs résultats estimés. De nombreux travaux soutiennent le postulat de la CEK suggérant que la dégradation de l'environnement serait plus importante dans les économies en phase de croissance et de développement. Cette validation de la CEK est apportée par des travaux mobilisant différentes approches méthodologiques et portant sur des échantillons plus ou moins hétérogènes. Les études menées par Wang et *al.* (2022), Khan et Eggoh (2021), Kurniawan et *al.* (2021), Copeland et Taylor (2004) et

Dasgupta et *al.* (2002), s'inscrivent dans cette perspective. Ces résultats suggèrent clairement que les pays en développement seraient des havres de pollution.

Cependant, la consommation d'énergies fossiles, principales sources de pollution ne s'est pas infléchiée dans les pays développés, de même que les émissions de gaz à effets de serre n'ont pas réellement baissé dans ces pays. Afin de concilier les faits stylisés avec les résultats empiriques obtenus, un nouveau courant de pensées modifie la CEK, en postulant une courbe environnement logistique (CEL). En faisant référence à la possibilité de l'existence d'une courbe logistique environnementale, la littérature empirique soutient le pouvoir explicatif de la fonction logistique déjà mis en évidence dans plusieurs disciplines telles que la médecine, la démographie, et la biologie. La courbe logistique environnementale suggère que les émissions polluantes sont approximativement exponentielles au stade initial de développement, puis, une saturation s'amorce plus tard, faisant ralentir la pollution, et à maturité elle s'arrête.

La différence entre le CEL et la CEK se situe au niveau des pays à revenu élevé, puisque les émissions de pollution se stabilisent mais ne diminuent pas. Les travaux de Kaika et Zervas (2013) et de Shafik (1994) soutiennent l'hypothèse de la CEL. Une autre piste d'amélioration du cadre théorique de la CEK consiste à intégrer dans l'équation de régression un ensemble de variables macroéconomiques (développement financier, IDE, urbanisation, ouverture commerciale, etc.) susceptibles d'influencer la relation entre les émissions polluantes et le développement économique (Acheampong, 2019). Cet effet d'atténuation du lien entre les émissions de polluants et le niveau de revenu est soutenu par Khan et Eggoh (2021), à partir d'un large panel de 146 pays sur la période 1990-2016. Toutefois les travaux de Javid et Sharif (2016) et Saud et *al.* (2019) fournissent l'évidence contraire, soutenant que le développement financier s'est accompagné d'une dégradation de l'environnement.

La relation entre les émissions polluantes et le revenu peut être influencée par les investissements directs étrangers (IDE). En effet, suivant le niveau de réglementation environnementale, les IDE peuvent contribuer à augmenter ou à réduire les émissions de gaz à effets de serre. Deux hypothèses importantes résument la relation entre les IDE et la pollution de l'environnement : l'hypothèse des paradis de pollution et celle de Halo de pollution. La première soutient qu'en raison des différences de réglementations environnementales entre pays développés et pays en voie de développement, les secteurs manufacturiers à forte intensité de pollution se déplacent vers les pays en développement. Cette délocalisation des industries polluantes est liée à des réglementations environnementales relativement plus strictes dans les pays développés et l'adoption de technologies propres et vertes plus coûteuses (Bhujabal et *al.*, 2021 ; Cole, 2004).

Cette hypothèse énonce qu'il existe une relation positive entre les IDE et les émissions de CO₂ car plus d'industries polluantes déplacées dégradent plus la qualité environnementale dans les pays en développement (Khan et *al.*, 2017 ; Shi, 2003). Contrairement à l'hypothèse de paradis de pollution, la seconde hypothèse (Halo de pollution) affirme que les IDE peuvent être utiles pour réduire la dégradation de l'environnement dans les pays en développement. Elle postule que les industries des pays développés transfèrent leurs propres technologies vertes pour la production par le

biais des IDE dans les pays en voie de développement. Comme les industries des pays développés équipent leurs industries existantes en techniques modernes de production (effet technique), elles réduisent progressivement les niveaux de pollution dans les pays en développement (Bhujabal *et al.*, 2021). De surcroît, les industries domestiques améliorent progressivement leur technologie de production pour concurrencer les industries étrangères, ce qui conduit à une augmentation de l'efficacité et de l'innovation (Khan *et al.*, 2017).

Les travaux de Solarin et Al-Mulali (2018) et Perkins et Neumayer (2009) soutiennent l'hypothèse de Halo de pollution en postulant que les IDE réduisent les émissions de carbone par le transfert de technologies de production respectueuses de l'environnement des pays développés vers les pays en développement (Obradović et Lojanica, 2017 ; Shahbaz *et al.*, 2013). En relation avec les IDE, le degré d'ouverture commerciale d'un pays peut influencer sa CEK. La vision environnementale du commerce international donne lieu à deux courants théoriques. En favorisant l'entrée des IDE, l'ouverture commerciale peut générer les mêmes effets que ces derniers : effet havre de pollution ou effet halo de pollution ; tout dépendant des biens sur lesquels ils échangent et du niveau de réglementation environnementale dans le pays hôte. Les normes environnementales étant différentes d'un pays à un autre, les entreprises polluantes peuvent exporter dans des pays où les normes environnementales sont relativement faibles, les produits à fortes doses de polluants.

