

Effets du commerce international sur la pollution environnementale en République démocratique du Congo (RDC)

Effects of international trade on environmental pollution in the Democratic Republic of Congo (DRC).

Auteur 1 : MUMPAMBALA LUZOLO Didier.

MUMPAMBALA LUZOLO Didier, PhD en Sciences Economiques. Enseignant à l'Université Protestante au Congo et à l'Université du Kwango.

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : MUMPAMBALA LUZOLO .D (2024) « Effets du commerce international sur la pollution environnementale en République démocratique du Congo (RDC) », African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 22 » pp: 0581 – 0608.

Date de soumission : Janvier 2024

Date de publication : Février 2024



DOI : 10.5281/zenodo.10737262
Copyright © 2024 – ASJ



Résumé :

Cet article examine l'impact du commerce international, mesuré par la part de la somme des exportations et des importations dans le PIB sur la pollution, mesurée par les émissions de CO_2 en République démocratique du Congo, sur la période 1960-2019. A l'aide de la méthode de cointégration, nous avons trouvé que le commerce influence la pollution. A court terme, la hausse de l'intensité du commerce extérieur et le revenu par habitant entraînent un accroissement de la pollution. Cependant, à long terme, le commerce extérieur évolue négativement avec la pollution, impliquant une amélioration de l'environnement ; même si le revenu par habitant continue d'exercer un effet défavorable sur l'environnement. Aussi, cette approche méthodologique a-t-elle permis de mettre en exergue, à travers la force de rappel, une résorption du choc environnemental dû à l'ouverture commerciale au bout de 5,68 ans. Ce mécanisme autorégulateur environnemental peut s'expliquer par le rôle important que la forêt équatoriale joue dans la contenance du gaz à effet de serre. Ce résultat montre l'originalité de ce papier en dépit du débat qu'il pourrait soulever.

Mots clés : commerce international, pollution environnementale, méthode de cointégration.

Abstract :

This article examines the effects of international trade, measured by the share of the sum of exports and imports in GDP, on environmental pollution, captured by CO_2 in the Democratic Republic of Congo over the period 1960-2019. Using the cointegration method, we found that trade influences pollution. In the short term, the increase in intensity of foreign trade and per capita income leads to an increase in pollution. However, in the long term, international trade evolves negatively with pollution, implying an improvement in the environment ; even if per capita income, for its part, continues to have an adverse effect on the environment. Also, this methodological approach allowed to highlight, through the restoring force, an absorption of the environmental shock due to trade opening after 5.68 years. This environmental self-regulatorial mechanism can be explained by the important role that the equatorial forest plays in containing greenhouse gases. This result shows the originality of this paper despite the debate it could raise.

Key words : International trade, environmental pollution , cointegration method

Introduction

Les problèmes climatiques, l'accumulation croissante de la pollution et la détérioration de l'environnement à la suite de l'activité humaine ces dernières années remettent au goût du jour les questions de l'environnement. En effet, les relations physiques que l'économie établit avec l'écosystème sont doubles : elle émet des résidus chimiques sur les actifs environnementaux, d'une part, elle exploite de manière directe les ressources naturelles, d'autre part.

La société actuelle est confrontée à chercher des voies permettant de satisfaire les besoins économiques des êtres humains sans altérer la qualité des fonctions vitales pourvues par la biosphère. Avec la mondialisation, une proportion croissante des besoins économiques satisfaits dans chaque pays provient des échanges internationaux de biens et services. Ainsi, un équilibre, aussi bien quantitatif que qualitatif, entre activité économique et protection de l'environnement doit-il être atteint. La recherche d'un tel équilibre amène à se demander quelles relations, le commerce international, en tant que voie d'allocation des biens et services, établit véritablement avec l'environnement (pollution). A ce sujet, les débats portent aussi bien sur le plan théorique que sur le plan empirique.

Sur le plan théorique, les études suivent en général deux orientations, à savoir : celles mettant l'accent sur le commerce international comme facteur d'amélioration de l'environnement et celles soulignant l'impact du commerce international sur la dégradation de l'environnement. Le commerce international améliore l'environnement à travers deux mécanismes :

Le premier associé à un facteur de croissance : la technologie. En effet la technologie se propage des milieux innovateurs vers le reste du monde à travers le commerce international. Le deuxième associé à une possible augmentation de la demande de qualité environnementale résultant de l'impact positif que le libre-échange aurait sur la croissance économique et sur les niveaux de revenu par tête de pays participants. Il prend appui sur la courbe de Kuznets environnementale¹ (Grossman et Krueger, 1991). Quant au rôle du commerce international dans la dégradation de l'environnement, la littérature prend appui sur l'hypothèse selon laquelle la politique environnementale de chaque pays détermine la localisation spatiale des activités économiques. A cet égard, l'inexistence ou la faible politique environnementale d'un pays, lui donne un avantage comparatif dans des productions polluantes (Birdsall et Wheeler, 1992).

¹ KUZNETS (1955) a émis l'hypothèse selon laquelle il existerait, au-delà d'un certain seuil, une relation entre le développement économique d'une nation et le niveau d'équité de répartition des richesses entre individus au sein de cette même nation.

Sur le plan empirique, plusieurs études se sont penchées sur le lien commerce -environnement. A cet égard, Wheeler et Martin (1992) et Reppelin-Hill (1994) essayent d'isoler l'effet technique du commerce sur l'environnement et ils concluent que la diffusion de technologies propres est influencée positivement par l'ouverture commerciale. Dans ce sens, l'investissement direct à l'étranger joue aussi un rôle fondamental comme le démontrent Esty et Gentry (1997), ainsi que Eskeland et Harrison (2002). Grossman et Krueger (1995) dans un travail sur l'impact environnemental de NAFTA (L'Accord de libre-échange nord-américain) montrent qu'au premier stade du développement économique, l'intensité de pollution augmente avec le revenu par habitant mais cette intensité baisse lorsque le revenu augmente au-delà d'un certain seuil. D'où la relation entre pollution et revenu par habitant est en forme de U inversé. Cependant, d'autres études notamment celle de Yaguchi et al. (2007) trouve des résultats mitigés. Dans une étude des effets de l'intensité du commerce et de la croissance économique sur la pollution en Afrique subsaharienne, Aka (2008) montre que l'intensité du commerce influence négativement la pollution (donc améliore l'environnement) et que la croissance économique exerce un effet positif sur la pollution.

En Afrique subsaharienne en général et en République Démocratique du Congo en particulier, les questions relatives à l'environnement mettent davantage l'accent sur la lutte contre la déforestation dans le cadre du bassin du Congo dont la grande superficie se trouve en RDC que sur celle contre la pollution de l'environnement. Compte tenu de l'importance du bassin du Congo dans la contenance du gaz à effet de serre, plusieurs mesures prises par la Communauté Internationale amènent le pays à mettre en place et à faire appliquer la politique environnementale adéquate. Or, la déforestation n'est qu'un volet de la dégradation environnementale. Qu'en est-il, ainsi, de l'émission de dioxyde de carbone dans un pays, à besoin d'industrialisation et aux importations massives des véhicules d'occasion, ainsi qu'aux exportations basées sur les produits pétroliers et miniers ?

