

## **Intégration économique et qualité de l'environnement en Afrique : une approche en termes de Panel ARDL**

### **Economic integration and environmental quality in Africa: an ARDL Panel approach**

**ZIKY Mustapha**

*INREDD, FSJES Marrakech, Maroc*  
(m.ziky@yahoo.fr)

**OUARHI Mouna**

*INREDD, FSJES Marrakech, Maroc*  
(m.ouarhi.ced@uca.ac.ma)

**OUCHCHIKH Rachid**

*INREDD, FSJES Marrakech, Maroc*  
(ouchchikhra@yahoo.fr)

#### **Résumé**

Les pays africains se sont engagés dans la création des espaces de libre-échange considérés comme un moyen de consolider les liens commerciaux entre les nations africaines. Le commerce intra-africain est sensé relancer la croissance économique, améliorer les performances macroéconomiques et les standards de vie africains. Néanmoins, ces efforts risquent, selon des intuitions théoriques et des faits empiriques, d'être anéantis par des conséquences néfastes des échanges sur l'environnement qui sont à même d'entraver les réalisations en matière de développement durable et de réduction de la pauvreté sur le continent. Le présent papier vise à examiner l'impact environnemental du commerce intra-africain tout en intégrant les IDE, la croissance économique, l'urbanisation et la consommation d'énergie. L'étude a utilisé un ensemble de données de panel concernant 32 pays africains sur la période 1990-2020. L'analyse empirique s'est appuyée sur les dernières techniques d'estimation de panel. Plus précisément, nous avons mobilisé le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin, la seconde génération de tests de racine unitaire sur données de panel et l'estimateur PMG pour estimer un Panel ARDL. Le terme de correction d'erreur dévoile l'existence d'une relation de cointégration entre CO<sub>2</sub> et le commerce, l'IDE et les autres variables de contrôle. Les résultats trouvés suggèrent que le commerce intra-africain détériore à long terme la qualité de l'environnement en Afrique. De même, les IDE exercent un impact environnementale similaire corroborant ainsi l'hypothèse du "*pollution heaven*". En outre, les résultats ont infirmé l'existence de l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale (EKC). La consommation d'énergie joue un rôle essentiel dans la détérioration de l'environnement à long terme. Enfin, l'urbanisation dégrade l'environnement conformément à l'intuition de la théorie de la transition environnementale urbaine.

**Mots clés :** Environnement, Intégration économique, Commerce, IDE, Croissance économique, Panel ARDL, Afrique.

**JEL Classification :** F15, F18, F43, C23.

## 1. Introduction

L'ouverture commerciale est un facteur essentiel dans l'évaluation des émissions de CO<sub>2</sub> dans la mesure où cette ouverture accroît éventuellement les activités économiques et par conséquent peut augmenter la pollution totale. L'ouverture commerciale peut également nuire à l'environnement lorsque le pays se concentre sur l'amélioration de son avantage concurrentiel sans envisager des politiques environnementales durables. Par contre, les échanges économiques peuvent apporter à l'économie de nouvelles techniques de production qui, peuvent contribuer à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Grossman et Krueger (1991) indiquent que l'ouverture commerciale et la libéralisation des flux des capitaux peuvent influencer positivement l'économie. En effet, la libéralisation du commerce engendre une augmentation de la richesse ce qui accroît la sensibilisation de la population aux problèmes relatives à l'environnement (Ertgrul et al. (2016)).

En d'autres termes, le commerce international peut constituer l'une des raisons de dégradation de l'environnement puisqu'il favorise l'augmentation de la taille de l'économie, ce qui a pour effet d'accélérer la dégradation de l'environnement (effet d'échelle). Par contre, l'intégration économique peut également engendrer une amélioration de l'environnement lorsque la production atteint un niveau supérieur ce qui génère un respect des réglementations environnementales et conduit à une réduction des niveaux de pollution (Jones et Rodolfo (1995)).

Les activités économiques peuvent influencer directement le réchauffement de la planète et le changement climatique (Spangenberg, 2007), ce qui explique pourquoi le lien entre les activités économiques et l'environnement a été de plus en plus étudié au cours des dernières décennies (Zakarya et al. 2015). En outre, Frankel (2008) a distingué entre deux scénarios ou hypothèses concernant les effets du commerce sur l'environnement. Le premier est positif, le deuxième est négatif. Concernant l'effet négatif, lorsque les économies sont ouvertes au commerce et aux investissements mondiaux, les normes environnementales strictes entraînent une augmentation des coûts de production. Ce qui rend les produits locaux moins compétitifs et mène les producteurs d'exercer une pression sur les décideurs pour alléger ces normes environnementales au détriment de la qualité de l'environnement. L'effet positif se réfère à l'effet du commerce sur la technologie et par conséquent sur l'environnement. De ce fait, il s'est avéré que l'effet de l'intégration économique sur la qualité de l'environnement devrait être examinée par une approche empirique. Ainsi, de nombreux auteurs se sont intéressés à examiner l'effet de l'intégration

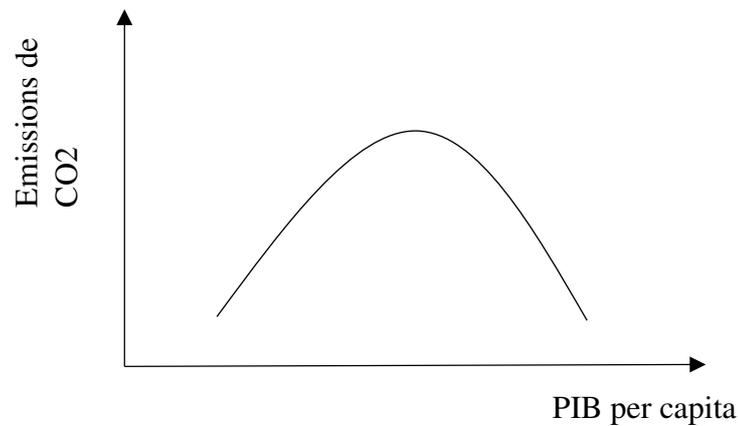
économique sur l'environnement pour différents pays du monde et pour différentes périodes (Shahbaz et al. (2019) ; Asghari (2013) ; Lee (2013) ; Baek (2016) et autres). L'examen de la littérature existante a révélé l'absence de consensus autour des effets de l'intégration économique sur la qualité de l'environnement. En effet, la divergence des résultats de ces études peut être due aux politiques spécifiques aux pays, les variables choisies et la méthodologie économétrique utilisée. D'où le débat existant sur les effets de l'intégration économique sur les changements climatiques.

