

Facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement dans quatre pays de l'UEMOA

Explanatory factors for environmental degradation in four WAEMU countries

José Prudence FONGNIKIN¹ & Magloire LANHA²

¹ Laboratoire de Microéconomie du Développement, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion - Université d'Abomey-Calavi, BENIN. Email : fonsjospru@gmail.com

² Laboratoire de Microéconomie du Développement, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion - Université d'Abomey-Calavi, BENIN. Email : maglanha@gmail.com

ABSTRACT: At the dawn of the new century, the world realizes more and more that there is a conflict between humanity and the environment. There is no doubt that mankind is facing environmental problems such as falling groundwater levels, variations in rainfall and the depletion of underground resources. The restructuring of the ecological heritage is therefore necessary to face these problems. To do this, it is important to know the causes of the destruction of the environment.

This article proposes an identification of the explanatory factors of the degradation of the environment. The analysis focuses on four countries of the West African Economic and Monetary Union (WAEMU) namely Benin, Ivory Coast, Senegal and Togo. It covers the period 1974-2014 and is essentially based on a "Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology" (STIRPAT) model inspired by the "Impacts, Population, Affluence and Technology" (IPAT) relationship. The estimation of the model is done on the basis of the methods "Fully Modified Ordinary Least Square" (FMOLS) and "Dynamic Ordinary Least Square" (DOLS). The results obtained show that the density of the population does not have a significant influence on carbon dioxide emissions. Gross domestic product per capita, agrarian practice and urbanization have a significant and positive influence on carbon dioxide emissions. These results led to the conclusion that per capita gross domestic product, agrarian practice, urbanization and fuel consumption are the explanatory factors for environmental degradation in these four countries.

KEYWORDS: CO2 Emissions; Air Pollution; Human activity.

RESUME : À l'aube du nouveau siècle, le monde réalise de plus en plus qu'il existe un conflit entre l'humanité et l'environnement. Il ne fait aucun doute que l'humanité soit confrontée à des problèmes environnementaux tels la chute du niveau des nappes phréatiques, les variations de la pluviométrie et la raréfaction des ressources souterraines. La restructuration du patrimoine écologique est donc nécessaire pour faire face à ces problèmes. Pour le faire, il est important de connaître les causes de la destruction de l'environnement.

Cet article propose une identification des facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement. L'analyse porte sur quatre pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) à savoir le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et Togo. Elle couvre la période 1974-2014 et est essentiellement basée sur le modèle "Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology" (STIRPAT) inspiré de la relation "Impacts, Population, Affluence and Technology" (IPAT). L'estimation du modèle est faite sur la base des méthodes "Fully Modified Ordinary Least Square" (FMOLS) et "Dynamic Ordinary Least Square" (DOLS). Les résultats obtenus montrent que la densité de la population n'a pas une influence significative sur les émissions du dioxyde de carbone. Le

produit intérieur brut par habitant, la pratique agricole et l'urbanisation influencent significativement et positivement les émissions de dioxyde de carbone. Ces résultats ont permis de conclure que le produit intérieur brut par habitant, la pratique agricole, l'urbanisation et la consommation de carburants sont les facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement dans ces quatre pays.

MOTS-CLEFS : Émissions de CO₂ ; Pollution atmosphérique ; Activités anthropiques.

Introduction

Avant les années 1970, le développement qualifié en termes d'objectifs de production, de progrès économiques, d'aménagements d'espaces était la priorité de tous les gouvernants de la planète, où l'environnement était mis entre parenthèses. Aujourd'hui, ce dernier associé au développement devient un enjeu sociopolitique important aussi bien dans les pays du Sud que dans les pays du Nord.

Depuis la période préindustrielle, l'environnement dans lequel l'homme vit ne cesse de subir des modifications selon des durées qui vont de quelques secondes ou quelques heures à des millions d'années. Les vagues de chaleur ou de froid, l'augmentation des sécheresses, notamment dans la région Méditerranéenne, augmentation du stress hydrique dans les régions les plus sèches (Afrique sub-saharienne et Asie du Sud), la variabilité pluviométrique, les changements saisonniers de la végétation, les montées des eaux de mer et la croissance et décroissance des calottes glaciaires témoignent tous de la nature dynamique de l'environnement. Ces différents bouleversements climatiques s'expliquent en partie par les différentes activités anthropiques. L'homme, dans sa quête effrénée de satisfaction de ses besoins génériques et parfois de laisser un héritage à sa progéniture, porte atteinte à l'environnement immédiat dans lequel il vit.

Beaucoup de ressources naturelles ainsi que les services fournis par l'environnement ont les caractéristiques d'un bien public. Face aux services gratuits qu'offre l'environnement à l'homme, ce dernier procède à une exploitation abusive des ressources de la nature.

