



**Master Analyse Economique et Développement
International**

Spécialité : Développement Durable dans les Pays en
Développement et en Transition»

Année universitaire : 2010-2011



Mémoire de fin d'études

**Les déterminants de la demande d'énergie
en Afrique Subsaharienne :**

Cas de trois zones économiques (CEMAC, UEMOA, SADC)



Auteur : Sidi DOUMBOUYA

Sous la direction de :

Pascale COMBES MOTEL

Professeur des Universités – CERDI - Uda

Soutenu en Mars 2012

Les déterminants de la Demande d'énergie en Afrique Subsaharienne :

Cas de trois (3) zones économiques (CEMAC, UEMOA, SADC)

« Le monde de l'énergie est confronté à une incertitude sans précédent. La crise économique mondiale de 2008-2009 a plongé dans la tourmente les marchés énergétiques partout dans le monde, et le rythme de la reprise économique mondiale conditionnera les perspectives énergétiques dans les années à venir. Mais, ce sont les gouvernements et leurs réponses au double défi du changement climatique et de sécurité énergétique qui façonneront l'avenir de l'énergie à long terme. », WEO (World Energy Outlook)-2010, <http://www.iea.org/weo/>

Sommaire

Avertissements	i
Remerciements	i
Liste des acronymes	ii
Liste des figures, graphiques et tableaux.....	iii
Résumé	iv
Introduction	1
Chapitre 1 : Situation énergétique et les principaux déterminants de la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne.....	3
A. Situation énergétique de l'Afrique	3
B. Les principaux déterminants de la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne	5
C. Rôle de l'énergie dans le développement économique de l'Afrique Subsaharienne.....	7
Chapitre 2 : Analyse économétrique de la demande d'énergie dans les pays d'Afrique Subsaharienne.....	8
A. Echantillon et Données.....	8
B. Description et choix des variables.....	10
C. Analyses descriptives	13
Chapitre 3 : Méthodologie et démarches économétriques.....	18
A. Revue de la littérature.....	18
A.1. Revue théorique.....	18
A.2. Eléments empiriques	19
A.3. Des travaux empiriques récents.....	20
A.4. Cas spécifiques pour l'Afrique subsaharienne	21
B. Méthodologie.....	22
C. Présentation et discussion des résultats	27
D. Les implications politiques.....	28
Conclusion	29
Bibliographie	30

Avertissements

Ce mémoire qui s'inscrit dans le cadre de l'obtention du Master en Développement Durable au Centre d'Etudes et de Recherche sur le Développement International (CERDI), traite les déterminants de la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne. L'objectif principal est d'analyser le lien entre la croissance économique et la consommation énergétique. Nous nous focalisons sur l'impact de la croissance économique sur la consommation énergétique (hypothèse de conservation). Pour cela, nous utilisons les techniques d'économétrie, notamment, la méthode généralisée des moments (GMM) d'Arellano et Bond [1991], pour estimer une fonction de demande d'énergie.

Toutefois, le CERDI – Université d'Auvergne n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans ce mémoire. Ces opinions doivent être considérées comme propres à son auteur.

Remerciements

Je tiens à remercier les responsables de ce Master, Pascale Motel COMBES et Johanna CHOUMERT, pour leur disponibilité pendant toute la durée de cette formation. Mes remerciements particuliers à Mme COMBES pour ces conseils et l'encadrement de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des intervenants de ce Master pour la qualité de leurs enseignements. J'adresse aussi ma gratitude à Mme Annie CUER, Ingénieur de recherche [CNRS] - Chargée des relations institutionnelles au CERDI, pour ces conseils et son soutien moral qui furent très constructifs pour ce mémoire.

Mots-Clés : Demande d'énergie, croissance économique, causalité, panel dynamique, estimation GMM, politique de conservation d'énergie.

Liste des acronymes

AIE	Agence International de l'Energie
ASS	Afrique Subsaharienne
BTU	British Terminal Unit
BAU	Business as Usual
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CEEAC	Communauté Economique des Etats de l'Afrique Centrale
CEMAC	Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale
FMI	Fonds monétaire international
GMM	Méthode Généralisée des Moments
GW	Gigawatt
IZF	Investir en Zone Franc
OCDE	Organisation de Coopération et Développement Economique
OMD	Objectif du Millénaire pour le Développement
PIB	Produit Intérieur Brut
PNB	Produit National Brut
TEP/Ktep	Tonne Equivalent Pétrole / Kilo Tonne Equivalent Pétrole
UEMOA	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
SADC	Southern African Development Community
WDI	World Development Indicator
WEO	World Energy Outlook

Liste des figures, graphiques et tableaux

Figure 1	Consommation totale d'énergie primaire dans le monde en 2010
Figure 2	Carte de la CEMAC
Figure 3	Carte de l'UEMOA
Figure 4	Carte de la SADC
Graphique 1	Evolution de la consommation d'énergie par région de 1980 à 2005
Graphique 2	Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/habitant en CEMAC
Graphique 3	Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/hab dans la zone SADC
Graphique 4	Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/hab. en UEMOA
Graphique 5	Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de la CEMAC
Graphique 6	Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de l'UEMOA
Graphique 7	Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de la SADC
Graphique 8	Nuages de points Consommation d'énergie primaire et PIB/habitant
Graphique 9	Nuages de point Consommation d'énergie primaire et PIB/habitant par pays
Tableau 1	Récapitulatif des variables
Tableau 2	Résultats du test de normalité des écarts aléatoires
Tableau 3	Estimation Modèle à effets fixe
Tableau 4	Estimation Modèle à Effets Aléatoires
Tableau 5	Résultat du test de Breush-Pagan (Significativité des Effets Aléatoires)
Tableau 6	Estimation du Modèle à Effets Fixes retenu
Tableau 7	Test d' Homoscedasticité des Ecart Aléatoires (test de Breush-Pagan)
Tableau 8	Test de Spécification de la Forme Fonctionnelle (test de Ramsey-Reset)
Tableau 9	Estimation GMM en première différence

Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'analyser le lien entre la croissance économique et la consommation énergétique. Nous utilisons les techniques d'économétrie, notamment la Méthode Généralisées des Moments (GMM) d'Arellano et Bond [1991] pour examiner ce lien. Notre travail se focalise sur l'impact de la croissance économique sur la consommation énergétique. Nous utilisons un échantillon de trois zones économiques de l'Afrique Subsaharienne (CEMAC¹, UEMOA², SADC³) et les données de 1980 à 2005. Les résultats d'une telle analyse peuvent être cruciaux pour les choix d'orientation des politiques énergétiques.

Mots clés : Demande d'énergie, croissance économique, causalité, panel dynamique, estimation GMM, politique de conservation d'énergie.

Abstract

The main objective of this work is to analyze the relationship between economic growth and energy consumption. We use econometric techniques, including the Generalized Method of Moments (GMM) of Arellano and Bond [1991] to examine this link. Our work focuses on the impact of economic growth on energy consumption. We use a sample of three economic zones in Sub-Saharan Africa (CEMAC, UEMOA, and SADC) and the data from 1980 to 2005. The results of such an analysis can be crucial for the choice of orientation of energy policy.

Keywords: Energy demand, economic growth, causality, dynamic panel GMM estimation, energy conservation policy.

¹**CEMAC** : Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale, a été créée le 16 mars 1994 à N'Djamena au Tchad regroupe six pays de l'Afrique centrale (hors Guinée Equatoriale dans notre cas).

²**UEMOA** : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine Créée le 10 janvier 1994 et regroupe 8 pays de l'Afrique de l'Ouest (Nous n'avons pris en compte la Guinée-Bissau pour manque d'informations).

³**SADC**: Southern African Development Community- Communauté pour le développement d'Afrique Australe. Créée le 13 Août 1992. Pour des raisons de disponibilité d'informations statistiques, nous avons retenu six (6) pays dans notre analyse.

Introduction

Le monde connaît depuis plus d'un siècle un important développement économique. Le développement industriel, l'augmentation du parc automobile et la multiplication des équipements domestiques ont provoqué une croissance importante de la demande énergétique. Mais, malheureusement, cette croissance de la demande a été majoritairement couverte par le recours aux sources d'énergie fossile, motivé par des considérations économiques (World Energy Outlook, 2010). Ainsi, l'économie mondiale actuelle repose, très fortement, sur un système énergétique non renouvelable (pétrole, charbon et gaz, uranium) et dans une moindre mesure sur les énergies renouvelables (**World Energy Outlook 2010**). Cela implique une hausse constante de la demande en énergie et des tensions très fortes sur le marché mondial.

Dans un rapport de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE, 1999), la consommation mondiale d'énergie s'élevait à 8,5Gtep contre 3Gtep en 1960 et 4,4Gtep en 1970. Cette consommation d'énergie se répartit de la manière suivante : le pétrole 40% de la part totale, le gaz 24%, le charbon 25%, l'électricité nucléaire 8% et celle hydraulique 3%. Toutefois, cette répartition cache de grande disparité entre les différentes régions du monde (d'une part, entre pays en développement et pays industrialisés, d'autre part, entre milieu urbain et milieu rural, dans les pays en développement).

Cependant, malgré son poids démographique, l'Afrique ne participe aujourd'hui que très faiblement à la consommation énergétique mondiale. Un africain consomme en moyenne 0,3 tep/an contre près de 7,8 tep/an pour un Américain et 4 tep/an pour un Européen⁴. L'enjeu énergétique est donc d'une importance cruciale pour le développement du continent africain.

Figure1: Total Energy Consumption - Year: 2010



Source: Enerdata -Global Energy Statistical Yearbook 2011

⁴ BP Statistical, Review of World Energy (2009), Calcul basé sur PRB (2007).

Depuis la fin des années 1970 et en raison de la gravité des crises d'énergie (les chocs pétroliers de 1973 et de 1979), les pays développés ont pris conscience que leur prospérité matérielle, basée sur l'utilisation intensive de ressources naturelles épuisables, était menacée. Ainsi, la situation énergétique revêt une préoccupation particulière pour l'Agence Internationale de l'énergie (AIE), les décideurs publics et le monde de la recherche au début des années 80. Cette prise de conscience de l'épuisement des ressources naturelles était à l'origine de nombreuses études empiriques qui ont porté sur la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique (voir Erol et Yu, 1987; Masih et Masih, 1996; Asafu-Adjaye, 2000).

Cependant, la relation entre la demande énergétique et la croissance économique est très complexe. Cette relation complexe, très peu étudiée en Afrique, pose un sérieux problème d'efficacité et d'adéquation de politiques énergétiques sur le continent africain. La nécessité d'une telle étude s'est amplifiée récemment avec les crises énergétiques répétées que connaît le continent et la hausse continue du cours de l'énergie.

Ainsi, de nombreuses études ont tenté de mettre en lumière le sens de la relation entre la demande d'énergétique et la croissance économique mais, aucun consensus n'a émergé. Toutefois, la connaissance appropriée de la nature d'une telle relation serait cruciale pour les choix d'orientation des politiques énergétiques.

S'il existe une causalité allant de la consommation d'énergie au produit intérieur brut (PIB), cela dénote une économie tributaire de l'énergie. De ce fait, l'énergie peut affecter la croissance et le développement économique du pays concerné. L'existence d'une causalité inverse signifie que l'économie est très peu dépendante de l'énergie et donc que celle-ci n'affecte pas ou très peu la croissance économique.

Dans ce travail, l'objectif principal est d'analyser l'impact de la croissance économique sur la consommation énergétique. Nous utilisons les techniques d'économétrie, notamment la Méthode Généralisés des Moments (GMM) d'Arellano et Bond [1991] et les données de 1980 à 2005 pour estimer une fonction de demande d'énergie.