Le présent travail a pour objectif d'examiner l'impact de l'intégration économique en Afrique sur l'environnement. L'étude donne une vue d'ensemble sur cette question dans le continent africain afin de fructifier les efforts actuels de promotion de l'intégration économique en Afrique pour atteindre les objectifs économiques ciblés et pour encourager la protection de l'environnement durant ce processus. Néanmoins, les travaux qui traitent cette problématique dans le contexte des pays d'Afrique sont peu nombreux et se sont généralement concentrés sur un seul pays (Shahbaz et al. (2013) ; Farhani et al. (2014) ; Kohler (2013)) d'où l'importance de cette étude. Cet article aborde un sujet d'actualité, surtout que les initiatives d'intégration économique telles que la Zone de Libre-Echange Continentale Africaine (ZLECAF) sont au cœur des débats. L'étude comble un vide dans la littérature en examinant les effets environnementaux du commerce intra-africain. D'où le choix d'un échantillon des pays africains.

## **2. Revue de littérature**

### **La courbe de Kuznets :**

Depuis le début des années 1990, les économistes se sont intéressés d'étudier la relation entre la production et la qualité d'environnement. La courbe environnementale de Kuznets (CEK) décrit cette relation qui est généralement représentée par un graphique en U inversé. D'après cette courbe, lorsque le revenu par habitant est faible, les effets négatifs du progrès économique sur l'environnement sont prédominants, mais les effets bénéfiques finissent par l'emporter. L'interprétation de cette courbe est que l'émission de CO<sub>2</sub> des pays peu industrialisés est généralement faible. En outre, si ces pays entament un processus de croissance pour augmenter le revenu par habitant, l'émission des gaz à effet de serre augmente et la demande de maintenir l'environnement propre soit de plus en plus importante.

La courbe environnementale de Kuznets

*Source : élaborer par l'auteur*

Chebbi et al (2009) ont examiné le lien entre la croissance économique et les émissions de CO2 par habitant en Tunisie pour la période 1971 jusqu'à 2008. Ils ont constaté qu'à long terme le lien entre ces deux variables est négatif et une relation positive entre ces émissions et l'ouverture commerciale. Fodha et Zaghdoud (2010) ont testé l'hypothèse de Kuznets dans la Tunisie en utilisant des indicateurs d'émissions polluants, notamment le SO2 et le CO2, sur la période 1961 à 2004. Cette étude a mobilisé le test de cointégration de Johansen et le test de causalité de Granger. Ainsi, les résultats valident l'hypothèse de Kuznets et les tests ont montré, à court terme qu'à long terme, l'existence d'une causalité unidirectionnelle entre la croissance économique et les variations environnementales.

Menyah et Wolde-Rufael (2010) ont étudié la relation entre la croissance économique, les émissions de gaz polluants et la consommation d'énergie pour l'Afrique de Sud. Les données s'étendent de 1965 à 2006. Les résultats affichent, à la fois à court et à long terme, une relation positive et statistiquement significative entre les deux variables mentionnées.

Shahbaz et al. (2013) ont analysé les effets de la croissance économique, de la consommation du charbon et du commerce sur le l'environnement en Afrique de Sud au cours de la période 1965 à 2008, en employant un modèle ARDL pour examiner la relation entre les variables à long terme. La dynamique de court terme est examinée à l'aide de la méthode de correction d'erreurs (ECM). Les résultats ont révélé que l'augmentation de la croissance économique accroît les émissions de gaz à effet de serre.

De plus, l'ouverture commerciale améliore la situation environnementale et la relation de Kuznets est validée dans cette étude.

Awad Yossof (2016) a étudié la relation entre la production d'électricité, la croissance économique et l'emploi au Soudan, en appliquant les tests de cointégration et de causalité sur la période allant de 1980 jusqu'à 2013. Les résultats démontrent une relation à long terme entre les variables et les tests de causalité ont montré une relation bidirectionnelle à court terme entre la croissance économique et la production énergétique. Khobai et Roux (2017) ont examiné la relation entre la consommation d'énergie, les émissions de CO<sub>2</sub>, la croissance économique, l'ouverture économique et l'urbanisation en Afrique du Sud entre 1971 et 2013.

### **L'intégration économique et les émissions de CO<sub>2</sub>**

Les effets de l'intégration économique en termes de flux d'IDE et d'ouverture commerciale sur les émissions de gaz à effet de serre fait l'objet d'une littérature abondante. Nguyen et al. (2019) examine les effets des flux des IDE et l'ouverture commerciale sur les émissions de CO<sub>2</sub> pour un panel de 33 pays émergents sur la période allant de 1996 jusqu'à 2014. Les résultats de cette étude montrent : Premièrement, la présence de l'hypothèse de Kuznets pour les pays émergents étudiés ; Deuxièmement, les flux d'IDE contribuent d'une manière significative aux émissions de CO<sub>2</sub> à court et à long terme ; Troisièmement, l'ouverture commerciale a un impact positif sur les émissions de CO<sub>2</sub> à court terme, toutefois, cette variable a un effet négatif sur les émissions de CO<sub>2</sub> à long terme.

Ben Jebli et Youssef (2017) ont étudiés les liens de causalité dynamiques entre le PIB, la consommation d'énergie, la valeur ajoutée agricole et les émissions de dioxyde de carbone pour quatre pays de la région MENA couvrant la période 1980 jusqu'à 2011. Les résultats montrent que l'augmentation du PIB et de la consommation d'énergie accroît les émissions de CO<sub>2</sub> alors que l'amélioration de la valeur ajoutée agricole réduit ces émissions.

Atif (2019) évalue l'impact du commerce intra-africain sur l'environnement, notamment sur les émissions de CO<sub>2</sub> et une autre mesure de la pollution de l'air MP10 (qui mesure l'exposition annuelle moyenne), en intégrant la croissance économique et la consommation d'énergie. L'article a mobilisé les données de 46 pays africain sur la période 1990 jusqu'à 2017. Les résultats ont montré que le commerce intra-africain

contribue à augmenter la qualité de l'environnement en Afrique. De plus, les résultats valident l'hypothèse de Kuznets. Autrement, l'étude a montré que le commerce intrarégional et la qualité de l'environnement se renforcent mutuellement dans les pays de l'échantillon.

