



Munich Personal RePEc Archive

Economic growth and environmental degradation in Cote d'ivoire : stirpat model implementation

Senzele, Joseph

École Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée
(ENSEA -Abidjan)

24 September 2022

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/114754/>
MPRA Paper No. 114754, posted 27 Sep 2022 05:13 UTC

Economic growth and Environmental degradation in Cote d'Ivoire : STIRPAT Model Implementation

SENZELE, Joseph

Economiste et Ingénieur Statisticien, École Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée, ENSEA Abidjan, Université de Kinshasa

Croissance économique et dégradation de l'environnement en Côte d'Ivoire : Application du modèle STIRPAT

Joseph SENZELE¹

Résumé

Cette étude a pour objectif d'analyser la relation entre croissance économique et la dégradation de l'environnement en Côte d'Ivoire sur la période de 1990-2020. Pour ce faire, nous avons appliqué le modèle STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) d'Ehrlich-oldren (1971 ; 1972), amélioré par Dietz et Rosa (1997) et York et al. (2003), qui permet de débiller les effets des variables macro-économiques sur l'environnement. Les résultats du test indiquent une relation de long terme entre les variables, et les résultats du modèle de long terme confirment l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour l'économie ivoirienne avec un seuil de tournement du PIB par habitant de 2008 Dollards US. Nous constatons également que la consommation d'énergie, l'urbanisation et l'industrie ont des effets positifs significatifs sur les émissions de CO₂. L'approche de Toda-Yamamoto montre qu'il existe une causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique vers les émissions de dioxyde de carbone en Côte d'Ivoire.

Mots clés : croissance économique, émissions de CO₂, STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology), AutoRegressive Distributed Lags, approche de Toda-Yamamoto, Côte d'Ivoire

¹ Economiste et Ingénieur Statisticien, École Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée (ENSEA - Abidjan) et Université de Kinshasa, E-mail : josephsenzele001@gmail.com ; joseph.senzele@ensea.edu.ci, Téléphone : +2250797988616

Abstract

The study aims at analyzing the relationship between economic growth and environmental degradation in Côte d'Ivoire over the period 1990-2020. To do so, we applied the STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) model of Ehrlich and Lichtenfeldt (1971 ; 1972), improved by Dietz and Rosa (1997) and York et al. (2003), which allows to catch the effects of macroeconomic variables on the environment. The results of the test indicate a long-run relationship between the variables, and the results of the long-run model confirm the Kuznets environmental curve hypothesis for the Ivorian economy with a GDP per capita turning point of 2008 US Dollars. We also find that energy consumption, urbanization and industry have significant positive effects on CO₂ emissions. The Toda-Yamamoto approach shows that there is a unidirectional causality from economic growth to carbon dioxide emissions in Côte d'Ivoire.

Key words : Economic Growth, CO₂ emissions, STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology), AutoRegressive Distributed Lags, TodaYamamoto approach, Côte d'Ivoire

1. Introduction

En Côte d'Ivoire comme ailleurs, la dégradation de la qualité de l'environnement est un grand fléau au cœur des débats actuels, et il est abordé avec beaucoup d'intérêts et d'inquiétudes tant par la communauté scientifique que politique. Ces cinq (5) dernières décennies ont été marquées par une prise de conscience accrue des problèmes environnementaux, comme en témoigne l'ampleur des débats publics nationaux et internationaux sur ce sujet et la tenue de négociations internationales chaque année pour faire face à la gravité du problème. L'objectif commun de ces négociations est l'engagement de chaque pays à réduire son taux d'émission de gaz à effet de serre et préserver l'environnement (Stockholm en 1972, Rio de Janeiro 1992, Kyoto en 1997, Johannesburg en 2002, Copenhague en 2009, Paris en 2015, New York City en 2014, Marrakech en 2016, Bonn en 2017, Katowice en 2018, etc).

Les scientifiques dans le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, affirment que la dégradation de l'environnement due aux activités humaines provoque des perturbations dangereuses et généralisées dans la nature et a des effets nocifs sur la vie de milliards de personnes dans le monde. Ainsi, la multiplication des vagues, de chaleur, des sécheresses et des inondations excède déjà les seuils de tolérance des végétaux et des animaux, provoquant la mortalité massive d'arbres et d'autres espèces. Vue qu'ils surviennent collectivement, ces événements météorologiques extrêmes ont des répercussions de plus en plus difficiles à gérer. Ils exposent des millions de personnes à une insécurité alimentaire et hydrique aiguë, notamment en Afrique (cas d'inondations récentes à Abidjan, juillet 2022) et ailleurs. (Rapport du GIEC, 2022).

Le problème tire sa source du fait que la croissance des activités économiques nécessite des apports plus importants d'énergie et de matières. Elle est portée en grande partie par l'industrialisation massive, le développement des transports et de l'agriculture, qui génère des quantités plus importantes des gaz à effets de serre (GES) notamment le dioxyde de carbone (CO₂). Et, l'accumulation de ces GES contribue à la dégradation de l'environnement et, par conséquent, à la déréglementation climatiques, à la pollution de l'air et de l'eau.

Et pourtant, c'est pour remédier à cet état de chose qu'une nouvelle perspective de développement fut initiée et adoptée par tous les pays du monde en 1987 à savoir : le développement durable. Selon le rapport Brundtland (1987), le développement durable permettrait de répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures. Ce nouveau mode de vie se proposait de trouver un équilibre entre le style de vie moderne (basé sur la croissance) et les limites supportables de notre planète par la conservation de l'environnement et des ressources naturelles. Cependant, force est de constater

qu'après quelques années de ratifications de cette perspective de vie par les pays, la continuité de la dégradation de la qualité de l'environnement mais la poursuite de la croissance économique avec un élan exacerbé dans les pays et des émissions beaucoup plus importantes des gaz à effets de serre particulièrement le dioxyde de carbone (CO₂).

En Côte d'Ivoire, les émissions de CO₂ durant les trois dernières décennies ont augmenté de plus de 77%, entraînant une détérioration de la qualité de l'air dans les zones urbaines. Cette pollution atmosphérique en Côte d'Ivoire est portée par les unités de cimenteries, les usines d'extraction, la rapide urbanisation, la vétusté de son parc automobile, l'industrie, les feux de brousse incontrôlés, les activités de brûlage de déchets à l'air libre, etc. Les experts mettent désormais en garde contre une augmentation dangereuse et coûteuse des maladies respiratoires si des mesures ne sont pas prises. (MINEDD, 2016 ; Keho, 2015)

Ce constat a suscité en nous un certain nombre de questions qui seront le fil conducteur de la présente étude à savoir : Quelle est la relation qu'il y a entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement en Côte d'Ivoire ? Est-ce que les politiques peuvent-elles réduire les émissions de dioxyde de carbone sans nuire à la croissance économique ?

Comme le suggèrent Stern, Common et Barbier (1996), l'expérience de chaque pays devrait être analysée lors de l'étude de la relation entre environnement et la croissance pour en assimiler les politiques. Cependant, pour les pays de l'Afrique sub-saharienne et la Côte d'Ivoire en particulier, les études portant sur ce binôme avec une modélisation économétrique poussée sont rares. Ainsi, la présente étude est la première qui implémente le modèle STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) d'Ehrlich-oldren (1971), amélioré par Dietz et Rosa (1997) et York et al. (2003), qui permet de débattre les impacts des variables macro-économiques sur la dégradation de l'environnement en Côte d'Ivoire.

Pour ce faire, outre l'introduction ci-dessus, cette recherche va s'articuler autour de quatre sections qui sont : la section 2 présente un bref examen de la littérature. Dans la section 3, nous discutons de la méthodologie économétrique et des données utilisées pour l'estimation. La section 4 présente et discute les résultats empiriques. La section 5 conclut l'étude.