Notre démarche est articulée en trois chapitres : le premier, décrit la situation énergétique de l'Afrique, les principaux déterminants de la demande d'énergie et rôle de l'énergie dans le développement économique du continent. Le deuxième, est consacré à l'échantillon et l'analyse descriptive. Le troisième aborde la méthodologie et les démarches économétriques pour enfin discuter les résultats.

Chapitre 1 : Situation énergétique et les principaux déterminants de la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne.

Dans cette partie, nous énumérons d'abord la situation énergétique du continent africain dans son ensemble puis par grandes régions que compose notre échantillon. Ensuite, nous abordons le rôle de l'énergie dans le développement économique et social du continent. En fin, nous analysons les principaux éléments qui déterminent la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne.

A. Situation énergétique de l'Afrique

Selon Dubois S., (2007), le continent africain constitue, aujourd'hui, une zone vierge à la prospection. Les réserves énergétiques prouvées représentent, pour le pétrole, plus de 8 % des réserves mondiales et pour le gaz, environ 8 % des réserves mondiales de gaz. Les statistiques gouvernementales américaines placent l'Afrique au troisième rang mondial, avec des réserves de pétrole de 77.4 milliards de barils, après le Moyen-Orient, 685.6 milliards de barils et l'Amérique du Sud, 98.6 milliards de barils. Ce continent occupe le quatrième place des réserves mondiales de gaz avec 418.2 milliards de barils, après le Moyen-Orient, 1979.7, l'Europe de l'Est, 1964,2 milliards de barils et l'Asie et l'Océanie pour 445,4 milliards de barils. Ce constat invite les acteurs de la filière pétrolière et gazière mondiale à fonder de grands espoirs sur ce continent. Outre, le rapport annuel de l'OCDE place le continent africain au quatrième rang avec 20 % des réserves mondiales d'uranium, après l'Australie (23 %), le Canada (12 %) et les Etats-Unis (7.5 %).

Mais, au début du XXI^e siècle, la situation énergétique de l'Afrique est le reflet de son faible niveau de développement (AIE, 2010). En effet, pour une population estimée en 2008 à 808 millions d'habitants (791 millions en Afrique Subsaharienne), représentant 11% de la population mondiale, la consommation d'énergie primaire de l'Afrique s'établissait à 469 M tep, soit 5,7% de la consommation mondiale de sorte que l'Afrique partageait avec l'Inde le plus bas niveau de consommation d'énergie primaire par habitant, soit 0,59 tep en moyenne contre 1,76 tep au niveau mondial (4,31 tep pour l'Europe de l'Ouest, 8,46 tep pour l'Amérique du Nord). Cette consommation d'énergie est largement dominée par les sources de combustibles renouvelables notamment la biomasse (à 80%).

De même, l'énergie est produite essentiellement à partir de la biomasse (47 %), du pétrole (24,8 %), du charbon (16,5 %), du gaz (10,4 %) et d'autres sources d'énergie renouvelable comme les petits et les grands barrages hydroélectriques, l'énergie solaire et l'énergie géothermique (1,3 %)⁵.

⁵World Energy Outlook, AIE, 2010.

Cette faible consommation d'énergie ne l'empêche pas pour autant de peser très lourd dans les comptes nationaux. Elle représente souvent au moins la moitié de la valeur des importations et s'accompagne, paradoxalement, d'importants gaspillages. Comme le souligne **Géraud M., (2007)**, ceux-ci tiennent à la vétusté des parcs automobiles, des industries et des installations électriques. Les branchements sauvages et les fraudes aggravent l'inefficacité des systèmes énergétiques modernes (voir **Géraud M., 2007**).

Au-delà de la sous-consommation, la situation énergétique en Afrique est caractérisée par une grande disparité, à toutes les échelles. Les contrastes entre pays expriment les niveaux de développement. Par exemple : selon **Karekezi, (2002)**, l'Algérie, la Libye et l'Egypte consomment à eux seuls plus de la moitié de l'électricité du continent, l'Afrique du Sud 14 %, ne laissant qu'un gros quart de la consommation africaine à l'ensemble des autres pays. Mais, la dépendance vis-à-vis de la biomasse traditionnelle en tant que source principale d'énergie est particulièrement élevée dans l'Afrique sub-saharienne où, dans certains pays, la biomasse représente de 70 à 90% de la fourniture d'énergie primaire et jusqu'à 95% de la consommation totale (voir **Karekezi, 2002**).

Les faibles revenus qui sont communs dans la plupart des pays d'Afrique sub-saharienne conduisent donc à des niveaux très bas de consommation d'énergie modernes. Cela peut être clairement vu à partir des niveaux extrêmement bas d'électrification rurale dans la plupart des pays de la région.

En ce qui concerne l'accès à l'électricité, les données varient considérablement selon les sources. L'Agence internationale de l'énergie (**AIE, 2002**) indique que les taux moyens varient entre 70 % et plus de 94 % en Afrique du Nord et sont de 23 % en Afrique subsaharienne et qu'il y a de gros écarts d'un pays à l'autre (moins de 4 % en Ouganda, par exemple, contre 66 % en Afrique du Sud), et entre les zones urbaines et les zones rurales, les taux pouvant être dans ces zones d'à peine 1 %. Avec 68 gigawatts (GW), la capacité totale de production d'électricité des 48 pays d'Afrique subsaharienne ne dépasse pas celle de l'Espagne. Si l'on met de côté l'Afrique du Sud, ce chiffre tombe à 28 GW, soit autant que la capacité existante de l'Argentine. Sur ces 28 GW de capacité installée, jusqu'à 25 % sont actuellement inutilisables pour diverses causes, notamment la vétusté des installations et le manque d'entretien (**World Energy Council – AIE, 2002**).

La consommation d'énergie électrique par habitant reste encore faible, de l'ordre de 500 kWh/an contre une moyenne mondiale de 2500 kWh.

Dans un rapport du Fonds Monétaire International (**FMI, 2011**) sur les perspectives économiques régionales, Les Zone UEMOA et CEMAC produisent péniblement 495 kWh par habitant, alors que l'Afrique du Nord atteint 1330 kWh/habitant, l'Asie du Sud-est 2398 kWh/hab et l'Amérique du Nord 14723 kWh/hab. Au total, sa capacité de production ne dépasse pas celle de l'Espagne.

Ce bilan fait apparaître une forte dépendance en hydrocarbures (15% des consommations) ; une faible utilisation de l'électricité conventionnelle (5%), seuls la Côte-d'Ivoire, le Sénégal et le Togo ont des niveaux de consommation d'électricité par habitant supérieure à 100kw/h entre 2000 et 2008⁶ ; les énergies renouvelables ou alternatives sont faiblement utilisées dans la zone malgré sa bonne place dans la politique énergétique commune ; et enfin la coopération dans le domaine énergétique sous régionale se développe mais reste insuffisante.

En Afrique de l'Ouest, la mise en place d'un marché régional de l'électricité dans le cadre du pool énergétique ouest-africain, la fourniture de gaz naturel nigérian au Bénin, au Togo et au Ghana par le biais du gazoduc ouest-africain pour la production d'électricité et l'utilisation industrielle et l'Observatoire énergétique de la CEDEAO figurent parmi les priorités actuelles.

Les principales activités en cours **en Afrique australe** concernent la facilitation de la mise en service du pool énergétique d'Afrique australe, la création et la tenue à jour d'une base de données régionale de planification énergétique, la facilitation de la création d'un système d'échange d'informations dans tous les États membres de la SADC, et la mise en œuvre du projet de couloir occidental West cor.

Dans les autres sous-régions d'Afrique, notamment en Afrique centrale et en Afrique de l'Est, on s'efforce de développer un programme énergétique. Le pool énergétique d'Afrique centrale, créé en avril 2003 à Brazzaville, doit couvrir les onze pays de la Communauté Economique des États d'Afrique Centrale (CEEAC). Le projet de pool énergétique le plus récent, le pool énergétique d'Afrique de l'Est, a été lancé en mars 2005.

B. Les principaux déterminants de la demande d'énergie en Afrique Subsaharienne

L'un des principaux enjeux énergétiques est celui de la maîtrise de la consommation et par conséquent, des facteurs qui conditionnent l'évolution des besoins.

Selon Percebois, (1999), l'énergie est à la fois un bien de consommation finale et une consommation intermédiaire utilisée dans le processus productif. Le rapport entre la consommation d'énergie primaire et le produit intérieur brut est très variable dans le temps et dans l'espace. Ce sont donc les variables liées à la structure productive, à la technologie utilisée, au climat, à la réglementation en vigueur, aux comportements des agents et au prix directeur de l'énergie qui influencent le contenu énergétique de la richesse intérieure d'un pays (voir **Percebois J., 1999**).

⁶D'après les statistiques de la base de données d'ENERDATA (février 2007)

Au moment des chocs pétroliers une controverse s'est développée entre les partisans d'une approche économétrique et les défenseurs d'une vision "technico-économique" de la demande d'énergie. Les premiers s'efforçaient de trouver des relations stables, à partir de séries temporelles, entre la consommation d'énergie et ses principaux déterminants (le prix de l'énergie, la valeur ajoutée, le niveau d'investissement etc...). Les seconds reprochaient à cette approche de ne pas pouvoir anticiper les ruptures dans les évolutions, suite à des chocs, et justifiaient le recours à une modélisation "*bottom-up*" plus technique. L'évolution de la demande d'énergie primaire est dès lors conçue comme la résultante de l'évolution de divers paramètres techniques et comportementaux (voir **Percebois J., 1999**).

Empiriquement, le PIB reste le principal déterminant de la consommation d'énergie et il est donc l'un des facteurs les plus importants à prendre en compte dans la projection des changements dans la consommation d'énergie.

Le schéma du développement économique, notamment la contribution relative du secteur manufacturé, industriel et celui des services, affecte également la demande globale d'énergie.

Par ailleurs, les premières études du Club de Rome sur «**les limites de la croissance**» ont elles aussi fixé un rôle prépondérant à l'accroissement démographique (voir **Chesnais et Chasseriaux, 1981**). Pour les néo-malthusiens, la catastrophe est inévitable si la croissance démographique du monde n'est pas très rapidement réduite de façon sensible, et c'est pour l'énergie en particulier que le problème sera le plus crucial. Donc, pour la plupart des modèles, qu'ils soient économétriques ou analytiques, la variable démographique est prise en considération mais elle intervient rarement de façon explicite.

L'urbanisation modifie également les modes de consommation d'énergie. La concentration de la population active dans les grandes villes, modèle le comportement de leurs habitants selon **Lemaître T., (1969)**.

Au niveau macro-économique, la consommation d'énergie d'un pays dépend par ordre d'importance des quatre (4) facteurs suivants : le produit intérieur brut (PIB), le niveau des prix finals de l'énergie, le climat et l'impact des politiques d'efficacité énergétique.

C. Rôle de l'énergie dans le développement économique de l'Afrique Subsaharienne

L'énergie, dans un contexte de développement, nécessite que soit pleinement compris en compte le rôle qu'elle joue dans le développement d'un pays et l'amélioration des conditions de vie des populations. Ainsi, l'énergie est à la fois source et conséquence du développement. L'accès à l'énergie, gage de conditions de vie décentes, est aussi un puissant levier de développement pour l'économie et les industries locales (**Carbonnier et al., 2011**).

De nombreuses études ont porté sur la corrélation entre la consommation énergétique d'un pays avec certains indicateurs sociaux comme la mortalité infantile, la fécondité, etc. (voir **Jones et al., 1996**; **Kanagawa et al., 2008**).

Jones et al., (1996) ont montré une forte corrélation entre quatre indicateurs sociaux (PNB, taux d'alphabétisation, mortalité infantile, fécondité) et la consommation d'énergie par habitant pour 151 pays.