Les usagers d'une ressource environnementale sont aussi bien les consommateurs directs des ressources que les entreprises qui les utilisent pour la production. Les entreprises ont des logiques profondes qui définissent le productivisme et qui participent à la débâcle écologique. La recherche par tous les moyens du profit à l'ère de la révolution industrielle par les entreprises est synonyme de fructification des patrimoines financiers avec des opérateurs, à la fois puissants et fragiles, qui ont donc des logiques spécifiques d'usage fait des patrimoines environnementaux, sans se soucier des dommages causés à l'environnement. Le principal objectif du système productif est donc la transformation rapide et tentaculaire de toute chose en profit. Le monde assiste de plus en plus à des activités marchandisées, à des rencontres d'êtres humains plus ou moins instrumentalisés au service du marché, aux éléments du vivant (animaux, végétaux) décimés, et aux éléments de l'environnement qui sont entrés dans le marché (eaux, sols, air...). Il est donc clair que tout est plus ou moins à vendre ou à acheter sans nullement se soucier de la gestion des ressources de l'environnement sur une longue durée.

Un problème fondamental est qu'en général, les marchés ne sont pas capables d'affecter efficacement un prix pour les biens ou les services publics comme ils le font pour les biens privés. D'après le "*premier théorème du bien-être*", les marchés fonctionnent de manière efficace, pour distribuer entre acheteurs et vendeurs, les biens et les services privés, pourvu que soient réunies les conditions d'une concurrence parfaite. Toutefois, les marchés échouent à signaler correctement les désirs et les contraintes d'une société en matière de ressources

environnementales. Les prix du marché sous-estiment en général la valeur des services offerts par l'environnement ou le coût pour une société de dégrader la qualité de son environnement. Il arrive même qu'il n'existe pas de prix pour signaler la valeur d'un actif naturel ou le coût d'utiliser une ressource dans un processus de production. Ainsi, à l'inverse d'une marchandise privée dont le prix indique sur un marché concurrentiel son utilité marginale pour la société, il n'y a aucun prix de marché pour évaluer les bienfaits qu'offre la diversité des espèces vivants dans les forêts ou les océans, ou bien les services que rend cette biodiversité à l'agriculture et à la pêche, ou encore les bénéfices d'un air et d'une eau de bonne qualité pour les besoins des hommes. De même, le marché n'établit pas de prix indiquant spécifiquement aux hommes ce que coûte de polluer l'environnement par une activité industrielle ou agricole.

La pollution est une externalité pour laquelle, il n'y a presque pas de prix à payer par le pollueur. Ainsi, si le marché est laissé à lui-même, trop de produits polluants sont fabriqués. De même, avec les ressources environnementales dont la propriété est commune et l'accès est libre, où tout le monde peut les extraire sans reconnaître son coût total d'utilisation, la ressource est épuisée trop rapidement (Fullerton et Stavins, 1998). C'est ainsi que des forêts sont détruites.

À l'instar de tous les pays, le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo, doivent faire face à de nombreux problèmes environnementaux dont les causes sont complexes à élucider. Ainsi, selon Ehrlich et Ehrlich (1981), la population est considérée comme l'une des causes principales de la dégradation de l'environnement. L'accroissement de la population peut constituer une menace directe pour l'environnement. L'impact de la population sur l'environnement peut être modifié par la croissance et l'état de technologie. Certaines thèses s'opposent à celle précédemment évoquée. Pour Sen (1999), la dégradation de l'environnement trouve son origine dans la structure institutionnelle de la société et non dans l'accroissement démographique. Ainsi, face à la pression démographique et la dégradation de l'environnement actuelle que connaît l'Afrique Subsaharienne, d'importantes questions sont de plus en plus posées sur le type d'environnement à léguer à la génération future. Dès lors, la question centrale de cette recherche se présente comme suit : Comment peut-on expliquer la destruction actuelle que connaît l'environnement dans quatre pays de l'Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) : Bénin, Côte d'Ivoire, Sénégal et Togo ?

La suite de l'article est organisée de la façon suivante : la prochaine section est consacrée à une synthèse de la littérature sur les facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement. La section 3 est consacrée au cadre théorique du modèle ; la section 4 présente la méthodologie et les données utilisées ; la section 5 présente les résultats des estimations économétriques. Enfin la dernière section conclut l'article et fait des suggestions de politiques économiques.

1. Revue de littérature

Les débats autour des questions écologiques ont inspiré plusieurs auteurs à se pencher sur la dégradation de l'environnement et ses causes. Dietz et Rosa (1997) ont développé une version stochastique du modèle $\text{Impact} = \text{Population} \times \text{Affluence} \times \text{Technology}$ (IPAT) pour estimer les effets de la population, de la richesse et de la technologie sur les émissions nationales de CO₂ de 111 pays du monde. Ils ont abouti aux résultats selon lesquels, lorsque la taille de la population est grande, l'impact de la population sur le taux d'émission est disproportionnel et qu'un accroissement de 1% de la population entraîne un accroissement de 1.15% de CO₂.