De nombreux véhicules fortement polluant et mis hors de circulation dans les pays développés sont déversés dans les pays en développement transformant ces derniers en paradis de pollution. Le second courant de pensées concernant l'impact de l'ouverture commerciale fournit des résultats plus diversifiés à travers les effets d'échelle et les effets technologiques (Wang *et al.*, 2022). Selon les effets d'échelle, l'ouverture commerciale augmente la croissance économique et entraîne une dégradation de l'environnement au début. Cependant, lorsque l'ouverture commerciale dépasse un seuil donné, des revenus plus élevés résultant des flux commerciaux permettent aux pays de passer à des sources d'énergie propres. De plus, l'ouverture commerciale peut améliorer la qualité de l'environnement par des effets techniques, en relation avec les transferts de technologies et de bonnes pratiques environnementales que ces derniers peuvent engendrer (Atici, 2009 ; Khanna, 2002 ; Antweiler *et al.*, 2001).

Les travaux empiriques testant le canal de l'ouverture commerciale dans la CEK fournissent des résultats conformes aux prédictions théoriques. Par exemple, à l'aide d'un modèle PSTR sur un panel de 146 pays, couvrant la période 1990-2016, Khan et Eggoh (2021) montrent que même si l'ouverture commerciale s'accompagne d'un accroissement des émissions de CO₂, elle atténue l'impact positif du revenu dans la CEK, mettant ainsi, en évidence, des gains environnementaux associés au commerce.

Tableau 1 : Synthèse des travaux antérieurs

Auteurs	Pays (période)	Variables	Méthodologie	Résultats	Hypothèse CEK
Abbasi et Riaz (2016)	Pakistan (1971-2011)	CO ₂ , PIB, IDE, DF	ARDL, VECM	PIB, IDE et DF impactent positivement CO ₂	Non testé
Acheampong (2019)	46 pays de ASS (2000-2015)	CO ₂ , PIB, DF, CE, URB OC, IDE, POP	GMM-System	PIB et CE impactent positivement CO ₂	Non
Al-Mulali et al. (2015)	Panel de 93 pays (1980-2008)	CO ₂ , PIB, PIB ² , OC, DF, URB	Effets-fixes et GMM	CE, OC et URB impactent positivement CO ₂ et DF atténue CO ₂ pour les pays à revenu supérieur	Oui
Apergis (2016)	Panel 15 Economies développées (1960-2013)	CO ₂ , PIB, PIB ²	Régression quantile	PIB impacte positivement CO ₂	Oui
Cho et al. (2014)	OCDE (1971-2000)	CO ₂ , CE, PIB, PIB ²	FMOLS	PIB et CE impactent positivement CO ₂	Oui
Dogan et al. (2017)	OECD (1995-2010)	CO ₂ , CE, PIB, OC, PIB ² , tourisme	Test de cointégration bootstrap du LM et DOLS	CE et tourisme impactent positivement CO ₂	Non
Khan et al. (2017)	34 Pays à revenu moyen supérieur (2001-2014)	CO ₂ , CE, PIB, OC, DF	FMOLS	PIB impacte positivement CO ₂ , DF réduit CO ₂	Non
Khan et Eggoh (2021)	146 pays (1990-2016)	CO ₂ , PIB, PIB ² , OC, DF, IDE	Effets-fixes, GMM et PSTR	PIB, PIB ² , OC, DF, IDE impactent positivement CO ₂	Oui
Obradovic et Lojanica (2017)	Grèce et Bulgarie (1980-2010)	CO ₂ , CE, PIB	VECM	PIB et CE impactent positivement CO ₂	Non testée
Ozokcu et Ozdemir (2017)	26 pays de OCDE, 52 pays émergents (1980-2010)	CO ₂ , CE, PIB, PIB ² , PIB ³	Modèle EF et RE	PIB et CE impactent positivement CO ₂	Non
Ozturk et Al-Mulali (2015)	Cambodge (1996-2012)	CO ₂ , CE, PIB, OC, INST	GMM et 2-SLS	PIB et CE impactent positivement CO ₂	Non
Mert et Bölük, (2016)	Panel de 21 pays (1960-2010)	CO ₂ , CE, PIB, IDE	ARDL	PIB impacte positivement CO ₂	Non
Lau et al. (2018)	Malaisie (1970-2008)	CO ₂ , PIB, PIB ² , OC, IDE	Modèle ARDL et causalité de Granger	CE et PIB impactent positivement CO ₂	Oui
Saud et al. (2019)	Panel de 59 pays (1980-2016)	CO ₂ , PIB, FD, IDE, CE, OC	Causalité de Dumitrescu-Hurlin, SUR	DF, IDE et OC impactent négativement CO ₂	Oui
Sethi et al. (2020)	Inde (1980-2015)	CO ₂ , CE, PIB, DF, GB, URB	ARDL, VECM et causalité de Granger	PIB, GB et DF impactent positivement CO ₂	Non testée
Xu (2018)	Provinces Chinoises (1985-2015)	CO ₂ , PIB, DF, IDE	Panel, Co-intégré, VECM, ARDL	PIB impacte positivement CO ₂ dans quelques provinces	Non

Notes : CO₂ : dioxyde de carbone ; PIB : Produit Intérieur Brut ; IDE : Investissement direct étranger ; DF : développement financier ; CE : consommation totale d'électricité ; URB : Population urbaine ; OC : Ouverture commerciale ; POP : Population totale ; HC : Capital humain ; INST : Qualité institutionnelle ; GB : Globalisation ; LM : Multiplicateur de Lagrange.