Selon un rapport de la Banque Mondiale en 2007, l'utilisation de l'énergie moderne, particulièrement l'électricité, influence le bien-être des individus, que ce soit à travers l'accès à l'eau, la productivité agricole, la santé, l'éducation, la création d'emploi ou la durabilité environnementale. L'accès à l'énergie est donc une composante essentielle du développement économique, sociale et politique. Enfin, la disponibilité de l'énergie est également un moyen de réduction de la pauvreté à travers la création d'emploi. Ainsi, la consommation d'énergie est liée au développement économique.

Dans les années 50 et 60, la croissance économique des pays de l'OCDE s'est accompagnée d'une croissance de la consommation d'énergie du même ordre. Par exemple, 10 % de croissance du PNB nécessitait 10 % d'énergie en plus (élasticité unitaire)⁷. Plus tard, l'élasticité s'est fortement réduite dans les pays OCDE (la croissance dans le secteur des services, beaucoup moins consommateurs d'énergie que l'industrie). En revanche l'élasticité reste élevée dans les pays émergents.

Aujourd'hui, malgré un potentiel énorme en énergies fossiles et renouvelables, de nombreux pays africains accusent un déficit énergétique important qui handicape les entreprises et freine leur croissance économique. Les ressources du continent sont sous-exploitées, ou exportées sous forme brute, ou encore gaspillées lors de l'extraction ou du transport. Par conséquent, l'offre disponible pour les populations est largement insuffisante et la consommation d'énergie s'articule essentiellement autour de la biomasse.

⁷Voir Banque mondiale (Octobre 2009), « Stratégie énergétique du groupe de la Banque Mondiale- Synthèse sectorielle », Réseau du développement durable. p.39.

Chapitre 2 : Analyse économétrique de la demande d'énergie dans les pays d'Afrique Subsaharienne

L'essentiel de ce chapitre est consacré à l'analyse statistique des données. Ainsi, nous présentons dans un premier temps l'échantillon et les zones d'études; et dans un second temps, nous appliquons quelques statistiques descriptives à ces données.

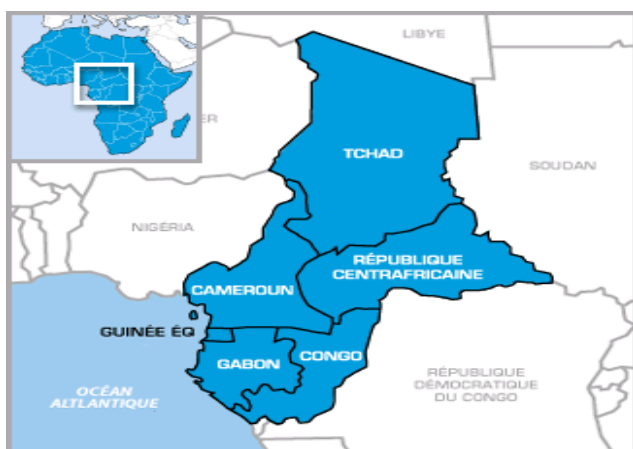
A. Echantillon et Données

Notre échantillon est composé des pays de l'Afrique Subsaharienne et le choix s'est fait en fonction des statistiques disponibles. Les données utilisées sont issues de deux sources: l'Agence Internationale de l'énergie – EIA (pour la consommation d'énergie primaire) et du World Development Indicator – WDI [2011] (pour toutes les autres variables). Il s'agit des moyennes triennales de 1980 à 2005 sur 18 pays d'Afrique Subsaharienne regroupés par zones économiques, notamment les trois zones économiques suivantes : la CEMAC, l'UEMOA, et la SADC.

Ce choix nous permettra de faire non seulement des comparaisons intra zone en matière de consommation énergétique, mais aussi des comparaisons entre pays producteurs et non producteurs de pétrole. Par ailleurs, afin d'améliorer la disponibilité énergétique, l'option régionale devra être privilégiée car le potentiel énergétique disponible est très inégalement réparti entre les pays d'Afrique Subsaharienne. La régionalisation des politiques permettrait de mieux faire face aux énormes besoins financiers que nécessite la mise en place des capacités pour l'exploitation des potentiels. Donc, par région, on peut s'attendre à des politiques énergétiques communes.

Présentation de La CEMAC: Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale

Figure 2 : Carte de la CEMAC



Créée en mars 1994 et située au cœur de l'Afrique centrale, la zone CEMAC comprend six Etats Membres qui ont en commun le franc de la Coopération Financière en Afrique rattaché à parité fixe à l'Euro. Sur le plan économique, les Etats membres possèdent d'énormes potentialités en matière de ressources naturelles. Ainsi, cinq (5) des six (6) pays sont exportateurs de pétrole.

Source: http://www.izf.net/espace_general/

Présentation de l'UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

Figure 3 : Carte de l'UEMOA



Créée par le traité de Dakar le 10 janvier 1994, pratiquement au même moment que la CEMAC, l'UEMOA regroupe huit (8) Etats de l'Afrique de l'Ouest ayant en commun l'usage d'une monnaie commune (le FCFA lié directement à l'euro). La population est estimée en 2005 à près de 74 millions d'habitants, répartie sur une superficie de 3,5 millions de km².

Source : http://www.izf.net/espace_general/

Ces pays de l'UEMOA ont été confrontés, depuis plusieurs années, à une crise énergétique découlant principalement d'une offre insuffisante en énergie électrique face à une demande en forte croissance. Cette situation a pu être aggravée par la conjoncture défavorable pour les pays importateurs de pétrole, du fait de la hausse continue du prix du pétrole.

Présentation de la SADC : Southern African Development Community- Communauté pour le développement de l'Afrique Australe

Figure 4 : Carte de la SADC



Créée le 13 Août 1992, la SADC regroupe 15 pays de l'Afrique Australe. Mais pour des raisons de disponibilité d'informations statistiques, nous avons retenu six pays dans notre analyse. Il s'agit : du Botswana, de la RDC, Mozambique, Afrique du Sud, Zambie et Zimbabwe. Avec une population de 238,26 millions d'habitants en 2005 et une superficie avoisinant les 10 millions de km² (soit une densité de 23,26 hab/km² dans la région), la SADC n'est certes pas la région la plus dominante physiquement en

Afrique, mais elle s'impose par le cumul des poids économiques de ses Etats membres.

Source : <http://oubangui.wordpress.com/sadc>

B. Description et choix des variables

L'analyse de la relation entre la consommation d'énergie et ses principaux déterminants dans les pays de l'Afrique Subsaharienne rencontre des difficultés à cause de l'insuffisance de l'information statistique. C'est pourquoi, le choix de nos variables s'est basé non seulement sur la littérature antérieure sur le sujet, mais aussi sur la disponibilité des informations statistiques. Ainsi, le modèle proposé dans cette analyse comporte neuf variables qui sont : La consommation d'énergie primaire, le Produit Intérieur Brut par habitant, le Taux d'urbanisation, le taux d'investissement brut de l'économie, la Structure de l'économie (Agriculture, l'Industrie et les Services), la production et le Prix relatif du pétrole.

Les variables du modèle :

En Afrique Subsaharienne, l'importance des énergies non commerciales dans la production est mal connue et il y a un fort secteur informel mal comptabilisé qui contribue également à la production. Nous utilisons la consommation d'énergie primaire comme variable dépendante.

La consommation d'énergie primaire par habitant :

Utiliser des consommations par personne plutôt que des consommations nationales, permet d'effectuer immédiatement des comparaisons entre les Etats et les régions du monde. En outre, l'énergie est utilisée sous différentes formes et chacune de ces formes comme les produits énergétiques susceptibles de les fournir, est mesurée avec une unité qui lui est particulière, par commodité ou par tradition. Ces unités ne nous sont pas toutes familières, non plus que leur équivalence avec les quantités physiques (tonnes de charbon, litres d'essence, stères de bois, etc.) ou les unités qui apparaissent dans les factures d'électricité ou de chauffage urbain (KWh). L'unité officielle de mesure de l'énergie est le joule. On utilise également pour l'électricité, le KWh. Pour cette variable (consommation d'énergie primaire par habitant), deux (2) unités de mesure sont jusque-là utilisées : le TEP (Tonne Equivalent Pétrole) et le BTU (British Thermal Unit)⁸. Mais, pour des raisons de commodité (parce que c'est le plus «parlant» et parce que le pétrole est l'énergie dominante), les productions et les consommations d'énergie primaire sont exprimées dans une unité commune, la tonne d'équivalent pétrole (tep) ou (toe) en Anglais. La tep présente l'avantage d'être plus facile à percevoir concrètement que le BTU, le joule ou le kilowattheure. De plus, il représente l'unité de mesure qui permet de convertir toutes les formes d'énergie en tonne pétrole.

⁸BTU est une unité d'énergie anglo-saxonne qui est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'une livre d'eau d'un degré Fahrenheit à la pression constante d'une atmosphère.

Les données sur cette variable sont issues de la base de données de l'Agence Internationale de l'énergie, exprimées en quadrillion⁹ BTU. Nous avons procédé à une conversion en tonne équivalent pétrole (en utilisant la relation de base : 10^{15} BTU= 25219021,687 tep).

Le Produit Intérieur Brut par habitant en PPA au prix constant de 2005 :

La principale variable explicative de la consommation d'énergie d'un pays est la croissance économique et celle-ci est souvent approximée par le produit intérieur brut qui est un indicateur de richesse. Le PIB mesure l'activité économique d'un pays. Il est couramment mesuré aux prix du marché (PIB courant). Les PIB au prix du marché est la somme des valeurs ajoutées (mesure de la production nette d'une branche ou d'un secteur en unités monétaires) au coût des facteurs, augmenté des impôts sur les produits, droits de douanes et taxes spécifiques. Pour supprimer l'effet de l'inflation, les valeurs monétaires peuvent être mesurées à prix constant d'une année de référence : on calcule ainsi le PIB à prix constant (ici prix constant de 2005). En outre, le taux de parité du pouvoir d'achat (ppa) mesure le taux de conversion de la monnaie qui égalise le pouvoir d'achat des différentes monnaies. En d'autres termes, PPA élimine les différences de niveaux de prix entre plusieurs pays. De plus, les taux ppa ne fluctuent pas comme le taux de change, ce qui permet en particulier une comparaison plus stable des consommations énergétiques.

Les données sur cette variable sont issues de *WDI 2011- Data Bank*. Cette variable joue un rôle primordial sur la consommation d'énergie et on peut s'attendre à une relation positive entre ces deux (2) variables. A cela, on ajoute un ensemble de variables comme variables de contrôle (voir **tableau 1** suivant).

L'effet structure des économies nous renseigne sur l'influence de la structure de l'économie (Agriculture, Industrie et Service) sur la consommation d'énergie primaire. Pour tenir compte de cet effet de structure, nous introduisons dans le modèle comme variables exogènes, les contributions de l'agriculture (Vaagr), de l'industrie (Vaind) et du service (Vaserv) dans la formation du Produit Intérieur Brut. L'effet de structure est calculé de la manière suivante :

$$ES_{agr} = \frac{VA_{agr}}{PIB_{per}} ; \quad ES_{ind} = \frac{VA_{ind}}{PIB_{per}} ; \quad ES = \frac{VA_{serv}}{PIB_{per}}$$

⁹Quadrillion BTU= 10^{15} BTU.

Les prix relatifs du pétrole

Nous utilisons l'indice des prix à la consommation (IPC) comme proxy du prix du pétrole. Nous attendons à une corrélation positive de cette variable avec l'hypothèse que si le prix du pétrole augmente, les populations auront tendance à augmenter (par effets de substitution) leur consommation d'énergie primaire (essentiellement dominée par la biomasse) compte tenu de leur niveau de revenu faible.