Naranpanawa (2011) a mis l'accent sur la relation à court terme entre l'ouverture commerciale et les émissions de CO<sub>2</sub> au Sri Lanka pour la période allant de 1960 jusqu'à 2006 en révélant qu'il n'y a pas de relation à long terme ni de causalité entre ces variables. Fotros et al. (2011) ont montré que l'ouverture commerciale a un impact positif et significatif sur les émissions de CO<sub>2</sub> en Iran dans la période allant de 1971 à 2006. Tandis que Al-Mulali et Ozturk (2015) ont constaté que l'ouverture commerciale accroît les dégâts environnementaux et une grande stabilité politique peut réduire ce problème à long terme pour les pays de la région MENA. Dans le même sens, Shahzad et al. (2017) ont trouvé qu'une augmentation des échanges commerciaux et du développement financier de 1% entraîne une hausse des émissions de carbone de 0.25% à long terme au Pakistan.

A la différence de ces travaux, d'autres recherches ont mis l'accent sur l'effet positif de l'ouverture commerciale sur l'environnement. Hossain (2011) et Sebriet al. (2014) ont étudié le cas des pays du BRICS durant la période 1971-2010 et ont montré que l'ouverture commerciale avait un impact positif sur l'environnement. En effet, ces auteurs ont constaté que l'ouverture commerciale a contribué au transfert de la technologie verte, ce qui a incité les pays du BRICS à investir davantage dans les énergies renouvelables. Cependant, Lee Chang et al. (2016) ont montré qu'une absence de réglementation environnementale peut être considérée comme un avantage concurrentiel pour les entreprises polluantes qui cherchent un « paradis de pollution » (éviter de payer des dépenses coûteuses relatives à la lutte contre la pollution).

D'autres travaux de littérature empirique concernant l'impact de l'intégration économique sur les émissions de CO<sub>2</sub> sont représentés dans le tableau ci-dessous.

**Table (1) : Revue de littérature empirique**

Auteurs	Pays	Période	Méthodologie	Variables
Kiviyiro et Arminen (2014)	6 pays Subsaharien	1971-2009	ARDL, test de causalité de Granger	Emissions de CO <sub>2</sub> , IDE, Consommation d'énergie (CE), PIB, PIB <sup>2</sup>
Shahbaz et al. (2019)	Région MENA	1990-2015	GMM, Test de cointégration	CO <sub>2</sub> , PIB, PIB <sup>2</sup> , IDE, IDE <sup>2</sup>
Abdouli et Hammami (2017)	17 pays de la région MENA	1990-2012	VAR	CO <sub>2</sub> , IDE, PIB, commerce, développement financier
Asghari (2013)	Région MENA	1980-2011	OLS, modèle à effet fixe, modèle à effet aléatoire (REM-FEM)	CO <sub>2</sub> , PIB, commerce, population
Hanif et al. (2019)	15 pays asiatiques en développement	1990-2013	ARDL, ECM	CO <sub>2</sub> , PIB, PIB <sup>2</sup> , IDE, Fossil fuels consumption (FFC), population
Lee (2013)	G20	1971-2009	Panel, REM, FEM	CO <sub>2</sub> , PIB, IDE, utilisation d'énergie (UE), consommation d'énergie propre (CEP)
Le et al. (2016)	98 pays du monde	1980-2013	GMM, tests de cointégration	CO <sub>2</sub> , commerce, PIB, PIB <sup>2</sup> , émissions des particules
Shahbaz et al. (2017)	105 pays à revenu élevé, moyen et faible	1980-2014	ARDL, test de causalité de Granger, VECM	CO <sub>2</sub> , commerce, PIB
Paramati et al. (2016)	20 économies émergentes	1991-2012	Tests de cointégration, panel hétérogène	CO <sub>2</sub> , PIB, CEP
Pao et Tsai (2011)	Pays de BRICS	1980-2007	Tests de cointégration, Panel	CO <sub>2</sub> , CE, IDE, PIB, PIB <sup>2</sup>

Source : élaborer par l'auteur à partir de la littérature

### 3. Données et méthodologie

#### 3.1. Les données :

Cette section décrit les données et la méthodologie envisagées afin d'examiner l'impact d'intégration économique en termes de flux d'IDE et le commerce intra-africain sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Pour étudier cette problématique dans le continent africain, on a choisi

32 pays africain et ce choix est essentiellement basé sur la disponibilité des données utilisées. L'annexe (1) montre la liste des pays étudiés et la période d'étude allant de l'année 1990 jusqu'à 2020. Concernant les sources des données, les émissions de CO<sub>2</sub>, les investissements directs étrangers, le produit intérieur brute et l'urbanisation sont collectées de la base de données WDI « World Development Indicators » de la Banque mondiale. Pour la variable consommation d'énergie, on a choisi la consommation totale d'électricité comme variable proxy et cette série est fournis par IEA « l'Agence Internationale de l'Energie ». À propos du commerce intra-africain, cette variable est mesurée comme étant le total des exportations ( $X_{i,Africa}$ ) et des importations d'un pays vers d'autres pays africains ( $M_{i,Africa}$ ), divisé par les exportations et les importations totales de chaque pays ( $X_{i,World} + M_{i,World}$ ). La formule de calcul est la suivante :

$$\text{Commerce intra_africain}_i = \frac{X_{i,Africa} + M_{i,Africa}}{X_{i,World} + M_{i,World}}$$

Les données de  $X_{i,Africa}$ ,  $M_{i,Africa}$ ,  $X_{i,World}$  et  $M_{i,World}$  sont collectés de la base de données DOTS « Direction of Trade Statistics » du FMI.

**Table (2) : Définition de variables et leurs statistique descriptive**

Variables	Symbole	Nombre d'observation	Moyenne	Maximum	Minimum	Unité de mesure
Emissions de CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	990	1.185	8.446	0.03	Tonnes métriques par habitant
Commerce intra-africain	Commerce	990	19.05	86.82	0.212	Méthode de calcul est détaillée ci-dessus
La consommation d'énergie (la consommation de l'électricité comme proxy)	CE	990	15.01011	238.31	0.024	TWh (terawatt/heure)
Les investissements directs étranger	IDE	990	3.28	161.82	-17.29	Entrées nettes des IDE en % du PIB
Logarithme du produit intérieur brut	LPIB	990	7.33	9.56	5.24	PIB par habitant (en dollars constants base 2015)
Logarithme du produit intérieur brut au carré	LPIB <sup>2</sup>	990	54.58	91.44	27.55	PIB par habitant (en dollars constants base 2015)
L'urbanisation	Urban	990	41.09	90.12	5.41	Population urbaine en % de la population totale

Source : élaborer par l'auteur

### 3.2. La méthodologie d'estimation

Cette section présente les étapes qui ont été mise en place pour atteindre l'objectif de cette étude en matière des tests préliminaires, la présentation du modèle estimer et la présentation des résultats des estimations.