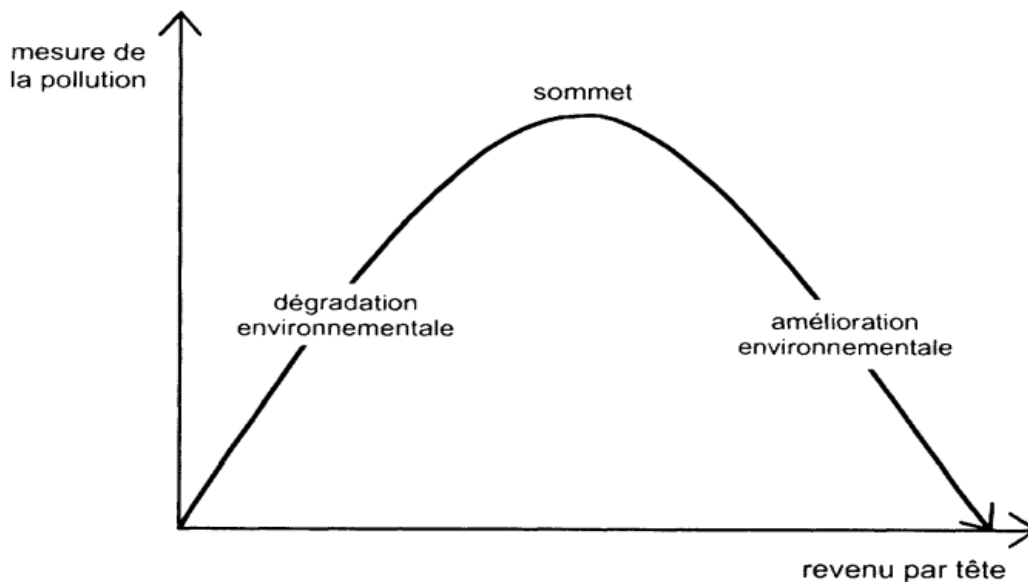
2. Revue de la littérature

2.1. Revue théorique

La relation entre la croissance économique et la dégradation environnementale fait l'objet d'une littérature florissante depuis les travaux de Grossman et Krueger (1991) sur l'impact environnemental de l'ALENA (Accord de Libre Echange Nord-Américain), dans les études de Shafik et Bandyopadhyay (1992) pour le Rapport sur le Développement Mondial de 1992 (Banque Mondiale, 1992) et le document de travail sur le développement dans le cadre d'une étude pour l'Organisation internationale du travail (Panayotou, 1993). Ces études ont découvert que la relation entre le rejet total de divers polluants environnementaux et la croissance économique a la forme d'un U inversé (courbe). Par la suite, cette courbe a été baptisée Courbe environnementale de Kuznets (CEK).

Panayotou (1993) a été le premier à utiliser le terme "Courbe environnementale de Kuznets" et depuis lors, la courbe environnementale de Kuznets est devenue un outil standard pour décrire la relation entre le niveau de qualité environnementale et le niveau de revenu par habitant. La figure 1 présente la CEK.

Figure 1 : La courbe environnementale de Kuznets (CEK)



Source : Nourry M. (2007)

Cette courbe est destinée à représenter une relation à long terme entre l'impact environnemental et la croissance économique. Le développement économique s'accélérate avec l'intensification de l'agriculture, la consommation de l'énergie, et de l'extraction d'autres ressources. Au stade du décollage, le taux d'épuisement des ressources commence à dépasser le taux de

régénération des ressources, et la production de déchets polluant augmente en quantité et en toxicité. À des niveaux de développement plus élevés, l'évolution structurelle vers des industries et des services à forte intensité d'information, associée à une sensibilisation accrue à l'environnement, à l'application de réglementations environnementales, à une meilleure technologie et à des dépenses environnementales plus élevées, entraîne une stabilisation et une diminution progressive de la dégradation de l'environnement. Lorsque le revenu dépasse le point de retournement de la CEK, on suppose que la transition vers l'amélioration de la qualité de l'environnement commence. Ainsi, il pourrait s'agir d'une représentation du processus naturel de développement économique, d'une économie agraire propre à une économie industrielle polluante et, enfin, à une économie de services propre (Arrow et al., 1995).

Une autre explication de la CEK est que lorsque la population atteint un niveau de revenu élevé, elle accorde une plus grande importance aux équipements environnementaux. En général, ceci se manifeste par de dons aux organisations de protection de l'environnement, la demande et la consommation de produits moins polluants. A ce niveau l'élasticité revenue de la demande d'une qualité de l'environnement est supérieure à l'unité ; un environnement de qualité et sa préservation deviennent des biens de luxe.

Le modèle économique où est tirée l'hypothèse de la CEK est un modèle dans lequel il n'existe pas de feedback ou de rétroaction de la qualité de l'environnement sur la croissance économique. La dégradation de la qualité de l'environnement est reconnue avoir des effets pervers sur la qualité de la vie mais pas directement sur les possibilités de production (Stern et al., 1996). En l'absence de cette rétroaction, la croissance peut être une solution pour accéder à une meilleure qualité de vie dans les pays en voie de développement lorsque l'hypothèse CEK est satisfaite.

Au lieu de décrire la croissance économique comme une menace pour l'environnement et de préconiser de la stopper, l'hypothèse de la CEK suppose une certaine compatibilité entre la protection de l'environnement et la croissance économique future. (Grossman et al., 1995 et Antweiler et al., 2001).

2.2. Revue empirique

Depuis les premières études empiriques sur la courbe environnementale de Kuznets réalisées par Grossman et Kruger (1991, 1995), Shafik et Bandyopadhyay (1992), Cropper et Griffith (1994), Selden et Song (1994), Antle et Heidebrink (1995), Holtz-Eakin et Selden (1995), Tucker (1995), etc. et qui ont eu pour dénominateur commun, l'utilisation d'un modèle de régression polynomial (en niveau ou en logarithme) pour étudier la relation existante entre certains

indicateurs de la dégradation environnementale² et le revenu par tête (Sebri, 2009) et la validation de la relation en forme de U inversé de ce binôme, une panoplie d'autres auteurs se sont lancées dans la confirmation ou le rejet de cette hypothèse par des études empiriques avec des données en panel ou en série chronologique. Des récentes statistiques réalisées par Web of science montre qu'il y a eu plus de 570 études portant sur cette thématique en 2020, plus de 706 en 2021 et 542 déjà en 2022 et un total de plus de 6000 études portant sur cette thématique depuis 1991.

Nous allons présenter certaines de ces études ainsi que les résultats auxquels elles sont abouties dans les lignes qui suivent.

² SO₂, CO₂, SPM, NO_x, pollution de l'eau, déchets municipaux, déforestation, etc

Auteur(s)	Intitulé de l'ouvrage ou article	Type de modèle	Champ de l'étude	Résultats
Grossman and Krueger (1991)	Environmental impacts of a north american free trade agreement	Random effects	Pour les années 1977, 1982 et 1988 pour 42 pays	Confirme l'hypothèse de la CEK dans le cas des particules en suspension (SPM) et de la matière noire (fumée) mais pas pour le dioxyde de soufre (SO ₂)
Shafic and Bandyopadhyay (1992)	Economic development and environmental quality: An econometric analysis	OLS	De 1960 à 1990 pour 149 pays	Soutient l'hypothèse CEK pour le cas du SO ₂ et des polluants SPM mais pas pour les émissions de carbone par habitant et la déforestation
Selden and Song (1994)	Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution?	Fixed and country-specific effects	De 1951 à 1986 pour 130 pays	Résultats mitigés selon la forme du modèle
Grossman and Krueger (1995)	Economic growth and the environment	GLS	Pays les années 1977, 1982, 1988 et 1979–1990 pour 22 pays	Confirme l'hypothèse de la CEK
Soytas et al.(2007)	Energy consumption, income, and carbon emissions in the United State	Toda–Yamamoto procedure	De 1960 à 2004, USA	Rejette l'hypothèse de la CEK
Song et al. (2008)	An empirical test of the environmental Kuznets curve in China: A panel cointegration approach	Dynamic OLS	De 1985 à 2005, Chine	Confirme l'hypothèse de la CEK
Ang (2008)	Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia	Co-intégration et Modèle VECM	De 1960 à 2000, France	Confirme l'hypothèse de la CEK

Akpan and Akpan (2012)	Electricity consumption, carbon emissions and economic growth in Nigeria	VECM	De 1970 à 2008, Nigeria	Rejette l'hypothèse de la CEK
Jebli and al. (2014)	The Role of Renewable Energy Consumption and Trade: Environmental Kuznets Curve Analysis for Sub-Saharan Africa Countries	panel cointegration techniques	24 Pays d'Afrique Sub-Saharienne de 1980 à 2010	Causalité bi-directionnelle entre PIB et émissions des CO ₂ ; PIB affectent négativement les émissions des CO ₂
Inglesi-Lotz and Bohlmann (2014)	Environmental Kuznets Curve in South Africa: To Confirm or Not to Confirm?	ARDL	De 1960 à 2010, Afrique du Sud	Rejette l'hypothèse de la CEK
Jebli and Youssef (2015)	The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia	VECM	De 1980 à 2009, Tunisie	Rejette l'hypothèse de la CEK
KEHO (2015)	An Econometric Study of the Long-Run Determinants of CO ₂ Emissions in Cote d'Ivoire	ARDL	De 1970 à 2010; Côte d'Ivoire	Confirme l'hypothèse de la CEK
Oyeniran and Babatunde (2015)	Growth Thresholds and Environmental Degradation in Sub-Saharan African Countries: An Exploration of Kuznets Hypothesis	The pooled ordinary least square and fixed effect	6 pays d'Afrique de l'Ouest entre 1980 et 2013	Confirme l'hypothèse de la CEK
Shahbaz and al. (2016)	Environmental Kuznets curve hypothesis and the role of globalization in selected African countries	ARDL	19 Pays d'Afrique de 1971 à 2012	Confirme l'hypothèse de la CEK pour tous les 19 pays globalement et spécifiquement dans 6 pays et non dans 2 pays