Holtz-Eakin et Selden (1995) examinant la relation entre l'émission du dioxyde de carbone (CO₂) et le développement économique, observent que la propension marginale à émettre du dioxyde de carbone décroît lorsque le PIB par habitant augmente. Parikh et Shukla (1995), analysant l'effet de l'urbanisation sur la consommation d'énergie et les émissions de GES dans

les pays en développement, trouvent qu'une augmentation de 10% de la population urbaine entraîne une augmentation de 4,7% de la consommation de son énergie totale par habitant d'une part et une augmentation de 0,3% des émissions de CO₂ par habitant d'autre part.

La compréhension des motivations et la caractérisation des flux de commerce international des déchets sont essentielles pour l'appréhension du modèle d'économie circulaire intégré dans sa dimension internationale, ainsi que l'identification des risques de cet échange sur l'environnement et les populations qui s'y habitent. Les études sur le havre de pollution sont toujours très délicates. Grossman et Krueger (1993), montre que la libéralisation des échanges entre les États-Unis et le Mexique dans les années 1980 et 1990 ne s'est pas accompagnée d'une délocalisation des industries polluantes. Les auteurs précisent toutefois que dans les années 80, la réglementation environnementale américaine imposait aux entreprises des coûts supplémentaires très faibles comparativement au reste de leurs coûts de production, ce qui pourrait expliquer que ce facteur ait été peu déterminant.

La libéralisation des échanges a sans doute pour tous les pays qui prennent part à ces échanges, un effet positif sur la croissance économique, ce qui n'est pas sans effet sur l'environnement (négatif ou positif selon le niveau de développement du pays). Les travaux sur la courbe environnementale de Kuznets suggèrent en effet que la croissance dégrade l'environnement dans les premiers stades de développement, puis l'améliore à partir d'un certain niveau de revenu. Ainsi, Frankel et Rose (2005) montrent que le commerce favorise la croissance et a un effet indirect sur l'environnement. En tenant compte de la courbe environnementale de Kuznets, cet effet sur les niveaux de revenu faible augmente la pollution, mais la réduit pour les niveaux élevés.

Shahbaz, Sbia, Hamdi & Ozturk (2014) en explorant la relation entre croissance économique, consommation d'électricité, urbanisation et dégradation de l'environnement dans le cas des Émirats arabes unis dans une étude portant sur les données de fréquence par trimestre pour la période 1975-2011, ont constaté l'existence d'une relation inversée en forme de U entre la croissance économique et les émissions de CO₂, c'est-à-dire que la croissance économique augmente initialement les émissions d'énergie et la diminue après un seuil de revenu par habitant. Ils montrent que la consommation d'électricité diminue les émissions de CO₂ et que la relation entre l'urbanisation et les émissions de CO₂ est positive. Les exportations semblent améliorer la qualité de l'environnement en réduisant les émissions de CO₂. Quant à la croissance économique et l'urbanisation, elles causent les émissions de CO₂. Dans une autre étude, Shahbaz, Haouas., Sbia. et Ozturk. (2018), ont démontré que le développement financier augmente les émissions de CO₂ et que la croissance économique est positivement liée à la dégradation de l'environnement.

Al-Mulali et Ozturk (2015), dans le but d'examiner les causes de la dégradation de l'environnement dans la Région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA), ont conclu que la consommation d'énergie, l'urbanisation, l'ouverture commerciale et le développement industriel augmentent les dommages environnementaux.

Hongzhong et al. (2019), ont montré que l'innovation technologique a un impact positif significatif et la croissance économique a un effet négatif sur la détérioration de l'environnement de la Chine à long terme. Dans le cas de l'Inde, l'ouverture commerciale et la croissance économique ont un impact positif significatif et l'innovation technologique a un effet négatif sur la détérioration de l'environnement à long terme. En comparant la Chine et l'Inde, ils ont constaté que l'ouverture commerciale a un impact significatif sur la détérioration de l'environnement de l'Inde, mais ce n'est pas le cas pour la Chine. En outre, l'innovation technologique et la croissance économique ont une relation inverse sur la détérioration de l'environnement des deux pays.

2. Méthodologie et description des données

Pour bien mener les analyses dans le cadre de cette étude, il est adopté une méthodologie qui s'articule autour de deux points : l'analyse descriptive et la méthode économétrique.

3.1. L'analyse descriptive

Il s'agit ici d'abord de présenter les statistiques descriptives habituelles sur les variables en étude, et ensuite de faire l'étude d'homogénéité du panel à partir du *coefficient de variation* de chaque variable. Le coefficient de variation est le rapport entre l'écart-type et la moyenne. C'est un indicateur de dispersion relative qui permet d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité de l'échantillon. Lorsque le CV d'un indicateur est inférieur à un certain seuil, l'échantillon est réputé homogène par rapport à cette variable et hétérogène sinon.