#### 3.2.1. Les tests

Cette sous-section présente les résultats des tests d'indépendance transversale et le test de racine unitaire de deuxième génération.

#### 3.2.2. Les tests de dépendance transversale

D'après les résultats des tests de dépendance transversale ajusté de Pesaran et al. (2008), les valeurs des probabilités se sont affichées inférieures à 1% et par conséquent, on rejette l'hypothèse nulle d'absence de dépendance en coupe transversale au seuil de significativité de 1%. Ce qui indique que les séries montrent une dépendance transversale. Ce résultat implique qu'un choc survenant dans un pays de l'échantillon considéré peut-être transmis aux autres pays considérés.

**Tableau (3) :** Tests de dépendance transversale (Cross-sectional dependence tests)

Variables	Breusch-Pagan LM	Pesaran scaled LM	Bias-corrected scaled LM	Pesaran CD
CO2	6098.62 [0.000]	177.88 [0.000]	177.35 [0.000]	29.96 [0.000]
CE	12378.98 [0.000]	337.28 [0.000]	376.75 [0.000]	101.13 [0.000]
IDE	1562.79 [0.000]	33.87 [0.000]	33.33 [0.000]	19.49 [0.000]
LPIB	8258.78 [0.000]	246.40 [0.000]	245.87 [0.000]	59.77 [0.000]
LPIB <sup>2</sup>	8276.65 [0.000]	247.03 [0.000]	246.50 [0.000]	59.93 [0.000]
Commerce	2672.81 [0.000]	69.58 [0.000]	68.58 [0.000]	19.31 [0.000]
Urban	12190.61 [0.000]	371.30 [0.000]	370.77 [0.000]	86.38 [0.000]

Source : calculer par l'auteur à partir du logiciel eviews

#### 3.2.3. Test de stationnarité

Un préalable intéressant avant l'estimation d'un panel est l'étude des propriétés d'intégration des variables. A cette fin, il s'est développé une batterie de tests de racine unitaire. Une première génération de ces tests livre des résultats robustes quand les variables étudiées montrent une indépendance transversale dans les données de panel. En

présence de telle dépendance transversale dans notre cas, nous utilisons des tests de racine unitaire de panel de deuxième génération qui tiennent compte de cette dépendance, en l'occurrence le tests CIPS (Cross-sectional Independence Panel Stationarity). Les résultats de ces tests, rangés dans le tableau 4, montrent que les variables CO2, IDE, Commerce, sont stationnaire en niveau alors que les variables LPIB, LPIB<sup>2</sup>, CE et Urban sont stationnaires en différence première.

**Tableau (4) : Test de stationnarité CIPS (Cross-sectional Independence Panel Stationarity)**

<b>Variables</b>	<b>Tests</b>	<b>CIPS</b>	<b>Décision</b>
<b>CO2</b>		-2.114(c) [<0.05]	<b>I(0)</b>
<b>ΔCO2</b>		---	
<b>CE</b>		-1.57(ct) [>=0.10]	<b>I(1)</b>
<b>ΔCE</b>		-2.697(c) [<0.05]	
<b>IDE</b>		-2.59(c) [<0.01]	<b>I(0)</b>
<b>ΔIDE</b>		---	
<b>PIB</b>		-2.366(ct) [>=0.10]	<b>I(1)</b>
<b>ΔPIB</b>		-2.270(c) [<0.05]	
<b>PIB<sup>2</sup></b>		-2.323(ct) [>=0.10]	<b>I(1)</b>
<b>ΔPIB<sup>2</sup></b>		-2.277(c) [<0.05]	
<b>Commerce</b>		-2.689(c) [<0.05]	<b>I(0)</b>
<b>ΔCommerce</b>		---	
<b>Urban</b>		-1.290(ct) [>=0.10]	<b>I(1)</b>
<b>ΔUrban</b>		-2.820 [<0.05]	

*Source : calculer par l'auteur à partir du logiciel evIEWS*

Une fois la racine unitaire du panel déterminée, la question se pose de savoir s'il est possible d'établir une relation d'équilibre à long terme entre ces variables. Pour ce faire, les tests de cointégration traditionnels de panel peuvent être appliqués : Kao (1999), Pedroni (1999) et Westerlund (2005). Néanmoins, dans les cas les variables n'ont pas le même ordre d'intégration la technique de cointégration aux bornes s'avère nécessaire.

### 3.3. Modèle estimé

Vu que les tests de racine unitaire ont montré que les variables sont soit I(0) soit I(1), la méthode ARDL semble être la plus appropriée pour saisir conjointement les dynamiques de court et de long terme entre les variables considérées.

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \delta_{ij} Y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{ij} X_{i,t-j} + e_{it}$$

Avec  $Y_{it}$  est la variable dépendante,  $X_{it}$  est le vecteur de variables explicatives qui peuvent être purement I(0) ou I(1) ou cointégrées.  $\delta_{ij}$  est le coefficient de la variable dépendante,  $\beta_{ij}$  est le vecteur des coefficients associés aux variables explicatives.  $\alpha_i$  est l'effet fixe  $i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T; p, q$  sont les retards optimaux ;  $e_{it}$  est le terme d'erreur.

Dans sa forme de correction d'erreur et en utilisant les variables de cette étude, ce modèle peut s'écrire de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \Delta CO2 = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \alpha_{1,ij} CO2_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q1} \alpha_{2,ij} PIB_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q2} \alpha_{3,ij} PIB^2_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q3} \alpha_{4,ij} COMMERCE_{i,t-j} \\ + \sum_{j=1}^{q4} \alpha_{5,ij} IDE_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q5} \alpha_{6,ij} CE_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q6} \alpha_{7,ij} URBAN_{i,t-j} + \beta_{1,ij} CO2_{i,t-1} + \beta_{2,ij} PIB_{i,t-1} \\ + \beta_{3,ij} PIB^2_{i,t-1} + \beta_{4,ij} COMMERCE_{i,t-1} + \beta_{5,it} IDE_{i,t-1} + \beta_{6,it} URBAN_{i,t-1} + e_{it} \end{aligned}$$

Les coefficients  $\alpha_1 - \alpha_7$  décrivent la dynamique de court terme alors que les coefficients  $\beta_1 - \beta_7$  traduisent la dynamique de long terme.

