

# Croissance Economique, Energie Et Dégradation de l'Environnement Dans Les Pays De L'UEMOA

Ouattara Aly Nahoua

Faculté de Sciences Economiques et de Gestion Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan

---

**Abstract:** *The issue of global warming is being addressed with great interest and concern and continues to be the subject of debate. In this paper, we are based on the theory developed by Granger (1988) in the UEMOA countries. Using panel data on the 07 UEMOA countries over the period 1971-2017, the results show that there is a short- and long-term bidirectional relationship between CO<sub>2</sub> emissions, GDP and fossil energy consumption in UEMOA countries. This result is consistent with that of Wang et al (2011).*

**Keywords:** *Causality, CO<sub>2</sub>, GDP, fossil fuel consumption.*

---

Date of Submission: 13-01-2020

Date of Acceptance: 29-01-2020

---

## I. Introduction

Les émissions de gaz à effet de serre, en particulier les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), sont considérées comme la principale cause du réchauffement planétaire. Afin de prévenir le réchauffement climatique et ses conséquences, plusieurs pays ont signé le protocole de Kyoto et promis de réduire leurs niveaux d'émission. Récemment, la 23<sup>e</sup> session de la Conférence des parties des Nations Unies (COP24), tenue en Pologne en décembre 2018, a constitué une étape majeure dans les efforts de réduction des émissions gaz à effet de serre et de lutter contre le réchauffement climatique.

Partout dans le monde, la question du réchauffement climatique est abordée avec beaucoup d'intérêt et d'inquiétude. Selon l'IPCC<sup>1</sup> le Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique, le réchauffement climatique est le plus important problème environnemental de notre temps, provoqué par les émissions de gaz à effet de serre, surtout le CO<sub>2</sub> (environ 60 %) provenant essentiellement de l'utilisation des énergies fossiles (Mehrara, 2007). La menace du réchauffement climatique et du changement climatique a été l'une des questions dominantes pendant les trois dernières décennies aussi bien sur le plan politique qu'économique (Aspergis & Payne, 2010). Face à cette menace, la question qui se pose aux chercheurs est : comment atténuer les effets néfastes du changement climatique ? Depuis le sommet international sur le développement durable, Johannesburg (2002) a souligné l'influence néfaste de l'énergie sur l'environnement d'une part, mais aussi son importance dans le processus de développement économique. L'énergie est considérée comme l'outil indispensable pour le développement durable. Dans ces conditions, la détermination du lien de causalité entre la consommation d'énergie, la croissance économique et les émissions de polluants a une importance particulière pour les chercheurs et les responsables ou décideurs. En effet, elle permet d'en déduire les implications de politiques énergétiques, économiques et environnementales adéquates pour atteindre l'objectif de développement durable. La relation entre la croissance économique et les émissions de polluants est étroitement liée à la relation entre la consommation d'énergie et les émissions de polluants (Ozturk & Uddin, 2012). Restreindre la consommation d'énergie aura pour effets de freiner les émissions de polluants d'une part, mais aussi de freiner la croissance économique d'autre part.

Cette étude est une tentative de combler le vide dans le cas des pays d'Afrique subsaharienne.

Le choix de cette région est également motivé par le fait que, malgré la littérature naissante sur le rapport entre la production, la consommation d'énergie et la pollution, très peu d'études ont été menées pour les pays de l'Afrique Subsaharienne. Quant à l'espace UEMOA la relation énergie, environnement et croissance économique n'existe pas.

A la suite de tout ce qui précède. Celle-ci peut s'exprimer de façon synthétique comme il suit : les performances énergétiques, environnementales et économiques sont-elles liées dans la zone UEMOA ? S'agit-il de relations court terme ou de long terme ? Pour répondre à cette question, notre étude a pour objectifs d'analyser les déterminants des émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays de l'UEMOA.

La suite de ce papier est structurée de la façon suivante, la section 1.2 présente la revue de littérature de la relation croissance économique, énergie et environnement. La section 2.3 La méthodologie. Les résultats et discussion sont présentés dans la section 2.4. et enfin la section 2.5 donne la conclusion.

---

1 The Intergovernmental Panel on Climate Change

## **1.2. REVUE DE LA LITTERTURE**

### **1.2.1. REVUE THEORIQUE**

Durant ces dernières décennies, plusieurs études ont analysées la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique, de même que la relation entre la croissance économique et les émissions polluants. Dans la littérature, on dénombre trois axes principaux de recherches. Le premier axe de recherche est la relation entre la croissance économique et la consommation d'énergie. Le deuxième axe a étudié la relation entre la croissance économique et la pollution. Enfin, le troisième axe combine les deux premiers axes en étudiant simultanément la relation entre la croissance économique, la consommation d'énergie et la pollution dans un même modèle. Le lien croissance économique et énergie a été largement étudié. Ils semblent différents sur l'existence et la direction du lien de causalité et sur leurs implications de politique énergétique de court terme et de long terme. Ces implications de politiques énergétiques peuvent significativement dépendre du type de causalité qui existe entre la consommation d'énergie et le taux de croissance (Ozturk, 2010). Le manque de consensus dans les résultats des études portant sur un même pays ou une même zone géographique se trouve donc lié aux différences méthodologiques et / ou aux différences de bases de données prises en compte. Kraft & Kraft (1978) par exemple, avec des données annuelles entre 1947 et 1974, ont trouvé par la méthode de Granger qu'aux Etats-Unis la croissance « Granger cause » l'énergie. Pendant ce temps, Yu&Hwang (1984) n'ont trouvé aucun lien entre 1947 et 1979 par la technique de Sim. Par ailleurs, par la méthode de correction d'erreurs, Hwang&Gum (1991) ont montré qu'à Taïwan entre 1961 et 1990, la relation est bidirectionnelle entre l'énergie et la croissance, tandis que Cheng & Lai (1997) entre 1954-1993 ont trouvé que la relation est unidirectionnelle du PIB vers l'énergie. Lee (2005) et Lee & Chang (2007b) ont trouvé des résultats opposés pour les pays en voie de développement. Lee (2005) par un VECM sur la période 1975-2001 a trouvé que l'énergie « Granger cause » la croissance. Pour Lee & Chang (2007b) la relation est plutôt dans le sens croissance vers énergie, par la méthode VAR et GMM entre 1965-2002. Les quatre relations hypothétiques définies dans la littérature sont les suivantes :

a- **L'hypothèse de neutralité** :

Elle stipule qu'il n'existe aucune relation de causalité entre la consommation d'énergie et le taux de croissance économique.

