

Master 2 ECAP
Econométrie des données de panel

**ETUDE DE LA VALIDITÉ EMPIRIQUE
DE LA COURBE
ENVIRONNEMENTALE DE KUZNETS**

**LE CAS DE L'AMÉRIQUE LATINE ET DES
CARAÏBES ENTRE 2002 ET 2020**

Marie KERHOAS & Yava VILAR VALERA

Décembre 2024

Sommaire

I - Introduction	3
II - Revue de littérature	4
III - Description des données	6
IV - Présentation des spécifications économétriques	8
V - Estimations & Résultats	9
VI - Conclusion	12
Bibliographie	13
Annexes	15

I - Introduction

Dans le contexte du changement climatique que nous vivons actuellement, la préservation de l'environnement face à l'activité humaine est l'un des principaux défis de notre époque. S'il est crucial d'adapter notre comportement afin de limiter son impact néfaste, il est également nécessaire de comprendre les mécanismes qui régissent l'évolution de la qualité de l'environnement afin d'apporter des éléments de réponse plus pertinents.

Parmi les théories à ce sujet, on retrouve celle de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). Il s'agit d'un concept qui décrit la relation entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement. Cette relation prend la forme d'un U inversé à travers lequel la dégradation environnementale croît dans les premières étapes du développement économique, et décroît à partir d'un tournant de celui-ci. Cette théorie a été proposée en 1991 par Grossman et Krueger et s'inspire de la courbe de Kuznets de 1955 qui établit une relation de forme similaire entre le PIB par habitant et les inégalités de revenus sur la population.

Dans cette étude, nous chercherons à tester de façon empirique la validité de la CEK en travaillant sur des données de la Banque Mondiale datant d'entre 2002 et 2020, et en nous concentrant sur une région géographique composée de pays très hétérogènes tant sur le plan culturel que ceux économique et politique : l'Amérique latine et les Caraïbes. En axant notre étude sur une période plus contemporaine que celle dont date la CEK, nous cherchons ainsi à savoir si cette théorie peut être pertinente en dehors du contexte bien spécifique dans lequel elle a été établie.

Afin de parvenir à cet objectif et étant donné que nous traitons des données ayant une double dimension, à la fois individuelle pour les pays et temporelle pour les années, nous mettrons en place des méthodologies d'économétrie des données de panel. Nous étudierons successivement des modèles des moindres carrés ordinaires, à effets fixes et à effets aléatoires, afin d'identifier le modèle le plus adapté à nos données et d'ainsi être en mesure de nous rendre compte s'il est en adéquation ou non avec le modèle théorique (CEK) étudié.

II - Revue de littérature

Comme introduit, la courbe environnementale de Kuznets théorise la relation entre le revenu par habitant et la dégradation environnementale. Dans les premières étapes du développement économique, la dégradation de l'environnement a tendance à augmenter en raison des activités humaines quotidiennes et au manque de ressources monétaires pour faire face à la croissante pollution. Toutefois, les nations atteignent un tournant de revenus à partir duquel la qualité de l'environnement commence à s'améliorer. Cela est dû principalement à la capacité économique des nations à adopter des politiques qui le favorisent et à régulariser leur mode de vie (Stern, 2004). La figure 1 représente cette relation graphiquement.

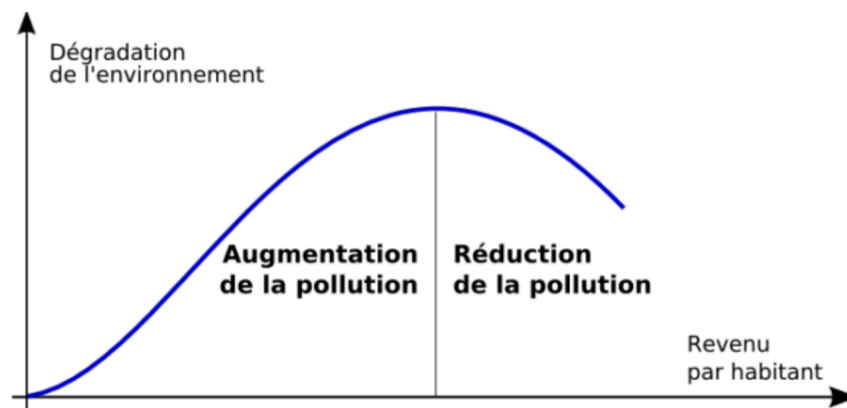


Fig. 1. – Courbe environnementale de Kuznets

L'étude empirique de cette théorie a connu un essor au début des années 1990, avec des travaux pionniers comme celui de Shafik et Bandyopadhyay (1992), qui ont analysé l'impact de divers indicateurs économiques sur la dégradation environnementale. Leur étude s'est appuyée sur des variables telles que l'accès à une eau potable, l'assainissement urbain et les émissions de dioxyde de carbone. Dans la même veine, le travail de Panayotou (1993) s'est concentré sur la relation entre la croissance économique et des polluants comme le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x) et les particules en suspension (SPM).

