



Munich Personal RePEc Archive

# **Energy consumption and GDP growth in WAEMU countries : A panel data analysis**

Okey, Mawussé Komlagan Nézan

Université d'Abidjan-Cocody (UFR des Sciences Economiques et de  
Gestion)

2 June 2009

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/15521/>  
MPRA Paper No. 15521, posted 02 Jun 2009 13:17 UTC

# **Consommation d'énergies et croissance du PIB dans les pays de l'UEMOA : Une analyse en données de panel**

**OKEY Mawussé Komlagan Nézan**  
**Université d'Abidjan-Cocody**  
**(UFR des Sciences Economiques et de Gestion)**  
**E-mail : mawusseo2000@yahoo.fr**

Juin 2009

## **Résumé**

Cette étude analyse d'une part, le sens de causalité entre la croissance économique et la consommation d'énergie, et d'autre part, la nature des relations entre les sources d'énergie pour un panel de quatre pays de l'UEMOA ; le Bénin, la Côte d'Ivoire, Le Sénégal et le Togo, sur la période 1970-2005. Les résultats des traitements économétriques révèlent qu'il y a une causalité bidirectionnelle entre consommation de pétrole et croissance du PIB pour le panel tout entier, une absence de causalité entre consommation d'électricité et croissance économique, ainsi que la non substituabilité des sources d'énergie. A long terme, il y a une causalité bidirectionnelle entre la croissance du PIB et les deux sources d'énergie qui deviennent substituables. Ces résultats mettent ainsi en évidence la dépendance énergétique de la croissance économique et la rigidité des habitudes de consommation énergétique à court terme de ces quatre pays et encouragent les politiques énergétiques régionales qui doivent tenir compte des spécificités de certains pays.

*Mots clés* : Consommation d'énergie, Croissance économique, panel, UEMOA

*Classification JEL* : C33, O13, Q40

## **Abstract**

This paper analyze the causal relationship between energy consumption and economic growth as well as the relationship between energy sources for a panel of four WAEMU countries; Benin, Côte d'Ivoire, Senegal and Togo, for the period 1970-2005. Econometric analysis results indicate that there are: a bi-directional causality between oil consumption and economic growth, for the panel as a whole, but no causality between electricity and economic growth, and no substitution between energy sources at the short run. At the long run, there is a bi-directional causality between economic growth and both the energy sources which become substitutable. These results not only underline the energy dependence of the economic growth, and the rigidity of energy consumption behaviors of these four countries at the short run, but also support regional energy policies which must take account some countries specificities.

*Keywords*: energy consumption, economic growth, panel, WAEMU

*JEL Classification*: C33, O13, Q40

# 1. Introduction

Depuis les chocs pétroliers des années 1970, la maîtrise de l'énergie constitue une grande préoccupation pour tous les pays du monde, et suscite un intérêt croissant à l'étude de la relation entre consommation d'énergie et la croissance du PIB. En effet Le niveau de développement économique et social d'un pays est souvent lié au niveau de consommation électrique par habitant. Pour le développement d'un tissu industriel compétitif dans les pays en développement, l'énergie à moindre coût est un facteur indispensable BOAD (2008).

En effet, entre 1980 et 2000, la consommation d'électricité de l'Afrique a été multipliée par 2,3 et celle des énergies conventionnelles par 1,8 alors que le PIB n'a été multiplié que par 1,6. Sur la même période, la population a été multipliée par 1,7 mais la consommation d'énergie par tête n'a augmenté que de 10%. Globalement, l'intensité énergétique de l'Afrique est supérieure à la moyenne mondiale. On estime que la consommation d'énergies conventionnelles a suivi un accroissement plus important que le PIB au cours des deux dernières décennies selon les statistiques de l'Agence Internationale de l'Energie et de la FAO, (Sokona et al 2004).

A l'heure actuelle, en plus des problèmes de déficit de l'offre, la substitution énergétique est un concept en vogue principalement pour deux raisons. Premièrement la question de la sécurité énergétique nationale et deuxièmement la préoccupation croissante concernant le réchauffement climatique. Certaines filières énergétiques sont perçues depuis plusieurs années comme solution à cette problématique car elles pourraient se substituer aux sources d'énergie fortement émettrices de gaz à effet de serre en effet, La substitution énergétique est le remplacement d'une source d'énergie par une autre. A l'exception du gaz butane, le secteur des énergies renouvelables de la région est toujours enfermé dans un système de production, de distribution et de maintenance dominés par les institutions publiques et les ONG malgré la présence d'une multitude d'entreprises du secteur informel. Les biocarburants proposés suscitent la méfiance des populations car l'on redoute une substitution d'un problème de sécurité énergétique par celui de la sécurité alimentaire.

Plusieurs études utilisant des approches diverses ont analysé la causalité entre consommation d'énergie et la croissance du PIB (Yoo 2006). Le sens de causalité a une signification de politique économique. Ainsi une causalité unidirectionnelle allant de la consommation d'électricité à la croissance du PIB signifie qu'une réduction de la consommation d'énergie conduit à une baisse de la croissance économique. La causalité

unidirectionnelle allant de la croissance économique vers la consommation d'énergie implique qu'une politique de réduction de la consommation d'énergie peut avoir un impact faible ou nul sur la croissance économique. D'un autre côté, la causalité bidirectionnelle implique que la croissance économique demande beaucoup de consommation d'énergie et une grande consommation d'énergie stimule la croissance économique. La consommation d'énergie et la croissance du PIB sont des compléments et une politique d'économie d'énergie est nuisible à la croissance économique. Enfin l'absence de causalité indique qu'une politique visant à la conservation ou l'augmentation consommation énergétique n'affecte pas la croissance et la croissance du revenu réel n'affecte pas la consommation d'énergie.