Une fois que la cointégration est établie entre la variable dépendante et les variables indépendante, le modèle ECM s'écrit ainsi :

$$\begin{aligned} \Delta CO2 = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \alpha_{1,ij} CO2_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q1} \alpha_{2,ij} PIB_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q2} \alpha_{3,ij} PIB^2_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q3} \alpha_{4,ij} COMMERCE_{i,t-j} \\ + \sum_{j=1}^{q4} \alpha_{5,ij} IDE_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q5} \alpha_{6,ij} CE_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q6} \alpha_{7,ij} URBAN_{i,t-j} + \theta_i ECM_{i,t-1} + e_{it} \end{aligned}$$

$\theta_i$  est le coefficient du terme de correction d'erreur qui mesure la vitesse d'ajustement vers l'équilibre de long terme.

Le retard optimal est choisi à l'aide du critère *d'Akaike* alors qu'un retard maximal de 3 est choisi compte tenu du nombre limité d'observations annuelles.

Pour estimer la régression ARDL sur données de panel, la technique PMG (Pooled Mean Groupe) est utilisée. Celle-ci, introduite par Pesaran, Shin et Smith (1997, 1999),

combine à la fois le calcul de la moyenne et le groupement des coefficients. Cette méthode de panel permet aux intercepts, aux coefficients à court terme et aux variances d'erreur de varier d'un groupe à l'autre. Parallèlement à ceci, l'estimateur PMG basé sur la vraisemblance contraint les coefficients à long terme à être identiques d'un groupe à l'autre. Il en résulte des estimations consistantes lorsque la restriction d'homogénéité est vérifiée. En outre, dans les cas où le nombre de données transversales (N) est relativement faible, comme c'est le cas dans cette étude, l'estimateur PMG est moins sensible aux valeurs aberrantes et peut simultanément corriger le problème de l'autocorrélation sérielle. De plus, cette estimation basée sur la vraisemblance corrige le problème des régresseurs endogènes en choisissant une structure de retard appropriée pour les variables dépendantes et indépendantes.

Par ailleurs, le test de Hausman peut être utilisé pour conforter le choix du PMG relativement au MG. L'hypothèse nulle de ce test est que la différence entre les estimations PMG et MG n'est pas significative. Si l'hypothèse nulle n'est pas rejetée, elles ne sont pas significativement différentes. Dans ce cas, nous utilisons l'estimateur PMG car il est efficace. Ainsi, le test de Hausman présenté dans le tableau 5 plaide pour l'utilisation de l'estimateur PMG.

**Tableau (5) : Test de spécification de Hausman**

Hypothèse nulle : l'estimateur MG est statistiquement similaire à l'estimateur PMG

Estimateur	Statistique	p-value
Mean Group	10.107	0.1825

*Source : calculer par l'auteur à partir du logiciel eviews*

#### **4. Résultats des estimations et interprétations**

##### **4.1. La justification du choix du model Panel ARDL**

Le choix d'estimation d'un Panel ARDL est justifié essentiellement par les raisons suivantes :

- Ce modèle prend en considération les relations de court et de long terme qui sont présentes souvent dans la modélisation économique. Autrement, il est utile dans l'étude de la dynamique de court terme et des ajustements de long terme entre les variables ;

- L'une des principales raisons du choix de ce modèle réside dans sa flexibilité à l'égard d'ordre d'intégration des variables. En effet, on peut mener des estimations à l'aide d'un panel ARDL en introduisant avec un ordre d'intégration différent (des variables I(0) et I(1)) ;
- En prenant en compte l'hétérogénéité individuelle, ce type d'estimation également aide à capturer les effets spécifiques à chaque pays étudié.

#### **4.2. Les estimations du Panel ARDL**

Les résultats du modèle Panel ARDL sont présentés dans le tableau 6 ci-dessous. La valeur des termes de correction d'erreur (TCE) est négative et significative au niveau de signification de 1 %. Ce qui montre qu'il y a une relation de cointégration entre CO2 et les variables indépendantes. Le TCE indique que la vitesse d'ajustement vers la situation d'équilibre de long terme est d'environ 0,24 % en un an.

Pour mieux appréhender les effets de l'intégration économique intra-africain sur les émissions de CO2, notre modèle intègre le commerce intra-africain et les IDE. Il convient de noter que le commerce intra-africain semble avoir un impact positif et significatif sur les émissions de CO2. Cela signifie qu'une plus grande ouverture commerciale induirait une augmentation des émissions de CO2 dans les économies africaines considérées. Ce résultat cadre avec une partie de la littérature existante notamment avec Shahbaz et al. (2017), Fotros et Maaboudi (2011). L'ouverture semble avoir un impact négatif sur l'environnement, en raison l'impact positif sur les émissions de CO2 à long terme, ceci appelle un processus progressif d'intégration de meilleures normes environnementales. Chandia et al. (2018), Shahzad et al (2017) ont souligné que l'ouverture commerciale a une association positive avec les émissions de CO2 et la dégradation de l'environnement parce que les économies développées transfèrent leurs technologies polluantes vers les économies en développement. Par ailleurs les entrées d'IDE ont un effet positif et significatif sur les émissions de CO2. L'impact positif des entrées d'IDE sur les émissions de CO2 pourrait suggérer la vérification de l'hypothèse du « *pollution heaven* » dans les économies africaines puisque cette variable contribue aux émissions de CO2 à long terme. Ce résultat est en ligne avec celui de Ren et al. (2014) dans le cas de la chine. Les IDE dans les pays africains impliquent souvent l'extraction et l'exploitation de ressources naturelles, ce qui entraîne la déforestation, la destruction des habitats, la pollution de l'eau, la pollution de l'air et l'épuisement des ressources non renouvelables. Les industries telles que l'exploitation minière, l'exploitation forestière et le forage pétrolier

associées aux IDE peuvent donner la priorité au profit plutôt qu'aux pratiques durables, ce qui entraîne des dommages environnementaux importants (Cole et al, 2006 ; Wang et al., 2022). Les études empiriques ont montré également que les entrées d'IDE aggravent les émissions de CO2 dans l'économie d'accueil. Plus précisément, ils amènent vers les pays d'accueil des industries dont les niveaux de pollution et d'émissions sont plus élevés. Ces industries peuvent ne pas respecter les mêmes normes et réglementations environnementales que dans le pays d'origine de l'investisseur. Par conséquent, l'augmentation de l'activité industrielle peut entraîner une pollution de l'air et de l'eau, une contamination des sols et le rejet de gaz nocifs, contribuant ainsi au changement climatique et posant des risques pour la santé humaine et les écosystèmes (Du et al., 2019 ; Gill et al., 2018). Ce constat est plus véridique dans les sociétés africaines où les institutions et la réglementation ne valorisent pas suffisamment les normes environnementales.