**b-L'hypothèse de conservation** : elle stipule qu'il existe une relation de causalité unidirectionnelle de la croissance vers la consommation d'énergie.

**c- L'hypothèse de croissance** : Cette hypothèse indique qu'il existe une relation unidirectionnelle qui part de la consommation d'énergie vers la croissance économique. Elle suppose que la consommation d'énergie joue un rôle primordial aussi bien directement qu'indirectement dans le processus de production

**d- L'hypothèse de rétroaction ou de « feedback »**: selon cette hypothèse, il existe un lien de causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance. Les deux s'influencent mutuellement. Ce qui implique que les politiques énergétiques et économiques devront être mises en œuvre conjointement. Sur une période 1970-2005, Okey (2009) a établi une relation bidirectionnelle, hypothèse de rétroaction, dans le court terme entre l'énergie et le PIB par des tests de cointégration et de causalité de Granger dans quatre pays de l'UEMOA. Ce qui impliquerait que chacun de ces pays peut mettre en œuvre les politiques économiques et énergétiques conjointement. Nous avons toutefois indiqué plus haut que les résultats de l'étude du lien de causalité sont influencés par l'étendue de la période considérée et la méthodologie utilisée. Notre étude a par conséquent, tout un intérêt dans la mesure où elle couvre la période 1971-2017; elle porte sur les sept pays membres fondateurs de l'UEMOA. Quant au deuxième axe de recherches, il s'est focalisé sur le lien de causalité entre la croissance économique et les émissions de polluants. La littérature sur la qualité de l'environnement et la croissance économique dans le cadre de la vérification de l'existence ou la validité de la courbe de Kuznets environnementale (EKC). Les travaux précurseurs de Kuznets (1955) qui ont établi une relation en forme de « U » inversé entre la croissance économique et les inégalités de revenu, ont été reformulés pour retrouver cette forme de relation entre la croissance économique et la qualité de l'environnement. Enfin, le troisième axe de recherche qui a émergé, combine les deux précédents et analyse simultanément la relation entre les trois variables croissance-énergie-pollution.

La relation entre énergie, environnement et croissance économique a fait l'objet d'une attention croissante ces dernières années.

D'un point de vue théorique, Jorgenson et Wilcoxon, 1993 fournissent un travail intéressant qui se concentre sur la modélisation des interrelations entre l'énergie, l'environnement et la croissance économique à travers un cadre d'équilibre général inter temporel.

Cette relation semble être dynamique, comme indiqué par Kolstad et al (1993) ; l'utilisation des ressources procure des avantages économiques immédiats, son impact négatif sur l'environnement peut être observé à long terme.

### 1.2.2 REVUE EMPIRIQUE

Sur le plan empirique, de nombreuses études ont étudié, au cours des deux dernières décennies, l'association entre les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), la consommation d'énergie et la croissance économique. La plupart de ces études ont mis l'accent sur la préséance de ces trois variables à l'aide de divers tests de non-causalité. Dans cette lignée, Coondoo et Dinda (2002) analysent le lien de causalité entre le PIB et les émissions de CO<sub>2</sub> dans données de panel spécifiques à chaque pays.

Certaines des récentes investigations de cette approche Energie-Croissance économique et environnement ont été menées par exemple par Soytaş et al. (2007), Akbostancı et al. (2009), Soytaş & Sari (2009), Zhang & Cheng (2009), Jalil & Mahmud (2009), Öztürk & Acaravci (2010), Apergis & Payne (2010), Alam et al. (2011) etc. Par exemple Izyan et al. (2013) ont analysé le lien de causalité entre la consommation d'énergie, la croissance économique et les émissions de CO<sub>2</sub> dans trois pays de l'Association des Pays de l'Asie du Sud-Est (ASEAN), la Malaisie, l'Indonésie et Singapour sur la période 1975-2011. Les résultats sont différents d'un pays à l'autre. En Malaisie, il existe deux relations de causalité unidirectionnelle allant des émissions de CO<sub>2</sub> vers la consommation d'énergie et de la consommation d'énergie vers la croissance économique. En Indonésie, la croissance économique granger cause les émissions de CO<sub>2</sub> et l'énergie granger cause la croissance. Dans le cas de Singapour, il n'y a pas de relation de causalité entre ces trois variables. Dans 12 pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) entre 1981 et 2005, Arouri et al. (2012) ont analysé l'EKC et ils ont trouvé que l'EKC n'est pas vérifiée et ils en déduisent que tous les pays membres du MENA ne sauraient réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub> sans freiner la croissance économique. Par des tests de racine unitaire et de cointégration en panel, ils ont établi pour toute la zone dans son ensemble que la consommation d'énergie a un impact significativement positif sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans le long terme et la relation entre la croissance et les émissions de CO<sub>2</sub> est une relation quadratique. Bien que peu d'études récentes sur les liens entre énergie, environnement et croissance aient été menées dans des pays africains, les résultats dépendent des outils et approches économétriques utilisés, des séries de données utilisées et des pays considérés. Menyah et Wolde-Rufael (2010) ont porté une attention particulière à l'Afrique du Sud qui étudie la cointégration et les relations de cause à effet entre la consommation d'énergie et les émissions de polluants et croissance économique sur la période 1965-2006. Ils constatent une relation positive entre les émissions de polluants et la croissance économique à court et à long terme. Ils montrent enfin une causalité unidirectionnelle allant des émissions de polluants à la croissance économique, de la consommation d'énergie à la croissance économique et de la consommation d'énergie aux émissions de CO<sub>2</sub>, le tout sans rétroaction.