Depuis lors, la littérature n'a cessé de s'enrichir, introduisant des innovations méthodologiques et couvrant différentes régions du monde, groupes de revenus et périodes temporelles. Bien que les études longitudinales existent pour des pays spécifiques, tels la Chine (Yu *et al.*, 2019) ou l'Inde (Avik et Muhammad, 2018), les modèles de panel, permettant de capturer à la fois la variabilité entre les pays et entre le temps, sont les plus utilisés. Une abondante littérature a été produite sur les continents européen (Halil et Yacouba, 2020; Safwan *et al.*, 2024), asiatique (Oshima, 1992; Nicholas et Ilhan, 2015), africain (Muhammad, Sakiru et

Ilhan, 2016; Sisay Demissew et Balázs, 2020), ainsi que pour les pays de l'OCDE (Osman et Fatma, 2000; Sefa Awaworyi *et al.*, 2018; Hêriş, Heibatolah et Cosimo, 2023).

En ce qui concerne l'Amérique latine et les Caraïbes, on souligne des analyses concentrées sur les émissions de CO₂ (Inmaculada et Aurelia, 2003; Usama, Chor et Ilhan, 2015) et la consommation d'énergie (P. et Josué De Jesús, 2016). Les analyses les plus marquantes sont basées sur un échantillon limité de pays et sur des périodes couvrant le siècle dernier. Cependant, les études portant sur le XXI^e siècle demeurent rares. De plus, à notre connaissance, seuls quelques travaux ont examiné l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre (José M., Rocio et Juan C., 2019; Jorge A., Carlos F. et Carlos D., 2023). Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer la persistance de la validité de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets à l'époque contemporaine, entre 2002 et 2020, évaluant un indicateur de qualité environnementale peu exploré jusqu'à présent. En outre, l'analyse inclut un total de 31 pays, ce qui améliore la représentativité de la région étudiée par rapport à la littérature existante et renforce la validité externe des résultats.

D'autre part, le facteur déterminant de la performance de l'environnement est le niveau de richesse par habitant d'une nation donnée. Celui-ci est souvent capturé par le PIB par habitant (Nicholas et Ilhan, 2015), (Sebri, 2009), (Qiang, Yuanfan et Rongrong, 2024). Toutefois, on retrouve également d'autres indicateurs mobilisés tels que la valeur ajoutée brute par habitant (Pablo-Romero et De Jesús, 2016).

Des facteurs additionnels sont communément considérés, tant pour l'influence qu'ils exercent sur la dégradation de l'environnement que pour son rôle dans la réduction du biais des variables omises. Parmi eux, la densité de la population (Correa Restrepo, Felipe Vasco Ramírez et Pérez Montoya, 2005; Sebri, 2009; Yuanyuan, Pengyu et Xiangdong, 2022; Paravee et Woraphon, 2022), l'urbanisation (Yuanyuan, Pengyu et Xiangdong, 2022; Hipólito Leal et Cardoso Marques, 2022), la consommation d'énergies (Yuanyuan, Pengyu et Xiangdong, 2022; Paravee et Woraphon, 2022; Hipólito Leal et Cardoso Marques, 2022), et la qualité des institutions politiques et de l'absence de violence (Nicholas et Ilhan, 2015; Qiang, Yuanfan et Rongrong, 2024) se démarquent. En effet, plus la population et l'urbanisation augmentent, plus les émissions de polluants à l'environnement aura tendance à augmenter de par la croissante activité humaine. Au sein de la consommation d'énergies, certaines d'entre elles émettent d'importantes quantités de gaz à effet de serre, tandis que d'autres se sont avérées efficaces dans la réduction de celles-ci. Parmi ces dernières, la préférence d'énergies renouvelables face aux nucléaires a été largement débattue. Divers articles ont conclu une plus grande efficacité des énergies renouvelables (Taeyoung Jin et Jinsoo Kim, 2018; Syed *et al.*, 2020), raison pour laquelle nous incluons cette variable dans l'analyse. Finalement, les institutions et mécanismes politiques jouent un rôle substantiel dans la conception de modes de production respectueux envers l'environnement.