Zaied et al. (2017)	Long run analysis of environmental Kuznets curve in the Middle East and North Africa	DOLS estimation method	De 1980 à 2013, Pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA)	Confirme l'hypothèse de la CEK
Armeanu and al. (2018)	Exploring the link between environmental pollution and economic growth in EU-28 countries: Is there an environmental Kuznets curve?	Pooled OLS and fixed effect	De 1990 à 2014 pour 28 pays de l'Union européenne	Les MCO regroupés confirment l'hypothèse de l'EKC pour les émissions d'oxydes de soufre et de composés organiques volatils non méthaniques ; en outre, l'estimation à effet fixe valide l'hypothèse de l'EKC pour de nombreux types de polluants.
N'Zué (2018)	The environment and growth nexus: an empirical examination of the environmental kuznets curve hypothesis in Cote D'Ivoire	ARDL	De 1960 à 2015; Côte d'Ivoire	Rejette l'hypothèse de la CEK. En plus, les émissions de CO ₂ et le PIB par habitant ne sont pas cointégrés
Adu and Denkyirah (2019)	Economic growth and environmental pollution in West Africa: Testing the environmental Kuznets curve hypothesis	The fixed- and the randomeffect model	De 1970 à 2013, Pays de l'Afrique de l'Ouest	Rejette l'hypothèse de la CEK
Ouédraogo and al., (2022)	Testing the Mineral Resources-Induced Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Africa	Heterogeneous FMOLS and DOLS Models	De 1990 à 2015 pour 33 Pays d'Afrique	Les estimations montrent que la dotation en ressources minérales aggrave la diffusion des CO ₂ dans les pays à faibles et moyens. De même, l'intensité énergétique augmente les émissions de CO ₂ pour les pays à moyens et hauts

Les résultats des études empiriques sur la courbe environnementale de Kuznets (CEK) dans la littérature ne sont pas unanimes. Certains éléments peuvent expliquer cela : les résultats sont généralement influencés par la période d'études, le niveau de développement des économies étudiées, les techniques économétriques utilisées, le degré d'homogénéité de l'échantillon, la prise en compte de variables de contrôle ou par la forme quadratique ou cubique du modèle de la CEK. Par ailleurs, la revue de la littérature montre que malgré la littérature considérable sur la CEK, il y a très peu d'études sur cette question pour le seul cas de la Côte d'Ivoire. Ainsi, notre étude vise à combler ce manque et à contribuer à la littérature existante.

3. Données et Méthodologie de l'étude

3.1. Modèle STIRPAT.

Pour approfondir la compréhension de la relation entre le revenu et la qualité de l'environnement mesurée par les émissions de CO₂, l'identité IPAT qui est une formule largement reconnue pour l'analyse des effets des activités humaines sur l'environnement, est celle que l'on utilise pour cerner cette relation. L'IPAT est né du débat d'Ehrlich-Oldren/Commoner au début des années 1970 sur les principales forces motrices des impacts environnementaux anthropiques.

Ce modèle permet de décrire les changements écologiques induits par les activités humaines en mettant en relation la qualité de l'environnement avec des variables telles que la population, l'affluent et le niveau technologique. Ce modèle se traduit par l'équation suivante :

$$I = P \cdot A \cdot T, \quad (1)$$

Où I est la variable mesurant l'impact environnemental ; P représente la taille de la population (densité) vivant dans le milieu urbain ; A est la variable mesurant l'activité économique humaine (production et consommation) ; et T représente le niveau technologique par unité de consommation et de production.

Ce modèle a été amélioré par Dietz et Rosa (1997) et York et al. (2003). En effet, le modèle IPAT a été critiqué comme étant un modèle mathématique identitaire (identité comptable) et l'on ne peut donc pas l'estimer, ni s'en servir pour effectuer des tests d'hypothèses. Par conséquent, Dietz et Rosa (1997) ont réalisé une amélioration dudit modèle pour avoir sa version stochastique et flexible appelée STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology), qui permet d'analyser les effets environnementaux des variables macro-économiques. L'équation se traduit ainsi :

$$I_i = a P_i^b A_i^c T_i^d \varepsilon_i \quad (2)$$

Les variables I, P, T et A restent les mêmes que celles du modèle IPAT. Mais a, b, c et d représentent les paramètres du modèle. ε_i est le terme d'erreur ; i désigne les unités d'observation. En prenant le logarithme de l'équation (2), on obtient une relation qui se traduit par l'équation suivante (3)

$$\ln I_i = \ln a + b \ln P_i + c \ln A_i + d \ln T_i + \ln \varepsilon_i \quad (3)$$

En général, la variable affluence (A) est approximée par le niveau de la production et de la consommation. Ainsi, les auteurs décrivent A par le niveau du Produit intérieur brut par tête ainsi que le niveau de la consommation de l'énergie par tête (Raskin (1995) ; Dietz et Rosa (1997) ; York et al. (2003)). En suivant Shi (2003), Dietz et Rosa (1997) et York et al. (2003), la variable technologie (T) s'approxime par trois variables reflétant la structure économique à savoir l'industrialisation de l'économie, la part des services dans le PIB et l'ouverture économique. Et la variable population (P) s'approxime par la densité de la population ou par l'urbanisation (Dietz et Rosa (1997) ; York et al. (2003)).

York et al. (2003) soutiennent, à la suite des travaux de Dietz et Rosa (1997), que le terme quadratique de la variable A peut-être ajouté au modèle STIRPAT. L'incorporation du terme quadratique dans l'équation (3) permet à la variable A d'appréhender l'existence éventuelle de la courbe environnementale de Kuznets (CEK), c'est-à-dire d'une relation en forme de U inversé. Ainsi, la conception théorique du modèle de York et al. (2003) permet de considérer le modèle suivant pour analyser la relation entre le changement climatique et la croissance économique en Côte d'Ivoire :

$$\ln CO_{2i} = \alpha + \beta \ln PIB_i + \partial (\ln PIB_i)^2 + \sigma \ln SERV_i + \pi \ln LIND_i + \omega \ln URB_i + \phi \ln ENERG_i + \theta \ln OUV_i + \mu_i \quad (4)$$

Où CO_2 – Gaz carbonique est la variable mesurant la qualité de l'environnement ; ENERG – la consommation d'énergie par tête ; PIB – est le produit intérieur brut par tête ; SERV – est la part des services dans le PIB ; URB – est le degré d'urbanisation ; Ouv – est le degré d'ouverture ; IND – la valeur ajoutée du secteur industriel dans le PIB.

L'effet du produit intérieur brut par tête sur la qualité de l'environnement (CO_2) distingue deux (2) cas selon le signe et la signification des paramètres β et ∂ . Le premier cas est celui où $\beta > 0$ ($\beta < 0$ respectivement) et $\partial = 0$, alors la relation augmente de façon monotone (respectivement diminue). Le deuxième cas est celui où nous avons $\beta = 0$ et $\partial < 0$, d'une part, et $\beta > 0$ et $\partial < 0$, d'autre part. Dans ce cas, on observe une relation en U inversé entre le revenu et l'émission de CO_2 , et le point d'inflexion est donné par :