Plusieurs autres études ont intégré dans leur analyse d'autres variables comme le prix (Masih et Masih 1997, 1998, Asafu-Adjaye 2000, Glasure 2002), les exportations (Narayan et Smyth 2009), la formation brute du capital fixe et le travail (Aspergis et Paygne 2009). Les études dans ce domaine sur les pays de l'UEMOA (Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine) sont rares nous notons celle de Wolde-Rufael sur les pays africains et qui trouve sur la période 1971-2002, une causalité de la consommation d'énergie vers la croissance économique pour le Bénin, et le sens inverse pour le Sénégal.

Ainsi, il convient de répondre aux préoccupations suivantes qui émergent : Quelle est la nature de la relation qui existe entre consommation d'énergie et croissance du PIB ? Qu'en est-il vraiment de la substitution énergétique ? Y a-t-il éviction de la consommation pétrolière par la consommation d'électricité ? En d'autres termes, doit-on parler de conservation ou de substitution d'énergie dans le cas des pays sous-industrialisés ? Une politique globale pour tous les pays de l'UEMOA est-elle pertinente ?

Cette étude a pour objectif d'analyser la nature des relations qui existe la consommation d'énergie issue des différentes sources et de mettre en évidence la substitution entre les diverses sources énergétique (énergie pétrolière versus énergie électrique).

La suite de l'analyse est organisée comme suit : Après un bref exposé de la situation énergétique de la sous région (2), nous présentons la revue de littérature tant théorique qu'empirique, d'une part sur la relation entre croissance et consommation d'énergie, et d'autre part sur la substitution énergétique (3). Ensuite nous abordons la source des données, l'approche méthodologique et les résultats (4), avant la conclusion (5).

## 2. La situation énergétique de la sous région Ouest-Africaine

Les économies de l'Afrique de l'Ouest sont fortement dépendantes de l'agriculture qui représente plus du tiers du PIB de la région. Cette région possède un grand potentiel en matière de sources d'énergie conventionnelles et renouvelables : pétrole, gaz, tourbe, hydraulique, biomasse, ensoleillement et éolien (PISE 2005)<sup>1</sup>. Il n'en demeure pas moins que plus de deux ménages sur trois n'ont pas accès à l'électricité dans l'espace de la CEDEAO et la faible fiabilité de l'alimentation en électricité freine l'industrialisation et l'arrivée d'investisseurs. Le secteur énergétique, moteur du développement en général, est identifié comme une lourde contrainte au développement des entreprises, de la croissance et de l'emploi, puisque la consommation finale d'énergies commerciales par habitant est faible (0,08 tep) ; la biomasse étant la principale source d'énergie des ménages. La part des produits pétroliers est largement majoritaire dans tous les pays (plus de 90%) à l'exception de la Côte d'Ivoire et du Niger. Par contre la part de l'hydraulique dans la production d'électricité est en nette diminution et ne représente plus que 20% de la production contre 40% en 1990. La Côte d'Ivoire produit 54% de l'électricité d'origine hydraulique de la zone. Hormis la Côte d'Ivoire et, dans une moindre mesure, le Sénégal où le gaz fait une percée dans la production d'électricité, la production d'électricité thermique des autres pays de la zone est issue du pétrole.

La coopération régionale tend à se développer là où le potentiel hydroélectrique est important. Ainsi les pays du Golfe de Guinée (Bénin, Togo, Ghana, Côte d'Ivoire, Nigeria, Burkina Faso) ont entrepris l'interconnexion de leurs réseaux. La Côte d'Ivoire peut ainsi exporter de l'électricité vers le Ghana depuis 1995. Le Bénin et le Togo reçoivent de l'électricité du Ghana tandis que le Niger s'approvisionne auprès du Nigeria. Dans le cadre de la CEDEAO, il existe un projet de création d'un pool électrique à l'instar du pool du cône Sud Africain.

Les questions sur le secteur de l'énergie au sein de l'Union concernent essentiellement le déficit de l'offre. Cette situation s'explique notamment par l'insuffisance des investissements, l'obsolescence des équipements de production et se traduit par un taux d'accès moyen à l'électricité de 17% dans un contexte où la biomasse représente 80% des

---

<sup>1</sup>*Partenariat Interentreprises et des Investissements dans le Secteur de l'Énergie* : sponsorisé par l'UEMOA et co-financé par le ProInvest (Union Européenne).

bilans énergétiques nationaux. A cela s'ajoute le coût élevé du KWh en liaison avec la dépendance aux produits pétroliers qui a induit entre 2004 et 2006 une perte de croissance de 1,3% correspondant à une valeur d'environ 274 milliards FCFA BOAD(2008). Afin de résoudre la crise énergétique au sein de l'Union, nombre d'initiatives communes ont été prises, notamment le système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest Africain (EEEOA) et le projet de Gazoduc Ouest Africain. Ces initiatives visent l'intégration des systèmes électriques nationaux en un marché régional unifié permettant un approvisionnement fiable, stable et à coût abordable de l'électricité.