Prenant appui sur ce qui précède, cette étude est intéressante pour au moins deux raisons :

Tout d'abord, les conséquences de la dégradation de l'environnement sont subies aussi bien par les pays développés que par les pays sous-développés, notamment la RDC. Ensuite, la RDC a les potentialités d'accroître son commerce extérieur tout en préservant l'environnement au travers de la forêt équatoriale qui occupe 40% du territoire. Dans ce contexte, la présente étude soulève raisonnablement la question suivante:

Quels sont les effets à court et long termes de l'intensité du commerce international sur la pollution de l'environnement en République démocratique du Congo?

En intitulant ce papier : Effets du commerce international sur la pollution environnementale en République démocratique du Congo, cette étude vise précisément à mesurer les effets à court et long termes du commerce international sur la pollution environnementale en République démocratique du Congo. A la lumière de la littérature économique, la méthode de cointégration nous semble appropriée dans la mesure où l'existence d'une relation de long terme entre deux variables (pollution et commerce international, par exemple) exige l'utilisation du modèle à correction d'erreur dont la significativité de la force de rappel fournit l'explication de la manière dont le déséquilibre de court terme est progressivement résorbé à long terme. Les résultats obtenus montrent, d'une part, que le commerce international contribue positivement à la pollution environnementale à court terme mais négativement à long terme, d'autre part, que la significativité de la valeur de force de rappel explique la manière dont le déséquilibre engendré par le choc environnemental dû à l'ouverture commerciale est résorbé au bout de 5,68 ans. La résorption de ce choc à long terme nous amène à parler du mécanisme autorégulateur environnemental qui peut s'expliquer par le rôle important que la forêt équatoriale joue dans la contenance du gaz à effet de serre. Ce résultat révélant le mécanisme autorégulateur environnemental, susceptible de compenser à long terme les déséquilibres observés à court terme entre la croissance effective et la croissance potentielle des émissions de CO₂ suite à l'ouverture au commerce, constitue l'originalité de ce papier.

Après l'introduction, cette étude est développée en deux parties. Les analyses théoriques et empiriques du lien commerce international-pollution environnementale (objet de la première partie) ont bâti les fondements de ce lien en mettant en exergue le commerce international comme facteur d'amélioration de l'environnement, d'une part, comme facteur de détérioration de l'environnement, d'autre part. La vérification de ce lien dans le cadre de la République démocratique du Congo a conduit à la détermination du lien commerce international-pollution environnementale (deuxième partie). La conclusion, la bibliographie et les annexes se sont ajoutées aux deux parties.

1. Analyses théoriques et empiriques du lien commerce international-pollution environnementale

Le débat qui oppose les partisans du libre-échange aux protecteurs de l'environnement consiste pour les premiers à craindre que l'environnement ne devienne un frein capital à la libéralisation des échanges, pendant que les seconds redoutent l'accroissement de la pression qu'exerce le commerce sur l'environnement. Or les conséquences, tant théoriques qu'empiriques, des

interactions entre le commerce international et l'environnement sont ambiguës. Autrement dit, la littérature économique considère le commerce international comme, d'une part, un facteur d'amélioration de l'environnement au travers de l'effet technique, d'autre part, comme un facteur de détérioration de l'environnement à travers les effets d'échelle et de composition.

1.1 Commerce international, un facteur d'amélioration de l'environnement

Sur le plan théorique, on considère tout d'abord « l'effet technique ». Cet effet définit les relations physiques du commerce international avec l'environnement à travers deux mécanismes. Le premier associé à un facteur de croissance : la technologie. En effet, la technologie se propage des milieux innovateurs vers le reste du monde à travers le commerce international (Posner, 1961 ; Vernon, 1966). Ce mécanisme, suppose un impact direct et positif du commerce sur l'environnement parce qu'il implique la généralisation de l'utilisation de technologies de plus en plus propres, grâce au libre-échange. Le deuxième associé aux résultats de la croissance économique. Plus concrètement, il est dû à une possible augmentation de la demande de qualité environnementale résultant de l'impact positif que le libre-échange aurait sur la croissance économique et sur les niveaux de revenu par tête de pays participants. Ce mécanisme aurait un impact indirect sur l'environnement puisque ce serait un revenu per capita plus élevé, et non pas le commerce directement, qui provoquerait un changement dans les préférences des consommateurs envers une plus haute valorisation de l'environnement. Les relations physiques dérivées de la diffusion de technologies propres, à travers le libre commerce, sont fondamentalement liées au problème de l'émission de résidus ; ce qui amène à considérer l'ouverture commerciale comme facteur réducteur du taux de croissance de l'intensité toxique des produits (Lucas et al., 1992 ; Grossman et Krueger, 1995 ; Frankel et Rose, 2005 ; Managi, 2006).

De ce qui précède, la théorie s'attend à ce que le commerce international au travers de l'effet technique soit favorable à la réduction de la pollution ; militant ainsi pour le libre-échange comme une stratégie de gestion économique meilleure que l'autarcie pour l'environnement.

Sur le plan empirique, beaucoup de travaux ont mis en exergue cet effet.

A cet égard, Antweiler et al. (2001) étudient dans leur recherche les effets du commerce sur la pollution de l'environnement et sont les premiers à avoir séparé et testé économétriquement l'ampleur des trois effets : d'échelle, de composition et technique. Ils concluent à la supériorité de l'effet technique sur les deux autres effets puisque la libéralisation des échanges, en élevant l'échelle de l'activité économique de 1%, contribue à l'augmentation des concentrations de CO₂

de 0,25 à 0,5% par l'intermédiaire de l'effet d'échelle, mais son effet technique accompagnateur réduit les concentrations de 1,25 à 1,5% de telle sorte que l'effet total est finalement bénéfique. Saviotti et Pyka (2004) montrent dans leur étude qu'une prise en compte des conditions environnementales dans un pays donné conduit à une dynamique industrielle au niveau des entrées et des sorties des firmes. Ces pressions environnementales augmenteraient l'innovation au niveau des entreprises en matière de réduction de pollution à travers l'amélioration de leur technologie productive. Collins et Harris (2005) trouvent que les entreprises qui dépensent dans les activités réductrices de pollution suite à l'ouverture, réduisent probablement leur efficacité technique. Ils expliquent cela du fait que ces entreprises, en œuvrant pour un environnement sain, baissent par conséquent leurs investissements en matières intermédiaires, en capital ; toutes choses égales par ailleurs.

Frankel et Rose (2005) cherchent à déterminer l'effet du commerce international sur l'environnement pour le cas de plusieurs pays. Ils considèrent trois types d'émissions polluantes : le CO₂ (dioxyde de carbone), le NO₂ (le dioxyde d'azote) et les particules suspendues. Ces variables endogènes sont expliquées par le revenu par tête, le taux d'ouverture au commerce extérieur, ainsi que deux autres variables non économiques : le régime politique et la surface du terrain par habitant. Les résultats dégagés des estimations économétriques, pour un grand nombre de pays, montrent que le commerce tend à réduire les trois mesures d'émissions polluantes : d'une manière plus significative pour le CO₂, moyennement pour le NO₂ et plus faiblement pour les particules.

Cependant, l'effet peut s'avérer négatif, eu égard à certaines circonstances propres à chaque pays.