Le taux d'urbanisation :

Il existe une relation forte entre le taux d'urbanisation et le niveau de consommation d'énergie d'un pays¹⁰; d'où l'introduction de cette variable dans le modèle.

Tableau 1 : Récapitulatif des variables

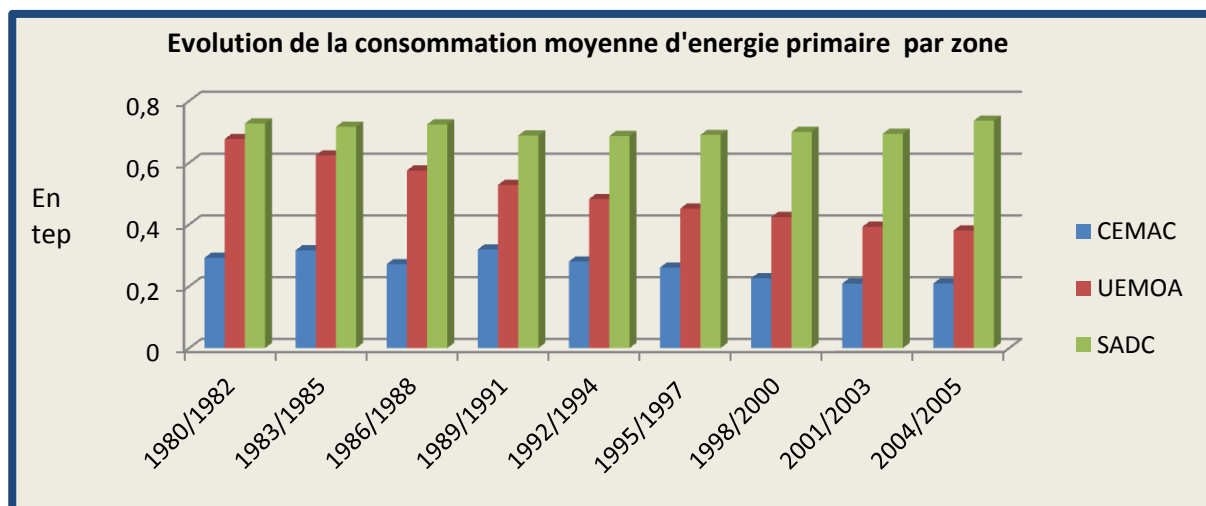
Variables	Libellés	Unités de mesure
CE	Consommation totale d'énergie primaire/habitant	Tonne équivalent pétrole (tep)
PROPE	Production du pétrole	Kilotonne équivalent pétrole (ktep)
PIB per	Produit Intérieur Brut réel/habitant	PPA en USD Constant 2005
Vaagr	Valeur Ajoutée du secteur agricole	% du PIB
Vaind	Valeur Ajoutée du secteur industriel	% du PIB
Vaser	Valeur Ajoutée du secteur des services	% du PIB
FBCF	Formation Brute du Capital Fixe	% du PIB
TURB	Taux d'urbanisation	%
IPC	Indice des Prix à la Consommation	(2005=100)

¹⁰Voir Lemaître Thierry (1969) «L'urbanisation modifie les modes de consommation» In: Economie et statistique, n°5, p. 53-56.

C. Analyses descriptives

Dans cette partie, nous présentons, sous forme graphique, une évolution des variables d'intérêt qui nous permet d'avoir une première analyse descriptive de l'échantillon avant de procéder à l'estimation proprement dite. Puis, quelques statistiques descriptives sur l'ensemble des autres variables de l'échantillon.

Graphique 1 : Evolution de la consommation d'énergie primaire par région de 1980 à 2005



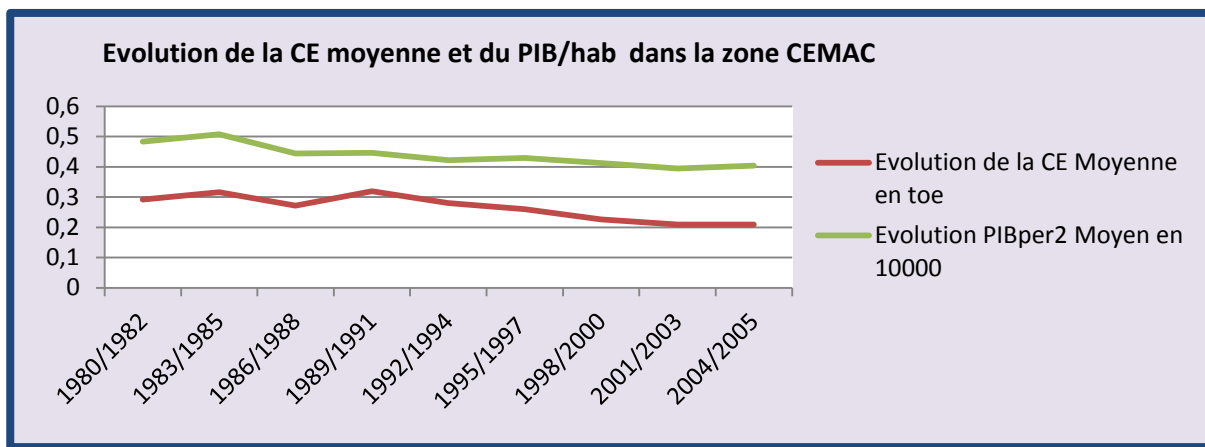
Source : de l'Auteur à partir des données AIE, <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/>

On observe une grande disparité entre les consommations d'énergie primaire par habitant dans les trois (3) régions. Sur toute la période de 1980 à 2005, les pays de la zone SADC restent les plus grands consommateurs d'énergie primaire avec une moyenne relativement stable au tour de 0,7068 toe contre une moyenne de 0,5038 toe en UEMOA et 0,2648 toe dans la zone CEMAC. Dans la zone UEMOA, on constate une évolution avec une tendance à la baisse. Ce phénomène peut être expliqué en partie, par les mauvaises politiques économiques et l'instabilité socio-économiques dans certains pays durant une période donnée.

Mais, lorsqu'on fait un test de comparaison des moyennes entre les pays producteurs et les non producteurs de pétrole, on remarque qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de consommation d'énergie dans les trois zones selon qu'un soit producteur ou non.

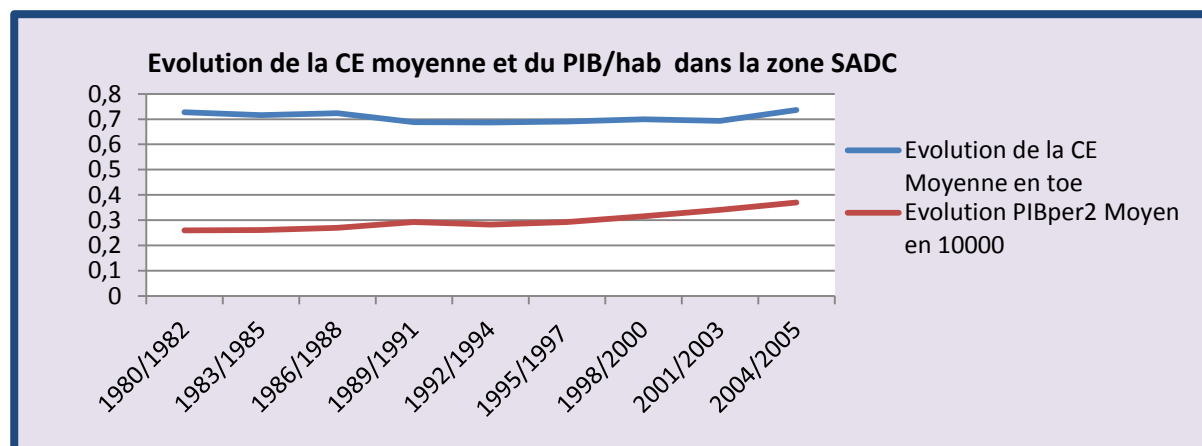
Evolution de la consommation d'énergie primaire et du PIB/habitant de 1980 à 2005

Graphique 2 : Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/habitant en CEMAC



Source : de l'Auteur à partir des données WDI et AIE.

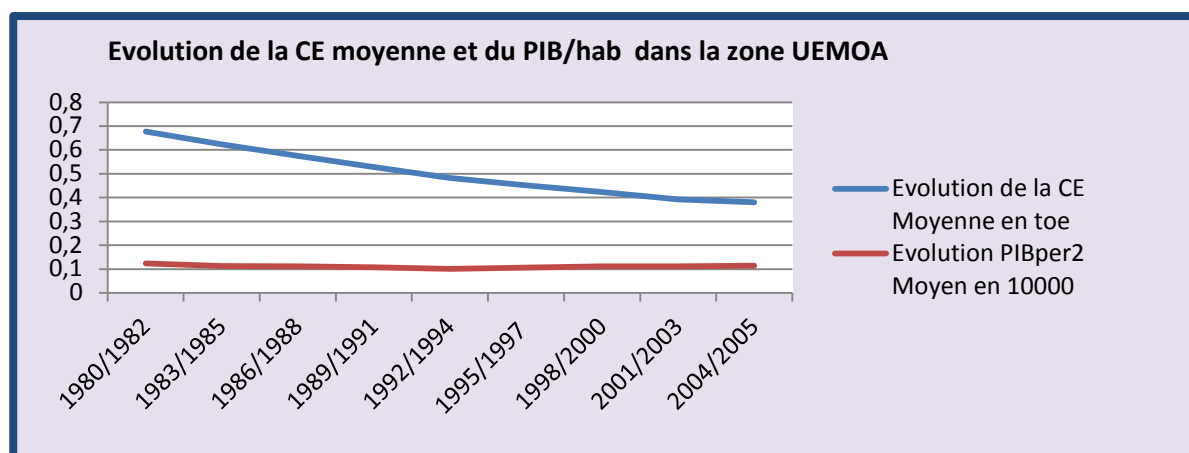
Graphique 3 Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/hab dans la zone SADC



Source : de l'Auteur à partir des données WDI et AIE.

La consommation d'énergie suit le rythme de l'évolution du PIB/habitant dans les deux (2) zones CEMAC et SADC. En zone CEMAC, on observe un coefficient de corrélation linéaire de Corr. [CE, Pib/tête]= 0,8292 soit **82,9%**. Ce coefficient positif signifie que plus le pibper augmente plus la consommation d'énergie primaire augmente. Mais, cette évidence n'est pas respectée en zone UEMOA où le PIB/habitant est resté relativement stable sur la période de 1980 à 2005 pendant que la consommation d'énergie continue de baisser.

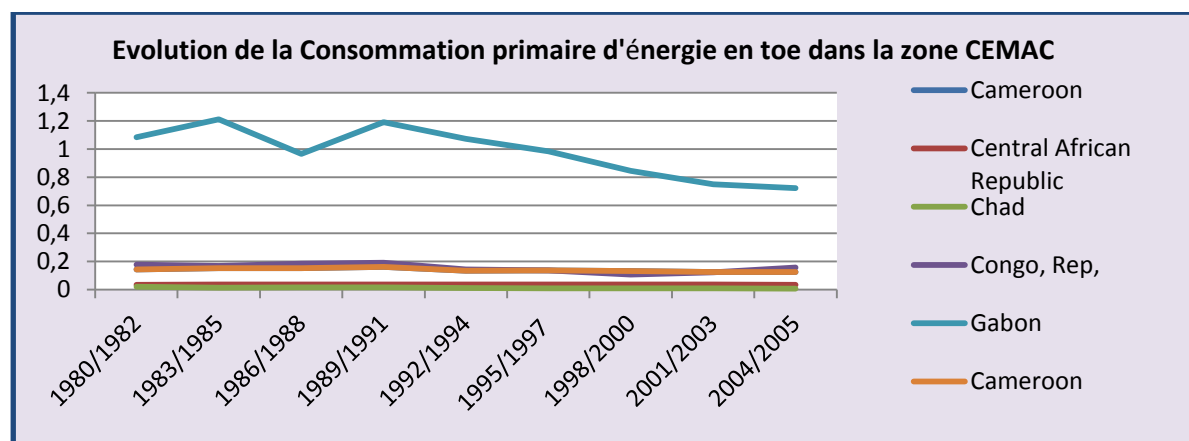
Graphique 4 : Evolution de la consommation d'énergie et du PIB/hab. en UEMOA



Source : de l'Auteur à partir des données WDI et AIE.