3.2. La Méthode économétrique

3.2.1. Le modèle de base : IPAT

Il y est question d'estimer la relation économétrique qui existe entre l'émission du CO2 et la densité de la population (DPOP), le PIB par habitant (PIBh), l'industrialisation (IND), la pratique agricole (AGR), l'urbanisation (URB) et les Combustibles renouvelables et déchets (CRD). Théoriquement, cette étude s'insère dans le courant du rapport « homme-environnement ». Le cadre théorique est celui du modèle IPAT :

$$\text{Impact} = \text{Population} \times \text{Affluence} \times \text{Technology}$$

Ce modèle se présente comme suit :

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

Avec P, l'effectif (en nombre d'individus) de la population considérée A, pour *affluence*, qui est la richesse et représente la consommation moyenne de ressources et d'énergie par individu, et T, pour techniques ou technologies, l'impact des techniques utilisées.

3.2.2. L'adaptation du modèle de base : IPATRUC

La spécification du modèle, inspirée des travaux du modèle stochastique STIRPAT développé par York, R., Rosa, E.A., Dietz, T. en 2003 auquel il est ajouté une variable exprimant la pratique agricole qui est désignée ici par « R » pour une estimation empirique, une variable U désignant l'urbanisation et une variable C pour désigner les combustibles renouvelables et déchets, peut être exprimé comme suit :

$$I = \alpha P^{\beta 1} \times A^{\beta 2} \times T^{\beta 3} \times R^{\beta 4} \times U^{\beta 5} \times C^{\beta 6} \quad (2)$$

où α est la constante. $\beta 1, \beta 2, \beta 3, \beta 4, \beta 5$ et $\beta 6$ sont respectivement les exposants de P, A, T, R, U et C, exprimant les effets de ces différentes variables sur l'émission du CO2 et devant être estimés et μ est le terme d'erreur, terme résiduel représentant les effets de tous les facteurs qui ne sont pas explicitement inclus dans le modèle.

Le modèle (2) est mis en œuvre sur des données de quatre pays indicés i et sur 39 années indicées t . Le modèle de panel afférent s'écrit alors :

$$I_{it} = \alpha P_{it}^{\beta 1} \times A_{it}^{\beta 2} \times T_{it}^{\beta 3} \times R_{it}^{\beta 4} \times U_{it}^{\beta 5} \times C_{it}^{\beta 6} \times \mu_{it} \quad (3)$$

3.2.3. Le modèle à estimer

Après quelques transformations, on obtient le modèle suivant en données de panels :

$$\log(E_CO2)_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 \cdot \log(D_POP)_{it} + \beta_2 \cdot \log(PIBh)_{it} + \beta_3 \cdot \log(IND)_{it} + \beta_4 \cdot \log(AGR)_{it} + \beta_5 \cdot \log(URB)_{it} + \beta_6 \cdot \log(CRD)_{it} + \phi_{it} \quad (4)$$

3.2.4. Choix des proxys des variables IPATRUC

$I \rightarrow E_CO2$

L'utilisation des émissions de CO2 (E_CO2) pour décrire la qualité de l'environnement pose souvent un problème de pertinence. Néanmoins, son utilisation comme *proxy* de la pollution atmosphérique pourrait se justifier par le fait que le CO2 est le principal (en quantité) gaz à effet de serre responsable des changements climatiques et que les bases de données sur les émissions de CO2 sont disponibles et accessibles en ce qui concerne les pays visés par l'étude.

$P \rightarrow D_POP$

La densité de la population (D_POP) est une variable importante de la dégradation de l'environnement. En effet, un élan démographique dans les pays de la zone UEMOA (l'Union) entraîne une augmentation des besoins alimentaires, médicaux, et d'habitation conduisant à une surexploitation l'environnement et donc à une réduction du stock de ressources disponibles et un accroissement des émissions polluantes. Il est donc envisagé un signe positif entre la densité de la population et les émissions de CO2.

$A \rightarrow PIBh$

La variable A représente la consommation moyenne de chaque personne dans la population. A mesure que la consommation de chaque personne augmente, l'impact environnemental augmente également. Un indicateur commun pour mesurer la consommation est le PIB par habitant ($PIBh$). Bien que le PIB par habitant mesure la production, on suppose souvent que la consommation augmente lorsque la production augmente. Le PIB par habitant a augmenté régulièrement au cours des dernières années dans les pays considérés et aurait accru l'impact humain sur l'environnement.

$T \rightarrow IND$

La valeur ajoutée du secteur industriel (IND) capture les effets des activités industrielles sur les émissions de CO2. En effet, les pays membres de l'Union n'ont pas réussi à s'industrialiser comme certains pays en développement. Néanmoins, il existe, au sein de l'Union, quelques installations industrielles vétuste et polluante, quoique le secteur reste embryonnaire. Le signe alors espéré du coefficient lié à cette variable est un signe positif.