1.2 Commerce international, un facteur de détérioration de l'environnement

La théorie évoque, ensuite, les effets d'échelle et de composition pour contester l'incidence positive du commerce international sur l'amélioration de l'environnement. En effet, le libre commerce détermine la distribution spatiale des activités économiques. Cette distribution est fonction notamment des avantages comparatifs de chaque pays. Étant donné que chaque type d'activités économiques a un impact différent sur l'environnement, le libre commerce détermine aussi la division internationale de la pression environnementale. Dans ce sens, les effets du libre-échange sur l'environnement dépendront des caractéristiques naturelles et institutionnelles de chaque pays. Ceci est rattaché directement au débat sur les relations Nord-Sud puisque celles-ci mettent en liaison des caractéristiques naturelles et institutionnelles bien

différentes. L'hypothèse émise, à cet égard, est que la politique environnementale de chaque pays détermine la localisation spatiale des activités économiques. Les études qui prennent appui sur cette hypothèse considèrent que le libre commerce fait des pays en développement des paradis de pollution. Dans ce contexte, on considère que les pays du Sud, qui n'ont pas mis en place une politique environnementale (ou qui en ont une très faible), ont un avantage comparatif dans des productions polluantes (Birdsall et Wheeler, 1992). Cette situation serait accentuée puisque apparemment il y aurait une migration vers le Sud des entreprises les plus polluantes du Nord (Low et Yeats, 1992). Aussi, les pays du Sud seront-ils intéressés à être des paradis de pollution en raison de la course vers le fonds de la pollution (Wheeler, 2001).

Sur le plan empirique, plusieurs travaux ont mis en exergue ces deux effets. A ce sujet, Antweiler et al. (2001) ont montré une augmentation de la pollution (donc, détérioration environnementale) suite à l'accroissement du commerce international et ce, à travers l'effet d'échelle ; même si cet effet est compensé par l'effet technique.

Lindroth (2003) soutient que « les pays riches sont capables d'importer des matières utiles à la protection de l'environnement en provenance du Sud tout en préservant celles se trouvant à l'intérieur de leurs frontières ». On peut donc comprendre que les pays du Sud se spécialisent dans la production de produits intensifs+ en ressources naturelles (défavorables à l'environnement), surtout en matières premières, qui constituent encore une proportion très importante de leurs revenus d'exportation (Muradian et Martinez-Alier, 2001). Cependant, il y a des auteurs qui soutiennent que faire des pays du Sud des paradis de pollution est positif pour l'environnement en ce sens que la pression de la pollution se déplacerait d'où elle est forte vers là où elle est faible et donc globalement elle diminuerait (Burguillo-Cuesto et Maneiro-Jurjo, 2008).

En utilisant un indice d'intensité énergétique et un indice de toxicité des rejets comme dans Kahn et Yoshino (2004), plutôt que des coûts de contrôle de la pollution, Cave et Blomquist (2008) montrent que pendant la période de normes environnementales plus strictes et plus uniformes ayant suivi la signature du Traité de Maastrich en 1992, les importations intensives en énergie des pays de l'UE en provenance des pays plus pauvres de l'OCDE et des pays européens qui n'appartiennent pas à l'UE ont augmenté.

Dans une étude complémentaire, Copeland et Taylor (1995) font un travail similaire mais avec la différence essentielle que la pollution n'est plus considérée comme locale mais mondiale. Ce modèle pourrait s'appliquer par exemple au réchauffement de la planète dû aux émissions de

CO₂. Les auteurs postulent que les émissions sont limitées par des contingentes nationales imposées mises en œuvre au moyen d'un système de droits d'émission négociables à l'échelle nationale. Si le commerce entre le Nord et le Sud est libéralisé, l'effet de composition habituel se produit et les industries propres se développent dans le Nord, tandis que les industries polluantes se développent dans le Sud. En conséquence, le prix des droits d'émission diminue dans le Nord (puisque les industries sont moins polluantes et en ont donc moins besoin) et augmente dans le Sud. L'ajustement suivant est qu'il sera optimal pour le Sud d'accroître le nombre de droits d'émission en circulation pour tenir compte du fait que la composition de la production nationale est plus polluante. La réponse optimale du Nord sera de retirer certains de ses propres droits d'émission pour compenser les effets sur l'environnement mondial. Toutefois, à moins que la compensation se fasse à 100 pour cent, ce qui est peu probable, le nouvel équilibre se traduira par un niveau d'émission plus élevé à l'échelle mondiale qu'avant la libéralisation du commerce.

Dans un modèle à deux pays, ayant chacun un nombre (n) secteurs industriels avec les facteurs capital et travail et fondant les décisions d'exportations sur des différences de coût unitaire de production entre les deux pays, Levinson et Taylor (2009) montrent que la réglementation environnementale (à travers la différence de coût de pollution sous la forme d'une taxe) entraîne un changement dans le flux du commerce.

Fredriksson, List et Millimet (2011) étudient l'interaction stratégique dans la détermination de la politique environnementale, de la taxation et des dépenses gouvernementales entre les Etats américains désireux d'attirer les investissements. L'utilisation des variables instrumentales étant nécessaires pour l'obtention des résultats satisfaisants du fait que les trois variables sont endogènes, ces auteurs aboutissent au résultat selon lequel qu'il existe d'importantes interactions stratégiques dans la détermination de ces politiques. Ainsi, la variable « politique environnementale » (entre autres) n'est pas seulement endogène lorsque le coefficient des coûts de dépollution reflète l'hétérogénéité non observée entre les secteurs ou Etats, mais également et surtout parce que les Etats ajustent leurs politiques en fonction de l'évolution du contexte économique et commercial, y compris de la concurrence avec les Etats voisins pour attirer les entreprises. D'où, il n'est pas possible de considérer la variable « politique environnementale » comme exogène.

Eu égard à ce qui précède, les études relatives à la relation entre commerce international et pollution environnementale n'ont pas clairement tranché sur les effets positif ou négatif des

échanges internationaux sur la pollution environnementale. Ainsi, notre étude s'insère dans ces débats pour apporter l'éclairage relatif à cette question, combien importante dans cette période de réchauffement climatique.

2. Détermination du lien commerce international-pollution environnementale

Pour déterminer les effets du commerce international sur la pollution environnementale en République démocratique du Congo, nous spécifions, d'abord, le modèle auquel nous avons eu recours, ainsi que les variables ayant fait l'objet d'usage dans le modèle.

2.1 Spécification du modèle et présentation des variables

On retient un modèle basé sur la cointégration pour estimer la relation suivante :

$$CO_{2t} = F(PIB_t, DOE_t) + \zeta_t \quad (1)$$

Où, CO_{2t} représente les émissions de dioxyde de carbone par habitant, PIB_t est le PIB par habitant, DOE_t indique l'intensité du commerce à travers le degré d'ouverture extérieur (mesurée par la part de la somme des exportations et des importations dans le PIB), ζ_t est le terme d'erreurs et t représente la période annuelle. En supposant une relation linéaire entre les variables (en logarithme népérien), on peut obtenir une équation de long terme suivante :

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln PIB_t + \beta_2 \ln DOE_t + \zeta_t \quad (2)$$

Comme évoqué ci-haut, nous voudrions utiliser la méthodologie de cointégration. Celle-ci nous permet d'illustrer les effets de long terme et de court terme (à travers le modèle vectoriel à correction d'erreur). Avec la cointégration, l'approche méthodologique se subdivise en trois étapes : (i) spécification ; (ii) estimation des paramètres du modèle économétrique ; (iii) validation ou diagnostic du modèle.