Depuis octobre 2000, quatorze Etats de la CEDEAO ont décidé d'un commun accord de lancer un projet visant à accroître l'offre d'électricité dans la région. Au terme de cet accord de mise en commun des ressources énergétiques en Afrique de l'Ouest, les pays espèrent mettre en place des sites de production énergétique et assurer l'interconnexion de leurs réseaux électriques respectifs. Selon l'accord, les travaux seront effectués en deux phases. La première concerne les pays déjà connectés, notamment le Nigeria, le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Niger et le Togo. La seconde concerne les pays non encore connectés, à savoir la Gambie, la Guinée, la Guinée-Bissau, le Libéria, le Mali, le Sénégal et la Sierra Leone. Ces pays s'emploieront à harmoniser leurs réglementations régissant le secteur de l'électricité.

La conservation d'énergie fait référence à la nature de relation entre consommation d'énergie et le PIB alors que la substitution d'énergie concerne la relation entre la consommation de diverses sources d'énergie.

### **3. Revue de littérature**

#### **2. 1. La littérature sur la consommation d'énergie et croissance du PIB**

La littérature distingue quatre relations hypothétiques entre la consommation d'énergie et la croissance économique : il s'agit de l'hypothèse de la croissance, l'hypothèse de conservation, l'hypothèse de neutralité et l'hypothèse de rétroaction ou feedback (Aspergis et Payne 2009).

*L'hypothèse de croissance* suppose qu'une augmentation, respectivement une (diminution) de la consommation d'énergie entraîne une augmentation, (diminution) du PIB réel. Dans ce cas, l'énergie case la PIB et l'économie est considérablement dépendante de l'énergie. Plus encore, l'impact négatif de la consommation d'énergie sur le PIB réel peut être

attribué à une consommation excessive d'énergie dans les secteurs improductifs de l'économie, à une contrainte de capacité ou à une offre inefficace d'énergie, Squalli (2007).

**L'hypothèse de conservation** : Les politiques de conservation d'énergie se traduisant par une réduction de la consommation d'énergie n'ont pas d'effets négatifs sur le PIB réel. Cette hypothèse est vérifiée si une augmentation du PIB entraîne une augmentation de la consommation d'énergie.

**L'hypothèse de neutralité** considère que la consommation d'énergie n'est qu'une infime partie des composantes de la production et que son effet sur le PIB réel est faible ou nul. Cette hypothèse se vérifie en cas d'absence d'une relation causale entre consommation d'énergie et PIB réel.

**L'hypothèse de rétroaction (feed-back)** suggère qu'il existe une relation causale bidirectionnelle entre consommation d'énergie et PIB réel de telle sorte qu'une mise en œuvre d'une politique de consommation efficace n'a aucun effet négatif sur le PIB réel.

Les études empiriques sur la relation entre consommation d'énergie et croissance du PIB procèdent souvent par les analyses en séries temporelles individuelles, en données de panel, l'approche bi variée les études avec seulement deux variables (consommation d'énergie et PIB réel) et enfin l'approche multi variée. Par ailleurs Mehara (2007) identifie quatre générations d'approche méthodologique. La première génération est composée des études basée sur la méthode VAR et le test de causalité de Granger. Kraft et Kraft (1978) trouvent une causalité unidirectionnelle allant du PIB à la consommation d'énergie. Une causalité unidirectionnelle a été mise en évidence par Masih et Masih (1997) pour la Taiwan et la Corée. La deuxième et la troisième appliquent le test de racine unitaire et de cointégration sur les séries temporelles individuelles avec des degrés de sophistication varié. La quatrième génération utilise les procédures de test de racine unitaire et de cointégration basé sur les données de panel.

Certaines études ont utilisé la technique de décomposition de la variance par exemple de Masih et Masih (1998) pour le Sri-Lanka et la Thaïlande qui analyse l'effet des innovations en énergie sur les prévisions de la variance du revenu. Masih et Masih (1997) analyse l'effet des chocs en énergie sur la variance du revenu en Corée et à Taiwan. Soytas et Sari (2003) analysent comment la consommation d'énergie explique la variance du revenu sur la période avec les données agrégées sur la période 1950-1992 en Turquie. Sari et Soytas (2004) proposent une technique généralisée de décomposition de la variance des erreurs de Pesaran et shin (1998) pour déterminer le contenu en information de la variance de la croissance dans la

consommation d'énergie en Turquie. Les récentes études utilisent un cadre multi-varié, car le cadre bi-varié où consommation d'énergie et PIB sont les seules variables peut entraîner des problèmes de biais d'omission de variables potentielles Masih et Masih (1997, 1998) Asafu-Adjaye (2000), Glasure (2002), Narayan et Smyth (2009).

Notre analyse adopte une approche multi-variée, en utilisant les mêmes variables que celles de l'étude d'Erbaykal (2008). Ce dernier a appliqué le modèle ARDL<sup>2</sup> à la relation entre la croissance du PIB et consommation de pétrole et d'électricité en Turquie. En outre, notre étude applique le modèle de panel et met en évidence la substitution entre les sources d'énergie au sein de la zone UEMOA.

### 3. 2. La substitution énergétique

La définition de la substitution énergétique cache en fait une réalité à deux facettes : la substitution des parts de marché et la substitution effective Dery (2007). **La substitution des parts de marché** consiste à la prise de possession des parts de marché d'une source d'énergie par une autre. Les parts de marché de chaque source sont exprimées en pourcentage de la valeur totale de la consommation ou de la production énergétique, ayant été ramenées à une valeur unitaire (100%), d'une entité prédéfinie (pays, province, région...). **La substitution effective** consiste au remplacement concret et mesurable de la consommation ou de la production d'une source par une autre. La source substituée doit alors voir son utilisation diminuer de façon mesurable et inversement pour la source qui substitue. Toutefois, les travaux réalisés jusqu'à maintenant sur la question de la substitution énergétique, comme ceux de Cesare Marchetti dans les années 1970, ont tous été liés à la substitution des parts de marché et non à la substitution réelle de sources d'énergie par d'autres. Rarement, il nous a été donné de constater qu'une source plus «propre» empêchait la consommation d'une autre sur une période de temps importante.