L'effet négatif et significatif du niveau de revenu et l'effet positif et significatif du carré du niveau de revenu (à long terme), comme une réaction en forme de U, infirment l'existence de l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) dans les économies africaines. Cette étude a montré aussi que ladite hypothèse n'est pas vérifiée même à court terme étant donné que les coefficients associés au revenu et au revenu au carré sont insignifiants. Ce résultat est ligne avec ceux de Saboori et Sulaiman (2013) et Chandra Vomik et al. (2022).

Les estimations indiquent que la consommation d'énergie a un impact positif et significatif sur les émissions de CO2 à long terme. Les pays africains sont principalement en développement et la dégradation de l'environnement provient en grande partie de la consommation d'énergie. Leur développement économique s'appuie principalement des sources traditionnelles d'énergie fossile qui contribue à accentuer la dégradation de l'environnement. Ces résultats sont similaires à ceux de Sarkodie et Strezov (2019), Ahmed et al. (2017), Shahbaz et al. (2013), S.Wang et al.(2016), Y.Wang et al.(2016). Les auteurs affirment que les économies en développement sont impatientes à développer leur croissance économique et utilisent des sources d'énergie traditionnelles, ce qui provoque des dégradations de l'environnement.

**Tableau (6) : Les résultats des estimations**

Variable	Coefficient	t-statistique	Probabilité
<b>Dynamique de long terme</b>			
LPIB	-2.888054	-6.391282	0.0000
LPIB <sup>2</sup>	0.279052	8.319249	0.0000
Commerce	0.003459	9.128979	0.0000
IDE	0.011932	5.512716	0.0000
CE	0.010098	4.798344	0.0000
Urban	0.007249	4.269910	0.0000
<b>Dynamique de court terme</b>			
<b>Terme CE</b>	<b>-0.236266</b>	<b>0.073033</b>	<b>0.0014</b>
D(CO2(-1))	-0.064394	0.081237	0.4287
D(CO2(-2))	-0.131469	0.094642	0.1660
D(LGDP)	-26.09604	34.80157	0.4540
D(LGDP(-1))	22.69002	15.83302	0.1531
D(LGDP(-2))	-8.163331	12.35658	0.5094
D(LGDP <sup>2</sup> )	1.370510	2.029874	0.5002
D(LGDP <sup>2</sup> (-1))	-1.524975	0.966283	0.1158
D(LGDP <sup>2</sup> (-2))	0.504430	0.778982	0.5179
D(Commerce)	0.002764	0.006607	0.6761
D(Commerce(-1))	0.001237	0.008077	0.8784
D(Commerce(-2))	0.002787	0.007647	0.7158
D(IDE)	0.004991	0.006051	0.4102
D(IDE(-1))	0.001371	0.004977	0.7831
D(IDE(-2))	-0.006414	0.004474	0.1529
D(CE)	0.166590	0.126573	0.1893
D(CE(-1))	-0.162435	0.179273	0.3658
D(CE(-2))	-0.053996	0.041752	0.1971
D(URBAN)	-0.408643	0.410993	0.3210
D(URBAN(-1))	1.437561	1.084048	0.1860
D(URBAN(-2))	-0.887370	0.778245	0.2553
C	1.561883	0.485494	0.0015

Source : calculer par l'auteur à partir du logiciel eviews

Le coefficient d'urbanisation montre une relation positive avec les émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, la modernisation et l'urbanisation des sociétés africaines s'accompagne d'une détérioration de la qualité environnementale. Ce résultat est conforme à la théorie de la transition environnementale urbaine, qui indique que l'urbanisation joint à l'industrialisation contribuent aux problèmes environnementaux liés à l'eau, à la pollution automobile et industrielle et à l'émission de gaz anthropiques, ce qui constitue une menace pour les écosystèmes naturels (Samreen et Majeed, 2020 ; Yang et al., 2023). En outre, l'étude confirme la théorie de la modernisation écologique qui suggère que la qualité de l'environnement se détériore au cours des premières étapes de la modernisation. L'urbanisation entraîne une augmentation des transports, ce qui se traduit par une plus grande consommation de carburant et des activités anthropogéniques, entraînant finalement une baisse de la qualité de l'environnement. L'urbanisation donne également

lieu à des défis environnementaux supplémentaires tels que les embouteillages, l'élimination non réglementée des déchets industriels, la dispersion de la pollution, l'accumulation des déchets municipaux et l'émergence de bidonvilles (Wei et al., 2023).

#### 4.3. Le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin

Granger (1969) est le premier à développer le test causalité entre les séries temporelles. Ce cadre est étendu par Dumitrescu et Hurlin (2012) qui lui permettent de détecter la causalité dans les données de panel. Ainsi, le test de causalité de Dumitrescu et Hurlin (2012) est utilisé pour déterminer si les variables d'intérêt causent ou non les émissions de CO<sub>2</sub>. Une condition préalable au test de causalité de Granger est que les deux séries temporelles soient cointégrées. Dans l'analyse précédente, le terme de correction d'erreurs a confirmé l'existence d'une relation de long terme entre les variables. Le test de Dumitrescu et Hurlin examine l'hypothèse nulle d'absence de causalité homogène par rapport à une alternative indiquant une causalité pour au moins une unité transversale du panel.

**Tableau (7) :** Le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin

Les hypothèses Nulles	W-Stat	Zbar-Stat	Probabilités
- CE ne cause pas CO <sub>2</sub>	3.453	3.008	0.002
- IDE ne cause pas CO <sub>2</sub>	4.042	4.399	0.000
- LGDP ne cause pas CO <sub>2</sub>	5.889	8.783	0.000
- LGDP <sup>2</sup> ne cause pas CO <sub>2</sub>	5.882	8.754	0.000
- Commerce ne cause pas CO <sub>2</sub>	2.944	1.804	0.071
- Urban ne cause pas CO <sub>2</sub>	6.236	9.593	0.000

Source : calculer par l'auteur à partir du logiciel eviews

Le tableau 3 résume les résultats des tests de causalité de Dumitrescu-Hurlin entre la variable dépendent CO<sub>2</sub> et les variables explicatives du modèle. Les résultats de ce test indiquent l'existence d'une causalité entre CO<sub>2</sub> et les autres variables explicatives au seuil de significativité de 1% sauf pour le commerce qui est au seuil de 10%.