(i) Spécification du modèle à correction d'erreur

En économétrie, l'intégration et la cointégration peuvent être considérées comme l'analyse statistique de longue mémoire des séries temporelles. Elles concernent les séries statistiques stationnaires. Une série temporelle non stationnaire à niveau peut le devenir en la différenciant une fois, deux fois ou d fois. Ainsi l'on peut dire que la série originale est intégrée d'ordre 1, 2 ou d et notée I(1), I(2) ou I(d).

La théorie de la cointégration introduite par Granger (1986) est considérée comme une approche qui consiste à mettre en évidence des relations linéaires stables entre des séries temporelles non stationnaires. Cette approche met en exergue les points ci-après :

- Etablir une combinaison linéaire stationnaire de variables qui sont non stationnaires et devraient diverger lorsque $n \rightarrow \infty$. Cette combinaison permet de mettre en évidence une relation d'équilibre de long terme entre les variables considérées.
- Estimer le modèle à correction d'erreurs (MCE).

Le concept de cointégration permet de définir statistiquement la notion économique d'équilibre (de long terme) entre variables intégrées de même ordre. Le terme de correction d'erreur a été intuitivement introduit dans la construction des modèles empiriques par Phillips (1954) et est formellement adopté dans la littérature économétrique par Sargan (1964) dans le modèle de détermination du salaire au Royaume Uni. Il s'implante définitivement dans la stratégie de modélisation empirique des séries temporelles par les travaux de Davidson et al. (1978).

Soient deux séries (X et Y) et qui sont intégrées d'ordre un noté : $X \rightarrow I(1)$ et $Y \rightarrow I(1)$. Le test procède en deux étapes suivantes :

- Estimer par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) la relation de long terme. De cette estimation, on tire les résidus.
- Vérifier l'intégration en se servant des tests de Dickey-Fuller simple sur le modèle.

Les hypothèses à vérifier sont les suivantes :

H_0 : il n'y a pas cointégration

H_1 : il y a cointégration.

On rejette l'hypothèse nulle lorsque la série des résidus est stationnaire, c'est-à-dire qu'il y a cointégration. Au cas contraire, il n'y a pas de relation de cointégration.

(ii) Estimation des paramètres du modèle économétrique

La méthode MCO est l'un des procédés largement utilisés dans l'analyse de la régression pour évaluer les paramètres inconnus de la population à partir des données d'un échantillon. Le critère d'ajustement utilisé par la méthode MCO est de minimiser la somme des résidus au carré.

Formellement, ce critère permet d'obtenir les paramètres par la formule ci-après :

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3)$$

(iii) Validation

Cette étape consiste à évaluer la qualité de l'estimation (des résultats) c'est-à-dire tester si les estimations des paramètres sont économiquement et statistiquement valides. Elle s'intéresse

également à la stabilité des coefficients estimés, caractères indispensables pour une meilleure prévision.

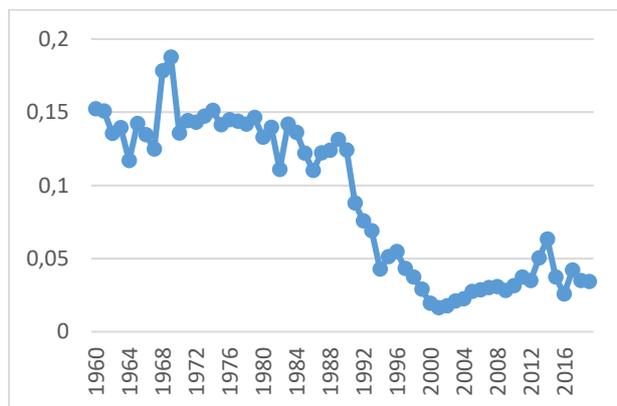
Par ailleurs, les données utilisées proviennent de la Banque mondiale (CD-ROM 2020). Les séries sont étudiées sur une base annuelle allant de 1960 à 2019, soit une période de 60 ans. Il s'agit de la Pollution, du commerce international et de la croissance économique.

- **Pollution**

Les polluants environnementaux de tous genres contaminent l'eau, l'air et la terre, mettant en péril la vie humaine et les écosystèmes. De plus, ils sont souvent source de conflit entre populations et industrie. En adoptant une approche écosystémique globale pour examiner les intérêts divergents et leurs conséquences, les approches éco santé s'efforcent de protéger la santé tout en assurant un équilibre entre les besoins des divers intervenants et la préservation de l'écosystème.

Dans le cadre de notre travail, nous avons retenu le CO₂ comme indicateur de la pollution ; ci-dessous, nous présentons son évolution durant la période sous analyse.

Figure n°01 : Evolution d'émissions de CO₂ par habitant



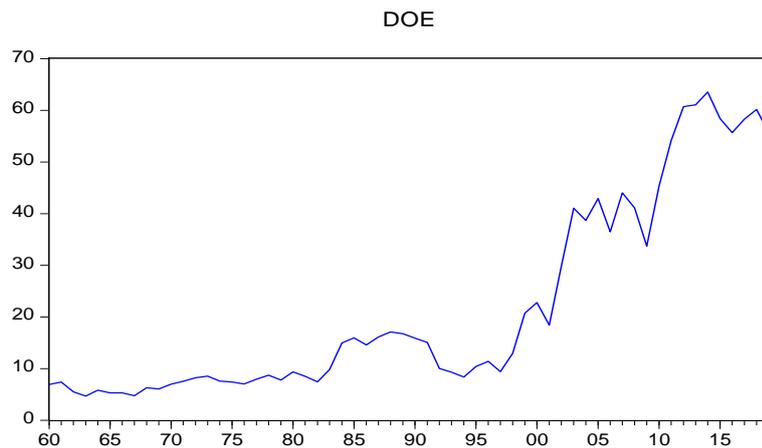
Source : auteur sur base de données de la Banque mondiale

Le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂) est un gaz incolore, inodore et non toxique, formé lors de la combustion du carbone et de la respiration d'êtres vivants, et considéré comme gaz à effet de serre. On entend par émission, la libération de gaz à effet de serre ou de précurseurs de tels gaz dans l'atmosphère au-dessus d'une zone et au cours d'une période donnée. Le calcul est effectué ici en divisant les émissions de gaz carbonique en tonnes métriques (1000 kilogrammes) par le nombre total d'habitants. De la figure ci-dessus, nous remarquons une tendance baissière des émissions de CO₂ en tonnes métriques par habitant durant la période sous analyse en République démocratique du Congo.