Ces pays de l'UEMOA ont été confrontés, depuis plusieurs années, à une crise énergétique découlant principalement d'une offre insuffisante en énergie électrique face à une demande en forte croissance. Cette situation a pu être aggravée par la conjoncture défavorable pour les pays importateurs de pétrole, du fait de la hausse continue du prix des hydrocarbures qui a atteint en 2008 des niveaux jamais égalés.

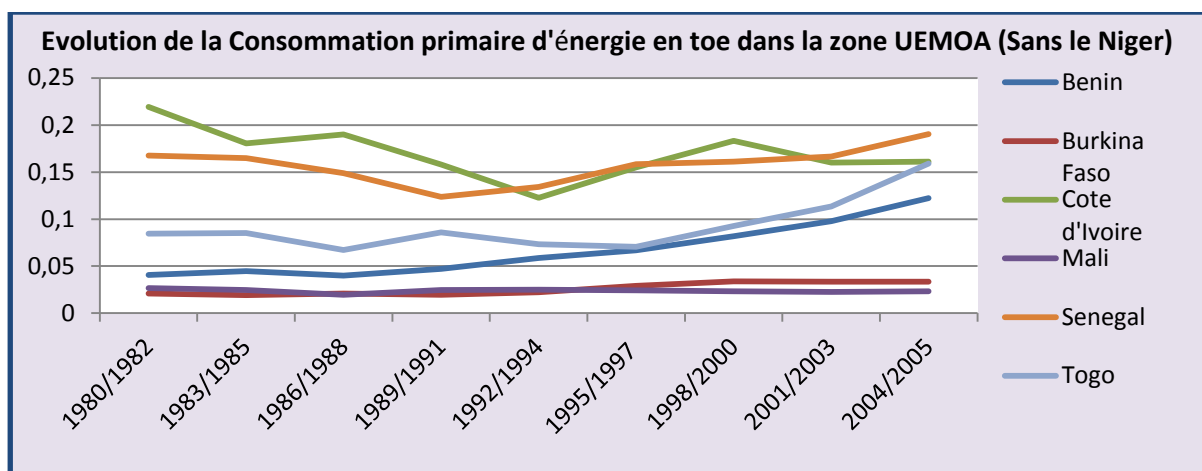
Graphique 5 : Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de la CEMAC



Source : de l'Auteur à partir des données AIE (<http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/>)

Dans la zone CEMAC, le Gabon reste de loin le plus grand consommateur d'énergie, suivi par le Cameroun et la République du Congo (Brazzaville).

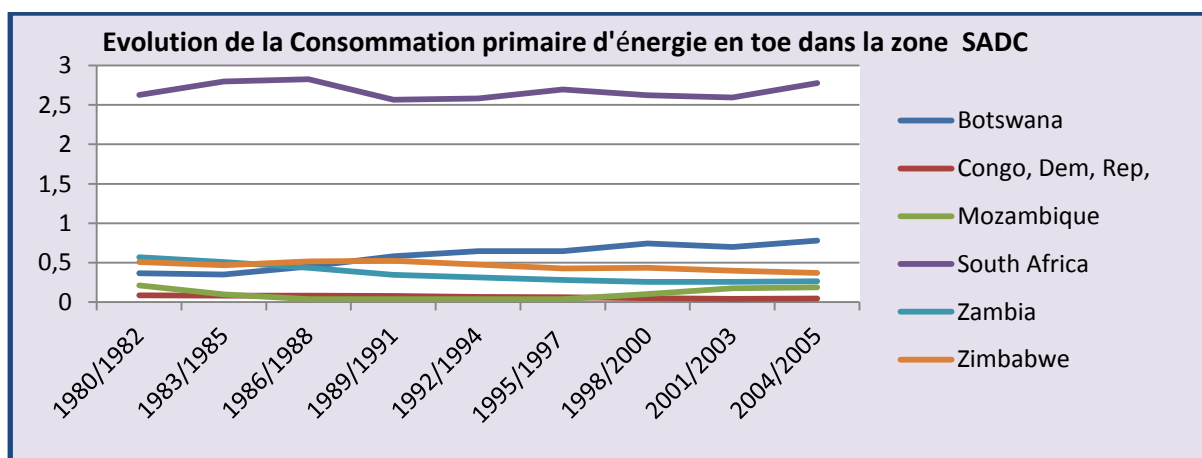
Graphique 6 : Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de l'UEMOA



Source : de l'Auteur à partir des données AIE (<http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/>)

En UEMOA, si on enlève le Niger¹¹ (qui est une exception), on constate que les pays dont le revenu par tête est élevé, sont les pays qui consomment plus d'énergie avec en tête la côte d'Ivoire et le Sénégal suivi par le Togo et le Benin.

Graphique 7 : Evolution de la consommation d'énergie dans les pays de la SADC



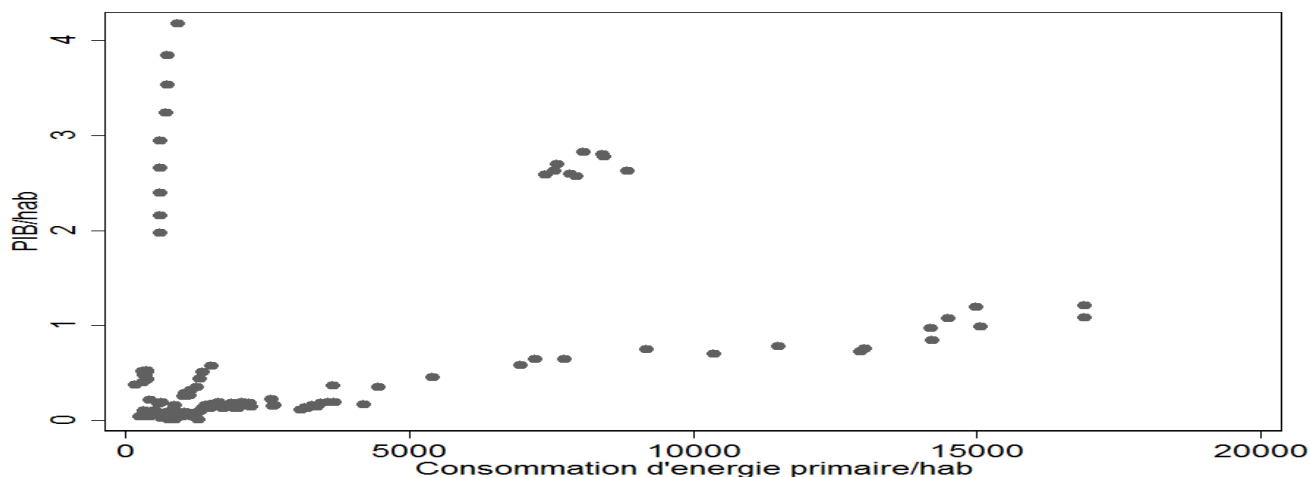
Source : de l'Auteur à partir des données AIE (<http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/>)

Comme le graphique précédent, la consommation d'énergie en zone SADC est caractérisée par une forte spécificité. L'Afrique du Sud reste en tête avec une moyenne de 2,676 toe contre une moyenne régionale de 0,7 toe. Ce qui dénote une forte spécificité pour l'Afrique du Sud. A cela, il faut signaler que l'une des particularités de la SADC est qu'elle est constituée des Etats relativement mieux avancés qui s'intègrent avec des Etats fortement moins avancés.

¹¹Le Niger est un pays enclavé de l'Afrique Sahélienne et l'un des pays les plus chauds du monde. Avec un PIB/hab de 608 USD en 2005, le Niger est un pays riche en minerais, en particulier d'uranium qu'il exporte ainsi que le charbon entièrement absorbé par le secteur électrique.

Sur l'ensemble des pays de l'échantillon, on observe une corrélation positive de 36% entre la consommation d'énergie et le PIB/habitant (voir le **graphique 8 ci-dessous**).

Graphique 8 : Nuages de points Consommation d'énergie primaire et PIB/habitant



Lorsqu'on représente ce même graphique pour chaque pays, on remarque une évolution simultanée de la consommation d'énergie et du PIB/tête dans l'ensemble de l'échantillon. Toutefois, certains pays présentent des caractéristiques différentes des autres (voir **graphique 9 en annexe**). Cette impression de la présence des effets spécifiques individuels se vérifie clairement par le test d'hétérogénéité¹² qui sera présenté plus loin.

Dans notre échantillon le taux d'urbanisation annuel moyen se situe aux alentours de 36%. Cette urbanisation massive influe sur la consommation d'énergie. Mais, loin de vider les campagnes, ce phénomène d'urbanisation croissant n'a pas empêché la population rurale de croître d'environ 60% entre 1960 et 1990.

Il convient de noter que le secteur d'activité dominant demeure celui des services avec une valeur ajoutée moyenne de 45 contre 29 pour l'industrie et 27 pour l'agriculture. Ce constat peut être justifié par la dématérialisation de l'activité économique au profit des services (télécommunication, internet, etc.). Toutefois, le secteur industriel reste important dans malgré un manque de compétitivité sur le marché mondial dû pour l'essentiel à la vétusté du secteur et au manque de R&D (innovation). La part moindre de l'agriculture peut être expliquée par son manque de compétitivité sur le marché international et aussi par l'effet de l'exode rural.

¹²Test d'hétérogénéité (qui est la condition principale d'utilisation des panels) à l'aide d'un test de Fisher.

Chapitre 3 : Méthodologie et démarches économétriques

Dans ce chapitre, nous énumérons dans un premier temps, une revue générale de la littérature, ensuite, les aspects méthodologiques de l'analyse sont abordés pour enfin présenter les résultats qui aboutissent aux implications politiques et à la conclusion.

A. Revue de la littérature

L'économie de l'énergie est assurément dominée par deux mythes qui traduisent, l'un la croyance que le progrès social est fonction de la quantité produite de richesses et partant de la quantité consommée d'énergie, l'autre l'idée que les choix énergétiques retenus sont la résultante de processus rationnels de décisions que les mécanismes du marché sont susceptibles de provoquer (**Percebois J., 1978**).

A.1. Revue théorique

Théoriquement, il existe une relation directe entre la croissance économique d'un pays et son niveau de consommation d'énergie. L'énergie peut être utilisée comme bien de consommation finale (éclairage, cuisine, chauffage, climatisation...) ou comme facteur de production ou encore comme bien de consommation intermédiaire. Comme bien de consommation intermédiaire, elle est analysée en tant que substitut ou comme complément aux autres facteurs de production (capital et travail). Elle est complémentaire dans la mesure où il n'est pas envisageable de faire fonctionner des machines sans énergie, et substituable dans la mesure où sa disponibilité peut permettre d'économiser des facteurs de production rares.

La littérature distingue **quatre (4) relations hypothétiques** entre la consommation d'énergie et la croissance économique : l'hypothèse de la croissance, l'hypothèse de conservation, l'hypothèse de neutralité et l'hypothèse de rétroaction ou *feedback* (**Apergis et Payne, 2009**).