En Afrique, on note une timide transition des comportements énergétiques, plus précisément au Sahel, des programmes de substitution de l'usage du bois et du charbon de bois par le gaz ont été lancés en vue de réduire la pression sur le couvert végétal. L'application des politiques et mesures, allant dans ce sens, s'est traduite par une faible transition énergétique, même si la consommation de gaz butane connaît des taux de croissance significatifs par endroit. Les études ont montré que malgré les programmes énergétiques de

---

<sup>2</sup> Autoregressive Distribution Lag

substitution (butanisation), la transition à l'usage du gaz s'est finalement traduite par le renforcement de la dualité entre le monde rural et le monde urbain : le gaz et le charbon de bois en milieu urbain et le bois en milieu rural. Il faut constater que le gaz est principalement utilisé dans les zones résidentielles des métropoles africaines et que les zones péri-urbaines se trouvent presque dans la même dynamique énergétique que le milieu rural, (Sokona et al 2004).

## **4. Données, approche méthodologique et résultats :**

### **4. 1. Les données**

Nous utilisons les données annuelles de 1970 à 2005 obtenues à partir du World Development indicator (2008), sur le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo. Les données concernent le PIB réel part tête, la consommation d'électricité et la consommation de carburant. Dans le traitement économétrique nous utilisons le logarithme des ces variables.

### **4. 2. Approche méthodologique et résultats**

Nous procédons d'abord par les tests de racine unitaire, ensuite le test de cointégration puis le test de causalité de Granger en panel.

#### **4. 2. 1. Tests de racine unitaire en panel**

Le traditionnel test de racine unitaire de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) souffre d'un problème de faible pouvoir de rejet de l'hypothèse nulle de stationnarité des séries, surtout pour les données de courte période. Ainsi la littérature récente montre que les tests de stationnarité sur panel sont plus puissants que ceux basés sur les séries temporelles individuelles Al-Iriani (2006). Parmi les tests récemment développé, nous avons, le test de racine unitaire LLC de Levin et al (2002) ; IPS de Im et al (2003), Hardi (2000), et Breitung (2000). Narayan et Smyth (2009) ont utilisé le test Breitung (2000) car ce test est généralement plus robuste que n'importe quel test de la première génération des tests de racine unitaire en panel.

Aspergis et Payne (2009) utilisent le test de IPS qui est d'ailleurs plus général et plus populaire et basé sur le principe du test de ADF. Notons que le test de racine unitaire en panel de Breitung (2000) et Levine et al. (2002) suppose une racine unitaire autorégressive homogène (sous l'hypothèse alternative, le coefficient autorégressif est le même pour tous les

individus pour le test LLC), alors que Im et al (2003) suppose une racine unitaire hétérogène (l'hypothèse alternative autorise la présence d'un sous-ensemble d'individus de taille  $N1$  dont la variable d'intérêt suit un processus stationnaire. Les tests de racine unitaire de Im, Pesaran et Shin (2003) prennent donc en compte l'hétérogénéité (Hurlin et Mignon 2005).

Soit l'équation suivante :

$$y_{it} = \rho_i y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} u_{ij}$$

$$H_0 : \rho_i = 1, \forall i \quad (\text{toutes les séries du panel contiennent une racine unitaire}).$$

$$H_1 : \rho_i < 1, \quad (\text{au moins une des séries individuelles du panel est stationnaire})$$

La statistique T-bar spécifiée par Im et al (2003) est la moyenne des statistiques individuelles ADF.

$$T\text{-bar}_{NT} = \frac{\sum_{i=1}^N [t_{\rho_i}]}{N}$$

$t_{\rho_i}$  statistique ADF des séries individuelles du panel, les simulations Monte-Carlo montrent que T-bar est distribuée normalement.

Les résultats des tests de racine unitaire en panel sont concordantes et montrent que toutes les variables sont intégrées d'ordre un sauf la consommation d'électricité qui est stationnaire à niveau.

Variables	IPS		Levinlin		Fisher		MADF	
	Coefficients	P-value	Coefficients	P>t	Chi 2	P>X	MADF	CV 5%
Ly	-1,119	0,814	-0,04828	0,539	4,9718	0,761	7,875	25,065
$\Delta$ ly	-4,235	0,000	-1,01658	0,000	60,2744	0,000	130,672	25,463
Lp	-1,564	0,461	-0,14922	0,281	5,7898	0,671	10,653	25,065
$\Delta$ lp	-3,971	0,000	-1,01632	0,000	61,6788	0,000	155,686	25,463
Le	-2,779	0,002	-0,43762	0,001	18,5465	0,018	33,521	25,065
$\Delta$ le	-6,467	0,000	-1,77212	0,000	126,1163	0,000	245,692	25,463

Note :  $\Delta$ =opérateur de différence première

#### 4. 2. 2. Test de cointégration en panel

Sur la base des résultats du test de racine unitaire en panel, nous procédons au test de cointégration en panel, nous considérons que globalement, toutes les variables sont intégrées d'ordre 1. Le concept de cointégration peut être définie comme un co-mouvement systématique à long terme entre deux ou plusieurs variables économiques, (Yoo 2006). Les

tests de Granger (1981) et Johansen (1988), sont indiqués pour les séries temporelles et ne traitent pas les données de panel. Plusieurs tests sont élaborés dans le cadre des panels : Les tests d'absence de cointégration sur données de panel proposés par Pedroni (1995, 1997, 1999, 2004), Kao(1999) et Bai et Ng (2001) sont des tests résiduels analogues aux tests proposés par Engle et Granger (1987) dans le cadre des séries temporelles. Larsson *et alii* (2001) et Groen et Kleibergen (2003), se sont quant à eux inspirés des travaux de Johansen (1991, 1995) afin de proposer des tests basés sur le rapport de vraisemblance dans un système où *a priori* le nombre de relations de cointégration n'est pas connu.