III - Description des données

Dans cette étude, nous avons travaillé à partir d'indicateurs de développement mondial mis en libre d'accès par la Banque Mondiale. Parmi l'ensemble des données disponibles dans cette base de données, nous avons choisi de nous concentrer sur celles des pays situés en Amérique latine et dans les Caraïbes, soit sur 42 pays initialement.

Par la suite, nous avons sélectionné 6 variables pertinentes dans le cadre de cette étude. Il s'agit, en premier lieu, de la variable dont nous souhaitons comprendre la dynamique : les émissions totales de gaz à effet de serre (GES) mesurées en milliers de tonnes d'équivalent de CO₂, ainsi que de la variable explicative principale, celle du PIB par habitant (PIB_H), dans notre cas exprimée en \$ constants de 2015. Viennent ensuite les variables additionnelles que nous avons retenues : la stabilité politique et l'absence de violence (STAB_POL) dont la perception est estimée par un score allant de $-2,5$ à $2,5$; la consommation des énergies renouvelables (CER) en proportion par rapport à la consommation totale d'énergie; la part de la population urbaine (URB) par rapport à l'ensemble de la population; et la densité de population (DEN_POP) exprimée en nombre de personnes par km² de superficie du pays.

Afin d'obtenir un panel cylindré tout en ayant une période d'étude suffisamment importante, nous avons choisi de nous concentrer sur les années allant de 2002 à 2020 et nous avons dû éliminer 11 pays, ce qui nous a donc conduit à réaliser une étude portant sur 31 pays (Annexe 1).

A présent que nous avons introduit les données et notamment les variables retenues dans notre étude, nous allons réaliser leur analyse exploratoire.

Variable	Moyenne	Écart type	Min	Max
GES	89 011,46	208 089,6	167,30	1 127 554
PIB_H	8 540,21	6 004,23	1 279,54	33 162,16
STAB_POL	0,05	0,69	-2,38	1,32
CER	26,36	20,62	0	82,2
URB	61,37	19,48	18,45	95,51
DENS_POP	131,62	145,64	3,18	652,77

Tableau 1. – Statistiques descriptives

Concernant les émissions de gaz à effet de serre, le tableau 1 des statistiques descriptives nous indique qu'elles sont en moyenne de 89 011,46 kT dans les pays analysés. Toutefois, au vu de l'importance de l'écart-type de cette variable et de l'étendue de sa distribution, on constate la présence d'une forte hétérogénéité dans ces valeurs. Lorsque l'on s'intéresse au PIB par habitant, on observe qu'il est en moyenne de 8 540,21 \$ par an dans les différents pays. Une nouvelle fois cette série dispose d'une grande étendue avec des PIB par habitant

variant entre 1 279,54 \$ et 33 162,16 \$, mais cette fois-ci sa dispersion est comparativement plus faible. Cela est notamment visible lorsque que l'on observe l'évolution de la variable dépendante selon le PIB par habitant (Annexe 2). Dans ce graphique, on constate notamment que les combinaisons de pays/années ayant des PIB par habitant faible et élevé ont des émissions totales de gaz à effet de serre basses, toutefois les combinaisons dont le PIB est intermédiaire ont des niveaux d'émissions qui varient fortement et dont certains sont mêmes très élevés. A propos des 4 autres variables, elles nous apprennent que parmi les pays et les périodes étudiées, on retrouve en moyenne des combinaisons pays/année dans lesquelles la stabilité politique et l'absence de violence est estimée comme ayant un score légèrement positif, la proportion de la consommation des énergies renouvelables est de 26,36 %, la part de la population vivant en ville est de 61,37 % et dont la densité de population est de 131,62 personnes par km².

Additionnellement, nous avons analysé la distribution graphique de l'ensemble des variables à travers des histogrammes et des boîtes à moustaches. En accord avec l'annexe 3, le PIB par habitant et notamment les émissions de gaz à effet de serre suggèrent une distribution non normale avec des valeurs atypiques. Concernant la variable qu'on cherche à modéliser, la grande majorité des pays se concentrent à gauche de la distribution, tandis que très peu de nations émettent plus d'émissions que la moyenne. Ce constat suggère la transformation de la variable en valeur logarithmique, ce qui est de même pour le PIB par habitant. Les variables additionnelles, au contraire, ne révèlent pas une asymétrie également prononcée.