3. Approche méthodologique et données

3.1 Approche méthodologique

La relation entre la dégradation de l'environnement et le PIB est décrite dans la littérature économique à travers différentes spécifications. Dans le cadre du présent article, nous démarrons notre spécification empirique, par une version élargie de la courbe environnementale de Kuznets. L'équation de base se présente sous la forme suivante :

$$EP_{it} = f(EP_{i,t-1}, PIB_{it}, PIB_{it}^2, EDUC_{it}, IDE_{it}, DF_{it}, OC_{it}, URB_{it}) \quad (1)$$

Où EP représente la dégradation de l'environnement. L'une des contributions du présent article, c'est d'élargir la gamme des polluants au-delà du CO₂, contrairement aux travaux précédents. Ainsi, EP représente les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) ou protoxyde d'azote (N₂O), en fonction de la spécification, PIB représente le PIB par habitant et est l'indicateur de développement. Le cadre de la CEK est élargi et prend en compte des variables telles que le niveau d'éducation (EDUC), les investissements directs étrangers (IDE), le développement financier (DF), l'ouverture commerciale (OC) et le taux d'urbanisation (URB). Ces différentes variables sont en grande partie inspirées de la littérature et ont permis une meilleure spécification de la CEK, afin que les résultats empiriques corroborent les faits stylisés. L'équation de régression de la CEK modifiée que nous estimons dans le cadre de notre modélisation est la suivante :

$$EP_{it} = \alpha_i + \alpha_1 PIB_{it} + \alpha_2 PIB_{it}^2 + \alpha_3 EDUC_{it} + \alpha_4 IDE_{it} + \alpha_5 DF_{it} + \alpha_6 OC_{it} + \alpha_7 URB_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Où ε_{it} représente le terme d'erreur. L'équation (2) est estimée à l'aide de l'estimateur *within*, qui présente l'intérêt de prendre en compte l'hétérogénéité individuelle. Si cette spécification présente l'intérêt d'évaluer l'effet des nouvelles variables macroéconomiques sur la dégradation de l'environnement, elles n'affectent pas directement la CEK, c'est-à-dire le lien entre la dégradation de l'environnement et le revenu. Comme nous l'avons mentionné dans la revue de littérature, la relation entre la croissance économique et les émissions polluantes est susceptible de varier d'un pays à un autre, en fonction des variables macroéconomiques telles que l'ouverture commerciale, le développement financier, les IDE, l'éducation et l'urbanisme. Afin de prendre en compte l'effet de ces variables macroéconomiques sur la CEK, nous introduisons des variables d'interaction obtenues à partir du produit entre la variable PIB et les variables concernées. De façon spécifique, la nouvelle spécification se présente sous la forme suivante :

$$EP_{it} = \alpha_i + \alpha_1 PIB_{it} + \alpha_2 PIB_{it}^2 + \alpha_3 EDUC_{it} + \alpha_4 IDE_{it} + \alpha_5 DF_{it} + \alpha_6 OC_{it} + \alpha_7 URB_{it} + \gamma_1 PIB_{it} * EDUC_{it} + \gamma_2 PIB_{it} * IDE_{it} + \gamma_3 PIB_{it} * DF_{it} + \gamma_4 PIB_{it} * OC_{it} + \gamma_5 PIB_{it} * URB_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Les équations (2) et (3) sont estimées à l'aide du modèle à effet fixe et GMM-system. Notre préférence pour les estimateurs GMM en système vient du fait que les modèles à effets fixes ne permettent pas de contrôler le problème d'endogénéité dans la relation entre croissance et dégradation environnementale. De plus, du fait que la plupart des variables sont de nature macroéconomique, le problème d'endogénéité peut apparaître,

ce qui justifie le choix du modèle sélectionné. D'ailleurs, les variables macroéconomiques sont susceptibles d'être fortement corrélées (Khan et Eggoh, 2021 ; Ozturk et Al-Mulali, 2015). La solution à ce problème nécessite la mise en place d'instruments afin de contrôler la présence d'une corrélation entre les variables et les termes d'erreur. Pour résoudre ce problème, nous utilisons le GMM-système, modèle proposé par Arellano et Bover (1995) et Blundell et Bond (1998).

De plus, puisque cette étude utilise différentes variables macroéconomiques dans l'analyse, ce qui est bien connu pour être fortement corrélé, une régression qui est capable de contrôler une corrélation était nécessaire. L'utilisation de n'importe quelle régression de série temporelle implique que les variables du côté droit ne soient pas corrélées avec le terme de perturbation. Cependant, si les variables sont corrélées, les résultats récupérés des régressions temporelles simples sauront être partiels et imprévisibles. Pour résoudre ce problème, il existe de nombreuses approches qui mettent en œuvre des instruments pour éliminer l'effet de corrélation entre les variables et les résidus. De celles-ci, les approches incluent la méthode généralisée des moments (GMM) qui est développée par Arellano et Bover (1995). Par ailleurs, les avantages de l'utilisation du GMM par rapport à d'autres techniques de données de panel ont été documentés dans la littérature (Asongu et Odhiambo, 2019).