En outre, Pedroni (1995, 1997) a proposé divers tests de cointégration en deux étapes visant à appréhender l'hypothèse nulle d'absence de cointégration intra-individuelle à la fois pour des panels homogènes et hétérogènes en présence d'un seul régresseur dans les relations de cointégration, Pedroni (1999, 2004) propose une extension au cas où les relations de cointégration comprennent plus de deux variables et développe sept (7) tests basés sur l'estimation du résidu du modèle de long terme. Les tests de Pedroni prennent en compte l'hétérogénéité par le biais de paramètres qui peuvent différer entre les individus. Ainsi, sous l'hypothèse alternative, il existe une relation de cointégration pour chaque individu, et les paramètres de cette relation de cointégration ne sont pas nécessairement les mêmes pour chacun des individus du panel (Hurlin et Mignon 2007).

Par ailleurs, Kao (1999) a également proposé des tests de l'hypothèse nulle d'absence de cointégration : test de type Dickey-Fuller et test de type Dickey-Fuller Augmenté. Contrairement aux tests de Pedroni, Kao considère le cas particulier où les vecteurs de cointégration sont supposés homogènes entre les individus. En d'autres termes, ces tests ne permettent pas de tenir compte de l'hétérogénéité sous l'hypothèse alternative et ne sont par ailleurs valables que pour un système bivarié (*i.e.* lorsqu'un seul régresseur est présent dans la relation de cointégration). Enfin, McCoskey et Kao (1998) ont quant à eux, proposé un test de l'hypothèse nulle de cointégration dans des panels hétérogènes. Il s'agit d'un test résiduel du multiplicateur de Lagrange que l'on peut rapprocher du test de Shin (1994) élaboré dans le cas des séries temporelles.

Pour analyser la relation causale entre consommation d'électricité, les exportations et la croissance du PIB, Narayan et Smyth (2009) adoptent le test de cointégration en panel suggéré par Westerlund (2006), ce test prend en compte les ruptures structurelles multiples. A partir du modèle de long terme, Westerlund (2006) détermine les ruptures structurelles de manière endogène en utilisant la technique de Bai et Peron (1998) qui minimise globalement

la somme des carrés résiduels pour obtenir les ruptures. La méthode d'estimation FMOLS de (Phillips et Hansen 1990) est utilisée pour estimer le terme d'erreur.

Westerlund (2007) a ensuite développé quatre tests de cointégration en panel, l'idée sous-jacente étant de tester l'absence de cointégration tout en déterminant si les individus du panel peuvent adopter chacun un modèle à correction d'erreur.

Considérons le modèle à correction d'erreur suivant :

$$\Delta y_{it} = c_i + a_{i1} \Delta y_{it-1} + a_{i2} \Delta y_{it-2} + \dots + a_{ip} \Delta y_{it-p} + \dots + b_{i0} \Delta x_{it} + b_{i1} \Delta x_{it-1} + \dots + b_{ip} \Delta x_{it-p} + a_i (y_{it-1} - b_i x_{it-1}) + u_{it}$$

$a_i$  est la force de rappel vers l'équilibre de long terme  $y_{it} = -(b_i/a_i)x_{it}$  pour la série  $i$

Les tests statistiques Ga et Gt test  $H_0 : a_i = 0$  pour tout  $i$  contre  $H_1 : a_i < 0$  pour au moins un  $i$ . Les tests statistiques Pa et Pt combinent l'information de toutes les séries temporelle et testent  $H_0 : a_i = 0$  pour tout  $i$  contre  $H_1 : a_i < 0$  pour tout  $i$ . Le rejet de  $H_0$  est donc considéré comme le rejet de non cointégration pour le panel tout entier. Lorsque les séries individuelles sont suspectées être corrélées, les valeurs critiques robustes peuvent être obtenues à partir du « bootstrapping ».

Statistiques	lnY et lnP		lnY et lne		lnP et lne	
	Coefficients	P-value	Coefficients	P-value	coefficients	P-value
Gt	-2.518	0.344	-3.042	0.044**	-3.687***	0.001
Ga	-14.213	0.243	-11.914	0.498	-16.272*	0.094
Pt	-5.807**	0.033	-4.290	0.470	-6.078**	0.016
Pa	-16.714***	0.005	-12.350	0.128	-12.371	0.126

Notes : \*, \*\*, \*\*\* significativité à 10%, 5%, 1%

Des quatre statistiques de Westerlund (2007) construites avec les données des quatre pays de l'UEMOA, les statistiques Pt et Pa évoquent d'une part le rejet de l'hypothèse nulle de non cointégration entre le revenu réel et la consommation de pétrole pour le panel tout entier. D'autre part bien qu'il ne semble pas avoir de cointégration entre le revenu réel et la consommation d'électricité au niveau du panel mais la statistique Gt montre le rejet de l'hypothèse nulle de non cointégration entre ces variables au niveau individuel c'est-à-dire pour au moins un pays. Les statistiques conduisent au rejet de l'hypothèse de non cointégration entre l'électricité et le pétrole tant au niveau du panel qu'au niveau individuel

sauf la statistique Pa. En somme, le modèle à correction d'erreur peut être adopté pour tout le panel tout entier et même pour certains pays pris individuellement.