Variable	GES	PIB_H	STAB POL	CER	URB	DENS POP
GES	1,000					
PIB_H	0,021	1.00				
STAB_POL	-0,243	0,579	1,000			
CER	0,046	-0,511	-0,483	1,000		
URB	0,417	0,138	-0,131	0,093	1,000	
DENS_POP	-0,255	0,101	0,302	-0,221	-0,541	1,000

Tableau 2. – Matrice de corrélation

Analysant les liens entre les variables, la matrice de corrélation du tableau 2 indique une faible corrélation entre l'ensemble d'indicateurs mobilisés. En ce qui concerne la variable des émissions de gaz à effet de serre, elle présente la corrélation plus forte, et positive, avec l'urbanisation. Parmi les variable explicatives, le PIB par habitant, la stabilité politique et la consommation d'énergie renouvelable sont moyennement corrélées entre elles à une hauteur des alentours de 0.5. L'urbanisation et la densité de population présentent également un taux de corrélation modéré de -0.541. Le fait qu'il ne semble pas y avoir de multicolinéarité permet d'inclure l'ensemble de ces variables dans l'estimation économétrique.

IV - Présentation des spécifications économétriques

Dans cette section, nous allons introduire de façon théorique les spécifications économétriques que nous emploierons dans la suite de cette étude.

Dans un premier temps, nous mettrons en place un modèle de régression des moindres carrés ordinaires (MCO). Il s'agit d'un modèle dans lequel chaque combinaison de pays et d'année est considérée comme un individu indépendant et dans lequel les dimensions individuelles et temporelles ne sont donc pas prises en compte.

$$Y_{i,t} = X_{i,t} \cdot \beta + \varepsilon_{i,t} \quad \forall i \in [1, N], \forall t \in [1, T]$$

Avec : $Y_{i,t} = \ln(\text{GES})_{i,t}$ et

$$X_{i,t} \cdot \beta = \ln(\text{PIB_H})_{i,t} \cdot \beta_1 + \ln(\text{PIB_H})_{i,t}^2 \cdot \beta_2 + \text{STAB_POL}_{i,t} \cdot \beta_3 + \text{CER}_{i,t} \cdot \beta_4 + \text{URB}_{i,t} \cdot \beta_5 + \text{DENS_POP}_{i,t} \cdot \beta_6$$

Pour ce modèle ainsi que les suivants, $Y_{i,t}$ correspond aux valeurs prises par la variable des émissions totales de gaz à effets de serre par pays (i) et par année (t), tandis que $X_{i,t}$ est un terme qui regroupe les valeurs prises par chacune des variables explicatives par pays et par année; et que β correspond aux estimateurs de ces variables. Il est à noter que nous avons également inclu la variable du PIB par habitant au carré afin d'être en mesure de capturer un comportement non-linéaire correspondant à la forme de la CEK. Il est important de savoir que dans le cadre de données de panel, cette catégorie de modèle (MCO) introduit généralement des biais, parfois importants. Il s'agira donc d'un modèle comparatif par rapport aux suivants qui eux sont spécifiques aux données de panel.

Par la suite, nous établirons un modèle à effets individuels fixes capturé par l'estimateur within qui se présente sous la forme suivante :

$$Y_{i,t} = X_{i,t} \cdot \beta + a_i + \varepsilon_{i,t} \quad \forall i \in [1, N], \forall t \in [1, T]$$

avec a_i le paramètre capturant l'effet individuel fixe du pays i

Cette fois-ci, nous considérerons une relation permettant d'expliquer les émissions de gaz à effet de serre dont les coefficients demeurent identiques selon les individus hormis celui concernant la constante. De plus, chaque pays dispose d'une valeur spécifique (a_i) pour ce paramètre défini selon des paramètres inobservables. Par ailleurs, nous avons privilégié l'estimateur within face à l'estimateur between car nous nous intéressons davantage à capturer les variations au sein de chaque pays au cours du temps plutôt qu'à comparer les différences entre pays en faisant disparaître la temporalité de nos données.