$$\ln PIB^* = \frac{-\beta}{2\theta} \quad (5)$$

Et le seuil maximal sera donné par $PIB^* = \exp \frac{-\beta}{2\theta}$

3.2. Données de l'étude

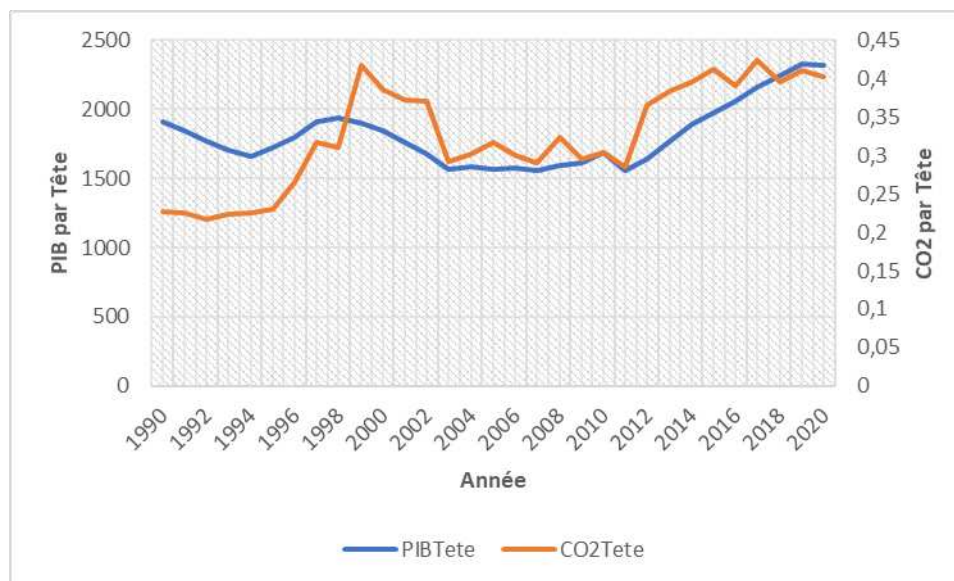
Les données qui sont utilisées dans cette étude proviennent de la base de données de la banque mondiale appelée World Development Indicators (WDI) de 2022 et couvrent la période de 1990-2020. Les principales variables de l'analyse sont le PIB réel par tête (prix constant de 2015), la part des services dans le PIB, la consommation d'énergie par tête, le commerce international, le taux d'urbanisation et les émissions de CO₂ par tête.

Tableau 1 : Présentation des variables

Variable	Description	Unité de mesure
Dioxyde de Carbone	Gaz à effet de serre résultant de la production industrielle, automobile, ...	Tonne métrique par tête
PIB par tête	Produit intérieur brut rapporté à la population totale.	USD à prix constant (2015 comme année de base)
L'urbanisation	La part de la population urbaine dans la population totale	Le rapport Population urbaine / Population totale
Le commerce international (Ouverture)	C'est exprimé par l'indice d'ouverture au commerce extérieur.	Le rapport (Export+Import)/(2*PIB)
Consommation d'énergie	L'utilisation du charbon, du pétrole, de l'huile de roche et des gaz naturels comme source d'énergie	Kilotonne équivalent pétrole (ktep)
Services	C'est la valeur ajoutée des services dans le produit intérieur brut	En pourcentage du PIB
L'Industrie	C'est la valeur ajoutée du secteur industriel dans le PIB	En pourcentage du PIB

Source : World development Indictor 2022

Graphique 2 : Evolution du PIB réel par Tête et des Emissions des CO₂ per capita de 1990 à 2020



Source : Construction de l'auteur à partir des données de la Banque mondiale

Le constat général est une tendance à la hausse du PIB réel per capita et des émissions des CO₂ en Côte d'Ivoire. De 2000 à 2008, la tendance est baissière suite aux crises sociopolitique et économiques. Et à partir de 2012, l'économie ivoirienne est l'objet des performances sans précédent et la tendance est à la hausse pour nos deux variables. Une conjonction des facteurs explique ces performances : la bonne tenue des cours des matières premières, l'augmentation rapide des exportations en volume, la prudence des politiques macro-économiques observées, les allègements des dettes et la constance des flux d'aide et d'investissements directs étrangers (IDE). Ces performances vont de pair avec la mise en œuvre d'un processus d'industrialisation faisant ainsi appel à une utilisation intensive d'énergie. Par conséquent, il en résulte un fort rejet de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les accords de Kyoto signés en 1997 semblent ne pas être respectés puisqu'après 1997, on observe une tendance à la baisse des émissions de CO₂ pour ce pays mais une forte reprise à la hausse de ces émissions à partir de 2012.

3.3. Méthodologie empirique

La méthodologie empirique utilisée dans cette étude se déroule en quatre (4) étapes :

La première étape consiste à déterminer l'ordre d'intégration de chacune des variables. La littérature économétrique propose de nombreux tests statistiques pour déterminer le degré d'intégration d'une variable. Les tests les plus employés sont les tests de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) et Phillips-Perron (PP). Toutefois, certains auteurs ont montré que ces tests sont biaisés en faveur du non-rejet de l'hypothèse de non stationnarité lorsque la série étudiée présente un

changement structurel (Perron, 1989 ; Zivot et Andrews, 1992). Or la période d'analyse de notre étude comporte plusieurs phases d'évolution de l'économie ivoirienne telles que la période de crise politico-militaire de 2002-2007 et d'autres périodes d'instabilité sociopolitique et économique. Ces différentes phases sont susceptibles de fausser les tests de racines unitaires si elles sont complètement ignorées. Ainsi, pour prendre en compte ce biais potentiel, nous allons utiliser le test de Zivot et Andrews (1992) (ZA). Ce test autorise la présence d'un changement à la fois dans la constante et la tendance de la série.

Une fois déterminée l'ordre d'intégration de nos séries, l'étape suivante consiste à examiner la présence éventuelle d'une relation de cointégration entre les variables.

Plusieurs procédures ont été élaborées pour tester la présence de cointégration entre deux ou plusieurs variables. Pour notre étude, nous appliquerons l'approche proposée par Pesaran et al. (2001) qui est basée sur les modèles autorégressifs à retards échelonnés. L'avantage principal de cette approche (ARDL) est qu'elle peut s'appliquer quels que soient les ordres d'intégration des variables étudiées. Ainsi, elle réduit les incertitudes inhérentes relatives aux tests préliminaires de racines unitaires. Un autre avantage de ce test de Pesaran et al. (2001) est qu'il est relativement plus efficace pour les petits échantillons dans lesquels l'ordre d'intégration des variables n'est pas bien connu ou pourrait ne pas être nécessairement le même.

La troisième étape va consister à valider l'hypothèse de la CEK et calculer ainsi le seuil optimal au-delà duquel la croissance devient profitable pour l'environnement.

La quatrième et dernière étape concerne les tests de causalité entre les variables du modèle. Nous allons appliquer la procédure de test de non causalité de Granger de Toda et Yamamoto (1995). La procédure de causalité au sens de Toda et Yamamoto (1995) présente un avantage important du fait qu'elle n'impose pas que les variables soient stationnaires à niveau ou en différence première. Le test de non causalité de Granger de Toda et Yamamoto est valable sans tenir compte qu'une série soit $I(0)$, $I(1)$ ou $I(2)$, non cointégrée ou cointégrée de n'importe quel ordre uniforme (Wolde, 2005).

4. Résultats empiriques

4.1. Résultats des tests de stationnarité

Nous allons employer le test augmenté de David Dickey et Wayne Fuller (ADF, 1981) et de Philipps et Perron (1988) sur des variables en niveau et en différence première et sur la base des trois spécifications possibles (tests ADF et PP). Et aussi, nous employons aussi le test de Zivot et Andrews (1992) (AZ) pour prendre en compte le biais potentiel relatif au changement structurel

dans l'évolution de l'économie ivoirienne. Les résultats de ces tests sont consignés dans la Tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Résultat des tests de racine unitaire sur les variables

Variable	En niveau				En différence 1ère			
	ADF	PP	AZ	Année de Rupture	ADF	PP	AZ	Année de Rupture
LCO2	-1.276751 (0.1813)	-1.332285 (0.1652)	-4.110025 (0.1228)	2011	-6.071604 (0.0000)	-6.028293 (0.0000)	-7.114451 (0.0000)	2001
LPIB	-1.009501 (0.7363)	-0.593254 (0.8577)	-3.837366 (0.2191)	2012	-	-	-	-
LPIBCAR	-1.009501 (0.7363)	-0.593254 (0.8577)	-3.837366 (0.2191)	2012	-	-	-	-
LURB	-2.511906 (0.3204)	-0.662730 (0.9670)	-3.229463 (0.8334)	2011	-	-	-	-
LSERV	-2.268311 (0.1882)	-2.392340 (0.1522)	-2.990753 (0.9142)	2014	-5.155901 (0.0002)	-5.977475 (0.0000)	-5.193815 (0.0180)	2015
LENERG	-3.499192 (0.0576)	-3.493720 (0.0583)	-3.939692 (0.1975)	2003	-6.477310 (0.0001)	-8.609584 (0.0000)	-6.53788 (0.0000)	2005
LIND	-2.127863 0.5096	-2.126002 0.5113	-2.265427 (0.9900)	2001	-6.883198 0.0000	-6.883198 0.0000	-7.454905 0.0000	2001
LOUV	-4.189025 (0.0161)	-2.444363 (0.3512)	-4.146368 (0.1288)	2001	-	-6.305900 (0.0001)	-6.272386 (0.0000)	2005

Source : Estimations de l'auteur à l'aide des données de WDI

Les résultats de stationnarité ci-dessus nous montrent que les variables retenues à savoir les émissions de CO₂ par tête, l'industrie, l'énergie, la part des services dans le PIB par tête et l'ouverture commerciale, sont toutes des processus DS (differency stationnary) et sont intégrées d'ordre 1 au seuil de 5%. Seules les variables urbanisation et le PIB réel par tête, suivent un processus TS (trend stationnary) et devient stationnaire après le filtre de la tendance (extraction de la tendance). Les résultats des tests de PP et ADF corroborent de AZ pour toutes les variables à l'exception de l'ouverture commerciale pour laquelle le test de ADF rejette l'hypothèse de non stationnarité en niveau.