Ces conclusions ont été contestées par Odhimo (2012) qui trouve des preuves d'un flux causal unidirectionnel de la croissance économique vers les émissions de carbone sans rétroaction. Elle fournit également des preuves que la consommation d'énergie provoque des émissions de CO<sub>2</sub> et une croissance économique.

Dans leur étude sur le Nigéria, Akpan et Akpan (2012) concluent que, dans la croissance économique à long terme et la consommation d'électricité sont associées à une augmentation de la pollution de l'environnement. Les résultats de la causalité de Granger montrent qu'à court terme, la croissance économique entraîne les émissions de CO<sub>2</sub> au Nigéria tandis qu'à long terme, la consommation d'électricité et la croissance économique causent la pollution. Cependant, il y a aucune preuve causale des émissions de carbone ou du PIB par habitant consommation d'électricité à court et à long terme. De plus, ni les émissions de carbone ni la consommation d'électricité ne génèrent un PIB réel par habitant à court et à long terme. À l'aide de données sur six pays d'Afrique subsaharienne, Kiviyiro et Arminen (2014) fournissent diverses preuves en termes de causalité de Granger. En effet, leurs résultats appuient l'hypothèse environnementale de la courbe de Kuznets dans les cas de la République démocratique du Congo, du Kenya et du Zimbabwe.

Les relations unidirectionnelles les plus courantes de causalité Granger vont des autres variables aux émissions de CO<sub>2</sub>, avec différentes variables émissions de CO<sub>2</sub> génératrices de granger dans différents pays.

Esso et Keho (2016) étudient les relations à long terme et causales entre la consommation d'énergie, les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et la croissance économique pour un échantillon de 12 pays d'Afrique subsaharienne sélectionnés.

Les résultats des tests de causalité de Granger montrent des signes de croissance économique à court terme provoquant des émissions de CO<sub>2</sub> au Bénin, en République démocratique du Congo, au Ghana, au Nigeria et au Sénégal, ce qui implique que l'expansion économique ne peut être réalisée sans nuire à l'environnement. Des preuves d'une causalité inverse allant des émissions de CO<sub>2</sub> à la croissance économique ont été trouvées pour le Gabon, le Nigeria et le Togo, indiquant que des politiques environnementales visant à réduire la pollution de l'air pourraient avoir des effets néfastes sur la croissance économique. De plus, une causalité bidirectionnelle entre croissance économique et émissions de CO<sub>2</sub> a été mise en évidence à court terme pour le Nigeria et à long terme pour le Congo et le Gabon. À long terme, la consommation d'énergie et la croissance économique sont à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub> au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Nigeria, au Sénégal, en Afrique du Sud et au Togo.

### 1.3. METHODOLOGIE

Dans cette section, nous spécifions d'abord le modèle économétrique basée sur la fonction de production des néoclassique augmentée. Ensuite, nous discutons des problèmes liés à l'identification des paramètres dudit modèle.

#### 1.3.1. Méthode économétrique

Le modèle de la fonction de production néoclassique est tiré de la fonction de production de type Cobb-Douglass. Cette fonction production néoclassique augmentée s'écrit sous la forme suivante :

$$Y = F(K, L, E) \text{ avec } \frac{\partial Y}{\partial K} > 0, \frac{\partial Y}{\partial L} > 0, \frac{\partial Y}{\partial E} > 0 \quad (1)$$

Y: est le PIB intérieur brut réel (out put global)

E : est la consommation d'énergies fossiles

K : représente le capital physique c'est dire la formation brut de capital réel

L : représente le travail (la population active)

Ensuite, on transforme l'équation I en logarithme pour linéariser et ajoutons le CO2 dans l'équation I comme OMRI et al (2013), ainsi l'équation devient :

$$\ln PIB_{it} = \alpha_0 + \alpha_{1i} \ln E_{it} + \alpha_{2i} \ln CO2_{it} + \alpha_{3i} \ln K_{it} + \alpha_{4i} \ln L_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Où  $\mu_{it}$  est le terme d'erreur

Équation (2) examine l'impact de la consommation d'énergie, des émissions de CO2 et d'autres variables sur la croissance économique. Une augmentation de la consommation d'énergie entraîne une augmentation du PIB par habitant, c'est-à-dire que le niveau de consommation d'énergie augmente de façon monotone avec le PIB par habitant (Sharma, 2010). Cela signifie que L'énergie a un lien direct avec le PIB. De plus, le niveau des émissions de CO2 peut influencer sur le PIB par habitant (Apergis et Payne, 2009; Saboori et al. 2012). Cela implique que la dégradation de l'environnement pourrait avoir un impact causal sur la croissance économique et unela dégradation de la qualité de l'environnement peut exercer une externalité négative sur l'économie.

Le capital intérieur (K) et la force de travail (L) sont également ajoutés comme déterminants de la croissance économique (De Mello, 1997).

#### 1.3.1.1 les Test de stationnarité

Pour vérifier la stationnarité de la série de données, nous allons utiliser deux (2) types de tests de racine unitaire : Test Levin, Lin et Chu (LLC, 2002) et Im, Pesaran, Shin test (IPS, 2003).