$R \rightarrow AGR$

Selon Boserup (1965 et 1981), la *croissance* ou la *pression démographique* est un stimulant, ou même une condition préalable nécessaire au progrès de l'agriculture. L'accroissement des densités rurales, la raréfaction progressive de la terre par rapport à la population conduisent à une utilisation plus intensive des terres, exigeant davantage de travail, aboutissant à des accroissements de productivité et à une évolution générale des structures de production. Le développement de la pratique agraire (AGR) conduit à une destruction des forêts. Le signe espéré du coefficient lié à cette dernière est positif.

$U \rightarrow URB$

La concentration de la *population* devient de plus en plus forte dans les villes de la zone UEMOA. Ceci induit un développement des réseaux de transport qui selon le rapport du GIEC 2014 émet 13,1% de CO₂, une augmentation des ordures ménagères un facteur responsable des GES. L'Afrique s'urbanise selon un processus singulier qui pèse lourd sur le milieu naturel des villes et détruit leur patrimoine écologique. L'urbanisation (*URB*) pourrait donc constituer un facteur affectant l'environnement.

$C \rightarrow CRD$

Les combustibles renouvelables et les déchets (*CRD*) comprennent la biomasse solide, la biomasse liquide, le biogaz, les déchets industriels et les déchets ménagers et sont mesurés en tant que pourcentage de l'utilisation totale d'énergie. La production d'ordures ménagères augmente de jour en jour et celles-ci, enfouies ou brûlées, génèrent des émissions directes de GES. Il en est de même pour les déchets industriels. Il est donc envisagé signe positif entre les combustibles renouvelables et les déchets et les émissions de CO₂.

3.2.4. Tests préalables

Dans une régression, la *multicolinéarité* est un problème qui survient lorsque certaines variables du modèle mesurent le même phénomène. Quand elle est prononcée, elle représente un problème et peut augmenter la variance des coefficients de régression et les rendre instables et difficiles à interpréter. Il est donc important de vérifier si le modèle n'incorpore pas des variables explicatives qui sont liées entre elles.

Préalablement à toutes analyses, il convient de s'assurer d'une part, de la *stationnarité* des variables afin d'éviter les régressions fallacieuses et d'autre part, de l'existence éventuelle d'une relation de long terme entre les variables à travers un test de cointégration avant le choix du modèle à utiliser pour la régression. Les tests de racine unitaire et de cointégration sur données de panel temporelles sont en effet plus puissants que leurs analogues sur séries temporelles individuelles en petit échantillon (Hurlin et Mignon, 2006).

Dans le cadre de cette étude, la stationnarité de toutes les variables est à tester à partir du test Im, Pesaran et Shin (IPS). Pour la vérification de l'existence de la relation de long terme, les tests de Pedroni et KAO ont été utilisés.

3.3. Présentation et analyse des données

La présente étude porte sur les données de quatre pays de l'UEMOA (le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo), issues de la base de la Banque Mondiale *World Development Indicators* (WDI), et couvre la période allant de 1974 à 2014.

Le Tableau 1 présente l'ensemble des statistiques descriptives et les coefficients pour toutes les variables en considération. Entre 1974 et 2014, le niveau moyen d'émission du dioxyde de carbone s'établit à 7,74 avec une variabilité de 0,98. La valeur maximale de l'émission du dioxyde pour les observations de cette étude est 5,56 et obtenue en 1976 pour le compte du Bénin tandis que la valeur minimale est 9,30 et est obtenue en 2014 pour le compte de Côte d'Ivoire. La densité de la population reste en moyenne 3,93 ; sa valeur maximale est 4,88 et minimale est 2,98 avec une variabilité de 0,42.

En termes de Population, l'homogénéité des pays est avérée au regard du faible coefficient de variation (CV<15%) de cet indicateur. Il en est de même de l'émission de dioxyde de carbone, du PIB par habitant, de l'industrialisation, de la pratique agricole, de l'urbanisation et des combustibles renouvelables et déchets.

Tableau 1. Statistiques descriptives et les coefficients de variation (CV)

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max	CV
Log (ECO2)	164	7,742085	0,9822017	5,562054	9,309733	0,13
Log (DPOP)	164	3,937258	0,4256289	2,987092	4,889664	0,11
LOG(PIBh)	164	6,337313	0,5179456	5,159137	7,357956	0,08
Log (CCF)	164	3,969474	0,3614410	3,197916	4,538775	0,09
Log (IND)	164	2,970194	0,2197351	2,483458	3,500610	0,07
Log (AGR)	164	3,792380	0,4105232	2,801456	4,259648	0,11
Log (URB)	164	3,580256	0,1915569	3,033750	3,892106	0,05

Source : Calcul à partir des données du WDI (2018).