## Conclusion

Les pays africains se sont engagés dans la création des espaces de libre-échange considérés comme un moyen de consolider les liens commerciaux entre les nations africaines. Le commerce intra-africain est sensé relancer la croissance économique, améliorer les performances macroéconomiques et les standards de vie africains. Néanmoins, ces efforts risquent, selon des intuitions théoriques et des faits empiriques, d'être anéantis par des conséquences néfastes des échanges sur l'environnement qui sont à même d'engendrer des catastrophes naturelles, des pertes économiques et d'entraver les réalisations en matière de développement durable et de réduction de la pauvreté sur le continent. Le présent papier vise à examiner l'impact environnemental du commerce intra-africain tout en intégrant les IDE, la croissance économique, l'urbanisation et la consommation d'énergie. L'étude a utilisé un ensemble de données de panel concernant 32 pays africains sur la période 1990-2020. L'analyse empirique s'est appuyée sur les dernières techniques d'estimation de panel. Plus précisément, nous avons mobilisé le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin, la seconde génération de tests de racine unitaire sur données de panel et l'estimateur PMG pour estimer un Panel ARDL. Le terme de correction d'erreur dévoile l'existence d'une relation de cointégration entre CO<sub>2</sub> et les autres variables. Les résultats trouvés suggèrent que le commerce intra-africain détériore à long terme la qualité de l'environnement en Afrique, ceci peut s'expliquer par le fait que les économies développées transfèrent leurs technologies polluantes vers les économies en développement. De même, les IDE exercent un impact environnementale similaire corroborant ainsi l'hypothèse du "pollution heaven". Les IDE dans les pays africains impliquent souvent l'extraction et l'exploitation de ressources naturelles, ce qui entraîne la déforestation, la destruction des habitats, la pollution de l'eau, la pollution de l'air et l'épuisement des ressources non renouvelables. Les industries telles que l'exploitation minière, l'exploitation forestière et le forage pétrolier associées aux IDE peuvent donner la priorité au profit plutôt qu'aux pratiques durables, ce qui entraîne des dommages environnementaux importants. Ce résultat peut s'expliquer également par le fait que les entrées d'IDE aggravent les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'économie d'accueil car ils consistent en des industries dont les niveaux de pollution et d'émissions sont plus élevés. Ces industries peuvent ne pas respecter les mêmes normes et réglementations environnementales que dans le pays d'origine de l'investisseur. En outre, les résultats ont

infirmé l'existence de l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale (EKC). Les estimations indiquent que la consommation d'énergie a un impact positif et significatif sur les émissions de CO<sub>2</sub> à long terme. Les pays africains sont principalement en développement et la dégradation de l'environnement provient en grande partie de la consommation d'énergie. Leur développement économique s'appuie principalement sur des sources traditionnelles d'énergie fossile qui contribue à accentuer la dégradation de l'environnement. Certains auteurs affirment que les économies en développement sont impatientes à développer leur croissance économique et utilisent des sources d'énergie traditionnelles, ce qui provoque des dégradations de l'environnement. Enfin, l'urbanisation dégrade l'environnement conformément à l'intuition de la théorie de la transition environnementale urbaine.

### *Implications*

Les résultats de cette étude livrent un certain nombre d'implications. Les pays d'Afrique étudiés devraient avoir des politiques prudentes qui examinent les modes de production et les technologies employées afin de réduire l'impact environnementale négatif du commerce et de l'IDE. Par ailleurs, les gouvernements des pays étudiés devraient investir dans les énergies renouvelables qui devraient remplacer progressivement les énergies fossiles. Des politiques d'urbanisation et d'industrialisation cohérentes et tournées vers l'avenir devraient également être ciblées afin d'investir dans des énergies propres et abordables qui auront un impact positif sur la qualité de l'environnement.

### *Perspectives*

Etant donné que les résultats montrent que le commerce intra-africain détériore la qualité environnementale en Afrique, la question importante qui nécessite une étude future est d'identifier les canaux commerciaux précis qui sont à l'origine cet effet négatif. Une étude comparative s'avère également importante afin de comparer les effets environnementaux du commerce intra-africain par rapport à ceux qui résultent du commerce mondial. Enfin, vu que l'économie agit sur l'environnement et que ce dernier rétroagit sur l'économie, nos résultats pourraient souffrir du biais d'endogénéité, ce qui nécessite des études supplémentaires afin de traiter ce problème en s'appuyant sur des techniques d'estimation alternatives.

**Acknowledgements :** This work was carried out with the support of the « Centre Nationale de la Recherche Scientifique et Technique » (CNRST) as part of the PhD-Associate Scholarship-PASS programme.

### Références

- Abdouli, M., & Hammami, S. (2017). Investigating the causality links between environmental quality, foreign direct investment and economic growth in MENA countries. *International Business Review*, 26(2), 264-278. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2016.07.004>
- Ahmed, K., Bhattacharya, M., Shaikh, Z., Ramzan, M., & Ozturk, I. (2017). Emission intensive growth and trade in the era of the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) integration: An empirical investigation from ASEAN-8. *Journal of Cleaner Production*, 154, 530-540. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.008>
- Asghari, M. (2013). Does FDI Promote MENA Region's Environment Quality? Pollution Halo or Pollution Haven Hypothesis. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*.
- Awad, A. (2019). Does economic integration damage or benefit the environment? Africa's experience. *Energy Policy*, 132, 991-999. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.072>
- Awad, A., & Yossof, I. (2016). Electricity Production, Economic Growth and Employment Nexus in Sudan: A cointegration Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(1), Article 1.
- Baek, J. (2016). A new look at the FDI–income–energy–environment nexus: Dynamic panel data analysis of ASEAN. *Energy Policy*, 91, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.045>
- Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2017). Renewable energy consumption and agriculture: Evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(2), 149-158. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1196467>
- Chandia, K. E., Gul, I., Aziz, S., Sarwar, B., & Zulfiqar, S. (2018). An analysis of the association among carbon dioxide emissions, energy consumption and economic performance: An econometric model. *Carbon Management*, 9(3), 227-241. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1457930>
- Chandra Voumik, L., Rahman, Md. H., & Hossain, Md. S. (2022). Investigating the subsistence of Environmental Kuznets Curve in the midst of economic development, population, and energy consumption in Bangladesh: Imminent of ARDL model. *Heliyon*, 8(8), e10357. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10357>
- Chebbi, H. E., Olarreaga, M., & Zitouna, H. (2011). Trade openness and co2 emissions in tunisia. *Middle East Development Journal*, 03(01), 29-53. <https://doi.org/10.1142/S1793812011000314>
- Cole, M. A., Elliott, R. J. R., & Fredriksson, P. G. (2006). Endogenous Pollution Havens: Does FDI Influence Environmental Regulations? *The Scandinavian Journal of Economics*, 108(1), 157-178.