En conclusion, les résultats des tests de racine unitaire montrent donc qu'aucune des variables n'est intégrée à un ordre supérieur à 1 et qu'elles ne sont pas toutes intégrées au même ordre. De ces deux caractéristiques nous déduisons respectivement que, pour tester la cointégration, l'utilisation de l'approche ARDL est possible et qu'elle est plus appropriée que l'approche de Johansen et Juselius (1990). Il est aussi à souligner que le test de Zivot et Andrews (1992) montre que les changements structurels relatifs aux dynamiques de la croissance (variable en différence première) ont été observés à la fin de l'année 2011 suite à la conjonction de facteurs favorables à savoir la stabilisation de la situation politique (l'amélioration du climat sécuritaire), le retour des investisseurs, le regain de confiance des ménages et l'initiative « Pays pauvres très

endettés » (PPTÉ) par laquelle la Côte d'Ivoire a bénéficié, en 2012, d'une annulations de ses dettes publiques (33,5 % du PIB fin 2012 contre 70 % en 2011). (Ehrhart, 2015)

4.2. Test de Cointégration

La relation de cointégration requière que les séries étudiées respectent certaines propriétés économétriques à savoir l'absence d'autocorrélation résiduelle, l'homoscédasticité des résidus et ceux-ci doivent aussi être distribués suivant la loi normale. Pour cela, le modèle estimé a subi une batterie de tests économétriques formels pour être validé et ceux-ci confirment que ces trois hypothèses sont bel et bien respectées (Annexes).

Tableau 3 : Résultats du Test de cointégration de Pesaran et al. (2001)

Variables	F-statistique	Cointégration
LCO2, LPIB, LPIBCAR, LENERG, LOUV, LURB, LSERV, LIND	3.627507	Cointégration
Valeur critique	Borne inférieure	Borne supérieure
2.5%	2.55	3.61
5%	2.27	3.28
10%	1.99	2.94

Source : Estimations de l'auteur à l'aide des données de WDI

Les résultats nous indiquent que les tests de cointégration basés sur l'approche ARDL rejettent l'hypothèse d'absence d'une relation de long terme entre les variables. Les résultats de la procédure «<bounds test >> ci-dessus montrent que la statistique de Fisher ($F=3.63$) est supérieure à la borne supérieure pour le seuil de significativité de 5%. Par conséquent, nous rejetons l'hypothèse nulle d'absence de relation de long terme et concluons à l'existence d'une relation de long terme entre les différentes variables.

Ces résultats impliquent que des relations d'équilibre de long terme peuvent être déduites à partir de nos estimations. Les effets de long terme de la croissance économique, de la consommation d'énergie, des services, de l'ouverture commerciale et de l'urbanisation sur les émissions de dioxyde de carbone peuvent par conséquent être calculés (voir tableau 4).

4.3. Les coefficients de long terme et l'hypothèse de la CEK

Pour estimer les coefficients de la relation de long terme, nous utilisons l'approche de Pesaran et al. (2001) basée sur l'estimation d'un modèle autorégressif à retards échelonnés (ARDL). Il ressort du tableau 4 que le modèle est globalement bon (la p-value du test de nullité globale des coefficients est 0,000). Par ailleurs, la croissance économique, la consommation d'énergie, la part des services, l'ouverture commerciale et l'urbanisation et l'industrie expliquent environ 93,9% des fluctuations à long terme des émissions de dioxyde de carbone en Côte d'Ivoire. Les élasticités de

long terme entre les émissions de dioxyde de carbone et ses déterminants sont résumés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Les coefficients de long terme du modèle

Variable dépendante : ICO2			
Variable	Coefficient	Eccart-type	Probabilité
LPIB	86.846686	4.135168	0.0000*
LPIBCAR	-5.709853	0.274574	0.0000*
LURB	1.793926	0.239629	0.0000*
LINDU	0.153097	0.083523	0.0825***
LOUV	-0.105348	0.044274	0.0280**
LSER	-0.612428	0.040864	0.0000*
LENERG	0.424208	0.088743	0.0001*
C	-341.5681	15.907431	0.0000*
(R-Carré Ajusté = 0.938); (F-Statistic=45.45, Prob=0.00)			

Source : Estimations de l'auteur à l'aide des données de WDI

Note : *, **, *** indiquent la significativité respectivement aux seuils de 1%, 5% et 10%

L'estimation de la relation à long terme montre que le coefficient attaché au produit intérieur brut réel par tête est positif et significatif au seuil de 1%, et son terme quadratique est négatif et significatif au seuil de 1% aussi. Ainsi, la relation croissance-émission de CO₂ en Côte d'Ivoire suit une relation positive, indiquant qu'une croissance économique plus élevée contribue à la dégradation de la qualité de l'environnement.

Par ailleurs, le signe positif pour le PIB réel par habitant et le signe négatif pour le PIB réel par habitant au carré confirment l'hypothèse de la Courbe Environnementale de Kuznets (CEK) selon laquelle la pollution augmente initialement avec le revenu, puis diminue une fois que le revenu atteint un certain seuil. Le point d'inflexion est de 2008 dollars US.

En effet, le développement économique de la Côte d'Ivoire s'accélérait avec l'intensification de l'agriculture, la consommation de l'énergie, et de l'extraction d'autres ressources, génère l'élévation du taux d'épuisement des ressources dépassant le taux de régénération de celles-ci, et la production de déchets polluant. Au seuil de 2008 Dollard US par habitant, l'économie de la Côte d'Ivoire peut miser sur le changement structurel vers des industries et des services à forte intensité d'information, associée à une sensibilisation accrue à l'environnement (stratégie nationale

sur le changement climatique), à l'application de réglementations environnementales, à une meilleure technologie et à des dépenses environnementales plus élevées pour avoir une diminution progressive de la dégradation de l'environnement. Ainsi, étant donné le dépassement de ce seuil à l'heure actuelle, la transition de la Côte d'Ivoire vers l'amélioration de la qualité de l'environnement est possible sans risque de compromettre durablement la croissance économique.

Le résultat montre aussi que la consommation d'énergie per capita a une incidence positive sur les émissions des CO₂ en Côte d'Ivoire. En effet, toute chose égale par ailleurs, l'augmentation de la consommation d'énergie par habitant de 1% entraîne aussi une augmentation des émissions de CO₂ de l'ordre de 0.42%.

Ce lien empirique entre la consommation d'énergie et les émissions de dioxyde de carbone pour la Côte d'Ivoire s'explique par une plus grande dépendance des énergies non renouvelables dans le mix énergétique total, l'utilisation intensive du pétrole pour le transport et autres. Selon Rida et al. (2019), cette relation positive signifie que les politiques actuelles de consommation d'énergie sont néfastes pour la protection de l'environnement et que la prise de conscience globale sur l'utilisation de sources d'énergie plus propres est impérieuse.

Le même tableau indique également que l'urbanisation a un impact positif et significatif sur les émissions de dioxyde de carbone par habitant en Côte d'Ivoire. Les résultats montrent qu'une augmentation de 1% du niveau de l'urbanisation, entraîne une élévation des émissions de CO₂ de 1,79% lorsque les autres variables sont maintenues constantes. Cette variable contribue significativement à la pollution atmosphérique en Côte d'Ivoire.

Cette relation s'explique par le fait que l'urbanisation croissante entraîne une augmentation de la demande d'énergie, et donc des niveaux de pollution dans les zones urbaines. Les théories de la modernisation écologique et de la transition environnementale urbaine soutiennent aussi que l'urbanisation génère des impacts nocifs sur l'environnement (Poumanyvong et Kaneko, 2010). En effet, selon ladite théorie, l'une des caractéristiques des villes urbaines est l'industrialisation rapide, qui est une cause importante d'émissions. Le modèle de consommation des résidents des villes urbaines est principalement à forte intensité de carbone par rapport à leurs homologues vivant dans les zones rurales. Une urbanisation plus élevée est associée à une croissance économique plus forte qui induit un revenu par habitant plus élevé. Les consommateurs plus riches demandent des produits plus énergivores (automobiles, climatisation, réfrigérateurs, machines à laver, etc.), ce qui peut augmenter les émissions de CO₂.