4. Résultats et Discussions

4.1. L'analyse de la multicolinéarité

Le problème de multicolinéarité est presque certain pour des coefficients de corrélation supérieurs à 0,8 (Gujarati, 2003). L'examen des coefficients de corrélation entre les différentes variables explicatives montre qu'ils sont en général faibles sauf celui des variables PIBh et URB pour lesquelles le coefficient de corrélation est proche de 0,74. Ce résultat confirme qu'il n'y a pas de risque de multicolinéarité entre les variables explicatives.

Tableau 2. Matrice des corrélations entre les variables explicatives de l'étude

	LogDPOP	LogPIBH	LogIND	LogAGR	LogURB	LogCRD
LogDPOP	1,000000					
LogPIBH	0,058544	1,000000				
LogIND	0,211452	0,545134	1,000000			
LogAGR	0,286901	0,583873	0,466726	1,000000		
LogURB	0,250976	0,744751	0,291736	0,257197	1,000000	
LogCRD	0,424761	0,731286	0,412426	0,461636	0,737069	1,000000

Source : Calcul à partir des données WDI (2018).

4.2. Test de stationnarité

La mise en œuvre dans le tableau 3 (en annexe) du test Im, Pesaran et Shin (IPS), permet de dire que les variables LogECO2, LogPIBh et LogURB sont stationnaires en niveau avec tendance, les variables LogDPOP et LogIND sont stationnaires en niveau après retrait de la tendance et les variables LogCRD et LogAGR sont stationnaires en différence première et sont donc intégrés d'ordre 1. Certaines variables ne sont stationnaires qu'en différence première. Elles sont intégrées d'ordre 1. Alors le test de cointégration sera effectué afin de vérifier si les variables sont cointégrées.

4.3. Test de cointégration

Dans les tests de cointégration de Pédroni et de KAO, l'hypothèse nulle correspond à la non-cointégration, contre l'hypothèse alternative de la cointégration des variables. Le test de cointégration de Pédroni sont reportés dans le tableau 4.

Les quatre premiers tests sont basés sur l'agrégation des tests par la dimension « within », c'est-à-dire qu'on regroupe les coefficients d'autorégression pour les différents pays du panel lorsqu'on teste l'existence de racine unitaire dans les résidus de l'équation. Les résultats trouvés (deux sur quatre) indiquent la relation de cointégration dans ce cas.

Les trois derniers tests sont relatifs aux données agrégées selon la dimension « between », c'est-à-dire qu'on considère la moyenne des coefficients autorégressifs de chaque membre du panel pour effectuer le test de racine unitaire sur les résidus de la relation en niveau. Les résultats trouvés (deux sur trois) rejettent l'hypothèse nulle de non-cointégration.

Conclusion : le test de Pédroni (tableau 4) indique qu'il existe une relation de long terme significative entre les émissions du CO2 caractéristiques de la dégradation de l'environnement et ses facteurs explicatifs sur l'ensemble des pays du panel.

Tableau 4. Test de cointégration de Pédroni

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)				
	Statistic	Prob.	Weighted Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	-1,718025	0,9571	-2,839642	0,9977
Panel rho-Statistic	-0,419739	0,3373	0,566880	0,7146
Panel PP-Statistic	-3,940811	0,0000	-4,117082	0,0000
Panel ADF-Statistic	-4,181955	0,0000	-4,810549	0,0000
Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)				
	Statistic	Prob.		
Group rho-Statistic	0,497516	0,6906		
Group PP-Statistic	-4,436100	0,0000		
Group ADF-Statistic	-4,215582	0,0000		

Source : Test à partir des données.

Pour ce test de cointégration de KAO, seule l'option constante est disponible et le résultat obtenu dans le cadre de cette étude, montre que la probabilité critique associée à ce test est nulle avec une statistique de *student* égale à -4,970850. La probabilité associée étant nulle (donc inférieure à 1%) les variables sont alors cointégrées, ce qui confirme la procédure de Pédroni.

4.4. Résultats de l'estimation par les méthodes FMOLS et DOLS

Les variables étant cointégrées, pour dégager les tests sur les vecteurs de cointégration, il est indispensable d'appliquer une méthode d'estimation efficace. À ce stade, plusieurs méthodes se distinguent : la méthode *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) utilisée par Pedroni, la méthode *Dynamic Ordinary Least Squares* (DOLS) et la méthode *Generalized Method of Moments* (GMM). Kao et Chiang (2000) en s'intéressant aux propriétés en échantillon fini des estimateurs des MCO, FMOLS et DOLS, soulignent que l'estimateur des MCO souffre d'un important problème de biais et que l'estimateur FMOLS ne permet pas d'améliorer de façon substantielle l'estimateur des MCO. Ils concluent alors en termes de supériorité de l'estimateur DOLS dans l'estimation des relations de cointégration sur données de panel. Par ailleurs, ils ont montré dans le cas des données de panel, que la méthode FMOLS et la méthode DOLS conduisent à des estimateurs asymptotiquement distribués selon une loi normale centrée réduite. Dans cette étude, nous utilisons la méthode FMOLS et la méthode DOLS pour conduire les analyses.