- Commerce international

Le commerce international est l'échange de biens, de services et capitaux entre pays. Ce type de commerce existe depuis des siècles. L'ouverture d'une économie se traduit par une forte progression de ses échanges avec l'étranger et son interdépendance avec le reste du monde. Le degré d'ouverture d'une économie est mesuré par le rapport de la valeur des échanges extérieurs au PIB. La figure ci-dessous montre l'évolution de cette variable :

Figure n°02 : Evolution de degré d'ouverture



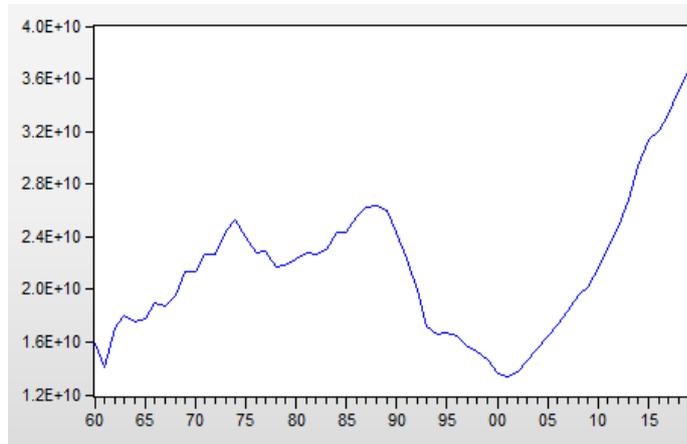
1. Source : auteur à partir de données de la Banque mondiale

Il ressort du graphique ci-dessus que les échanges de la RDC avec le reste du monde durant la période sous-analyse ont dans l'ensemble enregistré une hausse, en dépit des tendances à la baisse observées au début de la décennie 1990 (suite aux pillages et à l'instabilité politique) et de quelques fluctuations dans la décennie 2000-2009.

- Croissance économique

La croissance économique désigne la variation positive de la production de biens et de services dans une économie sur une période donnée, généralement une longue période. En pratique, l'indicateur le plus utilisé pour la mesurer est le produit intérieur brut réel (PIB). Dans le cadre de ce papier, nous retenons le PIBh (PIB par habitant pour capter le revenu par habitant). La figure ci-dessous illustre son évolution :

Figure n°03 : Evolution du produit intérieur brut par habitant



Source : auteur à partir de données de la Banque mondiale

De la figure ci-haut, se dégage trois grandes tendances de l'évolution du PIBh : une tendance à la hausse jusqu'à la fin des années 1980 avant la récession économique qui a frappé le pays dans la décennie 1990 (suite aux pillages, à l'instabilité politique et la guerre). La reprise économique est observée à partir de l'année 2000, période marquée notamment par la stabilité politique.

2.2 Présentation et interprétation des résultats

Après vérification de la stationnarité, toutes les variables se sont avérées stationnaires après une différence première comme l'indiquent les résultats en annexes. L'estimation du modèle est faite sur des données annuelles couvrant la période 1960-2019, soit 60 observations. Toutes les données sont tirées des statistiques de la Banque Mondiale (CD-ROM 2020).

Tableau n°01 : Résultat d'estimation du modèle en niveau

Dependent Variable: LOG(CO2)
Method: Least Squares
Date: 08/06/20 Time: 01:50
Sample: 1960 2019
Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-38.93137	3.889699	-10.00884	0.0000
LOG(PIB_R)	1.623460	0.165355	9.818035	0.0000
LOG(DOE)	-0.836891	0.048256	-17.34263	0.0000
R-squared	0.849589	Mean dependent var	-2.639329	
Adjusted R-squared	0.844312	S.D. dependent var	0.749287	
S.E. of regression	0.295649	Akaike info criterion	0.449418	
Sum squared resid	4.982269	Schwarz criterion	0.554135	
Log likelihood	-10.48254	Hannan-Quinn criter.	0.490379	
F-statistic	160.9814	Durbin-Watson stat	0.814560	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : logiciel E-views 10.0

Le résultat du tableau ci-dessus nous sert tout simplement à vérifier l'intégration, en testant les résidus par le test de Dickey-Fuller. Le test de Dickey-Fuller (avec une constante mais sans tendance déterministe) est utilisé pour tester la présence d'une racine unitaire dans le terme d'erreur estimé et associé à la régression estimée. Le test de racine unitaire sur les résidus du modèle estimé en niveau donne les résultats ci-après :

Tableau n°02 : Test de racine unitaire sur les résidus

Null Hypothesis: RESID01 has a unit root		
Exogenous: None		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.969369	0.0002
Test critical values:		
1% level	-2.604746	
5% level	-1.946447	
10% level	-1.613238	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Source : logiciel E-views 10.0

Partant du tableau ci-dessus, nous rejetons l'hypothèse nulle d'absence de la relation de cointégration entre les différentes variables. Ceci nous permet d'estimer le modèle à correction d'erreur.

Tableau n°03: Résultat d'estimation du modèle à correction d'erreur

Dependent Variable: D(LOG(CO2))				
Method: Least Squares				
Date: 12/15/20 Time: 05:35				
Sample (adjusted): 1961 2019				
Included observations: 59 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.890687	4.553121	-1.733028	0.0889
D(LOG(DOE))	0.282818	0.138274	2.045340	0.0458
D(LOG(PIB_R))	1.062144	0.436703	2.432192	0.0184
LOG(CO2(-1))	-0.175801	0.095944	-1.832325	0.0725
LOG(DOE)	-0.160624	0.087945	-1.826403	0.0734
LOG(PIB_R)	0.328995	0.191148	1.721160	0.0911
R-squared	0.222260	Mean dependent var		-0.025293
Adjusted R-squared	0.148889	S.D. dependent var		0.197045
S.E. of regression	0.181785	Akaike info criterion		-0.475839
Sum squared resid	1.751428	Schwarz criterion		-0.264564
Log likelihood	20.03725	Hannan-Quinn criter.		-0.393366
F-statistic	3.029237	Durbin-Watson stat		2.097868
Prob(F-statistic)	0.017722			

Source : logiciel E-views 10.0

Du tableau n°03, se déduisent les élasticités susceptibles d'expliquer la relation de court et de long termes entre la pollution environnementale et le commerce international.

Les résultats ou les élasticités de court et de long termes de cette analyse sont résumés dans le tableau ci-dessous. D'après Bosonga (2020), les élasticités de long terme sont obtenues par :

$$\gamma_i = -\frac{\beta_i}{\alpha}$$

γ_i : Élasticité de long terme de la variable; α : force de rappel et β_i : coefficient de la variable en niveau.

Tableau n°04 : Elasticités de court et de long termes

	A court terme			A long terme		
	Coefficient	t-Statistic	Prob.	Coefficient	t-Statistic	Prob.
DOE	0,283*	2,045	0,046	-0,914**	-1,826	0,073
PIBR	1,062*	2,432	0,018	1,871**	1,721	0,091

* et ** la variable est significative respectivement au seuil de 5% et 10%

Source : l'auteur à partir des estimations des paramètres

Le résultat ci-dessus montre qu'en courte période, un accroissement du commerce a un impact positif sur les émissions de CO_2 , ce qui signifie que le commerce extérieur accroît la pollution à court terme. Quant à l'expansion économique, son effet sur la pollution reste positif. Autrement dit, une hausse de 1% de l'intensité du commerce s'accompagne d'une hausse des émissions de CO_2 de 0,28%, pendant qu'une augmentation de 1% du PIBh fera accroître la pollution de 1,06%. La valeur négative, statistiquement significative de la force de rappel (-0,17), indique un retour de la pollution vers sa cible de long terme.