L'hypothèse de croissance : suppose qu'une augmentation/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 : qui signifie que 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 réel 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 efficiente n'a aucun effet négatif sur le PIB réel.

A.2. Éléments empiriques

La sévérité des crises de l'énergie (1973 ; 1979-1980), était à l'origine de nombreux travaux empiriques portant sur la relation entre la demande d'énergie et la croissance économique. Cette relation a été saisie sous deux angles différents : celui de la fonction de demande d'énergie et celui de la fonction de production globale. Les travaux du premier groupe (**Asafu-Adjaye, 2000 ; Oh et Lee, 2004**) ont utilisé la fonction de demande d'énergie, avec trois variables (l'énergie, le PIB et le prix de l'énergie, mesuré par l'indice des prix à la consommation). Alors que le modèle utilisant la fonction de production prend en compte l'énergie, au même titre que les facteurs de production (capital et travail), révolutionnant par-là, le modèle de croissance traditionnel de Solow (voir **Yang, 2000 ; Soytaş et Sari, 2003 ; Morimoto et Hope, 2004**). Cependant, il n'existe toujours pas de consensus quant à la nature de cette relation.

Historiquement, les études empiriques ont souvent utilisé les séries temporelles ou les données de panel, en procédant par une approche bivariable. La plupart de ces études a porté sur un seul pays (**Oh et Lee, 2004**) et celles qui ont utilisé les données de panel ont le plus souvent ignoré la relation de Cointégration entre les variables (**Olatubi et Zhang, 2003**).

Par ailleurs, dans la littérature concernant l'impact de la consommation d'énergie sur la croissance, on distingue quatre générations de modèles (**Méhara, 2007**). Les études de la première génération sont basées sur le modèle VAR de Sims et le test de causalité de Granger. Mais, celles-ci supposent que les séries sont stationnaires et de ce fait, ont adopté des techniques d'estimation inappropriées. La deuxième, la troisième et la quatrième génération d'études traitent des séries non stationnaires et la Cointégration apparaît comme la technique la plus appropriée.

Kraft et Kraft (1978), dans une analyse de l'économie américaine entre 1947 et 1974, ont été les premiers à mettre en évidence l'existence d'une causalité unidirectionnelle (allant du PIB à la consommation d'énergie) qui montre qu'aux États-Unis, c'est le produit national brut qui détermine la consommation d'énergie. Ce résultat implique que les politiques d'économie d'énergie pourraient être mises en œuvre sans affecter la croissance du produit national brut. Dans ce cas de figure, une politique d'économie d'énergie peut être menée sans détériorer la dynamique économique.

Akarca et Long, (1980) n'ont pu obtenir des résultats similaires quand ils ont réduit l'échantillon des données de Kraft et Kraft, (1978). Ce qui prouve que la période choisie peut fortement influencer les résultats (**instabilité temporelle**).

Des études empiriques ont été prolongées plus tard et ont couvert beaucoup de pays en voie de développement en vue d'aider à la mise en œuvre de politiques énergétiques plus appropriées. Ces études ont souvent utilisé un cadre multivarié, car le cadre bivarié peut entraîner des problèmes de biais d'omission de variables (voir **Masih et Masih, 1997 et 1998 ; Asafu-Adjaye, 2000**).

Asafu-Adjaye, (2000) ont examiné la relation de causalité entre la consommation d'énergie et de revenus pour l'Inde, l'Indonésie, les Philippines et la Thaïlande, en utilisant des techniques de cointégration et les modèles à correction d'erreur. Les résultats indiquent que dans le court terme, la causalité unidirectionnel va de l'énergie au revenu pour l'Inde et l'Indonésie, et bidirectionnelle pour la Thaïlande et les Philippines, où l'énergie, les revenus et les prix sont mutuellement causales.

A.3. Des travaux empiriques récents

La littérature a toujours donné des résultats controversés quant à la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique.

Dans une analyse de plus de cent pays, **Chontanawat et al., (2008)** constatent que la relation de causalité entre l'énergie et la croissance économique est plus marquée dans les pays développés que dans les pays en développement.

Dans une relation bivariée entre la croissance économique et de l'énergie dans les pays africains, **Wolde-Rufael, (2005)** a découvert des résultats contradictoires pour 19 pays africains, avec peu de soutien pour l'hypothèse que l'énergie entraîne la croissance économique. Ce même auteur (**Wolde-Rufael, 2009**), dans un cadre multivarié, en incluant le travail et le capital, et en appliquant une analyse de la décomposition de la variance, a aboutit au résultat selon lequel on peut rejeter l'hypothèse de neutralité. En revanche, l'énergie n'est plus qu'un facteur contribuant à la croissance et non une question importante par rapport au capital et le travail.

De même, en utilisant un test de causalité dans le cadre multivarié, **Akinlo (2008)** a également trouvé des preuves contradictoires pour onze (11) pays africains.

Ozturk, et al., (2010), utilisent la technique de Cointégration appliquée aux données de panel pour expliquer les relations de causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique pour 51 pays divisés en trois en groupes. Les résultats de leur analyse révèlent qu'il existe, à long terme, une causalité au sens de Granger allant du PIB à la consommation d'énergie pour les pays à faible revenu et une causalité bidirectionnelle entre ces deux variables pour les pays à revenu moyen.

A.4. Cas spécifiques pour l'Afrique subsaharienne

Pour le cas spécifique des pays de l'Afrique Subsaharienne, malgré les difficultés rencontrées pour l'analyse de la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique, on peut signaler quelques études (**Ebohon, 1996 ; Jumbe., 2004 ; Kane., 2009**).

Ebohon O., (1996) sur la Tanzanie et le Nigeria, utilise le test classique de causalité de Granger et trouve une causalité bidirectionnelle entre la croissance économique et la consommation d'énergie pour ces deux pays.

Jumbe, (2004), s'appuyant sur la méthodologie de Cointégration Engle-Granger et de la causalité au sens de Granger sur le cas du Malawi et abouti à la conclusion selon laquelle, d'une part, il y a une causalité bidirectionnelle entre les consommations d'électricité et le PIB et d'autre part, il existe une causalité unidirectionnelle du PIB non agricole vers les consommations d'électricité.

Kane, (2009), en se fondant aussi sur l'économétrie des données de panel hétérogènes non stationnaires cherche à déterminer les variables explicatives de l'intensité énergétique du produit intérieur brut dans l'UEMOA. En outre, il procède à une application du test de causalité au sens de Granger en s'appuyant sur les travaux de **Hurlin, (2008)**. Ses résultats expliquent que, pour des retards d'un et de deux ans, il n'y a pas de causalité entre la richesse et la consommation d'électricité par tête. Par contre, lorsqu'il considère un retard de trois ans, l'hypothèse de non causalité est rejetée, ce qui veut dire qu'il existe au moins un pays de l'UEMOA dans lequel le revenu par tête cause la consommation d'électricité.

En Afrique comme ailleurs, la littérature a toujours donné des résultats controversés quant à la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique. Cela pourrait être attribué aux différences de politiques suivies par les pays, mais aussi aux différences de méthodologies utilisées.

La diversité des résultats empiriques sur cette question, ainsi que le rôle important que joue la consommation d'énergie dans le développement économique, rendent nécessaire non seulement davantage de recherches mais également de nouvelles méthodes pour examiner le rapport entre la demande d'énergie et la croissance économique.

Ce présent travail utilise une approche multivariée en se basant sur l'hypothèse de conservation de l'énergie dans un contexte où la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre est de plus en plus tendue. Ainsi, nous analysons les impacts de la croissance économique sur la consommation énergétique dans 18 pays de l'Afrique Sub-saharienne. Il s'agit d'un échantillon constitué à partir des pays de trois zones économiques (CEMAC, UEMOA, SADC).

B. Méthodologie

Il existe une très forte corrélation entre consommation énergétique et produit intérieur brut. Il est néanmoins nécessaire de garder à l'esprit le traditionnel problème de causalité entre deux variables corrélées : Peut-on affirmer que l'accès à l'énergie permet le développement? Ou au contraire le développement favorise-t-il la consommation d'énergie? Ou bien peut-être existe-t-il une troisième variable induisant les deux effets? La réponse se situe probablement à l'intersection de ces trois propositions. Mais, la question qu'on se pose ici est de savoir si l'on peut affirmer que le développement est concomitant à la consommation énergétique ; c'est-à-dire si la relation suivante est vérifiée : $CE = F(\text{PIB/tête})$ avec $f' > 0$.

Dans ce travail, nous utilisons les techniques d'économétrie des données de panel (panel dynamique) pour estimer une fonction de demande d'énergie à l'échelle nationale tout en soulignant les spécificités pays. Ainsi, nous présentons le modèle suivant :

$$CE_{it} = \alpha_i + \gamma_i CE_{i,t-1} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Où : $i=1, 2, \dots, 18$, l'ensemble des pays ; $t=1, \dots, 9$, le nombre de périodes ; CE_{it} = *Consommation d'énergie* $CE_{i,t-1}$ la variable dépendante retardée
 X_{it} = *la matrice des variables explicatives* ε_{it} = *le terme d'erreur*

L'avantage des données de panel sur les autres types de données est de permettre la prise en compte, dans l'analyse des comportements, de certaines caractéristiques inobservables propres à chaque pays. En effet, la double dimension (individuelle et temporelle) permet de rendre compte à la fois de la dynamique des comportements et de leur éventuelle hétérogénéité, ce qui n'est pas possible avec les séries temporelles ou les coupes transversales (Sevestre, 2002).

L'estimation des modèles en panel dynamique nécessite des méthodes d'estimation assez complexes en raison de la présence d'une corrélation des effets fixes et la variable dépendante retardée (Nickel, 1981 ; Baltagi, 2005). Pour surmonter ce problème de corrélation, les techniques économétriques proposées dans la littérature mettent généralement en œuvre les variables instrumentales et la méthode généralisée des moments (GMM). Ces méthodes ont été confirmées avec des études de Monte Carlo (voir Arellano et Bond, 1991).

Dans cette analyse, nous procédons d'abord par un test de Normalité des écarts aléatoires, ensuite un test d'hétérogénéité globale et enfin nous testons l'endogénéité du PIB/hab en utilisant la méthode généralisée des moments (GMM) d'Arellano et Bond (1991).

Afin de tenir compte de la non-linéarité et de pouvoir interpréter directement les coefficients comme des élasticités, nous utilisons le modèle log-linéaire en prenant le logarithme de toutes les variables. Les estimations du modèle sont effectuées à l'aide du logiciel Stata 11.

Tableau 2 : Résultats du test de normalité des écarts aléatoires

skewness/kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs.	Pr (skewness)	Pr (kurtosis)	adj chi2 (2)	Prob>chi2
resid1	101	0,529	0,219	1,95	0,377

NB : pour un risque d'erreur de première espèce $\alpha = 5\%$ donné, la $p_{value} = 0,3773$; on ne rejette pas l'hypothèse nulle selon laquelle, les écarts aléatoires suivent une distribution normale.

Test d'hétérogénéité

Nous identifions d'abord la présence d'hétérogénéité (qui est la condition principale d'utilisation des panels) à l'aide d'un test de Fisher dont les hypothèses sont les suivantes :

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta \rightarrow \text{Homogénéité des coefficients de pente} \\ H_A: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta \rightarrow \text{Hétérogénéité des coefficients de pente} \end{cases}$$

Les résultats de ce test d'hétérogénéité globale montrent que le meilleur modèle pour estimer la consommation d'énergie en fonction du PIB/tête est celui de la présence d'hétérogénéité de comportements dans la consommation d'énergie (voir **les tableaux 3 ; 4 et 5 en annexe**).