#### 4. 2. 3. Test de causalité de Granger en panel :

Suite aux résultats du test de cointégration nous estimons le VECM en panel pour tester la causalité de Engel et Granger (1987). Nous adoptons la procédure en deux étapes, en estimant d'abord le modèle de long terme en vue d'obtenir les résidus.

$$\ln Y_{it} = \alpha_{it} + \delta_{it} + \gamma_{1i} E_{it} + \gamma_{2i} P_{it} + \varepsilon_{it}$$

La valeur retardée des ces résidus est introduite comme terme de correction d'erreur le VECM, le modèle dynamique à correction d'erreur suivant est estimé :

$$\begin{aligned} \Delta \ln Y_{it} &= \alpha_{iY} + \sum_{k=1}^q \theta_{11ik} \Delta \ln Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{12ik} \Delta \ln E_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{13ik} \Delta \ln P_{it-k} + \lambda_{1i} \varepsilon_{it-1} + u_{it} \\ \Delta \ln E_{it} &= \alpha_{iE} + \sum_{k=1}^q \theta_{21ik} \Delta \ln E_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{22ik} \Delta \ln Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{23ik} \Delta \ln P_{it-k} + \lambda_{2i} \varepsilon_{it-1} + u_{it} \\ \Delta \ln P_{it} &= \alpha_{iP} + \sum_{k=1}^q \theta_{31ik} \Delta \ln P_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{32ik} \Delta \ln Y_{it-k} + \sum_{k=1}^q \theta_{33ik} \Delta \ln E_{it-k} + \lambda_{3i} \varepsilon_{it-1} + u_{it} \end{aligned}$$

Avec  $\Delta$  l'opérateur de différence première, et  $q$  le nombre de retard qui peut être déterminé par la procédure en deux étapes suggérées par Abdalla et Murinde (1997). Pour ces derniers le nombre optimal de retard est celui qui maximise la valeur du  $R^2$ , et  $u$  est le terme d'erreur.

Variables dépendantes	$\Delta \ln Y$	$\Delta \ln P$	$\Delta \ln E$	Terme de correction d'erreur
$\Delta \ln Y$		0,166** (0,044)	0,272 (0,253)	-0,0666 (0,181)
$\Delta \ln P$	0,175* (0,059)		0,0208 (0,408)	-1,36 (0,75)
$\Delta \ln E$	0,279 (0,423)	0,181 (0,586)		-0,059 (0,764)

Notes : (.) Les probabilités,

\*, \*\*, significativité à 10%, 5%

Selon les résultats consignés dans le Tableau3, au sens de Granger, il y a :

- Une causalité bidirectionnelle de court terme entre la croissance du revenu PIB et la croissance de la consommation de pétrole (hypothèse de rétroactivité),
- Une absence de causalité entre la croissance du PIB et la consommation d'électricité,
- Une absence de causalité entre les différentes sources d'énergie à court terme.

A long terme, au niveau des résultats spécifiques aux pays, nous avons trouvé que la consommation pétrolière a un impact positif et significatif sur le revenu national dans tous les pays étudiés sauf le Togo. Un accroissement de la consommation de pétrole par tête de un pour cent entraîne une augmentation du revenu par tête de 1,76 pour cent au Bénin, de deux pour cent en Côte d'Ivoire et 1,6 pour cent au Sénégal. La consommation d'électricité quand à elle influence positivement et significativement le revenu réel au Bénin et au Sénégal, par contre elle a un effet négatif non significatif pour le Togo et un effet positif et non significatif pour la Côte d'Ivoire. Lorsque la consommation d'électricité augmente de un pour cent, le revenu par tête augmente de 0,35 pour cent au Bénin, et de 0,76 pour cent au Sénégal. Pour le Togo et la Côte d'Ivoire, l'hypothèse de neutralité à long terme entre électricité et croissance est valide. Cela peut s'expliquer par les effets néfastes des délestages intempestifs fréquents dans certains pays qui freinent l'activité économique. Plus les entreprises sont dépendantes de l'électricité plus elles subissent les effets ce qui peut nuire au climat des affaires.

L'estimation de la relation de long terme en panel montre que la consommation d'électricité et celle du pétrole affectent positivement et significativement la croissance du revenu réel dans la région. Ainsi une augmentation de un pour cent de la consommation du pétrole accroît le revenu de 1,54 pour cent et une augmentation de un pour cent de la consommation d'électricité entraîne une augmentation du revenu de 0,27 pour cent. En somme il existe une dépendance énergétique surtout pétrolière dans l'UEMOA qui peut s'expliquer par la faiblesse des infrastructures d'électricité.

D'autre part les résultats évoquent une substitution à long terme entre électricité et pétrole au Bénin et au Sénégal. En Côte d'Ivoire et au Togo les deux sources d'énergie sont complémentaires. En outre les deux sources sont substituables pour le panel tout entier donc au niveau régional. En effet une augmentation de un pour cent de l'électricité entraîne une diminution de celle du pétrole de 1,1 pour cent tandis qu'une augmentation de la consommation du pétrole de un pour cent diminue celle de l'électricité de 0,79 pour cent.

Du reste, il existe quelques cas de causalité bidirectionnelle. La croissance du revenu réel affecte positivement et significativement la consommation d'électricité au Bénin. Une augmentation du revenu de un pour cent entraîne une diminution de la consommation d'électricité de 0,199 pour cent. Au niveau du panel une augmentation de un pour cent du revenu accroît moins la consommation du pétrole (0,45%) que celle d'électricité (0,73%).