DOTS (Direction Of Trade Statistics) , base de données de FMI.

Du, Q., Zhou, J., Pan, T., Sun, Q., & Wu, M. (2019). Relationship of carbon emissions and economic growth in China's construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 220, 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.123>

Ertugrul, H. M., Çetin, M., Şeker, F., & Dogan, E. (2015, novembre 11). *The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions : Evidence from the top ten emitters among developing countries* [MPRA Paper]. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/97539/>

Farhani, S., Chaibi, A., & Rault, C. (2014). CO2 emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia. *Economic Modelling*, 38, 426-434. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.01.025>

Fodha, M., & Zaghdoud, O. (2010). Economic growth and pollutant emissions in Tunisia : An empirical analysis of the environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, 38(2), 1150-1156. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.002>

Fotros, M. H., & Maaboudi, R. (2011). The impact of trade openness on CO2 emissions in Iran, 1971-2005. *Conference Papers*, Article 332030.

Frankel, J. A. (2009). Environmental Effects of International Trade. *HKS Faculty Research Working Paper Series*. <https://dash.harvard.edu/handle/1/4481652>

Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1996). The inverted-U: What does it mean? *Environment and Development Economics*, 1(1), 119-122. <https://doi.org/10.1017/S1355770X00000450>

Hanif, I., Faraz Raza, S. M., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies : Some empirical evidence. *Energy*, 171(C), 493-501.

IEA ( International Energy Agency), base de données de l'OCDE.

Jones, D. W. (1991). How urbanization affects energy-use in developing countries. *Energy Policy*, 19(7), 621-630. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(91\)90094-5](https://doi.org/10.1016/0301-4215(91)90094-5)

Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)

Khobai, H., & Roux, P. L. (2017). The Relationship between Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Dioxide Emission : The Case of South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 102-109.

Kiviyiro, P., & Arminen, H. (2014). Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment : Causality analysis for Sub-Saharan Africa. *Energy*, 74(C), 595-606.

Kohler, M. (2013). CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade : A South African perspective. *Energy Policy*, 63, 1042-1050. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.022>

- Le, T.-H., Chang, Y., & Park, D. (2016). Trade openness and environmental quality: International evidence. *Energy Policy*, 92, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.030>
- Lee, J. W. (2013). The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. *Energy Policy*, 55, 483-489. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.039>
- Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.024>
- Naranpanawa, A. (2011). *Does Trade Openness Promote Carbon Emissions? Empirical Evidence from Sri Lanka*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Does-Trade-Openness-Promote-Carbon-Emissions-from-Naranpanawa/e399e54b8c2ebbf0f4d2be3008a0d4c918a3e13>
- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Paramati, S. R., Ummalla, M., & Apergis, N. (2016). The effect of foreign direct investment and stock market growth on clean energy use across a panel of emerging market economies. *Energy Economics*, 56, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.02.008>
- Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. *Econometric Theory*, 20(3), 597-625. <https://doi.org/10.1017/S0266466604203073>
- Phuc Nguyen, C., Schinckus, C., & Dinh Su, T. (2020). Economic integration and CO2 emissions: Evidence from emerging economies. *Climate and Development*, 12(4), 369-384. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1630350>
- Rashid Gill, A., Viswanathan, K. K., & Hassan, S. (2018). The Environmental Kuznets Curve (EKC) and the environmental problem of the day. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1636-1642. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.247>
- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., & Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO2 emissions: A case study of China's industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.01.003>
- S. Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of The Total Environment*, 542, 360-371. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.027>
- Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55(C), 813-822.
- Samreen, I., & Majeed, M. T. (2020). Spatial econometric model of the spillover effects of financial development on carbon emissions: A global analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 14(2), 569-602.

- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries. *Science of The Total Environment*, 646, 862-871. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.365>
- Shahbaz, M., Balsalobre-Lorente, D., & Sinha, A. (2019). Foreign direct Investment–CO2 emissions nexus in Middle East and North African countries : Importance of biomass energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 217, 603-614. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.282>
- Shahbaz, M., Mutascu, M., & Azim, P. (2013). Environmental Kuznets curve in Romania and the role of energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.012>
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K., & Hammoudeh, S. (2017). Trade openness–carbon emissions nexus : The importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Economics*, 61, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.008>
- Sharif Hossain, M. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991-6999.
- Spangenberg, J. H. (2007). Biodiversity pressure and the driving forces behind. *Ecological Economics*, 61(1), 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.021>
- Wang, Q., Zhang, F., Li, R., & Li, L. (2022). The impact of renewable energy on decoupling economic growth from ecological footprint – An empirical analysis of 166 countries. *Journal of Cleaner Production*, 354, 131706. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131706>
- WDI (World Development Indicators) , base de données de la Banque Mondiale.
- Wei, G., He, B.-J., Sun, P., Liu, Y., Li, R., Ouyang, X., Luo, K., & Li, S. (2023). Evolutionary trends of urban expansion and its sustainable development : Evidence from 80 representative cities in the belt and road initiative region. *Cities*, 138, 104353. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104353>
- Westerlund, J. (2005). New Simple Tests for Panel Cointegration. *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316. <https://doi.org/10.1080/07474930500243019>
- Y. Wang, Y., Chen, L., & Kubota, J. (2016). The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions : Evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1368-1374. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.041>
- Yang, M., Gao, X., Siddique, K. H. M., Wu, P., & Zhao, X. (2023). Spatiotemporal exploration of ecosystem service, urbanization, and their interactive coercing relationship in the Yellow River Basin over the past 40 years. *Science of The Total Environment*, 858, 159757. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159757>
- Zakarya, G. Y., Mostefa, B., Abbes, S. M., & Seghir, G. M. (2015). Factors Affecting CO2 Emissions in the BRICS Countries : A Panel Data Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 26, 114-125. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00890-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00890-4)

## Annexe 1 : la liste des pays étudiés

Pays africains étudiés (32 pays)	
- Algérie	- Mozambique
- Angola	- Namibie
- Afrique du Sud	- Niger
- Bénin	- Nigeria
- Botswana	- Rwanda
- Cameroun	- Sénégal
- République du Congo	- Soudan
- République démocratique du Congo	- Tanzanie
- Côte d'Ivoire	- Togo
- Égypte	- Tunisie
- Guinée équatoriale	- Ouganda
- Eswatini	- Zambie
- Éthiopie	- Zimbabwe
- Gabon	
- Ghana	
- Kenya	
- Madagascar	
- Maurice	
- Maroc	