Le tableau ci-dessous est les résultats des tests

**Tableau 1 : les résultats des tests de stationnarité**

Variables	LLC		IPS	
	niveau	différence 1 <sup>ère</sup>	niveau	différence 1 <sup>ère</sup>
LPIB	1,3819 (0,9165)	-14,1828 (0,0000)*	3,5224 (0,9998)	-16,5610 (0,0000)*
LENG	0,1047 (0,5417)	-12,5736 (0,0000)*	2,0099(0,9892)	-14,4373 (0,0000)*
LCO2	0,0905 (0,5361)	-8,6317 (0,0000)*	2,2988 (0,9778)	-11,5222 (0,0000)*
LPOP	-2,5972(0,0047)	-5,1709 (0,0000)*	3,2630(0,9994)	-4,5150 (0,0000)*
LFBCF	-1,2177 (0,1117)	-7,6386 (0,0000)*	1,8084 (0,9647)	-9,1985 (0,0000)*

Remarque: \* indique une signification statistique au niveau de 5%. L'hypothèse nulle est l'hypothèse de non stationnarité. Sélection du décalage (Automatique) basé sur les critères d'information Schwarz (SIC).

Les résultats des tests de racine d'unité montrent que toutes les variables ne sont pas stationnaires à niveau mais qu'elles le deviennent à la première différence.

#### 1.3.1.2 Déterminer l'ordre du modèle

Les critères de Schwarz (SC), de Hannan-Quinn (HQ) et d'Akaike (AIC) nous indiquent que la valeur minima des statistiques corresponde au retard 2 des critères de Schwarz (SC).

**Tableau 2 : Résultats de la détermination du nombre de retard**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	2322.996	NA	1.41e-13	-15.40197	-15.34039	-15.37733
1	2899.480	1129.985	3.61e-15	-19.06631	-18.69683	-18.91846
2	3023.745	239.4466	1.87e-15	-19.72588	-19.04850*	-19.45482
3	3072.591	92.49872*	1.59e-15*	-19.88432*	-18.89904	-19.49006*

Source : calcul de l'auteur à partir des données du modèle

### 1.3.1.3 Test de Cointégration Pedroni

Puisque les variables sont intégrées d'ordre 1, l'existence d'une relation à long terme entre ces variables est donc possible.

Dans le cas où la constante et les pentes sont hétérogènes, le test de Pedroni est appliqué. En se référant à Apergis et Payne (2010), l'équation de co-intégration suivante sera estimée:

$$\ln PIB_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_i \ln E_{it} + \gamma_i \ln CO2_{it} + \lambda_i \ln K_{it} + \varphi_i \ln L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\delta_i$$

$$\beta_i, \gamma_i, \lambda_i, \varphi_i$$

$$\varepsilon_{i,t} = \rho_i \varepsilon_{i,t-1} + \omega_{i,t} \text{ et } \omega_{i,t}$$

Dans la méthode de Pedroni (2004), il existe deux tests de cointégration basés sur une approche qui comprend quatre statistiques (tests de panel) et sur l'autre approche qui comprend trois statistiques (tests de groupe). Au total, il existe sept statistiques pour les tests de l'hypothèse nulle d'absence de cointégration dans des panels hétérogènes. Cependant, tous ces tests sont basés sur les résidus et variantes de Phillips et Perron (PP, 1988) et de Dickey et Fuller (ADF, 1979).

Comme le montre le tableau 3 les sept statistiques sont significatives au niveau de 1%. Nous rejetons donc l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de cointégration entre les variables et confirmons l'existence d'une relation à long terme entre elles.

**Tableau .3 : La Cointégration**

Pedroni (Engle-Granger based) cointegration Test				
Null hypothesis: No cointegration				
Trend assumption: No deterministic trend				
	Statistic	probability	weightedStatistic	probability
Panel v-statistic	-0.283737	0.6117	-2.603174	0.9954
panel rho-statistic	-4.940871	0.0000***	-6.902276	0.0000***
panel PP-statistic	-8.784441	0.0000***	-12.43464	0.0000***
panel ADF-Statistic	-8.837812	0.0000***	-12.12198	0.0000***
panel rho-Statistic	-5.151203	0.0000***		
Group PP-statistic	-14.41417	0.0000***		
Group ADF-statistic	-11.37340	0.0000***		

Remarque: Valeur critique au niveau de signification de 1%, indiquée par \*\*\*. Le test comprend l'interception et la tendance. L'hypothèse nulle est que les variables ne sont pas cointégrés. Décalage sélectionné en fonction de SIC automatiquement avec un retard maximal de 7.

### 1.3.1.4 Estimation de la relation de long terme avec les méthodes FMOLS et DOLS

L'affirmation de l'existence d'une relation de cointégration entre les séries doit être suivie, par l'estimation de long terme.

Pour considérer des systèmes de variables cointégrées, il est en conséquence nécessaire d'utiliser une méthode d'estimation efficace.

Plusieurs techniques existent, comme l'exemple de la méthode FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares, DOLS) de Saikkonen (1991) et Stock et Watson (1993).

Pour le cas des données de Kao, panel de Chiang (2001) ont montré que ces deux techniques conduisaient à des estimations asymptotique distribués selon une loi normale de moyenne nulle.

Des résultats similaires sont obtenus par Phillips et Moon (1999) et Pedroni (1996) par la méthode FMOLS.

### 1.3.1.5 Causalité Granger.

La relation de co-intégration a été vérifiée, maintenant nous allons utiliser un modèle de correction d'erreur (ECM) suivi des deux étapes d'Engle et Granger (1987), en effet ce modèle sera utilisé pour étudier la relation dynamique à court et à long terme.

La première étape estime les paramètres à long terme dans l'équation (4) afin d'obtenir les résidus correspondant à la déviation par rapport à l'équilibre.

La deuxième étape consiste à estimer les paramètres liés à l'ajustement à court terme.