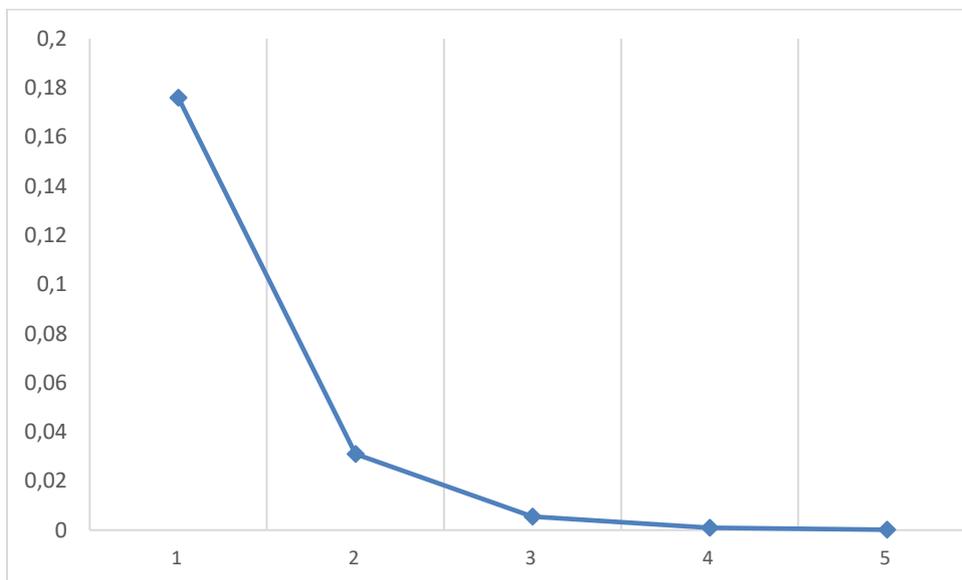
En fait, ce résultat peut s'expliquer par la nature des biens qui composent les exportations et les importations. Concernant les exportations, on peut relever l'exploitation et la raffinerie du pétrole, la production du ciment, ainsi que l'exploitation des produits miniers. Quant aux importations, les voitures d'occasion (dont le nombre serait sans cesse croissant chaque année) sont une source importante de la pollution à court terme.

Quant à long terme, le commerce international ne contribue pas à l'accroissement de CO_2 , ce qui correspond à l'amélioration de l'environnement. Cependant, l'expansion économique accroît les émissions de CO_2 , augmentant ainsi la pollution. Plus précisément, un accroissement de 1% de l'intensité du commerce s'accompagne d'une baisse de 0,91% des émissions de CO_2

pendant qu'une augmentation de 1% du PIBh entraîne une hausse de la pollution de 1,87%. Ce résultat ne confirme pas la croyance selon laquelle les pays les moins développés utiliseraient des industries vieilles et polluantes. L'effet bénéfique à long terme (-0.91%) étant supérieur à l'effet nocif à court terme (0.28), nous pouvons affirmer que l'effet total est finalement bénéfique. Donc, le commerce extérieur ne contribue pas à la dégradation environnementale au travers de la pollution. Autrement dit, nous pouvons nous permettre d'affirmer que l'effet technique l'emporte sur l'effet d'échelle et de composition.

Par ailleurs, les estimateurs des MCO étant des variables aléatoires, ils doivent par conséquent être testés afin de valider les résultats obtenus. Après avoir testé (voir annexes) les hypothèses de la normalité de résidu, de l'absence d'autocorrélation de résidu et d'homoscédasticité, nous remarquons l'acceptation de l'hypothèse de normalité de résidus (la probabilité associée à la statistique de Jarque-Bera : 0,3845 est supérieure au seuil de 5%), l'absence d'autocorrélation de résidu au seuil de 5% (la probabilité associée au test de test de Breusch-Godfrey : 0.24 est supérieure au seuil de 5%) et l'acceptation de l'hypothèse nulle d'homoscédasticité puisque les différentes probabilités de tests de Breusch-Pagan-Godfrey sont supérieures au seuil de 5%. Il convient de signaler que le test de CUSUM révèle la stabilité de paramètres.

Figure n° 04 : Analyse de choc



Source : l'auteur à partir du logiciel E-views 10.0

La force de rappel évoquée précédemment traduit la vitesse à laquelle tout déséquilibre entre le niveau des émissions désirées (potentielles) et réalisées (effectives) est résorbé. Sa valeur nous renseigne que l'écart entre la croissance effective et la croissance potentielle des émissions de

gaz se réduit progressivement de 17,58% dans l'année qui suit tout choc par l'effet de « feedback ». La figure ci-dessus montre qu'un choc environnemental en provenance de l'ouverture commerciale ou de la croissance économique durant la période sous analyse est entièrement résorbé au bout de 5,68 ans. Ce résultat révèle un certain mécanisme autorégulateur environnemental, susceptible de compenser à long terme les déséquilibres observés à court terme entre la croissance effective et la croissance potentielle des émissions de CO₂. Ce mécanisme peut être expliqué par le rôle que joue la forêt équatoriale, notamment, dans la contenance du gaz à effet de serre. Ce résultat montre l'originalité de ce papier en dépit du débat qu'il pourrait soulever. Loin de nous l'idée d'encourager la pollution, nous pensons qu'au regard de ce résultat, la RDC dont la superficie occupe une grande partie du bassin du Congo devrait tirer profit des avantages économiques qu'offre le commerce international afin de booster sa croissance économique, gage de son développement économique.

Conclusion

Nous avons examiné, à travers ce papier, l'impact du commerce international, mesuré par le degré d'ouverture extérieur (la somme des exportations et des importations dans le PIB) sur la pollution, mesurée par les émissions de CO_2 en RDC, sur la période 1960-2019. Avant d'obtenir les résultats, nous avons évoqué le débat qui oppose les partisans du libre-échange aux protecteurs de l'environnement. Ce débat consiste, pour les premiers, à craindre que l'environnement ne devienne un frein capital à la libéralisation des échanges, pendant que les seconds redoutent l'accroissement de la pression qu'exerce le commerce sur l'environnement. A cet égard, les considérations, tant théoriques qu'empiriques, des interactions entre le commerce international et l'environnement sont ambiguës. Plus précisément, la littérature économique considère le commerce international comme, d'une part, un facteur d'amélioration de l'environnement au travers de l'effet technique, d'autre part, comme un facteur de détérioration de l'environnement à travers les effets d'échelle et de composition.