En outre, l'ouverture au commerce international ainsi que la part des services dans le PIB ont des effets négatifs respectivement au seuil de 5% et 1% sur les émissions des dioxydes de carbone en Côte d'Ivoire. En effet, une variation du degré d'ouverture et des services de 1% à chacun, font baisser les émissions de CO₂ respectivement de 0,11% et 0,61% toute chose restant égale par ailleurs².

Pour l'ouverture au commerce international, ce coefficient négatif signifie que la pollution diminue avec l'ampleur de l'ouverture commerciale. Autrement, pour la Côte d'Ivoire, l'augmentation des transactions commerciales internationales est bénéfique pour l'environnement. Ce résultat est intéressant, car il suggère que la promotion de l'ouverture peut être réalisée sans nuire à l'environnement. En effet, cette dernière permet l'accès à des technologies à haut rendement énergétique et à de meilleures pratiques de gestion de l'environnement, contribuant ainsi à une réduction significative des émissions de CO₂. En d'autres termes, la libéralisation, en ouvrant les pays en développement aux investissements, conduit à un transfert de technologies plus modernes et plus propres vers ceux-ci. Cette constatation montre que la relation commerce-pollution dépend fortement de la structure de l'économie. Bien que théoriquement, l'ouverture au commerce international puisse soit réduire la pollution environnementale en incitant les industries à faire des progrès technologiques, soit augmenter les émissions de CO₂ en favorisant la migration des industries polluantes, nos résultats confirment l'impact négatif du commerce qui dépend de la taille du secteur industriel. Cette conclusion invalide l'hypothèse du havre de pollution, mais est en accord avec les travaux de Keho (2015) pour la Côte d'Ivoire et d'Opoku et al. (2014) pour le Ghana.

Pour la part des services dans le PIB, Meunié A. (2004) l'explique par le fait que l'émergence des secteurs des services intensifs en nouvelle technologie et en capital humain dans des économies en développement, desserrent la contrainte écologique en exerçant une action baissière sur l'intensité des émissions de gaz à effet de serre.

En effet, le secteur des services en Côte d'Ivoire a connu une croissance considérable par rapport aux autres secteurs. Ce secteur joue un rôle positif dans la réduction de la pollution en Côte d'Ivoire en raison du développement d'autres sous-secteurs de services tels que les établissements d'enseignement, le secteur financier, les établissements de soins de santé, les secteurs de la vente au détail et du commerce de gros surtout en ligne, les services professionnels et personnels, les organismes gouvernementaux, les médias et le secteur des loisirs. Ces branches du secteur des services génèrent des quantités moindres d'émissions de CO₂ par rapport aux autres secteurs. Nos

résultats sont conformes à ceux de Zaman et al. (2017), qui ont mis en évidence le rôle de la réduction de la pollution des services dans les pays industrialisés.

Et enfin, l'industrie exerce un effet positif au seuil de 10% sur les émissions des CO₂ en Côte d'Ivoire. En effet, une augmentation de la valeur ajoutée du secteur industrielle dans le PIB implique aussi une hausse des émissions de CO₂ de 0,15% ceteris paribus.

Ce résultat positif obtenu bien que le pays ne soit pas fortement industrialisé peut s'expliquer par la structure de l'économie ivoirienne. En effet, les industries représentent l'un des principales sources de pollution de l'air en Côte d'Ivoire, et à cela s'associe les gaz d'échappement des véhicules, les importations de vieux véhicules d'occasion, les feux de brousse incontrôlés et les activités de brûlage de déchets en plein air.

4.4. Analyse de la causalité au sens de Toda-Yamamoto

Nous testons la non-causalité selon l'approche non séquentielle suggérée par Toda et Yamamoto (1995) entre les variables d'étude en considérant trois retards de chacune d'elles et c'est la statistique de Khi-Deux est utilisée pour tester cette causalité en Côte d'Ivoire sur la période 1990-2020. Le Tableau ci-dessous résume la statistique de Khi-Deux et sa p-value pour chaque test de causalité au sens de Toda-Yamamoto.

Tableau 5 : Résultats des tests de causalité de Toda et Yamamoto

k	dmax		LCO2	LPIB	LURB	LINDU	LOUV	LSER	LENERG
2	1	LCO2		11.37671 (0.0099*)	5.750418 (0.1244)	4.004911 (0.2609)	1.636377 (0.6512)	13.88559 (0.0031*)	5.187641 (0.1586)
		LPIB	1.835696 (0.6072)		0.938757 (0.8161)	1.678995 (0.6416)	2.862384 (0.4133)	1.482901 (0.6862)	0.592667 (0.8981)
		LURB	40.50826 (0.0000*)	41.53880 (0.0000*)		3.264813 (0.3526)	6.970717 (0.0728***)	73.88537 (0.0000*)	12.56425 (0.0057*)
		LINDU	12.18657 (0.0068*)	2.570495 (0.4627)	6.984675 (0.0724***)		9.494687 (0.0234**)	2.049961 (0.5621)	1.752225 (0.6254)
		LOUV	0.445658 (0.9307)	2.281464 (0.5161)	3.418921 (0.3314)	3.530853 (0.3168)		3.209805 (0.3604)	3.485818 (0.3226)
		LSER	1.726828 (0.6310)	5.804934 (0.1215)	6.322834 (0.0969***)	5.145657 (0.1614)	5.856083 (0.1188)		5.542525 (0.1361)
		LENERG	10.57793 (0.0142**)	2.620150 (0.4540)	17.40022 (0.0006*)	5.656415 (0.1296)	3.636148 (0.3035)	2.213267 (0.5293)	

Source : Estimations de l'auteur à l'aide des données de WDI

Notes : Les statistiques reportées sont les Chi-deux. Les valeurs entre parenthèses sont les p-values. k est le nombre de retards du VAR en niveau et dmax est l'ordre d'intégration maximal des variables. La sélection de k est basée sur le critère de SC. *, ** et *** sont des significativités respectivement à 1%, 5% et 10%.

A la lumière de ces résultats, il convient de conclure à l'existence de causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique vers les émissions de dioxyde de carbone. Ceci vient affiner l'hypothèse selon laquelle la CEK se fonde sur une relation de l'économie vers l'environnement. Cette relation repose sur l'idée que le lien de causalité s'exerce de la croissance vers un indicateur de la dégradation environnementale : il n'existerait pas d'effet de retour des dommages environnementaux sur la croissance économique (Meunié, 2004).

Ces résultats confortent ceux trouvés par d'autres études empiriques qui expliquent cette causalité par le fait que la croissance économique est la principale raison de l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone.

5. Conclusion

Cette étude a porté sur l'analyse de la relation entre croissance économique et la dégradation de l'environnement par les émissions des CO₂ en Côte d'Ivoire de 1990 à 2020.

Elle s'est aussi investie à saisir l'influence de la consommation de l'énergie par tête, de l'industrie, des services, de l'ouverture commerciale et de l'urbanisation dans la dégradation de l'environnement au travers des émissions de dioxyde de carbone.

Nous nous sommes servis du modèle STIRPAT mis en œuvre par d'Ehrlich-Oldren (1971 ; 1972) et amélioré par Dietz et Rosa (1997) et York et al. (2003), qui permet de débiter les impacts environnementaux des variables macroéconomiques. Avec nos différentes séries temporelles, nous avons appliqué le test de cointégration à travers la modélisation ARDL ou le test de cointégration aux bornes proposé par Pesaran et al. (2001) afin de contourner les limites des tests de cointégration traditionnels. Ce test a révélé qu'il existe une relation de long terme entre les variables d'étude.

Ainsi, l'étude a confirmé l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets pour l'économie ivoirienne avec un seuil de tournement du PIB par habitant de 2008 Dollars US. En outre, les principaux déterminants des émissions de dioxyde de carbone sont la consommation d'énergie, l'urbanisation et l'industrie. L'ouverture commerciale et la part des services dans le PIB influent négativement sur les émissions de CO₂.

Pour connaître le sens de causalité entre croissance économique et la variable de la dégradation de l'environnement, il a été appliqué le test de causalité au sens de Toda et Yamamoto entre les variables. Il ressort de ce test qu'il existe une relation unidirectionnelle allant de la croissance économique vers la dégradation de l'environnement. Ceci vérifie également notre deuxième hypothèse.

Par ailleurs, nous recommandons que la Côte d'Ivoire puisse promouvoir une croissance inclusive verte, qui passera nécessairement par la lutte contre la consommation d'énergies fossiles (politique d'atténuation), les investissements en Recherche et Développement (politique d'innovation), la sensibilisation des populations sur la question du risque environnemental (politique de participation et d'adaptation) ainsi que la collecte et le suivi des indicateurs environnementaux dans toutes les zones économiques du pays.