Tableau 5. Résultats de l'estimation par la méthode FMOLS et la méthode DOLS

Variable expliquée : LogECO2				
	FMOLS		DOLS	
Variable	Coefficient	Prob.	Coefficient	Prob.
LogDPOP	0,202174	0,2006	0,735870	0,4183

LogPIBH	0,530857***	0,0000	0,569726***	0,0000
LogIND	0,138195	0,1555	-1,016170***	0,0000
LogAGR	0,980688***	0,0001	1,635435***	0,0013
LogURB	2,034610***	0,0000	4,319760***	0,0017
LogCRD	-0,249873**	0,0114	0,184978	0,1889
R²	0,951542		0,989079	

Notes : *** significatif à 1% ; ** significatif à 5%.

Les résultats du tableau 5 montrent que 95,15% pour ma méthode FMOLS et 98,90% pour ma méthode DOLS, du logarithme des émissions de dioxyde de carbone est expliqué par les logarithmes de la densité de la population, du PIB par habitant, l'industrialisation, la pratique agricole, de l'urbanisation et des combustibles renouvelables et déchets.

La densité de la population n'est pas significative quelle que soit la méthode utilisée. Les combustibles renouvelables et déchets ne sont pas significatifs pour le DOLS. Le PIB par habitant, la pratique agricole et de l'urbanisation influencent significativement et positivement les émissions du dioxyde de carbone. Quant à l'industrialisation, elle n'est pas significative selon la méthode FMOLS. Mais en considérant la méthode DOLS, elle affecte significativement et négativement les émissions du dioxyde de carbone.

L'augmentation de 1% du produit intérieur brut par habitant, entraîne une augmentation du niveau des émissions de CO₂ de plus de 0,5%. Ceci s'explique par le fait qu'une augmentation de la richesse par habitant nécessitera une augmentation de la consommation d'énergie pour le transport des personnes et des biens par exemple. En effet, dans les pays concernés par cette étude, le transport individuel des personnes est plus développé et plus le revenu augmente, plus les individus ont tendance à s'offrir des engins à moteur à explosion, alimentés par essence et qui dégagent des gaz et particules polluants. L'augmentation de la richesse, entraînera, une augmentation de la demande. Dans l'idée de vouloir satisfaire la demande supplémentaire, les ressources environnementales seront surexploitées et causant ainsi une dégradation de l'environnement.

Quant à l'urbanisation, les émissions du CO₂ s'accroissent de plus de 2 % pour la méthode FMOLS et plus de 4% pour la méthode DOLS lorsque l'urbanisation augmente de 1%. Ce résultat conforte les travaux de Shahbaz et al. (2014) qui ont trouvé une relation positive entre l'urbanisation et la consommation d'énergie pour le compte des Émirats Arabes Unis.

Par ailleurs, une augmentation de 1% de la pratique agricole conduit à une hausse de 1% environ des émissions de CO₂. Ce résultat s'explique par les différentes pratiques utilisées dans la production agricole. Le paysan dans une logique d'enrichissement, préfère une utilisation abusive des engrais chimiques et des pesticides pour accroître sa productivité, une destruction des forêts pour étendre sa surface cultivable.

Il ressort des analyses précédentes que le produit intérieur brut par habitant, la pratique agricole et l'urbanisation sont les facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Sénégal et au Togo.

Conclusion

Cet article portant sur les facteurs explicatifs de la dégradation de l'environnement présente le cadre global d'analyse, ainsi que les fondements théoriques de la dégradation de l'environnement. En effet, l'environnement regorge des biens spécifiques, dont l'exploitation cause des problèmes. Face aux polémiques relatives à la responsabilité des activités anthropiques

dans la dégradation de l'environnement, il est utile d'examiner la relation qui lie étroitement les objectifs environnementaux aux objectifs de développement et d'identifier les facteurs qui influencent réellement la dégradation de l'environnement dans l'espace UEMOA.

L'article détermine les facteurs pouvant expliquer la dégradation de l'environnement dans la zone UEMOA en partant d'une revue de la littérature relative aux déterminants de la dégradation de l'environnement. À l'aide du modèle *IPATRUC*, inspiré de la relation STIRPAT, les tests de racine unitaire et de cointégration en données de panel, ont été implémentés et les résultats ont permis de trouver qu'il existe une relation d'équilibre de long terme entre le taux d'émission de dioxyde de carbone et les autres variables pour l'ensemble des quatre pays. En utilisant les méthodes d'estimation FMOLS et DOLS, on trouve que le produit intérieur brut par habitant, la pratique agricole, l'urbanisation influencent significativement et positivement des émissions de dioxyde de carbone. La densité de la population n'influence pas significativement l'émission de CO₂.