Les équations résultantes sont utilisées conjointement avec le test de causalité de Granger sur panel.

Les équations qui font être utilisé sont les suivantes :

$$\Delta \ln PIB_{it} = \beta_{1,i} + \sum_{k=1}^p \beta_{1,1,i,k} \Delta \ln PIB_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{1,2,i,k} \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{1,3,i,k} \Delta \ln CO2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{1,4,i,k} \Delta \ln POP_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{1,5,i,k} \Delta \ln FBCF_{i,t-k} + \gamma_{1,i} ECT_{i,t-1} + \mu_{1,i,t}$$

$$\Delta \ln E_{it} = \beta_{2,i} + \sum_{k=1}^p \beta_{2,1,i,k} \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{2,2,i,k} \Delta \ln PIB_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{2,3,i,k} \Delta \ln CO2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{2,4,i,k} \Delta \ln POP_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{2,5,i,k} \Delta \ln FBCF_{i,t-k} + \gamma_{2,i} ECT_{i,t-1} + \mu_{2,i,t}$$

$$\Delta \ln CO2_{it} = \beta_{3,i} + \sum_{k=1}^p \beta_{3,1,i,k} \Delta \ln CO2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{3,2,i,k} \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{3,3,i,k} \Delta \ln PIB_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{3,4,i,k} \Delta \ln POP_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{3,5,i,k} \Delta \ln FBCF_{i,t-k} + \gamma_{3,i} ECT_{i,t-1} + \mu_{3,i,t}$$

$$\Delta \ln FBCF_{it} = \beta_{4,i} + \sum_{k=1}^p \beta_{4,1,i,k} \Delta \ln FBCF_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{4,2,i,k} \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{4,3,i,k} \Delta \ln CO2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{4,4,i,k} \Delta \ln PIB_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{4,5,i,k} \Delta \ln POP_{i,t-k} + \gamma_{4,i} ECT_{i,t-1} + \mu_{4,i,t}$$

$$\Delta \ln POP_{it} = \beta_{5,i} + \sum_{k=1}^p \beta_{5,1,i,k} \Delta \ln POP_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{5,2,i,k} \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{5,3,i,k} \Delta \ln CO2_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{5,4,i,k} \Delta \ln PIB_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{5,5,i,k} \Delta \ln FBCF_{i,t-k} + \gamma_{5,i} ECT_{i,t-1} + \mu_{5,i,t}$$

Où  $\Delta$  désigne le terme de différence première,  $\beta_{jit}$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ ) représente l'effet pays fixe;

$k$  ( $k = 1, \dots, p$ ) est le décalage optimal déterminé par le critère d'information de Schwarz; et

$ECT_{i,t-1}$  est le terme estimé de correction d'erreur retardé (ECT) dérivé de la méthode à long terme relation de cointégration de l'équation (4). Le terme  $\gamma_{j,i}$  ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ ) est l'ajustement du coefficient et est le terme

$U_{j,i,t}$  est le terme de perturbation supposé non décorrélé avec zéro.

Les valeurs de la variable ECT sont calculées à partir de l'équation de cointégration suivante:

$$ECT_{it} = \ln PIB_{it} - \hat{\beta}_i \ln E_{it} - \hat{\gamma}_i \ln CO2_{it} - \hat{\lambda}_i \ln K_{it} - \hat{\varphi}_i \ln L_{it}$$

### 1.3.2. DONNEES

Cette section décrit la variable dépendante et les autres variables d'intérêt qui sont susceptibles d'être les déterminants de la politique environnementale. Ensuite, nous présentons l'analyse descriptive des données.

Cette section décrit la variable dépendante et les autres variables d'intérêt. Ensuite, nous présenterons l'analyse descriptive des données.

### 1.3.2.1. Description des variables principales

L'échantillon utilisé dans le cadre de cette étude est constitué de 07 pays de l'espace UEMOA. Notre étude porte sur la période allant de 1971 à 2017, seule la Guinée Bissau qui ne figure pas dans notre étude pour cause de manque de données.

#### 1.3.2.1.1 La croissance économique

Le PIB capture l'impact du niveau de développement sur l'environnement. Théoriquement, l'hypothèse de la CEK postule que la dégradation de l'environnement est accélérée dans les pays en développement, tandis que l'effet inverse est observé lorsque ces pays atteignent un certain niveau de revenu. Etant donné les faibles performances économiques associées au faible développement technologique des pays d'étude, on peut espérer que toute augmentation unitaire du PIB par habitant soit associée à un accroissement des émissions totales de dioxyde de carbone.

#### 1.3.2.1.2 L'Emission de CO2

La variable CO2 représente les émissions de dioxyde de carbone, est exprimé en tonne métrique. L'utilisation des émissions du CO2 comme proxy de la dégradation environnementale.

#### 1.3.2.1.3 La consommation d'énergies

La consommation des énergies renvoie à l'utilisation du charbon, du pétrole, de l'huile de roche et des gaz naturels comme source d'énergie. Au niveau mondial, la consommation énergétique constitue la seconde source d'émissions de GES. Si l'augmentation de la consommation des énergies fossiles est due aux bonnes performances du secteur productif.

#### 1.3.2.1.4 La force de travail (proxy du taux croissance de la population)

L'augmentation de la population urbaine induit l'accroissement des besoins alimentaires, ce qui se traduit par la surexploitation et la réduction des ressources naturelles et l'accroissement des émissions polluantes. Cette analyse est partagée par plusieurs auteurs (Malthus, 1894 ; Azomahou et al. 2007).

#### 1.3.2.1.5 Le Capital physique (proxy de formation brut du capital fixe)

Les investissements bruts intérieurs sont utilisés pour capter la contribution de l'accroissement de ces derniers sur la croissance économique.