Le modèle suivant sera quant à lui à effets individuels aléatoires. Les caractéristiques propres à chaque pays, constantes au fil du temps, n'y sont pas corrélées avec les variables

explicatives du modèle. Cela signifie que les spécificités individuelles sont dans le terme d'erreur et sont distribuées de façon aléatoire. Son expression est la suivante :

$$Y_{i,t} = X_{i,t} \cdot \beta + \alpha_i + \varepsilon_{i,t} \quad \forall i \in [1, N], \forall t \in [1, T]$$

avec α_i le paramètre capturant l'effet individuel aléatoire du pays i

En réalisant un test de Hausman comparant ces deux derniers modèles, nous serons alors en mesure d'identifier lequel sera, comparativement à l'autre, le plus approprié à nos données. Nous envisagerons par la suite l'inclusion d'effets fixes temporels, capturés par l'ajout d'un paramètre γ_t dans l'équation du modèle retenu, tel que présenté ci-dessous :

$$Y_{i,t} = X_{i,t} \cdot \beta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad \text{ou} \quad Y_{i,t} = X_{i,t} \cdot \beta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t}$$

$$\forall i \in [1, N], \forall t \in [1, T]$$

V - Estimations & Résultats

A présent, nous allons présenter les estimations ainsi que les résultats obtenus en ayant mis en œuvre la méthodologie précédemment décrite.

<i>Variable dépendante: lnGES</i>	MCO	Effets fixes	Effets aléatoires
lnPIB	7,232*** (1,316)	2,744*** (0,538)	2,640*** (0,586)
lnPIB2	-0,359*** (0,075)	-0,120*** (0,030)	-0,116*** (0,032)
STAB_POL	-1,956*** (0,094)	-0,048*** (0,018)	-0,045** (0,019)
CER	0,016*** (0,003)	-0,005*** (0,001)	-0,005*** (0,001)
URB	0,060*** (0,003)	-0,009*** (0,002)	-0,004 (0,002)
DENS_POP	0,002*** (0,000)	0,005*** (0,001)	0,003*** (0,001)
R^2	0,694	0,559	0,135
Test de Hausman	χ^2 :101,89	P.critique: 0,000	

Note. Significatif au seuil de 1 % ***; 5 % **; 10 %*. Ecart-types entre parenthèses.

Tableau 3. – Comparaison des résultats des modèles

Le tableau 3 présente les résultats obtenus des différentes estimations économétriques modélisées. Tout d'abord, l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets semble être vérifiée. En effet, le PIB par habitant a un impact significatif et positif sur les émissions de gaz à effet de serre, indiquant qu'à mesure que le PIB par habitant augmente, les émissions de gaz à effet de serre augmentent également. Au contraire, à partir d'un certain seuil de PIB par habitant, une augmentation supplémentaire entraîne une réduction des émissions, confirmant la forme en U inversé de la CEK. Ce résultat est cohérent entre les différentes estimations.

Les résultats mettent également en lumière le rôle notable de la stabilité politique et de l'absence de violence dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tandis que la densité de population tend à les augmenter. En revanche, les autres variables présentent des signes opposés en fonction du modèle utilisé. Par exemple, les variables « Consommation d'énergies renouvelables » et « Urbanisation » ont un impact positif dans la régression groupée (MCO), mais négatif dans les modèles à effets fixes et aléatoires. De même, certains coefficients varient de manière significative entre les modèles, notamment entre les estimations par MCO et celles par effets fixes ou aléatoires.

Ces différences peuvent indiquer la présence de facteurs invariants dans le temps propres à chaque pays qui pourraient impacter les émissions, tels que des caractéristiques géographiques et climatiques, la disponibilité de ressources naturelles ou la structure économique, qu'il convient de corriger pour éviter des biais dans les estimations. Cela rend les modèles à effets fixes ou aléatoires préférables au MCO. Afin de déterminer lequel de ces deux modèles est le mieux adapté aux données, le test de Hausman a été réalisé pour évaluer si les erreurs spécifiques à l'unité sont corrélées aux variables explicatives, présenté dans le tableau 3. Avec une probabilité critique de 0,000, l'hypothèse selon laquelle les effets individuels ne sont pas corrélés avec les variables explicatives est rejetée. Par conséquent, le modèle à effets fixes est retenu.