En plus, le pays doit instituer le recours au gaz naturel, aux bio combustibles issus de déchets ou régénérés, aux énergies renouvelables (hydraulique, solaire) pour la satisfaction des besoins d'énergie (chaleur, éclairage et électricité) de l'industrie et de l'urbanisation.

Enfin, nous recommandons le renforcement des règles locales relatives à l'ouverture internationale (surtout aux importations et investissements directs étrangers) ainsi que la diversification des services en mettant en avant-plan les impacts environnementaux de ceux-ci afin de maintenir la réduction des émissions des CO₂

Références bibliographiques

- [1] Adu, T. et Denkyirah, K., (2019). Economic growth and environmental pollution in West Africa: Testing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Kasetsart Journal of Social Sciences* 040(2), 281–288.
- [2] Akin, S., (2014). The impact of foreign trade, energy consumption and income on CO₂ Emissions, *Int J Energy Econ Policy*, 4:465-75.
- [3] Akpan, E. et Akpan F., (2012). Electricity consumption, carbon emissions and economic growth in Nigeria. *Int J Energy Econ Policy* 2012;2(4):292-306.
- [4] Ang, B., (2007). CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy* 35, 4772–4778.
- [5] Armeanu, D., Vintilă, G., Andrei, J.V., Gherghina, S.C., Drăgoi, M.C., et Teodor, C., (2018). Exploring the link between environmental pollution and economic growth in EU-28 countries: Is there an environmental Kuznets curve? *PLoS ONE* 13(5), e0195708.
- [6] Arrow, K., Bolin B., Costanza, R., Dasgupta P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B., Levin, S., Mäler, K., Perrings, C. et Pimentel D., (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment, *Science*, vol 268, pp. 520-521.
- [7] Banque mondiale, (2021). De la crise à une reprise verte, résiliente et inclusive, Rapport annuel, SKU : 211781
- [8] Beckerman, W., (1992). Economic development and the environment: conflict or complementarity?, Background paper for World Development Report 1992, Working Paper n°961.
- [9] Dasgupta, P. et Mäler, G., (2003). The economics of non-convex ecosystems: Introduction, *Environmental and resources economics*, vol 26, pp. 499-525.
- [10] Dietz, T. et Rosa A., (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1):175–179.
- [11] Ehrlich P. et Holdren J., (1971). Impact of population growth. *Science*, 171(3977):1212–1217.
- [12] Esso, L. et Keho, Y., (2016). Energy consumption, economic growth and carbon emissions: Cointegration and causality evidence from selected African countries, *Énergie*, Volume 114, pages 492-497
- [13] GIEC, (2007). Changements climatiques 2007 : Incidences, adaptation et vulnérabilité Résumés, foire aux questions et encarts thématiques. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 5-9
- [14] Grossman, M. et Krueger, B., (1991). Environmental impacts of a north american free trade agreement, National Bureau of Economic Research, Working Paper n°3914.
- [15] Gujarati, D., (2004). *Econometrie*, 4ème éd. Bruxelles : De BoeckUniversité.

- [16] Inglesi-Lotz, R. et Bohlmann, J., (2014). Environmental Kuznets Curve in South Africa: To Confirm or Not to Confirm? (Northampton : EcoMod)
- [17] IPCC, (2022). climate Change 2022 : Impacts, Adaptation and Vulnerability : Summary for policymaker, Working group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate change, 6-10.
- [19] Jebli, B. et Youssef, B., (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renew Sust Energy Rev* 2015;47:173e85.
- [20] Jones, B., Keen, M., et Strand, J., (2008). Le prix du changement climatique, *Finances & Développement*, Mars 2008, Volume 42, Numéro 1
- [21] Keho, Y., (2015). An Econometric Study of the Long-Run Determinants of CO₂ Emissions in Cote d'Ivoire, *Journal of Finance and Economics*, Volume 3, Issue 2 (2015), 11-21
- [22] Keho, Y., (2015). Is Foreign Direct Investment Good or Bad for the Environment? Times Series Evidence from ECOWAS Countries, *Economics Bulletin*, Volume 35, Issue 3, pages 1916-1927
- [23] Koné, A., (2018). Comprendre les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du secteur Agriculture, Foresterie et autres Affectations des Terres (AFAT) en Côte d'Ivoire et au Brésil, Thèse de maîtrise, Université d'Ottawa
- [24] Liddle, B. et Lung, S., (2010). Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment*, 31(5):317–343.
- [25] Meunié, A., (2004). Controverses autour de la courbe environnementale de Kuznets, Centre d'économie du développement de l'Université de Bordeaux IV, Document de travail n°107/2004.
- [26] Muhammad, S., Sakiru, A. et Ilhan, O., (2016). Environmental Kuznets Curve Hypothesis and the Role of Globalization in Selected African Countries, MPRA Paper No. 69859
- [27] N'Zué, F., (2018). Carbon Dioxide (CO₂) Emissions in Côte d'Ivoire: Should We Worry?, *Journal of Economics and Sustainable Development*, Vol.9, No.24
- [28] Nourry, M., (2007). Essais empiriques sur la relation entre la croissance économique et l'environnement, Thèse de doctorat : Sciences Economiques. Nantes : Université de Nantes.
- [29] Ouédraogo, M., Peng, D., Chen, X., et Hashmi, S., (2022). Testing the Mineral Resources-Induced Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Africa, *Natural Resources Research*
- [30] Opoku, E., Amoako, S., et Amankwa, I., (2014). Trade openness, economic growth and the environment: The case of Ghana. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 2(8), 1-13.
- [31] Oyeniran, I. et Babatunde, K. (2015). Growth Thresholds and Environmental Degradation in Sub-Saharan African Countries: An Exploration of Kuznets Hypothesis, *International Journal of Management, Accounting and Economics* Vol. 2, No. 8

- [32] Panayotou, T., (1995). Environmental degradation at different stages of economic development in *Beyond Rio : The environmental crisis and sustainable livelihoods in the third world* sous la direction de I. Ahmed and J. A. Doeleman, Londres : Macmillan, pp. 13-36.
- [33] Paul, A., George, A. et Prince, B., (2018). The effect of climate change on economic growth: Evidence from Sub-Saharan Africa, WIDER Working Paper, No. 2014/017
- [34] Poumanyong, P. and Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2):434–444.
- [35] Rida, W., Sahar, S. et Chen, W., (2019). The survey of economic growth, energy consumption and Carbon émission, *Energy reports*, 1103-1115
- [36] Selden, T. et Song, D., (1995), Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?, *Journal of environmental economics and management*, vol 27, n°2, pp. 147-162.
- [37] Shafik, N., (1992). Economic development and environmental quality: an econometric analysis, *Oxford economic papers*, vol 46, pp. 757-773.
- [38] Shuai, C., Chen, X., Shen, L., Jiao, L., Wu, Y., et Tan, Y., (2017). The turning points of carbon Kuznets curve: Evidences from panel and time-series data of 164 countries, *J. Clean. Prod.*, 162, 1031–1047
- [39] Song, T., Zheng, T. et Lianjun, T., (2008). An empirical test of the environmental Kuznets curve in China: a panel cointegration approach. *China Economic Review*, 19(3), 381-392
- [40] Soytas, U., Sari, R. et Ewing, T., (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States, *Ecol Econ* 2007; 62:482-9.
- [41] Stern I., (2004). The rise and the fall of the environmental Kuznets curve , *World development*, vol 32, n°8, pp. 1419-1439.
- [42] York, R., Rosa, E. A., et Dietz, T., (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts, *Ecological economics*, 46(3):351–365
- [43] Zaied, Y., Cheikh, N. et Nguyen, P., (2017). Long run analysis of environmental Kuznets curve in the Middle East and North Africa, *Environmental Economics* 8(4), 73-79
- [44] Zivot, E. et Andrews, D., (1992). « Further evidence of great crash, the oil price shock and unit root hypothesis », *Journal of Business and Economic Statistics*, vol 10, pp. 251- 270.
- [45] Zamana, K. et Mitwali, A., (2017). The influence of electricity production, permanent cropland, high technology exports, and health expenditures on air pollution in Latin America and the Caribbean Countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1004–1010