Tout d'abord, le GMM permet à une étude de rendre compte des sources potentielles d'endogénéité entre les variables explicatives en contrôlant l'hétérogénéité non observée avec des variables invariantes dans le temps, variables omises et la simultanéité dans tous les régresseurs en employant une explication instrumentée des variables aléatoires (Ozturk et Al-Mulali, 2015). Bien que la causalité inverse soit contrôlée par l'inclusion des instruments internes, l'hétérogénéité non observée est contrôlée par la comptabilisation des variables omises invariantes dans le temps dans l'exercice d'estimation (Asongu et Odhiambo, 2019). Deuxièmement, en utilisant le GMM, les variations entre les pays sont contrôlées dans les régressions. Troisièmement, comme rapporté par Arellano et Bond (1991), l'estimateur GMM corrige les biais associés à l'estimateur de différence. La seule condition qui s'applique lorsque le GMM est appliqué, c'est qu'il faut garder un œil sur la prolifération d'instruments qui pourraient surcharger les variables endogènes.

3.2 Données et statistiques descriptives

L'étude utilise un ensemble de données annuelles de 41 pays en développement couvrant la période de 1995 à 2020 obtenues à partie de la base de données des indicateurs de développement dans le monde (WDI, 2021). L'ensemble des données est cylindré manuellement sous Excel, ce qui nous a permis d'avoir des panels cylindrés. Les différentes variables dépendantes sont entre autres les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) toutes en tonne métrique par habitant équivalence du CO₂. Les variables indépendantes sont le PIB (PIB réel par habitant en dollars US constants 2010), le niveau d'éducation, les IDE (les entrées nettes en % du PIB), le développement financier (crédit domestique privé par dépôt banques et autres institutions financières en % du PIB), l'ouverture commerciale et URB, l'urbanisation (mesurée par la densité de la population urbaine). Avant d'estimer la relation entre les indicateurs macroéconomiques et les différents vecteurs dégradants de

l'environnement, la section suivante fournit les statistiques descriptives dans le tableau 2.

Tableau 2 : Statistiques descriptives

Variables	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
CO ₂	3,863	2,637	1,112	15,147
CH ₄	33,363	120,390	1,543	746,131
N ₂ O	60,225	147,820	1,111	898,552
PIB	12836,320	5937,653	6,582	41249,490
EDUC	69,155	19,958	14,172	99,839
IDE	5,45445	7,722	1,398	161,824
DF	41,002	29,366	4,696	182,433
OC	92.895	44.812	9.916	322.675
URB	133,846	217,048	1,888	1811,817

Dans le tableau 2, les valeurs minimales, maximales, moyennes sont présentées pour tous les indicateurs ainsi que l'écart-type. Un résultat notable de ces statistiques descriptives est que l'écart-type de la variable mesurant l'émission de CO₂ demeure faible (2,637) par rapport à leurs moyennes pour l'ensemble des indicateurs. Parmi les indicateurs macroéconomiques retenus, le produit intérieur brut présente la valeur moyenne la plus élevée (12836,320) suivi de l'urbanisation (113,846). On note une forte variation de l'azote (147,820) parmi les vecteurs polluants.

4. Analyse des résultats empiriques des différents modèles

Nous commençons notre enquête empirique en utilisant les modèles linéaires estimés à partir des méthodes à effet fixe et celles des moments généralisés (GMM). Les modèles GMM et effets fixes ont été utilisés afin de faire une comparaison des coefficients du modèle statique à celui dynamique. En conséquence, nous rappelons que la plupart des résultats corroborent globalement les attentes de la littérature existante dans le domaine. Ainsi d'après les spécifications (3), (4), (7), (8), (11) et (12) du tableau 3, les résultats de l'estimation de la relation entre les revenus par habitant et les émissions polluantes dans les pays en développement sont observés. Ainsi, la spécification (3) rapporte les résultats d'un effet positif et significatif du revenu sur la pollution environnementale (CO₂), c'est-à-dire le revenu s'avère positif et significatif. Un coefficient de la variable revenu positif montre l'effet d'augmentation de la pollution suite à l'augmentation du revenu par habitant sur l'ensemble des économies de l'échantillon.

Le coefficient du revenu est 0,546, ce qui implique qu'une augmentation de 1% du revenu par tête est associée avec une augmentation de 0,546% de la dégradation environnementale. Ces résultats corroborent les travaux de Khanna (2002) et Aldy (2005). Dans la même spécification, l'éducation se révèle d'un signe négatif et significatif au seuil de 1% montrant son effet réducteur sur l'ensemble des vecteurs polluants. Sa puissance de réduction étant de 0,040, signalant ainsi qu'une diminution de 0,040% des émissions polluantes est associée à un accroissement de 1% du taux d'alphabétisation. Ceci corrobore la thèse de Barros et *al.* (2002), pour qui les facteurs sociaux des pays tels que l'éducation et l'information pourraient être déterminants dans

la position de la pente de la CEK. L'ouverture commerciale apparaît avec des coefficients positifs sur les émissions polluantes dans les spécifications (3), (7), et (11). Ces effets positifs apparaissent du fait qu'une plus grande ouverture commerciale et l'afflux résultant de l'activité économique concourent à l'augmentation du capital et par suite augmentent les émissions polluantes. Ceci se révèle être conforme aux résultats de Kurniawan *et al.* (2021) et de Saoud *et al.* (2019).

Nous constatons également l'existence de l'hypothèse de Halo de pollution dans ces économies en développement, car les signes des coefficients associés à la variable IDE sont négatifs pour l'ensemble des spécifications (3), (7), et (11). Ces résultats montrent que l'IDE vers les pays en développement peuvent rapporter des avantages environnementaux grâce au transfert de technologies respectueuses de l'environnement des entreprises étrangères à leurs homologues des pays d'accueil (voir Lau *et al.*, 2018 ; Birdsall et Wheeler, 1993). Étant donné que la grande majorité de notre échantillon d'économies comprend les pays en développement, plus d'entrées d'IDE dans ces économies peuvent conduire à une pollution plus élevée en raison de la faible réglementation environnementale de ces pays à court terme (Neequaye et Oladi, 2015). De même, le développement financier apparaît avec des signes négatifs et significatifs au seuil de 1% dans les spécifications GMM montrant que la dynamique du secteur financier est primordiale dans la réduction des émissions polluantes.