Cette hétérogénéité explique en partie les disparités temporelles et spatiales de la consommation d'énergie. En outre, on peut également rappeler que tous les pays africains ne sont pas logés à la même enseigne. Les ressources énergétiques mêmes du continent se répartissent dans les zones distinguées (le pétrole et le gaz se situent essentiellement en Afrique du Nord et dans les pays riverains du Golfe de Guinée ; l'Afrique australe bénéficie de la quasi-totalité du potentiel de charbon du continent ; les capacités géothermiques se concentrent en Afrique de l'Est et les bassins hydrauliques en Afrique Centrale ; le rayonnement solaire est plus fort dans les pays sahéliens).

Cependant, les modèles à Effets Fixes et à Effets Aléatoires permettent de prendre en compte cette hétérogénéité des données mais les hypothèses sur la nature des effets spécifiques diffèrent d'un modèle à l'autre. Dans le premier cas on suppose, que les effets spécifiques peuvent être corrélés avec les variables explicatives, et dans le second cas on suppose, que les effets spécifiques sont orthogonaux aux variables explicatives du modèle.

Le test d'Hausman (**Hausman, 1978**) permet de tester laquelle de ces hypothèses est la plus appropriée aux données. En d'autres termes, ce test permet de comparer les performances des deux estimateurs (**Effets Fixes vs Effets Aléatoires**) dans les deux (2) hypothèses.

Test de Hausman (Hausman, 1978)

L'hypothèse cruciale du modèle à effets aléatoires est l'absence de corrélation entre les effets spécifiques et les variables explicatives. Si cette hypothèse est violée, l'estimateur est non convergent. Il convient alors de lui préférer l'estimateur des effets fixes (*Within*).

Les hypothèses du test

$$\begin{cases} H_0: \text{absence de corrélation} \rightarrow \text{Effets Aléatoires convergents} \\ H_A: \text{effets spécifiques orthogonaux} \rightarrow \text{Effets Fixes convergents} \end{cases}$$

$$\chi^2(8) = (b-B) \cdot [(v_b - v_B)^{-1}] (b-B) = -35,14$$

La probabilité de la statistique de Hausman est inférieure au risque d'erreur de première espèce 5% donné, On rejette H_0 (absence de corrélation entre les effets spécifiques et les variables expliquées). Il convient alors de préférer l'estimateur des effets fixes (*Within*). Ainsi, la méthodologie d'estimation de la dynamique de la consommation énergétique en Afrique Subsaharienne porte sur une modélisation à coefficients spécifiques propre à pays (voir résultats dans le **tableau 6** suivant)

Tableaux 6 : Estimation du Modèle à Effets Fixes

Estimation Effets Fixes				
R² Within = 0,7263		Nbres d'obs = 101		
Between = 0,8418		F (8, 80) = 26,53		
Overall = 0,8285		Prob> F = 0,0000		
	Coef β	Ecart types	T-Stat	Significativité
ln CE _{i,t-1}	0,5584	0,0721	7,75	0,000 (***)
ln PIB per _{i,t}	0,5024	0,1604	3,13	0,002 (***)
ln TURB _{i,t}	0,1556	0,191	0,81	0,412 ()
ln Vaind _{i,t}	0,6391	0,1846	3,49	0,001 (***)
ln Vaser _{i,t}	0,5267	0,2118	2,49	0,015 (**)
ln FBCF _{i,t}	0,0087	0,0742	0,12	0,907 ()
ln PROPE _{i,t}	0,0415	0,1005	0,41	0,681 ()
ln IPC _{i,t}	0,0209	0,0078	2,68	0,009 (***)
Constante	-9,5917	1,5452	-6,21	0,000 (***)
F test that all u_i = 0		F(12, 80) = 6,12		Prob> F = 0,0000

NB : significativité à 1% (***), significativité à 5% (**), significativité à 10% (*) ou non-significative ().

Le R^2 (*Within*)=0,7263 soit 72,63% de la variabilité intra-individuelle. Cet estimateur intra-individuel (*Within*) est biaisé et non convergent à cause de la corrélation entre la variable endogène retardée et l'hétérogénéité individuelle (Anderson et Hsiao, 1982).

Avant d'interpréter ces résultats, nous allons soumettre notre modèle à un ensemble de tests (tests d'hypothèses) qui nous permettront d'évaluer sa robustesse.

Test d' Homoscedasticité des Ecart Aléatoires

L'une des hypothèses importantes lors d'une régression est celle de la constance de la variance des écarts aléatoires (Homoscedasticité). Si cette hypothèse n'est pas respectée, les estimateurs ne sont pas biaisés, mais leurs variances ne sont plus minimales. Nous utilisons le **test de Breush-Pagan**.

Les résultats de ce test ne permettent pas de rejeter l'hypothèse d'Homoscedasticité des écarts aléatoires (voir **tableau 7** en annexe).

De même, les résultats du **test de Ramsey-Reset** ne permettent pas non plus de rejeter la bonne spécification de la forme fonctionnelle de notre modèle linéaire (Voir **Tableau 8** en annexe).

Test d'endogénéité :

L'endogénéité suppose l'existence de variables dans le terme d'erreur qui soient corrélées avec les variables explicatives. Cette corrélation fausse l'hypothèse d'orthogonalité des écarts aléatoires ; ce qui biaise les coefficients.

La double causalité entre variable expliquée et variables explicatives, l'omission d'une variable pertinente corrélée avec les variables explicatives et l'erreur de mesure sur une variable explicative sont considérées comme des sources potentielles d'endogénéité¹³.

Dans notre analyse, le PIB/tête est considérée comme endogène dans le sens où la causalité peut être bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et le PIB/tête (**hypothèse de rétroaction**).

Toutefois, on peut avoir des estimateurs convergents en utilisant des variables instrumentales qui permettent de rompre le lien entre le résidu et les variables explicatives. Mais, en panel dynamique, les techniques économétriques standards comme les moindres carrés ordinaires (MCO) et **Within** donnent des estimateurs biaisés et non convergents, à cause de la corrélation entre la variable endogène retardée et l'hétérogénéité individuelle. Classiquement avec les modèles dynamiques, on utilise les différences premières pour éliminer l'effet fixe individuel α_i (**Anderson et Hsiao, 1982**). Ainsi, on peut écrire l'équation (1) en première différence de la manière suivante :

$$(CE_{i,t} - CE_{i,t-1}) = \gamma(CE_{i,t-1} - CE_{i,t-2}) + \beta(X_{i,t} - X_{i,t-1}) + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}) \quad (2)$$

L'estimateur intra (**Within**) obtenu par l'équation (2) est non convergent parce qu'il y a corrélation entre $CE_{i,t-1}$ et $\varepsilon_{i,t}$ et donc avec la moyenne de $\varepsilon_{i,t}$. La convergence de cet estimateur nécessite que la moyenne devienne très petite par rapport à $\varepsilon_{i,t}$. Autrement dit, on utilise la variable endogène retardée $CE_{i,t-2}$ ou sa différence première c'est à dire : $(CE_{i,t-2} - CE_{i,t-3})$ comme instruments. Ces instruments sont corrélés avec la variable explicative $(CE_{i,t-1} - CE_{i,t-2})$ et ne les pas avec $\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}$.

¹³ Voir Araujo C., Brun J-F., Combes J-L., (2004), *Econométrie*. Collection « Amphi Economie », Bréal, Paris

Ainsi, on peut écrire l'équation d'instrumentation de la manière suivante :

$$(\Delta CE_{i,t-1} - CE_{i,t-2}) = \gamma(\Delta CE_{i,t-2} - CE_{i,t-3}) + \beta(X_{i,t-1} - X_{i,t}) + (\varepsilon_{i,t-1} - \varepsilon_{i,t-2}) \quad (3)$$

L'estimateur obtenu par cette méthode (**équation 3**) est convergent mais, il n'est pas efficace car il n'exploite pas toutes les conditions sur les moments et ne prend pas en compte la structure du terme d'erreur (**Arellano et Bond, 1991**).

Arellano et Bond, (1991), montrent qu'on peut obtenir des estimateurs à variables instrumentales plus efficaces en augmentant le nombre de conditions d'orthogonalité ou de moment. Ils proposent donc un estimateur par GMM (Méthode Généralisée des Moments) avec un nombre d'instruments qui augmentent au cours du temps.

La procédure consiste à prendre pour chaque période la première différence de l'équation à estimer pour éliminer les effets spécifiques pays, ensuite, à instrumenter les variables explicatives de l'équation en première différence par leurs valeurs en niveau retardées d'une période ou plus. Cet estimateur est convergent est asymptotiquement normal. Toutefois, il convient de noter que cet estimateur en première différence d'**Arellano et Bond, (1991)** est moins efficace que celui par GMM en système (voir **Blundell et Bond, 1998**).

Dans notre analyse, nous utilisons la méthode d'Arellano et Bond, (1991) robuste en une seule étape (voir **tableau 9** ci-dessous).

Tableau 9 : Estimation GMM en première différence

Estimation GMM en une seule étape du panel dynamique				
Nombre d'instruments = 10		Nombre de groupes = 13		F (8 ; 13) = 64,35 Prob>F = 0,000
	Coef β	Ecart types	T-Stat	Significativité
ln CE _{i,t-1}	0,7099	0,1992	3,56	0,003***
ln PIB per _{i,t}	1,0265	0,3685	2,79	0,015**
ln TURB _{i,t}	-0,2177	0,3878	-0,56	0,584
ln Vaind _{i,t}	0,7316	0,36	2,03	0,063*
ln Vaser _{i,t}	0,7183	0,3999	1,8	0,096*
ln FBCF _{i,t}	-0,1339	0,0926	-1,45	0,172
ln PROPE _{i,t}	0,0422	0,1515	0,28	0,785
ln IPC _{i,t}	0,0542	0,0173	3,13	0,008***
Arellano-Bond test for AR(1) in first differences:			Z= -1,74 pr > Z = 0,082	
Arellano-Bond test for AR(2) in first differences:			Z= -1,24 pr > Z = 0,214	
Sargan test of overid restrictions:			chi2(2) = 0,19 Prob > chi2(2) = 0,911	

NB : significativité à 1% (***), significativité à 5% (**), significativité à 10% (*) ou non-significative ().

Le **tableau 9** présente l'estimation par GMM d'Arellano et Bond, (1991) robuste en une seule étape. Nous préférons nous référer aux résultats de cette estimation parce qu'elle permet d'éliminer de façon rigoureuse tout biais lié à l'hétérogénéité individuelle non observée et offre, par conséquent, une meilleure efficacité des résultats de l'estimation.

Cependant, l'hypothèse de la non autocorrélation des écarts aléatoires $\varepsilon(it)$ est essentielle pour que l'estimateur **GMM** soit consistant. **Arellano et Bond, (1991)** ont proposé un test vérifiant l'absence de l'autocorrélation de premier et second ordre AR(1) et AR(2). Ainsi, si la distribution de $\varepsilon(it)$ est non auto-corrélée, ce test donne une valeur des résidus différenciés négatives et significatives pour AR(1) et non significatives pour AR(2). Ce test est basé sur l'auto-covariance des résidus moyens standardisés, et suit une loi normale $N(0, I)$ sous l'hypothèse nulle H_0 .

Par ailleurs, les auteurs ont proposé le test de validité des instruments de Sargan dont la statistique **S** suit une loi de Chi(2) sous l'hypothèse nulle (**H_0 : les instruments sont valides**).

C. Présentation et discussion des résultats

L'estimation que nous présentons ici (**cf. tableau 9**) correspond à l'estimation par GMM d'Arellano et Bond, (1991) robuste en une seule étape.