Cette étude, à travers l'utilisation des émissions du CO₂ comme proxy de la dégradation de l'environnement, a permis de conclure que le produit intérieur brut par habitant, la pratique agricole et l'urbanisation sont les déterminants de la dégradation de l'environnement au Bénin, à la Côte d'Ivoire, au Sénégal et au Togo.

Les suggestions de politiques ci-après se dégagent des principaux résultats obtenus :

- La présente étude révèle qu'une croissance de l'urbanisation (U) accélère la dégradation de l'environnement. Pour éviter que ce phénomène ne s'accroisse, la conception des cités pérennes doit être privilégiée en réduisant le gaspillage de l'eau en zone urbaine par l'installation des toilettes communautaires à composts par exemple. Il faut également doter les villes d'un plan d'installation respectant les normes écologiques et veiller à son strict respect.
- La dégradation actuelle de l'environnement trouve son origine dans la façon dont l'agriculture (R) est pratiquée. Pour un environnement durable, il faut restructurer l'agriculture en faveur de l'environnement en mettant en place de labels écologiques. Ceci encouragerait les agriculteurs à préférer l'agriculture biologique respectant l'environnement à l'agriculture conventionnelle source de pollution.

Références bibliographiques

- Al-Mulali U., & Ozturk I. (2015). "The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region". *Energy*, 84, 382–389.
- Boserup E. (1965). *The conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure.*, George Allen & Unwin. London.
- Boserup, E. (1981). *Population and technological change.* The University of Chicago Press. Chicago.
- Dietz, T., Rosa, E.A., (1997). "Effects of population and affluence on CO₂ emissions". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA.* 94, pp.175-179.
- Ehrlich, P., & Ehrlich, A. (1981). *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species.* Random House. New York.
- Frankel J.A. & Rose A. K. (2005). "Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting Out the Causality". *The Review of Economics and Statistics*, vol. 87(1), pages 85-91, October.

- Fullerton, Don, & Robert Stavins (1998). “How Economists See the Environment.” *Nature* 395 : pp.433–434.
- Gujarati, D.N. (2003) *Basic Econometrics*. 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Grossman G. & Krueger A. (1993). “Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement” in P. Garber (1993), *The Mexico US Free Trade Agreement*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Holtz-Eakin D. & Selden T. M. (1995). “Stoking the fires? CO2 Emissions and Economic Growth”, *Journal of Public Economics* 57, pp. 85-101.
- Hongzhong Fan & Md Ismail Hossain & Mollah Aminul Islam & Yassin Elshain Yahia (2019). “The Impact of Trade, Technology and Growth on Environmental Deterioration of China and India”. *Asian Economic and Financial Review*, vol. 9(1), pages 1-29, January
- Hurlin C. & Mignon V (2006). *Une Synthèse des Tests de Racine Unitaire sur Données de Panel. Économie et Prévision*, Minefi - Direction de la prévision, 169, pp. 253-294.
- Kao C. & Chiang M.H., (2000). “On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data”, *Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels*, (15), p. 179-222.
- Parikh J. & Shukla V. (1995). “Urbanization, energy use and greenhouse effects in economic development”. *Global Environmental Change*, 5(2), 87–103.
- Sen A. (1999). *Development as Freedom*. Alfred Knopf Inc., trad, franç., 2000 – Un nouveau modèle économique. Développement, Justice, Liberté. Odile Jacob. Paris.
- Shahbaz M., Sbia R., Hamdi H. & Ozturk I. (2014). “Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates”, *Ecological Indicators*. 45 622–631
- Shahbaz M., Haouas I., Sbia R. & Ozturk I. (2018). Financial Development-Environmental Degradation Nexus in the United Arab Emirates: The Importance of Growth, Globalization and Structural Breaks.
- York R., Rosa E.A., & Dietz T., (2003). “Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity”. *American Sociological Review* 68 (2), p.279-300.

Annexe

Tableau 3. Résultats des tests de racine unitaire

Variables	Stationnarité à niveau			Stationnarité en différence première ou après retrait de la tendance			Ordre d'intégration	Stationnarisation
	Probabilité IPS	Tendance significative	Conclusion	Probabilité	Tendance significative	Conclusion		
LogECO2	0,0000	Oui	Stationnaire avec tendance					
LogPIBh	0,0302	Oui	Stationnaire avec tendance					
LogURB	0,0000	Oui	Stationnaire avec tendance					
LogDPOP	0,0549	Oui	Non stationnaire avec tendance	0.0000	Non	stationnaire	I(0)	Enlever la tendance
LogIND	0,0726	Oui	Non stationnaire avec tendance	0.0101	Non	stationnaire	I(0)	Enlever la tendance
LogCRD	0,7737	Oui	Non stationnaire avec tendance	0.0000	Oui	stationnaire	I(1)	Différence première
LogAGR	0,7682	Oui	Non stationnaire avec tendance	0.0000	Oui	stationnaire	I(1)	Différence première

Source : Calculs économétriques à partir des données WDI (2018)