Ainsi, le développement financier pourrait améliorer la qualité de l'environnement en réduisant les émissions grâce au développement technologique permettant aux gouvernements d'adopter de technologies efficaces sur le plan environnemental capables de réduire les émissions de GES qui améliorent ainsi la qualité de l'environnement ainsi que la recherche et le développement (R&D); ces résultats sont conformes avec ceux de Frankel et Romer (1999) et de Lau *et al.* (2018). Dans les spécifications GMM (3), (7), et (11), l'urbanisation apparaît avec un coefficient positif et significatif au seuil de 1% stipulant qu'une augmentation d'un pour cent (1%) de la dynamique de la population, entraîne un accroissement de 0,342% des émissions de CH_4 d'après la spécification (11). En effet, l'urbanisation augmenterait inévitablement la consommation d'énergie fossile conduisant ainsi à l'accroissement des émissions polluantes. Ces résultats sont cohérents avec les travaux de Poumanyvong et Kaneko (2010).

De ces faits, l'obtention de ces effets positifs corrobore de même les thèses de Wang *et al.* (2022) et de Tiba (2017) pour qui, l'argument est qu'à court terme, d'importants mouvements de population aux centres urbains exercent une pression sur les ressources environnementales et, avec l'amélioration de la technologie et de l'éducation environnementale à long terme, les impacts de l'urbanisation sur l'environnement diminuent avec le temps. Enfin dans les spécifications GMM, les coefficients de la variable expliquée retardée sont positifs et significatifs au seuil de 1%. Ces signes positifs révèlent le passé dépendant des émissions de pollution pour les économies de l'échantillon. En effet, les structures de production des pays évoluent lentement au fil du temps et, par conséquent, les séries d'émissions présentent un processus AR(1).

Tableau 3 : Développement économique et dégradation environnementale

Variables	Dioxyde de carbone : CO ₂				Méthane : CH ₄				Protoxyde d'azote : N ₂ O			
	Effets fixes		Sys. GMM		Effets fixes		Sys. GMM		Effets fixes		Sys. GMM	
Equations	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Y ^{t-1}	-	-	0,762***	0,439***	-	-	1,301***	0,959***	-	-	1,046***	0,939***
	-	-	(0,024)	(0,048)	-	-	(0,112)	(0,143)	-	-	(0,340)	(0,175)
PIB	0,193***	0,125***	0,546***	0,156***	0,321**	0,934**	40,021***	0,020***	0,495**	0,064***	1,469***	0,200***
	(0,039)	(0,020)	(0,140)	(0,004)	(0,109)	(0,107)	(10,490)	(0,000)	(0,143)	(0,005)	(0,253)	(0,042)
EDP	0,046***	0,432***	-0,040**	-0,106*	-0,171***	0,202*	-0,021*	-0,089***	-0,081***	-0,801***	0,118***	-0,190***
	(0,010)	(0,184)	(0,003)	(0,039)	(0,061)	(0,193)	(0,004)	(0,003)	(0,030)	(0,082)	(0,040)	(0,100)
IDE	-0,019***	-0,034**	-0,063***	0,009*	-0,120	-0,042***	-0,651***	0,210***	-0,051**	-0,064*	-0,050***	-0,165***
	(0,001)	(0,001)	(0,002)	(0,001)	(0,039)	(0,102)	(0,213)	(0,041)	(0,090)	(0,006)	(0,080)	(0,023)
DF	-0,064***	0,000***	-0,000***	0,017***	-0,234***	0,000	-0,163	0,007***	-0,008*	0,000	-0,070*	0,082
	(0,087)	(0,010)	(0,001)	(0,004)	(0,034)	(0,002)	(0,083)	(0,000)	(0,001)	(0,001)	(0,030)	(0,100)
OC	-0,036***	-0,091**	0,121***	-0,290***	-0,124	0,000***	-0,234*	0,960***	0,043*	0,031	0,047***	-0,054***
	(0,105)	(0,016)	(0,015)	(0,012)	(0,052)	(0,000)	(0,039)	(0,105)	(0,020)	(0,009)	(0,009)	(0,018)
URB	0,002***	0,310**	0,000	-0,164***	0,714***	-0,000	0,144*	-0,390**	-0,496***	0,001***	0,342***	-0,503
	(0,043)	(0,050)	(0,000)	(0,097)	(0,060)	(0,000)	(0,076)	(0,177)	(0,033)	(0,000)	(0,105)	(0,115)
PIB ²	-0,029***	-	-0,214***	-	0,251***	-	-23,070***	-	-0,321***	-	-0,254***	-
	(0,010)	-	(0,024)	-	(0,040)	-	(4,080)	-	(0,086)	-	(0,045)	-
PIB*EDP	-	-0,040***	-	-0,062***	-	-0,321*	-	-0,814***	-	-0,530***	-	-0,732***
	-	(0,001)	-	(0,003)	-	(0,032)	-	(0,231)	-	(0,122)	-	(0,055)
PIB*IDE	-	-0,115*	-	-0,010***	-	-0,649**	-	-0,069***	-	-0,112**	-	0,001***
	-	(0,010)	-	(0,001)	-	(0,098)	-	(0,064)	-	(0,025)	-	(0,010)
PIB*DF	-	-0,047	-	-0,054***	-	-0,194**	-	-0,038**	-	-0,183***	-	-0,128***
	-	(0,010)	-	(0,021)	-	(0,180)	-	(0,001)	-	(0,027)	-	(0,030)
PIB*OC	-	-1,030***	-	-0,159***	-	-0,170***	-	-0,720***	-	0,005*	-	0,204***
	-	(0,100)	-	(0,026)	-	(0,043)	-	(0,280)	-	(0,001)	-	(0,045)
PIB*URB	-	-0,106***	-	-0,136***	-	0,499***	-	0,439**	-	-0,169***	-	-0,561***
	-	(0,038)	-	(0,065)	-	(0,203)	-	(0,310)	-	(0,250)	-	(0,010)
Constante	1,131***	2,174***	1,229***	1,937***	3,324***	5,043***	-2,201*	-0,086**	6,041***	2,152***	-1,640***	-1,605***
	(0,113)	(0,231)	(0,194)	(0,096)	(0,382)	(2,390)	(1,220)	(0,043)	(0,945)	(0,970)	(0,748)	(0,486)
Hausman (p-value)	23,75	48,53	-	-	41,43	31,74	-	-	13,95	18,91	-	-
	[0,009]	[0,003]	-	-	[0,000]	[0,001]	-	-	[0,009]	[0,328]	-	-
Sargan (p-value)	-	-	0,004	0,006	-	-	0,001	0,001	-	-	0,000	0,000
AR2 (p-value)	-	-	0,154	0,530	-	-	0,042	0,606	-	-	0,432	0,083
Hansen (p-value)	-	-	0,204	0,303	-	-	0,174	0,361	-	-	0,730	0,961
Nbre d'instrum	-	-	62	62	-	-	14	85	-	-	62	62
Nombre d'obs.	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025