Enfin, après avoir corrigé les différences invariantes dans le temps entre les pays, il est également essentiel de prendre en compte les disparités annuelles qui affectent tous les pays de manière uniforme. Ces différences temporelles peuvent inclure des chocs climatiques, des crises économiques, des fluctuations des prix de l'énergie ou encore des politiques globales. Ainsi, le modèle final combine à la fois des effets fixes individuels, capturés par l'estimateur « within », et des effets temporels, tels que présentés dans le tableau 4.

<i>Variable dépendante:</i>	<i>lnGES</i>
lnPIB	1,345** (0,521)
lnPIB2	-0,058** (0,028)
STAB_POL	-0,046*** (0,017)
CER	-0,006*** (0,001)
URB	-0,009*** (0,002)
DENS_POP	0,002*** (0,000)
Effets individuels	Oui
Effets temporels	Oui
R^2	0,63

Note: Significatif au seuil de 1 % ***; 5 % **; 10 % *. Ecarts-types entre parenthèses

Tableau 4. – Modèle à effets fixes individuels et temporels

D'après les résultats du tableau 4, on observe des effets toujours statistiquement significatifs ainsi qu'un respect de la courbe environnementale de Kuznets en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, certains coefficients sont devenus moins élevés, en particulier ceux du PIB par habitant et de son terme quadratique. Cette diminution a affecté leur significativité, qui n'est respectée qu'au seuil de 5 %. Cela était prévisible avec l'inclusion des effets fixes temporels, car cette nouvelle estimation capture l'impact des variables sans l'influence des facteurs globaux annuels. L'omission de ces derniers dans les modèles précédents risquait d'entraîner une surestimation des coefficients. D'autre part, le fait que la variable « PIB par habitant » soit celle ayant subi la plus grande modification suggère qu'elle est corrélée avec ces facteurs corrigés, alors que les autres variables explicatives semblent être moins corrélées.

En interprétant les coefficients obtenus, on constate qu'au sein de chaque pays, une augmentation de 1 % du PIB par habitant est associée à une augmentation de 1,34 % des émissions de gaz à effet de serre pour une année donnée. Cependant, lorsque le PIB par habitant atteint un certain seuil et continue à augmenter de 1 %, le pays émettra 0,058 % de gaz à effet de serre en moins. Par ailleurs, une augmentation d'une unité du score de stabilité politique et d'absence de violence, d'une unité dans la part d'énergie renouvelable consommée par rapport au total d'énergie consommée, ainsi que d'un point de la population urbaine, entraîne une diminution des émissions de gaz à effet de serre de 0,046 %, 0,006 % et 0,009 %, respectivement. Enfin, une augmentation d'une unité de la densité de population (nombre d'habitants par km²) est associée à une hausse des émissions de 0,002 %. Par ailleurs, le R^2 est de 0.63, ce qui indique une bonne qualité du modèle.

Dans l'ensemble, les résultats confirment en grande partie les relations attendues selon la littérature. Principalement, la courbe environnementale de Kuznets a été vérifiée pour un des indicateurs majeurs de la dégradation environnementale. Seule l'urbanisation a eu un impact négatif sur les émissions de gaz à effet de serre, un résultat apparemment inattendu. Toutefois, cela pourrait refléter des revenus plus élevés dans les zones urbaines et par conséquent des émissions moins importantes.

VI - Conclusion

En conclusion, cette étude a eu pour objectif l'analyse de la validité empirique de la courbe environnementale de Kuznets. Pour ce faire, nous avons étudié le comportement des émissions de gaz à effet de serre en fonction du PIB par habitant, ainsi que d'autres facteurs pertinents, dans une région particulièrement intéressante de par sa diversité économique et sociale: l'Amérique latine et les Caraïbes. L'analyse couvre la période de 2002 à 2020 et s'appuie sur les données des WDI (World Development Indicators) de la Banque Mondiale. En testant différentes approches économétriques, un modèle de panel à effets fixes individuels et temporels s'est révélé être le plus approprié.

Notre étude a permis non seulement de confirmer l'hypothèse de la CEK, soulignant l'importance d'une économie développée pour réduire les émissions, mais également de mettre en lumière les principaux déterminants influençant le comportement de l'environnement. La densité de la population semble nuire à l'environnement, tandis que la consommation d'énergies renouvelables, la stabilité politique et l'absence de violence, ainsi que l'urbanisation, jouent un rôle favorable.