A l'aide de la méthode de cointégration, nous avons trouvé que le commerce international influence la pollution. A court terme, la hausse de l'intensité du commerce extérieur et l'augmentation du revenu par habitant entraînent un accroissement de la pollution. Par contre, à long terme, le commerce extérieur évolue négativement avec la pollution, ce qui revient à un effet d'amélioration de l'environnement. Quant au revenu par habitant, il contribue à la dégradation de l'environnement. La robustesse de ces résultats est confirmée par les différents tests effectués, à savoir : l'homoscédasticité, la normalité, l'autocorrélation des erreurs, ainsi que la stabilité des paramètres. Tous ces tests sont avérés concluants. L'effet bénéfique du commerce extérieur sur la pollution étant supérieur à l'effet néfaste, nous pouvons affirmer que le commerce extérieur ne contribue pas à la dégradation environnementale en RDC. Aussi, cette approche méthodologique, à travers la valeur de la force de rappel (-0,1758), permet-elle de soupçonner un mécanisme autorégulateur environnemental qui jouerait dans un pays possédant une grande forêt comme la forêt équatoriale. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait qu'à long terme, d'une part, les investissements étrangers contribuent à l'installation des industries moins polluantes, d'autre part, la RDC, étant un pays au cœur de la grande forêt équatoriale, bénéficierait de l'effet favorable de cette forêt dans la contenance du gaz à effet de serre, atténuant ainsi l'effet néfaste de court terme.

Même si l'effet bénéfique est dans l'ensemble avéré, il ne faudrait pas que la dégradation de l'environnement à court terme soit encouragée. En fait, loin de nous l'idée selon laquelle la

législation en matière de la pollution des industries pétrolière, minière et de la cimenterie est inappropriée en République démocratique du Congo; nous pensons plutôt que cette législation souffrirait de l'applicabilité des textes réglementant la pollution de ces industries. Ainsi, cette étude amène-t-elle aux recommandations suivantes :

- Veiller à l'applicabilité de ces textes de manière à favoriser les industries propres au travers de l'ouverture commerciale ;
- Atténuer cet effet négatif (la dégradation environnementale suite à hausse des échanges internationaux) à travers les mesures sur l'exploitation forestière (préserver l'environnement en décourageant l'abattage abusif des arbres) afin de permettre au pays de tirer profit du commerce extérieur pour booster sa croissance économique.
- La mise en place effective de la mesure « pollueur-payeur », même si son application demeure difficile.

BIBLIOGRAPHIE

Aka, B.F. (2008), "Effects of Trade and Growth on Air Pollution in the Aggregated Sub-Saharan Africa", *International Journal of Applied Econometrics and Quantitative Studies* Vol.5-1.

Antweiler, W., Copeland, B-R. and Taylor, M-S. (2001), "Is Free Trade Good for the Environment?", *The American Economic Review*, vol. 91, n° 4, p. 877-908.

Birdsall, N. and Wheeler, D. (1992), "Trade policy and industrial pollution in Latin America: Where are the pollutions havens?" in Low, P. *International Trade and the Environment*, World Bank discussion paper n°159, pp.159-169.

Bosonga, J.P. (2019), *Manuel d'économétrie*, éd. Térabyte, Kinshasa.

Burguillo-Cuesto, M. et Maneiro-Jurjo J-M. (2008), « Gouvernance, libre commerce et protection de l'environnement : tient-on compte du rôle joué par les pays du sud ? », papier téléchargé sur l'internet.

Cave, L.A. and Blomquist, G.C. (2008), "Environmental policy in the European Union: Foresting the development of pollution havens?", *Ecological Economics*, 65, 253-261.

Collins, A. and Harris, R. (2005), "The impact of foreign ownership and efficiency on pollution abatement expenditure by chemical plants: some UK evidence", *Scottish Journal of Political Economy*, Volume 52, Issue 5, November , Pages 747-768.

Copeland, B. and Taylor, M-S. (1995), "Trade and Transboundary Pollution", *American Economic Review*, 1995, vol. 85, issue 4, 716-37.

Davidson, J., Hendry D.F. and al. (1978), "Econometric Modelling of the Aggregate Time-Series Relationship between Consumers' Expenditure and Income in the United Kingdom", *Economic Journal*, vol. 88, Issue 352, 661-92.

Eskeland, G. and Harrison, A. (2002), "Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis", NBER Working Papers, n° 8888.

Esty, D. and Gentry, B. (1997), "Foreign Investment, Globalisation and the Environment in Jones, T. *Globalization and the Environment*", Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.

Frankel, J-A. and Rose, A. (2005), "Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality", *the review of Economics and Statistics*, vol. 87. pp. 85-91.

Fredriksson, List, J.A. et Millimet, D.L. (2011), “FDI and environmental regulation: pollution haven or a race to the top?”, Canadian Journal of Economics.

Granger, C.W.J. (1986), “Developments in the study of cointegrated economic variables”, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Vol. 48/ p. 213-228, August.

Grossman, G. M., and Krueger, A. B. (1995), “Economic growth and the environment”, Quarterly Journal of Economics, 110, pp. 353-377.

Kahn T., et Yoshino F. (2004), « La pratique du commerce international dans la zone Afrique », Hathys-OCH, Québec.

Kuznets, S. (1955), “Economic growth and income inequality”, American Economic Review, 49, pp. 1–28.

Levinson H., et Taylor Y. (2009), « La dépollution dans les pays industrialisés », Presse Universitaire de Lyon, Lyon.

Lindroth, M. (2003), “Tropospheric O₃ Moderates Responses of Temperate Hardwood Forestes to Elevated CO₂: A Synthesis of Molecular to Ecosystem Results from the Aspen FACE Project”, British Ecological Society, Vol. 17, pp. 289-304.

Low, P. and Yeats, A. (1992), “Do dirty industries migrate? In Low, P. International Trade and the Environment”, World Bank discussion paper n°159. World Bank, Washington D.C

Lucas, R. (1992), “Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution 1960-1988 in Low, P. International Trade and the Environment”, World Bank discussion paper n°159. World Bank, Washington D.C

Managi, S. (2006), “Pollution, natural resource and economic growth: an econometric analysis”, Int. J. Global Environmental Issues, Vol. 6, No. 1, pp. 73–88.

Muradian, R. and Martinez-Alier, J. (2001), “Trade and the environment: From a ‘Southern’ perspective”, Ecological Economics 36(2), pp 281-297.

Phillips, A.W. (1954), “Stabilisation policy in closed economy: Testing non-nested nonlinear regression models”, Econometrica 46, 677-694.

Posner, M.V. (1961), “International Trade and Technical Change”, Oxford Economic Paper, October.

Rappelin-Hill, V. (1999), “Trade and Environment: An Empirical Analysis of the Technology Effect in the steel industry”, Journal of Environmental Economics and Management, vol. 38. pp. 283-301.

- Sargan, J.D. (1964), "Wages and Prices in the United Kingdom: A study in Econometric Analysis for National Economic Planning", Butterworths, London.
- Saviotti, P.P. and Pyka, A. (2004), "Economics development by creation of new sectors", *Journal of Evolutionary Economics*, 14, 1-35.
- Vernon, R. (1966), "International Investment and International Trade in the Product Cycle", *The Quarterly Journal of Economics*, May.
- Wheeler, D. and Martin, P. (1992), "Prices policies and the international diffusion of clean technologies the case of wood-pulp production, in Low, P. (ed): *International Trade and the Environment*". World Bank Discussions Papers n°159. World Bank, Washington DC.
- Wheeler, D. (2001), "Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries", World Bank Development Research Group, working paper n° 2524.
- Yaguchi, Y., Sonobe, T., and Otsuka, K. (2007), "Beyond the environmental Kuznets curve: a comparative study of SO₂ and CO₂ emissions between Japan and China", *Environment and Development Economics*, vol. 12. n°3, pp. 445-470.