Notes : * ; ** et *** indiquent un niveau de signification de 10% ; 5% et 1%, respectivement.

Penchons-nous à présent sur l'identification des canaux indirects par lesquels certaines variables macroéconomiques influencent les émissions polluantes. D'après les résultats de la spécification (3), le coefficient du revenu par habitant s'avère positif et significatif. Un coefficient de variable revenu positif montre l'effet de l'augmentation de la pollution suite au développement économique pour l'ensemble des économies de l'échantillon. Le coefficient du PIB est de 0,546 au niveau de la spécification (3), ce qui implique qu'une augmentation de 1% du PIB est associée avec une augmentation de 0,546% des émissions polluantes (CO₂). Cependant, ces effets positifs du revenu par habitant sur le dioxyde de carbone ne sont pas linéaires puisque le coefficient de la variable revenu au carré est négatif et significatif. Ceci vient soutenir la présence de l'hypothèse CEK pour les économies de l'échantillon. Ces résultats sont cohérents avec plusieurs autres études de données de panel soutenant la forme en U inversé entre le revenu et les émissions polluantes (voir Khan et Eggoh, 2021 ; Khan et *al.*, 2017 ; Apergis, 2016).

Par ailleurs, la spécification (4) du modèle GMM est calibrée pour tester les effets modérateurs de l'éducation, des investissements directs étrangers, du développement financier, de l'ouverture commerciale et de l'urbanisation sur la dégradation environnementale. Faut-il le rappeler, un signe positif et significatif du coefficient du revenu suivi d'un signe négatif de l'un de ses effets d'interaction permet d'identifier ses canaux ; or dans notre spécification, l'estimateur du PIB est positif et significatif pour l'ensemble des spécifications. Dans la même spécification, le coefficient positif du revenu est alors suivi des termes d'interaction négatifs et significatifs pour l'éducation, l'IDE, le développement financier, l'ouverture commerciale et pour l'urbanisation. Ceci montre que les effets négatifs du revenu deviennent moins graves pour l'environnement avec une augmentation du niveau d'éducation, de l'IDE et celui de l'urbanisation. Le même constat est fait en ce qui concerne les coefficients d'interaction négatifs du développement financier et de l'ouverture commerciale.

Dans la spécification (7), le coefficient du revenu se trouve être positif et celui de son carré négatif ; ce qui confirme l'existence de l'hypothèse de CEK pour les économies considérées en ce qui concerne le polluant méthane. Ceci montre que les effets néfastes du revenu deviennent moins graves avec l'augmentation du niveau du développement économique. Ceci suggère que la satisfaction des besoins humains engendre ainsi une pression sans fin sur les ressources environnementales (Acheampong, 2019). Ce résultat est cohérent avec les travaux de Acheampong (2019) et Khan et *al.* (2017) surtout que la plupart des économies de l'échantillon sont des pays en développement. Nous constatons également que, le coefficient du revenu est positif et significatif montrant ainsi que les émissions du méthane augmentent parallèlement avec le revenu ; alors que les termes d'interaction sont négatifs dans la spécification (9). Ceci montre que les effets négatifs de la croissance économique deviennent moins graves avec le développement du secteur éducatif de même qu'avec l'augmentation des investissements directs étrangers.