Pour de futures recherches, il serait pertinent d'explorer une gamme plus large d'indicateurs afin de fournir une image complète des performances environnementales en fonction de la dynamique du revenu moyen d'une nation. L'étude d'autres régions du monde pourrait également constituer une piste d'amélioration, puisque ce travail a validé la théorie de la CEK dans un contexte bien spécifique.

Bibliographie

Avik, S. et Muhammad, S. (2018) « Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO2 emission: Role of renewable energy generation in India », *Renewable energy*

Correa Restrepo, F., Felipe Vasco Ramírez, A. et Pérez Montoya, C. (2005) « La curva medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia, Grupo de Economía Ambiental (GEA) »

Halil, A. et Yacouba, K. (2020) « Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions? », *Ecological Indicators*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106187>

Hipólito Leal, P. et Cardoso Marques, A. (2022) « The evolution of the environmental Kuznets curve hypothesis assessment: A literature review under a critical analysis perspective », *Heliyon*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11521>

Hêriş, G., Heibatolah, S. et Cosimo, M. (2023) « Examining the Energy-Environmental Kuznets Curve in OECD Countries Considering their Population », *Environmental Science and Pollution Research*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28923-w>

Inmaculada, M.-Z. et Aurelia, B. M. (2003) « Testing for an Environmental Kuznets Curve in Latin-American Countries », *Revista de Analisis Economico*

Jorge A., A.-R., Carlos F., V. et Carlos D., V. (2023) « The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Colombia: Impact of Economic Development on Greenhouse Gas Emissions and Ecological Footprint », *Sustainability*

José M., C., Rocio, R.-C. et Juan C., M. (2019) « Quality of Institutions, Technological Progress, and Pollution Havens in Latin America. An Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis », *Sustainability*

Muhammad, S., Sakiru, A. S. et Ilhan, O. (2016) « Environmental Kuznets Curve hypothesis and the role of globalization in selected African countries », *Ecological Indicators*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.024>

Nicholas, A. et Ilhan, O. (2015) « Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries ». Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.026>

Oshima, H. T. (1992) « KUZNETS' CURVE AND ASIAN INCOME DISTRIBUTION TRENDS », *Hitotsubashi Journal of Economics*

Osman, Z. et Fatma, T. (2000) « A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries », *Environmental and Resource Economics*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1023/A:1008318605976>

P., P.-R. María del et Josué De Jesús (2016) « Economic growth and energy consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*

Pablo-Romero, M. d. P. et De Jesús, J. (2016) « Economic growth and energy consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.029>

Paravee, M. et Woraphon, Y. (2022) « Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in OECD during 1970–2016: Panel Smooth Transition Regression », *Energy Reports*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.210>

Qiang, W., Yuanfan, L. et Rongrong, L. (2024) « Rethinking the environmental Kuznets curve hypothesis across 214 countries: the impacts of 12 economic, institutional, technological, resource, and social factors », *Humanities and Social Sciences Communications volume*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02736-9>

Safwan, M. *et al.* (2024) « Assessment of the environmental kuznets curve within EU-27: Steps toward environmental sustainability (1990–2019) », *Environmental Science and Ecotechnology*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.esec.2023.100312>

Sebri, M. (2009) « The Mediterranean Zone in front of Air pollution: an Econometric Investigation »

Sefa Awaworyi, C. *et al.* (2018) « The Environmental Kuznets Curve in the OECD: 1870–2014 », *Energy Economics*

Sisay Demissew, B. et Balázs, K. (2020) « Testing the environmental Kuznets curve hypothesis: an empirical study for East African countries », *International Journal of Environmental Studies*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1695445>

Stern, D. I. (2004) « Environmental Kuznets Curve », *Science Direct*

Syed, T. *et al.* (2020) « Is nuclear energy a better alternative for mitigating CO2 emissions in BRICS countries? An empirical analysis », *Nuclear Engineering and Technology*

Taeyoung Jin et Jinsoo Kim (2018) « What is better for mitigating carbon emissions – Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*

Usama, A.-m., Chor, F. T. et Ilhan, O. (2015) « Estimating the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.017>