Tableau 4 : Relation de long terme						
	PIB (lnY)		Pétrole (lnP)		Electricité (lne)	
	lnP	Lne	lnY	Lne	lnY	lnP
Bénin	1,764*** (58,59)	0,355*** (7,13)	0,563*** (66,09)	-0,190*** (-6,56)	1,991*** (8,34)	-3,337*** (-7,00)
Côte d'Ivoire	2,093*** (36,83)	0,108 (1,54)	0,444*** (19,25)	0,035*** (0,58)	0,225 (1,16)	0,344 (0,81)
Sénégal	1,629*** (18,52)	0,761*** (7,05)	0,563*** (24,35)	-0,328*** (-5,11)	0,812 (9,08)	-1,012 (-5,01)
Togo	2,047 (9,88)	-0,208 (-0,76)	0,410*** (10,77)	0,297*** (3,09)	-0,144 (-0,90)	1,031*** (3,43)
Panel	1,536*** (18,71)	0,266*** (5,78)	0,446*** (14,67)	-0,113*** (-4,13)	0,731*** (6,57)	-0,789*** (-3,36)

Notes : (.) Les statistiques t de student

\*, \*\*, \*\*\* significativité à 10%, 5%, 1%

L'issue majeure de cette étude est que pour le panel des quatre pays de l'UEMOA, il y a une causalité bidirectionnelle entre consommation de pétrole et croissance du revenu réel. Par contre, nous notons une absence de causalité entre consommation d'électricité et croissance du revenu. A court terme, il n'y a de pas substitution entre les sources d'énergie (pétrole et électricité) mais à long terme, l'hypothèse de substitution trouve sa pertinence. Les résultats de l'analyse en panel sont identiques pour certains pays pris individuellement.

## 5. Conclusion

Cette étude vise à déterminer d'abord le sens de causalité entre la croissance économique et la consommation d'énergie dans quatre pays de l'UEMOA, à savoir le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo. Pour ce faire après des tests de racine unitaire de Im et al., de Fisher, et de Levin et Lin, la cointégration a été testée par la méthode de Westerlund (2007) ainsi que la causalité de Granger en panel sur les séries de données couvrant la période 1970-2005.

Les résultats montrent qu'à court terme, il y a une causalité bidirectionnelle entre consommation de pétrole et croissance du PIB pour le panel tout entier. Toutefois, il y a absence de causalité entre consommation d'électricité et croissance économique. Cette indépendance pétrolière de la croissance des pays de la zone peut être due à la faiblesse des

infrastructures d'électricité, aux délestages intempestifs nuisibles à la croissance et au fait que peu d'industries et de ménages consomment l'électricité. A long terme l'hypothèse de rétroactivité est également admise mais cette fois, avec toutes les deux sources d'énergie.

Ensuite l'étude analyse la nature de la relation entre la consommation d'électricité et celle du pétrole. L'hypothèse de substitution énergétique n'est pas valable à court terme mais à long terme, les deux sources d'énergie sont substituables. Il y a donc une rigidité des habitudes de consommation énergétique à court terme dans les pays de la région.

Enfin l'étude tente de vérifier la possibilité de conduire une politique énergétique globale au sein de l'UEMOA. L'estimation pays par pays de la relation de long terme montre que la nature de la relation entre croissance économique et les différentes sources d'énergie n'est pas uniforme pour tous les pays à long terme. La nature de la relation au niveau de certains pays est conforme au résultat du panel tout entier alors d'autres pays comme le Togo affiche des comportements différents.

Au regard de ces résultats nous formulons quelques recommandations de politiques économiques : Les projets d'extension électrique et d'interconnexion des réseaux des états de la zone sont à encourager ainsi que l'amélioration des infrastructures et la sécurisation de l'offre énergétique dans le souci d'éviter les délestages nuisible à l'activité économique. En outre la mise en œuvre des politiques énergétiques régionales prenant en compte les spécificités de certains pays est nécessaire. Dans nos recherches futures nous essayerons d'élargir l'étude sur un plus grand nombre de pays tout en tenant compte des variables de prix et d'intégration économique.

## 6. Références bibliographiques

- Al-Iriani, Mahmoud, A., “Energy-GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality”, *Energy Policy*, 2006, 34, 3342-3350.
- Asafu-Adjaye, John, “The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries”, *Energy Economics*, 2000, 22, 615–625.
- Aspergis, Nicholas and Payne, James, E., “Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model”, *Energy Economics*, 2009, 31, 211–216
- Bai, J., and Ng, S., “A PANIC Attack on Unit Roots and Cointegration.”, *Econometrica*, 2004, 72, pp. 1127-1177.
- Banerjee, A., “Panel Data Unit Roots and Cointegration: An Overview. », *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 1999, 61, pp. 607-630.
- BOAD, Forum sur le Thème : “ Les Etats de l’UEMOA face aux défis du développement ”, 33<sup>ème</sup> anniversaire de la BOAD, 2008, *Rapport de synthèse des travaux*, Lomé, 13
- Breitung, J., “The local power of some unit root tests for panel data.”, *Advances in Econometrics*, 2000, 15, 161–177.
- Breitung, J., “A Parametric Approach to the Estimation of Cointegration Vectors in Panel Data.”, *Econometric Reviews*, 2005, pp. 151-174
- Déry, Patrick “Substitution énergétique : Mythe ou Réalité ?” Rapport sur l’énergie régionale, Octobre 2007
- Dickey, D., A., and Fuller W., A., “Likelihood Ratio Statistics for AutoRegressive Time Series with a Unit Root.”, *Econometrica*, 1981, 49, pp. 1057-1072.
- Engle, R., F., and Granger C., W., J., “Cointegration and Error-Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica*, 1987, 64, pp. 813-836.
- Erbaykal, Erman, “Disaggregate Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From Turkey”, *International Research Journal of Finance and Economics*, 2008, Issue 20, ISSN, 1450-2887.
- Fatai, K.; Oxley, L. et Scrimgeour, F., G., “Modelling the causal relationship between energy consumption and GDP in New Zealand, Australia, India, Indonesia, The Philippines and Thailand”, *Mathematics and Computers in Simulation*, 2004, 64, 431–445.