### 1.3.2.2 Analyse descriptive des données

Cette analyse porte sur les statistiques descriptives et les paires de corrélation des différentes variables. Les tableaux 4 et 5 présentent respectivement les statistiques descriptives et les paires de corrélations.

**Tableau .4 : Statistique descriptives**

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
LPIB	329	3.375981	.3651149	2.466982	4.260407
LCO2	329	3.147368	.4731735	2.177095	4.781784
LENG	329	6.02326	.5414442	4.638015	7.188743
LPOP	329	1.454281	.4068585	.5634811	2.156458
LFBCF	329	2.362502	.5822564	.8808136	3.691717

Source : calcul de l'auteur

Les tableaux 4 et 5 rapportent respectivement les statistiques descriptives et les paires de corrélation des variables. Le tableau 4 montre que le Produit intérieur brut est en moyenne positif pour les pays de l'UEMOA (augmente de 33,75% dans l'UEMOA) avec pour valeur maximale positive (4,2604), ce qui est révélateur d'un grand taux de croissance dans la zone des pays UEMOA.

Le taux d'émission de CO2 est positif dans l'UEMOA (augmente de 31,47%) avec pour valeur maximale positive (4,7804), ce qui implique PIB est lié CO2 (valeurs maximales et minimales du PIB et du CO2 sont positifs). Ainsi le CO2 peut influencer PIB (Apergis et Payne, 2009). Les émissions des polluants (CO2) augmentent avec les niveaux de revenu (Stern et al ,1996)

La consommation d'énergies(ENG) est positif dans l'UEMOA (augmente de 60,23%) avec pour valeur maximale positive (7,1887), ce qui implique qu'il y a une relation entre la consommation d'énergies et le PIB (valeurs maximales et minimales du PIB et du CO2 sont positifs).

Le taux croissance de la population (POP) et la formation brute du capital fixe (FBCF) sont positifs et ont pour respectivement valeurs maximale (2,1564) et (3,6917), ce signifie que le taux croissance de la population (POP) et la formation brute du capital fixe (FBCF) sont liés au PIB.

**Le tableau 5** nous montre le PIB est positivement lié au CO2 et significatif à 1% pour les pays de la zone UEMOA et ce lien entre ces variables est important ce qui implique que la croissance économique a un impact causal sur la dégradation de l'environnement via l'émission du CO2 (Saboori et al 2009)

Le PIB est aussi positivement lié à la consommation d'énergies et significatif à 1% pour les pays de la zone UEMOA. Ce qui implique que la consommation d'énergies est liée au PIB (Sharma, 2010)

Le taux croissance de la population (POP) et la formation brute du capital fixe (FBCF) sont positif et significatif à 1%. De ce fait, une augmentation de la force de et capital humain conduirait accroître le taux de croissance.

Le taux croissance de la population (POP) et la formation brute du capital fixe (FBCF) sont des déterminants de la croissance économique (DE Mello, 1997)

**Tableau 5 : matrice de corrélation**

	LPIB	LCO2	LENG	LPOP	LFBCF
LPIB	1,0000				
LCO2	0.8553*	1.0000			
LENG	0.8821*	0.9160*	1.0000		
LPOP	0.2955*	0.5538*	0.5389*	1.0000	
LFBCF	0.8263*	0.7415*	0.7982*	0.3869*	1.0000

**Source :** calcul de l'auteur (P\* < 0.05)

## 2.4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 2.4.1. Les résultats des estimations FMOLS et DOLS

#### Le tableau .6 : Les résultats des estimations FMOLS et DOLS

VARIABLES DEPENDANT	FMOLS				DOLS			
PIB	LCO2	LENG	LPOP	LFBCF	LCO2	LENG	LPOP	LFBCF
coefficient	0,084539	0,165228	-0,125	0,30698	0,09979	0,119844	-0,04905	0,262468
t-statist	1,546553	3,659566	-0,968149	7,729844	1,17554	2,647399	0,370482	6,569967
prob	(0,1230)	(0,0003)*	(0,3337)	(0,0000)*	(0,0700)**	(0,0085)*	(0,7113)	(0,0000)*

(\*\*\*) (\*\*) (\*)Indiquent respectivement la signification à 1%, 5% et \*10%.

Le tableau ci-dessus établit l'élasticité à long terme entre les différentes variables du modèles à partir des estimateurs FMOLS et DOLS pour la zone UEMOA. A cet effet, les coefficients peuvent être interpréter en tant qu'élasticité par ce que les variables sont exprimées en logarithmes naturels.

Tous les coefficients estimés de la dimension Within (Pooled) indiquent que CO2, ENG, FBCF, POP sont corrélées positivement au PIB au 1% et 10%. Globalement, les résultats de la régression des variables explicatives CO2,ENG, FBCF, POP sur PIB dans la dimension (Pooled) en utilisant l'estimateur DOLS dévoile une forte relation à long terme entre les variables exogènes de notre modèle et la variable PIB, et montrent aussi l'importance de toutes ces variables expliquer la croissance économique dans les pays de UEMOA.

Pour l'interprétation des coefficients, nous allons choisir l'estimateur DOLS (car nous avons une petite taille d'échantillon).

Les résultats obtenus pour la zone indiquent qu'une augmentation de 1 % de quelconque des variables CO2, ENG, FBCF, POP augmente le PIB, respectivement de 0,09 % ; 0,11%, 0,26 % ; -0,04905% pour tous les individus. Les coefficients sont significatifs et positifs aux seuils de 1% et 10% pour les variables CO2, ENG, FBCF. Cependant POP a son coefficient négatif et n'est pas significatif.