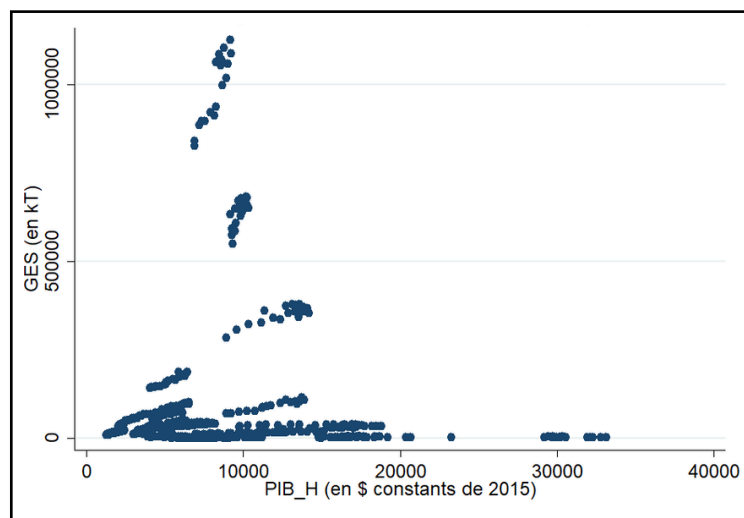
Yu, Z. *et al.* (2019) « The environmental Kuznets curve of CO2 emissions in the manufacturing and construction industries: A global empirical analysis », *Environmental Impact Assessment Review*

Yuan Yuan, H., Pengyu, C. et Xiangdong, L. a. (2022) « Testing the environmental kuznets curve hypothesis: The dynamic impact of nuclear energy on environmental sustainability in the context of economic globalization », *Energy Strategy Reviews*

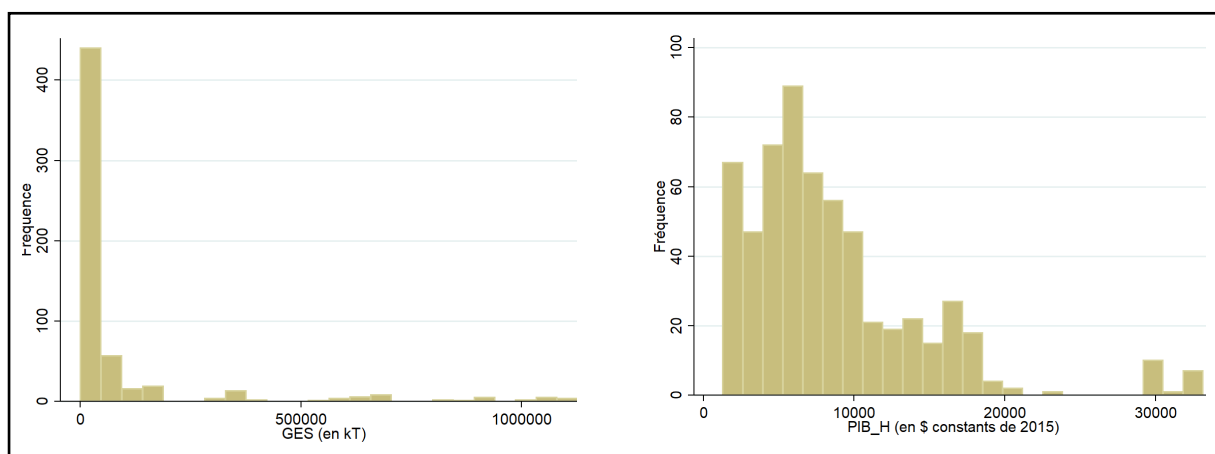
Annexes

Argentine (ARG)	Antigua et Barbuda (ATG)	Bahamas (BHS)	Belize (BLZ)
Bolivie (BOL)	Brésil (BRA)	Barbade (BRB)	Chili (CHL)
Colombie (COL)	Costa Rica (CRI)	Cuba (CUB)	Dominique (DMA)
République Dominicaine (DOM)	Equateur (ECU)	Grenade (GRD)	Guatemala (GTM)
Guyana (GUY)	Honduras (HND)	Haïti (HTI)	Jamaïque (JAM)
Sainte Lucie (LCA)	Mexique (MEX)	Nicaragua (NIC)	Panama (PAN)
Pérou (PER)	Paraguay (PRY)	Salvador (SLV)	Suriname (SUR)
Trinidad et Tobago (TTO)	Uruguay (URY)	Saint Vincent et les Grenadines (VCT)	

Annexe 1. – Liste finale des pays retenus dans l'étude



Annexe 2. – Évolution des émissions de gaz à effet de serre selon le PIB par habitant



Annexe 3. – Distribution des émissions de gaz à effet de serre et du PIB par habitant