- Hurlin, Christophe et Mignon, Valérie, “ Une synthèse des tests de racine unitaire sur données de panel ”, *Économie et Prévision* 2005/ 3-4-5, n° 169, p. 253-294.
- Hurlin, Christophe et Mignon, Valérie, “ Une synthèse des tests de cointégration sur données de Panel ”, *Économie et Prévision* 2007/ 4, n° 180-181, p. 241-265.
- Im, Kyung, S.; Pesaran, Hashem, M. and Shin, Yongcheol, “Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels.”, *Journal of Econometrics*, 2003, 115, 53-74
- Johansen S., “Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models.”, *Econometrica*, 1991, 59, pp. 1551-1580.
- Kraft, J., and Kraft, A., “On the relationship between energy and GNP. ”, *Journal of Energy and Development*, 1978, 3, 401–403.
- Lee, Chien-Chiang and Chang, Chun-Ping, “Structural breaks, energy consumption, and economic growth revisited: evidence from Taiwan.”, *Energy Economics*, 2005, 27 (6), 857–872.
- Levin, Andrew; Lin Chien-Fu, and Chu, C., S., J., “Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties”, *Journal of Econometrics*, 2002, 108, pp. 1-24.
- Lütkepohl, H., “Non-causality due to omitted variables”, *Journal of Econometrics*, 1982, 19, 267–378.
- Masih, A., M., M., and Masih, R., “A multivariate co integrated modeling approach in testing temporal causality between energy consumption, real income and prices with an application to two Asian LDCs ”, *Applied Economics*, 1998, 30 (10), 1287–1298.
- McCoskey, S., and Kao, C., “A Residual-Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data”, *Econometric Reviews*, 1998, 17, pp. 57-84.
- Mehrara, Mohsen, “Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries”, *Energy Policy*, 2007, n°35, 2939–2945.
- Narayan, Paresh, K., and Smyth, Russell, “Electricity consumption, employment and real income in Australia: evidence from multivariate Granger causality tests”, *Energy Policy*, 2005, 33, 1109–1116.
- Narayan, Paresh, K., and Smyth, Russell, “Are shocks to energy consumption permanent or temporary: evidence from 182 countries?”, *Energy Policy*, 2007, 35, 333–341.

Narayan, Paresh, K., and Smyth, Russell, “Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks”, *Energy Economics*, 2008, 30, 2331–2341.

Narayan, Paresh, K., and Smyth, Russell, “Multivariate granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries.”, *Energy Policy*, 2009, 37, 229–236

Perron, P., “Test consistency with varying sampling frequency”, *Econometric Theory*, 1991, 7, 341–368.

Pedroni, P., “Panel Cointegration, Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis”, *Working Paper in Economics*, 1995, 92-013, Indiana University.

Pedroni, P., “Panel Cointegration. Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis”, *Econometric Theory*, 2004, 20(3). pp. 597-625.

Phillips, P., C., B., and Hansen, B., E., “ Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes”, *Review of Economic Studies*, 1990, 57, pp. 99-125.

PISE “Présentation des résultats de l’étude du secteur de l’énergie des pays de l’UEMOA et du Cameroun”, Rencontre Sectorielle ACP /EU pour La Promotion du Partenariat Interentreprises et des Investissements dans le Secteur de l’énergie, février 2005.

Rufael, Wolde, Y., “Energy demand and economic growth: the African experience”, *Journal of Policy Modeling*, 2005, 27 (8), 891–903.

Sari, Ramazan, and Soytas, Ugur, “The growth of income and energy consumption in six developing countries”, *Energy Policy*, 2007, 35 (2), 889–898.

Squalli, J., “Electricity consumption and economic growth: bounds and causality analyses of OPEC countries”, *Energy Economics*, 2007, 29, 1192–1205.

Sokona, Youba ; Sarr, Sécou et Thomas, Jean, P., “Les Enjeux des Technologies d’Energie Renouvelable dans la lutte contre la désertification ”, Nairobi, Kenya 7 – 8 May 2004 Conférence des Ministres Africains se l’Energie UNCCD.

Soytas, Ugur, Sari, Ramazan, “Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets”, *Energy Economics*, 2003, 25, 33–37.

Stern, D., “Energy and economic growth in the USA: a multivariate approach”, *Energy Economics*, 1993, 15, 137–150.

Stern, D., “Multivariate cointegration analysis of the role of energy in the U.S. macroeconomy”, *Energy Economics*, 2000, 22, 267–283.

World Development Indicators, 2008 World Bank: Washington DC.

Yoo, S., H., “The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries”, *Energy Policy*, 2006, 34 (18), 3573–3582.

Westerlund, Joakim, “Testing for panel cointegration with multiple structural breaks”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2006, 68, 101–132.

Westerlund, Joakim, “Testing for error correction in panel data”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2007, 69: 709-748.