Annexes

Annexe 1 : Estimation du Modèle ARDL

Dependent Variable: LCO2
 Method: ARDL
 Date: 08/09/22 Time: 11:38
 Sample (adjusted): 1991 2020
 Included observations: 30 after adjustments
 Maximum dependent lags: 1 (Automatic selection)
 Model selection method: Schwarz criterion (SIC)
 Dynamic regressors (1 lag, automatic): LPIB LPIBCAR LURB LINDU
 LOUV
 LSER LENERG
 Fixed regressors: C
 Number of models evaluated: 128
 Selected Model: ARDL(1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0)
 HAC standard errors & covariance (Prewhitening with lags = 0 from SIC
 maxlags = 1, Parzen-Geometric kernel, Newey-West automatic
 bandwidth = 33.3316 (with offset=30), NW automatic lag length = 1)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LCO2(-1)	0.048355	0.046776	1.033767	0.3142
LPIB	82.64718	5.314493	15.55128	0.0000
LPIBCAR	-5.433751	0.352383	-15.42000	0.0000
LURB	256.8816	22.67703	11.32784	0.0000
LURB(-1)	-255.1745	22.55527	-11.31330	0.0000
LINDU	0.145694	0.077861	1.871199	0.0768
LOUV	-0.100254	0.040207	-2.493450	0.0220
LSER	-0.067251	0.101019	-0.665727	0.5136
LSER(-1)	-0.515563	0.089863	-5.737213	0.0000
LENERG	0.403695	0.077591	5.202887	0.0001
C	-325.0515	20.68473	-15.71456	0.0000
R-squared	0.959871	Mean dependent var		-1.135614
Adjusted R-squared	0.938751	S.D. dependent var		0.212684
S.E. of regression	0.052636	Akaike info criterion		-2.774246
Sum squared resid	0.052641	Schwarz criterion		-2.260473
Log likelihood	52.61369	Hannan-Quinn criter.		-2.609886
F-statistic	45.44739	Durbin-Watson stat		2.387441
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Annexe 2 : Relation de long et de court termes

ARDL Cointegrating And Long Run Form

Dependent Variable: LCO2

Selected Model: ARDL(1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0)

Date: 08/19/22 Time: 00:51

Sample: 1990 2020

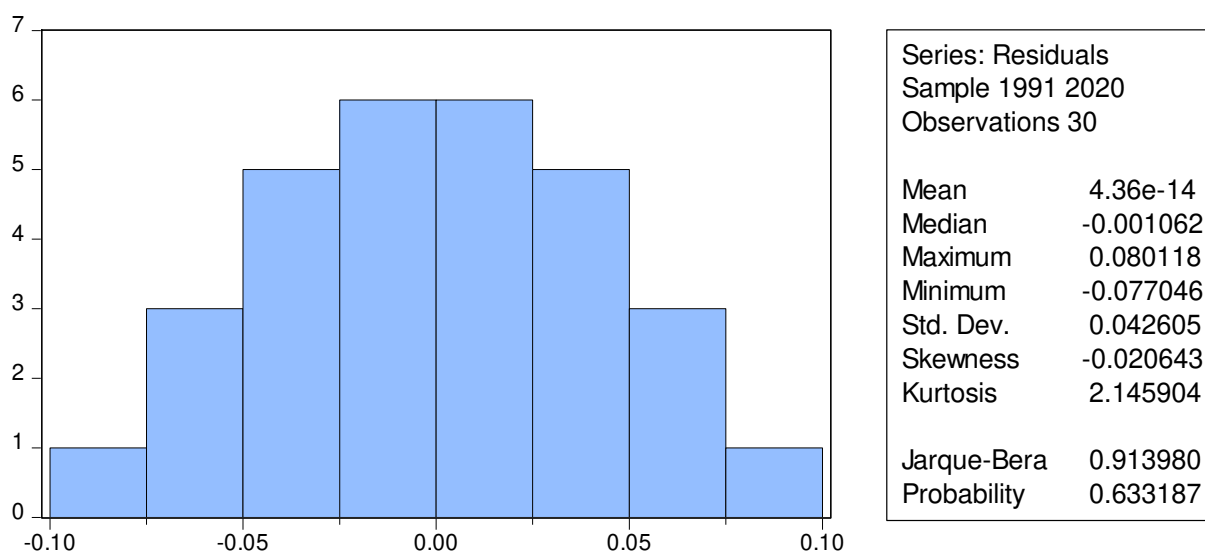
Included observations: 30

Cointegrating Form				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPIB)	86.575456	18.841439	4.594949	0.0002
D(LPBCAR)	-5.696196	1.259564	-4.522353	0.0002
D(LURB)	272.240109	36.685901	7.420837	0.0000
D(LINDU)	0.145779	0.147112	0.990937	0.3342
D(LOUV)	0.199165	0.110277	1.806042	0.0868
D(LSER)	-0.125229	0.114467	-1.094022	0.2876
D(LENERG)	0.329906	0.114730	2.875506	0.0097
CointEq(-1)	-1.008433	0.136709	-7.376481	0.0000

$$\text{Cointeq} = \text{LCO2} - (86.8467 * \text{LPIB} - 5.7099 * \text{LPBCAR} + 1.7939 * \text{LURB} + 0.1531 * \text{LINDU} + 0.1053 * \text{LOUV} - 0.6124 * \text{LSER} + 0.4242 * \text{LENERG} - 341.5681)$$

Long Run Coefficients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIB	86.846686	4.135168	21.001972	0.0000
LPBCAR	-5.709853	0.274574	-20.795286	0.0000
LURB	1.793926	0.239629	7.486258	0.0000
LINDU	0.153097	0.083523	1.832991	0.0825
LOUV	-0.105348	0.044274	-2.379434	0.0280
LSER	-0.612428	0.040864	-14.987111	0.0000
LENERG	0.424208	0.088743	4.780177	0.0001
C	-341.568105	15.907431	-21.472236	0.0000

Annexe 3 : Test de normalité de Jarque-Bera



Annexe 4 : Test d'absence d'autocorrélation

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.029521	Prob. F(2,17)	0.1749
Obs*R-squared	7.882863	Prob. Chi-Square(2)	0.1194

Annexe 5 : Test d'homoscédasticité

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	1.944936	Prob. F(1,27)	0.1745
Obs*R-squared	1.948636	Prob. Chi-Square(1)	0.1627

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.676616	Prob. F(9,20)	0.7208
Obs*R-squared	7.002283	Prob. Chi-Square(9)	0.6369
Scaled explained SS	1.609247	Prob. Chi-Square(9)	0.9963

Annexe 6 : Test de spécification du modèle de Ramsey

Ramsey RESET Test

Equation: EQ01

Specification: LCO2 LCO2(-1) LPIB LPIBCAR LURB LURB(-1) LINDU

LOUV LSER LSER(-1) LENERG C

Omitted Variables: Squares of fitted values

	Value	df	Probability
t-statistic	0.313458	18	0.7575
F-statistic	0.098256	(1, 18)	0.7575

Annexe 7 : Test de causalité de Toda Yamamoto

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 08/19/22 Time: 01:31

Sample: 1990 2020

Included observations: 28

Dependent variable: LCO2

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LPIB	11.37671	3	0.0099
LURB	5.750416	3	0.1244
LINDU	4.004913	3	0.2609
LOUV	1.636375	3	0.6512
LSER	13.88559	3	0.0031
LENERG	5.187639	3	0.1586
All	33.65946	18	0.0139

Dependent variable: LPIB

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	1.835697	3	0.6072
LURB	0.938756	3	0.8161
LINDU	1.678997	3	0.6416
LOUV	2.862384	3	0.4133
LSER	1.482902	3	0.6862
LENERG	0.592666	3	0.8981
All	21.67433	18	0.2468

Dependent variable: LURB

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	40.50816	3	0.0000
LPIB	41.53890	3	0.0000
LINDU	3.264849	3	0.3526
LOUV	6.970754	3	0.0728
LSER	73.88531	3	0.0000
LENERG	12.56420	3	0.0057
All	311.9361	18	0.0000

Dependent variable: LINDU

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	12.18656	3	0.0068
LPIB	2.570494	3	0.4627
LURB	6.984668	3	0.0724
LOUV	9.494682	3	0.0234
LSER	2.049961	3	0.5621
LENERG	1.752222	3	0.6254
All	46.86404	18	0.0002

Dependent variable: LOUV

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	0.445659	3	0.9307
LPIB	2.281462	3	0.5161
LURB	3.418919	3	0.3314
LINDU	3.530856	3	0.3168
LSER	3.209805	3	0.3604
LENERG	3.485817	3	0.3226
All	35.69975	18	0.0077

Dependent variable: LSER

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	1.726826	3	0.6310
LPIB	5.804928	3	0.1215
LURB	6.322824	3	0.0969
LINDU	5.145660	3	0.1614
LOUV	5.856095	3	0.1188
LENERG	5.542520	3	0.1361
All	33.93091	18	0.0128

Dependent variable: LENERG

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCO2	10.57793	3	0.0142
LPIB	2.620149	3	0.4540
LURB	17.40022	3	0.0006
LINDU	5.656415	3	0.1296
LOUV	3.636146	3	0.3035
LSER	2.213267	3	0.5293
All	46.36321	18	0.0003