ANNEXES

2. Annexe 1 : Base de données

	<u>1960</u>	<u>1961</u>	<u>1962</u>	<u>1963</u>	<u>1964</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.14	0.13	0.12	0.18	0.19
DOE	6.9	7.4	5.5	4.7	5.8	5.3	5.3	4.7	6.3	6.1
PIB (\$ US constants de 2010)	2E+10	1E+10	2E+10							
	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15
DOE	7.0	7.5	8.2	8.5	7.6	7.4	7.0	8.0	8.7	7.8
PIB (\$ US constants de 2010)	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	3E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10
	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>	<u>1988</u>	<u>1989</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.13	0.14	0.11	0.14	0.14	0.12	0.11	0.12	0.12	0.13
DOE	9.4	8.5	7.4	9.8	14.9	16.0	14.6	16.1	17.1	16.7
PIB (\$ US constants de 2010)	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	3E+10	3E+10	3E+10	3E+10
	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>	<u>1999</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.12	0.09	0.08	0.07	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
DOE	15.9	15.0	10.0	9.3	8.4	10.4	11.4	9.4	13.0	20.7
PIB (\$ US constants de 2010)	2E+10	1E+10								
	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>	<u>2006</u>	<u>2007</u>	<u>2008</u>	<u>2009</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
DOE	22.8	18.4	29.8	41.1	38.7	42.9	36.5	44.0	41.1	33.7
PIB (\$ US constants de 2010)	1E+10	1E+10	1E+10	1E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10	2E+10
	<u>2010</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>
Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)	0.03	0.04	0.03	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
DOE	45.4	54.1	60.7	61.0	63.5	58.4	55.7	58.3	60.2	55.6
PIB (\$ US constants de 2010)	2E+10	2E+10	2E+10	3E+10	3E+10	3E+10	3E+10	3E+10	4E+10	4E+10

Annexe 2 : Tests de racine unitaire

1. 2.1. CO2 en niveau

Null Hypothesis: LOG(CO2) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.669249	0.8578
Test critical values: 1% level	-2.604746	
5% level	-1.946447	
10% level	-1.613238	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

2.2. CO₂ en Différence première

Null Hypothesis: D(LOG(CO2)) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.558393	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.605442	
5% level	-1.946549	
10% level	-1.613181	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LOG(CO2),2)
Method: Least Squares
Date: 08/06/20 Time: 00:16
Sample (adjusted): 1962 2019
Included observations: 58 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LOG(CO2(-1)))	-1.001215	0.132464	-7.558393	0.0000

R squared: 0.500566 Mean dependent var: 0.000200

2. 2.3. Degré d'ouverture en niveau

Null Hypothesis: LOG(DOE) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.323033	0.9517
Test critical values: 1% level	-2.604746	
5% level	-1.946447	
10% level	-1.613238	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

3. 2.4. Degré d'ouverture en différence

Null Hypothesis: D(LOG(DOE)) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.975294	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.605442	
5% level	-1.946549	
10% level	-1.613181	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

4. 2.5. Produit intérieur brut en niveau

Null Hypothesis: LOG(PIB_HAB) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.960195	0.2972
Test critical values: 1% level	-2.605442	
5% level	-1.946549	
10% level	-1.613181	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

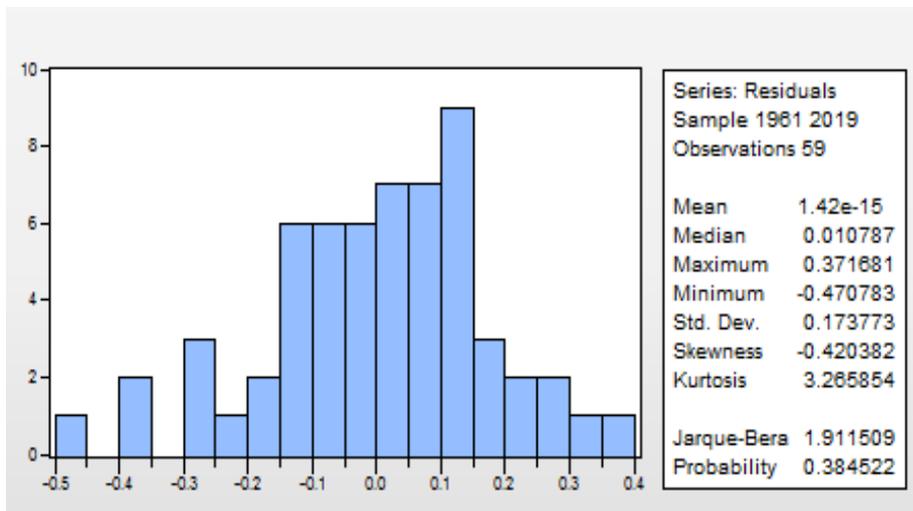
5. 2.6. Produit intérieur brut en différence

Null Hypothesis: D(LOG(PIB_HAB)) has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.938598	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.605442	
5% level	-1.946549	
10% level	-1.613181	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Annexe 3 : Test de normalité de Jarque-Bera



Annexe 4 : Résultat des tests de BreuschGodfrey

F-statistic	1.467652	Prob. F(2,51)	0.2400
Obs*R-squared	3.210939	Prob. Chi-Square(2)	0.2008

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 08/06/20 Time: 02:25
Sample: 1961 2019
Included observations: 59
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.360106	5.454821	0.799312	0.4278
D(LOG(DOE))	-0.008534	0.148757	-0.057367	0.9545
D(LOG(PIB_R))	0.009393	0.442207	0.021241	0.9831
LOG(CO2(-1))	0.122184	0.125661	0.972327	0.3355
LOG(DOE(-1))	0.100510	0.110243	0.911716	0.3662
LOG(PIB_R(-1))	-0.181425	0.228425	-0.794241	0.4307
RESID(-1)	-0.219107	0.183399	-1.194703	0.2377
RESID(-2)	-0.248391	0.158739	-1.564778	0.1238
R-squared	0.054423	Mean dependent var	1.42E-15	
Adjusted R-squared	-0.075362	S.D. dependent var	0.173773	

Annexe 5 : Tests d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.620894	Prob. F(5,53)	0.1706
Obs*R-squared	7.825350	Prob. Chi-Square(5)	0.1661
Scaled explained SS	7.154073	Prob. Chi-Square(5)	0.2094

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 08/06/20 Time: 02:27
Sample: 1961 2019
Included observations: 59

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.623481	1.099757	-0.566927	0.5732
D(LOG(DOE))	0.007745	0.035805	0.216301	0.8296
D(LOG(PIB_R))	-0.080801	0.107486	-0.751736	0.4555
LOG(CO2(-1))	0.003210	0.023174	0.138528	0.8903
LOG(DOE(-1))	0.019115	0.021242	0.899853	0.3723
LOG(PIB_R(-1))	0.025717	0.046170	0.557016	0.5799
R-squared	0.132633	Mean dependent var	0.029685	
Adjusted R-squared	0.050806	S.D. dependent var	0.045068	
S.E. of regression	0.043908	Akaike info criterion	-3.317286	
Sum squared resid	0.102180	Schwarz criterion	-3.106011	

Annexe 6: Test de stabilité de paramètres