#### 2.4.2. Estimation de panel Granger causalité

**Tableau 7 : Les résultats du test de la causalité en panel**

Variable Dépendante	TYPE DE CAUSALITE					
	Causalité à court terme					Causalité long terme
	ΔPIB	ΔENG	ΔCO2	ΔFBCF	ΔPOP	ECT
ΔPIB		14,1622 (1E-06)	2,48843 (0,0874)*	2,91758 (0,0556)*	1,68139 (0,1878)	-4,55624 (0,0000)**
ΔENG	6,85577 (0,0012) **		10,8308 (3E-05)	2,05875 (0,1294)	2,40110 (0,0923)*	-6,318046 (0,0000)**
ΔCO2	2,35570 (0,0965)*	19,2306 (1 E-08)		0,35944 (0,6984)	2,09521 (0,1248)	-2,887874 (0,0368)**
ΔFBCF	6,03563 (0,0027)***	10,4944 (4 E-05)	4,39963 (0,0131)**		0,33643 (0,7146)	-4,639541 (0,0000)***
ΔPOP	0,50473 (0,6042)	3,81348 (0,0231)**	1,16553 (0,3131)	0,10398 (0,9013)		0,3933 (0,3933)

«\*\*\*», «\*\*» et «\*» indiquent une signification statistique aux niveaux 1%, 5% et 10%, respectivement. P-value entre parenthèses.

Le tableau 7 montre les résultats du test de la causalité en panel. La première colonne indique l'effet du produit intérieur brut sur les autres variables, la deuxième colonne montre l'effet de la consommation d'énergie sur les autres variables, la troisième colonne montre l'effet des émissions de CO2 sur les autres variables, La quatrième présente l'impact de la formation du capital et la cinquième l'effet du travail sur les autres variables. La dernière colonne indique la relation à long terme entre les variables.

Selon l'équation (5), les émissions de CO2 et la formation de capital fixe ont des impacts positifs et significatifs à court terme sur la croissance économique. L'ECT est statiquement important. Cela signifie qu'un ajustement à long terme à l'équilibre est important pour expliquer les mouvements de la croissance économique.

En ce qui concerne l'équation (6), la croissance économique et le taux de croissance démographique ont des impacts positive et significative à court terme sur la consommation d'énergies, et la même relation existe à long terme puisque l'ECT est statistiquement significatif. Cela signifie qu'un ajustement à long terme à l'équilibre est important pour expliquer les mouvements de la consommation d'énergies.

Selon l'équation (7), seule le PIB a un impact positif et significatif à court terme sur les émissions de CO2. Cela signifie qu'un ajustement à long terme à l'équilibre est important pour expliquer les mouvements des émissions de CO2.

D'après l'équation (8), le PIB et les émissions CO2 ont des impacts positifs et significatifs à court terme sur la formation brute de capital fixe. Cela signifie qu'un ajustement à long terme à l'équilibre est important pour expliquer les mouvements de la formation brute de capital fixe.

Selon l'équation (9), seule la consommation d'énergies a un impact positif et significatif à court terme sur les émissions sur le taux croissance de la population.

Dans les quatre premières équations (5, 6, 7,8), nous notons qu'à long terme, le terme de correction d'erreur est significatif au niveau de 5%; c'est-à-dire que les différences entre les valeurs réelles et les valeurs à long terme seront corrigées avec les coefficients ECT de chaque période. Autre dit, les tests de causalité montre qu'il ya causalité bidirectionnelle à long terme entre les quatre variables (CO2, Energies, PIB et FBCF)

Le test de causalité montre donc qu'à court et à long terme, il existe une relation à double sens entre l'émission de CO2 et la croissance économique et entre le PIB et la formation de capital. De plus, il existe une relation à double entre la consommation d'énergies et la croissance économique à long terme.

Implications de notre étude à long terme :

La croissance économique (**PIB**) a des effets positifs et significatifs sur les émissions de CO2 dans l'ensemble des pays, ce qui indique que ces pays se trouveraient dans la phase ascendante de la Courbe environnementale de Kuznets.

La consommation des énergies fossiles a un impact positif et significatif sur les émissions de CO<sub>2</sub>, la consommation des énergies fossiles contribue significativement à la pollution atmosphérique dans les pays de UEMOA. Cet impact est accentué par la forte croissance démographique que connaissent ces pays et la forte dépendance de ces populations au bois énergie (plus de 89% de population des pays de l'UEMOA dépend du bois comme source d'énergie). Ce résultat est conforme à celui de Halicioglu (2009), Akpan et al (2012) qui constatent qu'une augmentation de la consommation d'énergie se traduit par la hausse des émissions de CO<sub>2</sub> en Turquie et au Nigéria respectivement. Et aussi conforme à ceux de Wang et al. (2011) qui confirment l'existence d'une relation entre les trois variables (CO<sub>2</sub>, PIB, Energies) à l'aide de techniques de modélisation par correction de cointégration et de vecteur d'erreur basées sur les données de panel de 28 provinces chinoises entre 1995 et 2007. Ils ont découvert une causalité bidirectionnelle entre les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation d'énergie, ainsi qu'entre la consommation d'énergie et la croissance économique. Ces auteurs ont également constaté que la consommation d'énergie et la croissance économique étaient les causes à long terme des émissions de CO<sub>2</sub> et que la croissance économique était les causes à long terme de la consommation d'énergie.

## II. Conclusion

L'objectif de ce papier est d'étudier le lien de causalité entre la consommation d'énergies, émissions de CO<sub>2</sub> et la croissance économique, à la fois à long terme et à court terme dans les pays de l'UEMOA pour la période 1971-2017.

Les résultats des tests de racine unitaire d'Im-Pesaran et de Shin, ainsi que de Levin-Lin et de Chu, montrent que toutes les variables introduites dans le modèle sont stationnaires mais qu'elles deviennent stationnaires à la première différence.