De plus, les termes d'interaction sont négatifs et significatifs pour le développement financier ; illustrant ainsi que le développement financier constitue un canal indirect (DF) par lequel les effets nuisibles de l'augmentation du revenu deviennent moins grave. De même, les coefficients des termes d'interaction sont négatifs et significatifs en ce qui

concerne l'identification du lien indirect entre l'ouverture commerciale et les émissions de CH₄, le même constat est fait lorsqu'on se penche sur l'urbanisation. L'urbanisation se révèle comme un canal par lequel les émissions du CH₄ peuvent être réduites par le biais du développement économique car non seulement le coefficient du revenu par habitant est positif mais celui de l'interaction revenu-urbanisation est négatif. Ceci montre que les effets négatifs du revenu baissent avec la dynamique urbaine.

Dans la spécification (12), le coefficient positif du revenu est alors suivi des termes d'interaction négatifs et significatifs pour l'éducation, l'IDE, le développement financier, l'ouverture commerciale et l'urbanisation. Ceci montre que le niveau d'éducation, de l'investissement direct étranger, de développement financier, de l'ouverture commerciale et de l'urbanisation constituent des canaux indirects par lesquels l'accroissement du revenu par habitant peut réduire les émissions de N₂O.

5. Conclusion

Cette étude vise à revisiter la courbe environnementale de Kuznets (CEK) pour déterminer les relations entre la croissance économique et la dégradation environnementale sous la forme fonctionnelle à partir d'un échantillon de 41 économies en développement sur la période de 1995 à 2020. Elle approche la dégradation environnementale par le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Il en ressort au terme de nos investigations que, pour l'ensemble des économies considérées, l'hypothèse de la courbe environnementale Kuznets est confirmée et cela atteste que l'ensemble des technologies de production concourant à assurer la croissance économique dégrade la qualité de l'environnement jusqu'à un certain seuil à partir duquel, les retombées de cette croissance orientent l'économie vers des technologies propres améliorant ainsi la qualité dudit environnement.

Dans cette recherche, un impact négatif de l'investissement direct étranger sur la pollution de l'environnement a été trouvé. Ce résultat suggère qu'une augmentation des investissements directs étrangers peut améliorer positivement la qualité de l'environnement. Les résultats de cette étude montrent clairement que l'augmentation de l'urbanisation se traduira par une augmentation de la demande de l'énergie de consommation et accentuera la dégradation de l'environnement. Ces résultats proposent de mettre en œuvre une politique énergétique qui se concentre sur l'énergie provenant de sources respectueuses de l'environnement.

En outre, toute politique de conversion de l'énergie qui vise à réduire les émissions pourraient ralentir la croissance économique, ce qui s'est avéré être lié positivement aux émissions dans la présente étude. Ainsi, pour assurer la pérennité de la croissance économique, les décideurs sont invités à fournir des sources d'énergie alternatives, telles que l'énergie propre à partir de sources renouvelables. Le lien positif entre la dégradation de l'environnement et l'ouverture commerciale explique que les influences négatives de l'ouverture commerciale sur la qualité de l'environnement pourraient être dues à la faiblesse de la politique de conservation de l'environnement dans les termes de déplacement des industries de pollution intensive d'un pays à un autre (Ansari et *al.*, 2020).

6. Références bibliographiques

- Abbasi, F., Riaz, K. (2016). CO₂ emissions and financial development in an emerging economy: an augmented VAR approach. *Energy policy*, 90, 102-114.
- Acheampong, A. O. (2019). Modelling for insight: does financial development improve environmental quality? *Energy Economics*. 83, 156-179.
- Aldy J. E. (2005). An environmental Kuznets curve analysis of US state-level carbon dioxide emissions. *The Journal of Environment & Development*, 14(1), 48–72.
- Al-Mulali U., Sheau-Ting L., Ozturk I. (2015) The global move toward internet shopping and its influence on pollution: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9717–9727.
- Antweiler W., Copeland B. R., Taylor M. S. (2001). Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91(4), 877–908.
- Ansari M. A., Ahmad M. R., Siddique S., Mansoor K. (2020). An environment Kuznets curve for ecological footprint: Evidence from GCC countries. *Carbon Management*, 11(4), 355-368.
- Arrow K. J., Dasgupta P., Goulder L.H., Mumford K. J., Oleson K. (2012). Sustainability and the measurement of wealth. *The Journal of Environment & Development*, 17 (3), 317–353
- Aslanidis N. (2009). Environmental Kuznets curves for carbon emissions: A critical survey. Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) Working Paper No. 75.2009
- Asongu S. A., Odhiambo N. M. (2019). Environmental degradation and inclusive human development in sub-Saharan Africa. *Sustainable Development*, 27(1), 25-34.
- Apergis N. (2016). Environmental Kuznets curves: new evidence on both panel and country-level CO₂ emissions. *Energy Economics*, 54, 263–271.
- Arellano M., Bover O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29–51.
- Arellano M., Bond S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297.
- Atici C. (2009). Carbon emissions in Central and Eastern Europe: environmental Kuznets curve and implications for sustainable development. *Sustainable Development*, 17(3), 155–160.
- Balaguer J., Cantavella M. (2018). The role of education in the Environmental Kuznets Curve. Evidence from Australian data. *Energy Economics*, 70, 289–296.
- Barros L., Lahlou M., Escoffier C., Pumares P., Ruspini P. (2002). *L'immigration irrégulière subsaharienne à travers et vers le Maroc*. Programme des migrations internationales, Bureau international du travail.

- Bhujabal P., Sethi N., Padhan P. C. (2021). ICT, foreign direct investment and environmental pollution in major Asia Pacific countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42649–42669.
- Birdsall N., Wheeler D. (1993). Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens? *The Journal of Environment & Development*, 2(1), 137–149.
- Blundell R., Bond S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143.
- Cho, C. H., Chu, Y. P., Yang, H. Y. (2014). An environment Kuznets curve for GHG emissions: a panel cointegration analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 120-129.
- Cole M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71–81.
- Copeland B. R., Taylor M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71.
- Dasgupta S., Laplante B., Wang H., Wheeler D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168.
- Dogan E., Seker F., Bulbul S. (2017). Investigating the impacts of energy consumption, real GDP, tourism and trade on CO₂ emissions by accounting for cross-sectional dependence: a panel study of OECD countries. *Current Issues in Tourism*, 20(16), 1701–1719.
- Dong K., Dong X., Dong C. (2019). Determinants of the global and regional CO₂ emissions: what causes what and where? *Applied Economics*, 51(46), 5031–5044.
- Frankel J. A., Romer D. (1999). Does trade cause growth? *American Economic Review*, 89(3), 379–399.
- Grossman G. M., Krueger A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *NBER Working Paper* N° W3914.
- Jalil A., Feridun M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284–291.
- Javid M., Sharif F. (2016). Environmental Kuznets curve and financial development in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 406–414.
- Kaika D., Zervas E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory-Part A: Concept, causes and the CO₂ emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392–1402.
- Khan M., Eggoh J. (2021). Investigating the direct and indirect linkages between economic development and CO₂ emissions: a PSTR analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 10039–10052.

- Khan, S. A. R., Qianli, D., SongBo, W., Zaman, K., Zhang, Y. (2017). Travel and tourism competitiveness index: The impact of air transportation, railways transportation, travel and transport services on international inbound and outbound tourism. *Journal of Air Transport Management*, 58, 125-134.
- Khanna A. S. (2002). *Introduction to high temperature oxidation and corrosion*. ASM international.
- Kurniawan R., Sugiawan Y., Managi S. (2021). Economic growth–environment nexus: An analysis based on natural capital component of inclusive wealth. *Ecological Indicators*, 120, 106982.
- Kuznets, S., (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review* 49, 1-28.
- Ladislaw S., Nakano J., Sieminski A., Stanley A. (2017). *US Natural gas in the Global Economy*. Center for Strategic & International Studies.
- Lau L. S., Yii K. J., Lee C. Y., Chong Y. L., Lee E. H. (2018). Investigating the determinants of renewable energy consumption in Malaysia: An ARDL approach. *International Journal of Business and Society*, 19(3), 886–903.
- Menuet M., Minea A., Villieu P., Xepapadeas A. (2020). Economic Growth and the Environment: A Theoretical Reappraisal. *Athens University of Economics and Business Working Paper* N°2031.
- Mert, M., Bölük, G. (2016). Do foreign direct investment and renewable energy consumption affect the CO₂ emissions? New evidence from a panel ARDL approach to Kyoto Annex countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 21669-21681.
- Neequaye N. A., Oladi R. (2015). Environment, growth, and FDI revisited. *International Review of Economics & Finance*, 39, 47–56.
- Obradović S., Lojanica N. (2017). Energy use, CO₂ emissions and economic growth–causality on a sample of SEE countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 511–526.
- Özokcu S., Özdemir Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639–647.
- Ozturk I., Al-Mulali U. (2015). Investigating the validity of the environmental Kuznets curve hypothesis in Cambodia. *Ecological Indicators*, 57, 324–330.
- Perkins R., Neumayer E. (2009). Transnational linkages and the spillover of environment–efficiency into developing countries. *Global Environmental Change*, 19(3), 375–383.
- Pérez-Suárez R., López-Menéndez A. J. (2015). Growing green? Forecasting CO₂ emissions with environmental Kuznets curves and logistic growth models. *Environmental Science & Policy*, 54, 428–437.

- Poumanyong P., Kaneko S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434–444.
- Rahman M. M., Velayutham E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy*, 147, 399–408.
- Saud S., Chen S., Haseeb A (2019). Impact of financial development and economic growth on environmental quality: an empirical analysis from Belt and Road Initiative (BRI) countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2253–2269.
- Sethi P., Chakrabarti D., Bhattacharjee S. (2020). Globalization, financial development and economic growth: Perils on the environmental sustainability of an emerging economy. *Journal of Policy Modeling*, 42(3), 520–535.
- Shafik N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, 757–773.
- Shahbaz M., Khan S., Tahir M. I. (2013). The dynamic links between energy consumption, economic growth, financial development, and trade in China: fresh evidence from multivariate framework analysis. *Energy Economics*, 40, 8–21.
- Shi A. (2003). The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975–1996: evidence from pooled cross-country data. *Ecological Economics*, 44(1), 29–42.
- Solarin S. A., Al-Mulali U., Ozturk I. (2017). Validating the environmental Kuznets curve hypothesis in India and China: The role of hydroelectricity consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1578–1587.
- Solarin S. A., Al-Mulali U. (2018). Influence of foreign direct investment on indicators of environmental degradation. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 24845–24859.
- Tiba S., Omri A. (2017). Literature survey on the relationships between energy, environment and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1129–1146.
- Wang Q., Wang X., Li R. (2022). Does urbanization redefine the environmental Kuznets curve? An empirical analysis of 134 Countries. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103382.
- World Bank. (2021). World development report 2021: Data for better lives.
- Xu T. (2018). Investigating environmental Kuznets curve in China—aggregation bias and policy implications. *Energy Policy*, 114, 315–322.