Les résultats du test de Pedroni (2000) indiquent qu'il existe une relation à long terme entre ces variables. Le test de causalité de Granger dans VECM indique qu'il existe une relation à double sens entre les émissions de CO<sub>2</sub> et la croissance économique à long terme et à court terme. Globalement, il apparaît que le PIB serait le principal déterminant des émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays couverts par l'étude.

Par ailleurs, une augmentation de 1 % de quelconque des variables ENR, FBCF, POP augmente le PIB, respectivement de 0,18 % ; 0,01% ; 5,57% pour tous les individus.

Cependant, il faut relever le rôle important de l'accroissement de la densité de la population, de la formation brute de la capitale fixe (FBCF) et de la croissance économique dans l'incrémentation de la pollution par le CO<sub>2</sub>.

Au plan politique, ces résultats suggèrent que les objectifs de croissances soient accompagnés des mesures d'adaptation. Dans ce cas, il faut incorporer des programmes d'adaptation aux stratégies de développement, telle que l'initiative croissance verte qui prévoit des limites aux émissions, une productivité accrue et un meilleur rendement des ressources.

Par ailleurs, les pays de UEMOA doivent promouvoir une croissance inclusive Verte, qui passera nécessairement par la lutte contre les inégalités d'opportunités, les investissements en recherche et développement, la sensibilisation des populations sur les risques environnement et enfin, la collecte et le suivi des indicateurs environnementaux. Déplus les gouvernements devraient adopter des politiques environnementales qui contribueraient à réduire les émissions de polluants par la création des conditions propices au déploiement des énergies renouvelables (éolien, solaire, hydroélectricité, biomasse, etc.)

### 2.6. ANNEXE

#### Annexe 1 :Description des variables

Variable	Description	Source
Emission de CO <sub>2</sub>	en tonnes metriques	WDI
produit intérieur brut/hbt	(en prix constant)	BCEAO
Consommation d'énergies	Kilowatter	BECAO
FBCF (Inv)	en % du PIB	WDI
Taux croissance de démographique	en %	WDI

#### Annexe 2 : Liste des pays

**Benin, Burkina, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal, Togo**

### Bibliography

- [1]. **Akpan, U.F., Chuku, C.A. (2011)** "Economic Growth and Environmental Degradation in Nigeria: Beyond the Environmental Kuznets Curve", Paper Presented at the 4th NAEI/IAEE International Conference, Abuja, April.
- [2]. AlAl-Mulali U. (2011): "Oil consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in MENA countries", *Energy*, vol. 36, pp 6165-6171.
- [3]. Aspergis & Payne, (2010) "Energy Consumption and Economic Growth: The case of oil exporting countries", *Energy Policy*, vol. 32, pp. 1392-1397.
- [4]. **Azomahou et al. 2007** "Nonlinearities and heterogeneity in environmental quality: An empirical analysis of deforestation", *Journal of Development Economics*, Vol. 84, pp. 291 – 309.
- [5]. **De Mello, Jr., L.R. (1997)** "Foreign Direct Investment in Developing Countries and Growth: A Selective Survey". *The Journal of Development Studies*, V 34, P 1-34.
- [6]. **De Mello, Jr., L.R. (1997)**. Foreign Direct Investment in Developing Countries and Growth: A Selective Survey.
- [7]. **Dickey, D.A., and Fuller, W.A. (1979)**: "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Root", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 74, pp 427- 431.
- [8]. **Engle & Granger (1987)** "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, pp. 251 – 276.
- [9]. Granger (1988) "Causality, cointegration, and control", *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 12, pp. 551 – 559.
- [10]. **Halicioglu, F. (2009)**, An Econometric Study of CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, *Energy Policy*, 39: 1156-64.
- [11]. **Ighodaro C. A. U. (2010)**: "Co-integration and causality relationship between energy consumption and economic growth: further empirical evidence for Nigeria", *Journal of Business Economics and Management*, vol. 11, pp 97-111.
- [12]. **Kolstad et al (1993)** : "Natural resource use and Environment", *Nature Resources and Energy Economics*, Vol. 3, pp 1219-1265.
- [13]. Lee C. C. and Chang C. P. (2008): "Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data", *Resource and Energy Economics*, vol. 30, pp 50-65.
- [14]. **Omri, A. (2013)** "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models". *Energy Economics*, vol 40, 657–664.
- [15]. **Ozturk & Uddin, (2012)** "Causality among Carbon Emission, Energy Consumption and growth in India", *Energy Policy*, vol. 25, N 3, 2012.
- [16]. **Ozturk I. (2010)**: "A literature survey on energy-growth nexus", *Energy Policy*, vol. 38, pp 340-349.
- [17]. **Pedroni P. (1996)**: "Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels and the case of purchasing power parity", Indiana University working Paper in Economics 96-06.
- [18]. Pedroni P. (2004): "Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the ppp hypothesis", *Econometric Theory*, Vol. 20, pp. 597 – 625.
- [19]. **Phillips et Moon (1999)** "Linear regression limit theory for nonstationary panel data", *Econometrica*, Vol. 67, pp. 1057 – 1111.
- [20]. Phillips, P.C.B, and Perron, P. (1988): "Testing for a Unit Root in Time Series Regression," *Biometrika*, 75, 335-346.
- [21]. **Saboori, B., Sulaiman, J., Mohd, S., (2012)**. Economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Malaysia: "a cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve". *Energy policy* 51, 184–191.
- [22]. **Saikkonen (1991)** "Asymptotically efficient estimation of cointegration regressions"
- [23]. Sharma, S.S., (2010). "The relationship between energy and economic growth": Empirical evidence from 66 countries". *Applied Energy* 87, 3565–3574.
- [24]. **Wang et al. (2011)** "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis". *Energy policy* V39 P 4870-4875.
- [25]. **Yoo S. (2006)**: "The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries", *Energy Policy*, vol. 34 (18), pp 3573–3582.