Les instruments utilisés vérifient la contrainte de sur-identification et donc la bonne spécification du modèle (nombre **d'instruments=10** est inférieur au **nombre de groupe=13**). Le test de Sargan ne permet pas de rejeter l'hypothèse de validité des variables retardées en niveau et en différences comme instruments (la statistique de Sargan **S=0,19** avec une **p_value=0,911**). En plus, le test d'autocorrélation d'Arellano et Bond permet pas aussi de rejeter l'hypothèse d'autocorrélation des écarts aléatoires d'ordre AR(1) et l'absence d'autocorrélation d'ordre AR(2) pour un risque d'erreur de première espèce 10%. La statistique de Fisher indique également que les coefficients du modèle sont globalement significatifs.

Dans notre estimation, les résultats confirment l'effet positif et significatif, du PIB/tête sur la consommation d'énergie primaire au risque de à 5%.

Ce résultat indique que la croissance économique a été accompagnée par d'énormes consommations énergétiques en Afrique Subsaharienne sur la période de 1980 à 2005. De plus, l'élasticité-revenu est égale à un; ce qui signifie une demande unitaire autrement dit, lorsque le revenu/tête augmente de 1%, la consommation d'énergie primaire a tendance à augmenter de 1%.

Ce résultat empirique revient à confirmer notre hypothèse départ (**celle de la conservation d'énergie**) selon laquelle, 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.

Nos résultats indiquent également une relation positive et significative entre le prix du pétrole et la consommation d'énergie primaire avec coefficient d'élasticité/prix= **0,054**. Ce qui signifie qu'une augmentation de 1% du prix relatif de l'énergie conduit à environ 0,05% d'augmentation de la demande d'énergie primaire. Ce résultat indique l'existence d'un possible effet de substitution entre le pétrole et les autres formes d'énergie primaire (en particulier le charbon et le bois de chauffe) en Afrique Subsaharienne. Quand le prix du pétrole augmente, les populations ont tendance à augmenter leur consommation de la biomasse compte tenu de leur niveau de revenu potentiellement faible. Dans cette perspective, une augmentation de la demande d'énergie entraînera de graves conséquences écologiques suite à une consommation excessive du bois de chauffe.

En ce qui concerne l'effet structure de l'économie, seuls les deux secteurs industriels et services sont importants en matière de consommation d'énergie dans notre échantillon. Les résultats indiquent l'effet positif et significatif de ces deux variables sur la consommation d'énergie. Par contre, le choix de la valeur ajoutée du secteur agricole n'apporte aucune information essentielle à notre modèle.

Globalement, ces résultats indiquent que la croissance économique entraîne une importante consommation énergétique en aggravant ainsi le réchauffement climatique via la production, l'amélioration des conditions de vie des populations, la dynamisation du développement industriel, le prix du pétrole. En revanche, les autres variables de contrôle (la production du pétrole, le taux d'urbanisation, le taux d'investissement brut) n'ont pas d'effets significatifs dans notre analyse.

D. Les implications politiques

La relation entre la consommation d'énergie et le revenu a des implications politiques importantes. Lorsque la consommation d'énergie entraîne des revenus de manière positive, elle suggère que le bénéfice de la consommation d'énergie est plus grand que le coût des externalités de consommation d'énergie. Inversement, si une augmentation du revenu entraîne une augmentation de la consommation d'énergie, l'externalité de consommation d'énergie (par exemple, la pollution) va reculer la croissance économique. Dans une telle circonstance, une politique de conservation est nécessaire (**Huang B-N, et al., 2008**).

L'énergie conservée coûte moins chère que l'énergie à produire. La conservation énergétique et l'efficacité énergétique sont capables de conduire à une réduction significative de l'intensité énergétique, sans réduire la production industrielle, ni le confort des citoyens. Ainsi, les implications politiques tirées de cette analyse indiquent que nous devons prendre en considération le degré de croissance économique dans chaque pays où la politique de la consommation d'énergie est formulée.

Pour les pays avec un poids plus important de la production industrielle, une politique énergétique plus conservatrice devrait être poursuivie. Des sources d'énergie plus propres devraient être utilisées pour remplacer les combustibles fossiles.

Conclusion

L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser l'impact de la croissance économique sur la consommation énergétique. Nous utilisons les techniques d'économétrie, notamment, la méthode généralisée des moments d'Arellano et Bond (1991). Notre échantillon est composé de dix-huit (18) pays d'Afrique Subsaharienne regroupés en trois (3) zones économiques (CEMAC, UEMOA, SADC) et les données de 1980 à 2005.

Les résultats indiquent une relation positive et significative entre la croissance économique et la consommation énergétique. En outre, cette relation allant de la croissance économique à la consommation énergétique passe par d'autres variables telles que : la production industrielle, les services, et le prix du pétrole. Ce résultat empirique n'est qu'une confirmation de notre hypothèse centrale (celle de la conservation d'énergie). A cet effet, si une augmentation du revenu entraîne une augmentation de la consommation d'énergie, l'externalité de consommation d'énergie va reculer la croissance économique.

Afin de ne pas nuire à la croissance économique dans ces pays, les politiques de conservation d'énergie visant à restreindre la consommation d'énergie doivent être envisagées de façon à réduire la demande des consommateurs.

Les gouvernements de ces pays doivent donc accorder une priorité nationale à la conservation et l'efficacité énergétique. Ainsi, la consommation sera réduite à l'aide du programme pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire le gaspillage des ressources. Il s'agira par exemple de vulgariser l'usage d'équipements plus efficaces pour la cuisson, l'éclairage, ainsi que pour la production industrielle. Dans le même temps, des efforts doivent être faits pour encourager l'industrie à adopter une technologie qui réduit la pollution.

Il faut tout de même noter que notre analyse se limite à la relation allant de la croissance économique à la consommation énergétique. Toutefois, l'existence d'une relation inverse signifie que l'économie est considérablement dépendante de l'énergie. Ce qui change les recommandations politiques. Dans ce contexte là, l'enchérissement des prix énergétiques rend vulnérable l'économie de ces pays et peut même être un facteur de blocage à leur développement économique.

Afin de pallier à ces éventualités, des études poussées en la matière doivent être menées pour préconiser des recommandations de politiques économiques pour une meilleure efficacité et indépendance énergétique en Afrique Subsaharienne.

Bibliographie

- Adjaye J.A** (2000), «The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries», *Energy Economics* vol.22, p.615-625.
- Akinlo A.E** (2008) «Energy consumption and economic growth: evidence from 11 African countries», *Energy Economics*, vol.30, p.2391–2400.
- Apergis N, Payne J. E** (2009), «Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model », *Energy Economics* vol.31, p.211–216.
- Arellano M., & Bond S.,(1991)**, « Some test of specification for panel data: Monte Carlo evidence and application to employment equations », *Review of Economic Studies* Vol. 58, p 277-297.
- Beaudreau B.C.** (2010), «On the methodology of energy-GDP Granger causality tests», *Energy*, vol.35 p. 3535–3539
- Carballo C.F.S, Chang C-C**(2011), «Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean», *Energy Policy* vol.39, p.4215–4221.
- Carbonnier G., & Grinevald J.,** (2011), « Energie et développement », *Revue internationale de politique de développement*, p. 9-28.
- Chesnais J-C, & Chasseriaux J-M** (1981) «L'incidence des facteurs démographiques sur la consommation d'énergie». Application au cas français, In: Population, 36e année, n°3, p. 505-518.
- Chontanawat J, Hunt Lester C., Pierse R** (2008) «Does energy consumption cause economic growth? Evidence from a systematic study of over 100 countries», *Journal of Policy Modeling* vol.30, p. 209-220
- Dubois S.** (2007), « Les hydrocarbures dans le monde, Etat des lieux et perspectives », *Ellipses*, p420.
- Ebohon O. J** (1996), « Economic Growth and causality in Developing Countries. A Case Study of Tanzania and Nigeria », *Energy Policy* Vol.24, n°5, p 447-453.
- Ferguson R., Hill R., Wilkinson W.,** (2000).,«Electricity use and economic development», *Energy Policy*, Vol.28, p.923-934
- Gallez C.** (2007), « Afrique et énergie : environnement, développement et transfert de technologie, Liaisons Energie Francophone », *Revue* n° 74 p. 68.
- Holtz-Eakin D., Newey W., Rosen H.** (1998),«Estimating vector auto-regression with panel data», *Econometrica* vol.56, p1371–1385.
- Huanga B-N., Hwang M.J., Yang C.W.** (2008) «Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach», *Ecological Economics* vol.67, p.41 – 54.

- Initiative Climat Paris-Nairobi** (21 Avril 2011) « Accès à l'énergie, développement durable et changements climatiques » *Livre-Blanc*, p1-77.
- Jones G.J., & Thompson G.**(1996), « Renewable Energy for African Development », *Solar Energy*, vol.58, n°1-3, p.103-109.
- Jumbe C- B.L** (2004), «Co-integration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi», *Energy Economics* Vol.26, p.61- 68.
- Kane CH. S.** (2009), « Demande d'énergie et croissance économique dans l'UEMOA : Une analyse sur panel hétérogène non stationnaire », *Revue africaine de l'Intégration*, Vol. 3, n°1, p.1-33.
- Karekezi S.** (2002), «Renewable in Africa: Improving Modern Energy Services for the Poor-A Gender Perspective», *Energia News*, vol.5, n°4, p.16.
- Lee, C.C., Chang, C.P.** (2007). « Energy Consumption and GDP revisited: a panel analysis of developed and developing countries», *Energy Economics* vol.29, p1206–1223.
- Lee, C.C. & 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, p. 50–65.
- Magrin G.** (2007), «L'Afrique sub-saharienne face aux famines énergétiques», *Echo Géo*,n°3,p.14
- Mehara M.**(2007), «Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries», *Energy Policy*, vol. 35, p. 2939–2945.
- Morimoto R. & Hope C.** (2004), «The Impact of Electricity Supply on Economic Growth in Sri Lanka», *Energy Economics* vol.26, n°1, p.77-85
- Kanagawa M. & Nakata T.,** (2008), «Assessment of access to electricity and the socioeconomic impacts in rural areas of developing countries», *Energy Policy*, vol.36, n° 6, p 2016–2029
- Ozturk I., Aslan A., Kalyoncu H.** (2010), «Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries », *Energy Policy*, vol.38, p4422–4428.
- Percebois J.** (Mai 1978), « Energie, croissance et calcul économique, *Revue économique*», *Revue économique -Persée*, Vol. 29, n° 3 pp. 464-493.
- Percebois J.** (1999), « L'apport de la théorie économique aux débats énergétiques », *Revue de l'Énergie, CREDEN, Université de Montpellier1*, Cahier n° 99.11.15, p. 1- 36.
- Soytas, U. & Sari, R.** 2003 «Energy Consumption and GDP: Causality Relationships in G-7 Countries and Emerging Markets», *Energy Economics* vol. 25, n°1, p33-37.
- Wolde-Rufael Y.** 2005, «Energy demand and economic growth: The African experience», *Energy Economics* vol. 27, p.891-903.
- Wolde-Rufael Y.** 2009, «Energy consumption and economic growth: The experience of African countries revisited», *Energy Economics* vol. 31, p.217-224.

<http://yearbook.enerdata.net/> (Consulté le 11/01/2012)

<http://www.worldenergyoutlook.org>(consulté le 11/01/2012)

<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

<http://www.enerdata.net/enerdatafr/publications/bilan-energetique-mondial.php>(le 11/01/12)

<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=5&pid=5&aid=2&cid=r6,&syid=1980&eyid=2008&unit=QBTU>

<http://fr.unitjuggler.com/convertir-energy-de-quad-en-toe.html>

<http://www.izf.net/pages/economie-pays-zone-franc-cfa/2279/>

Graphique 9 : Nuages de point de la Consommation d'énergie primaire et PIB/habitant par pays

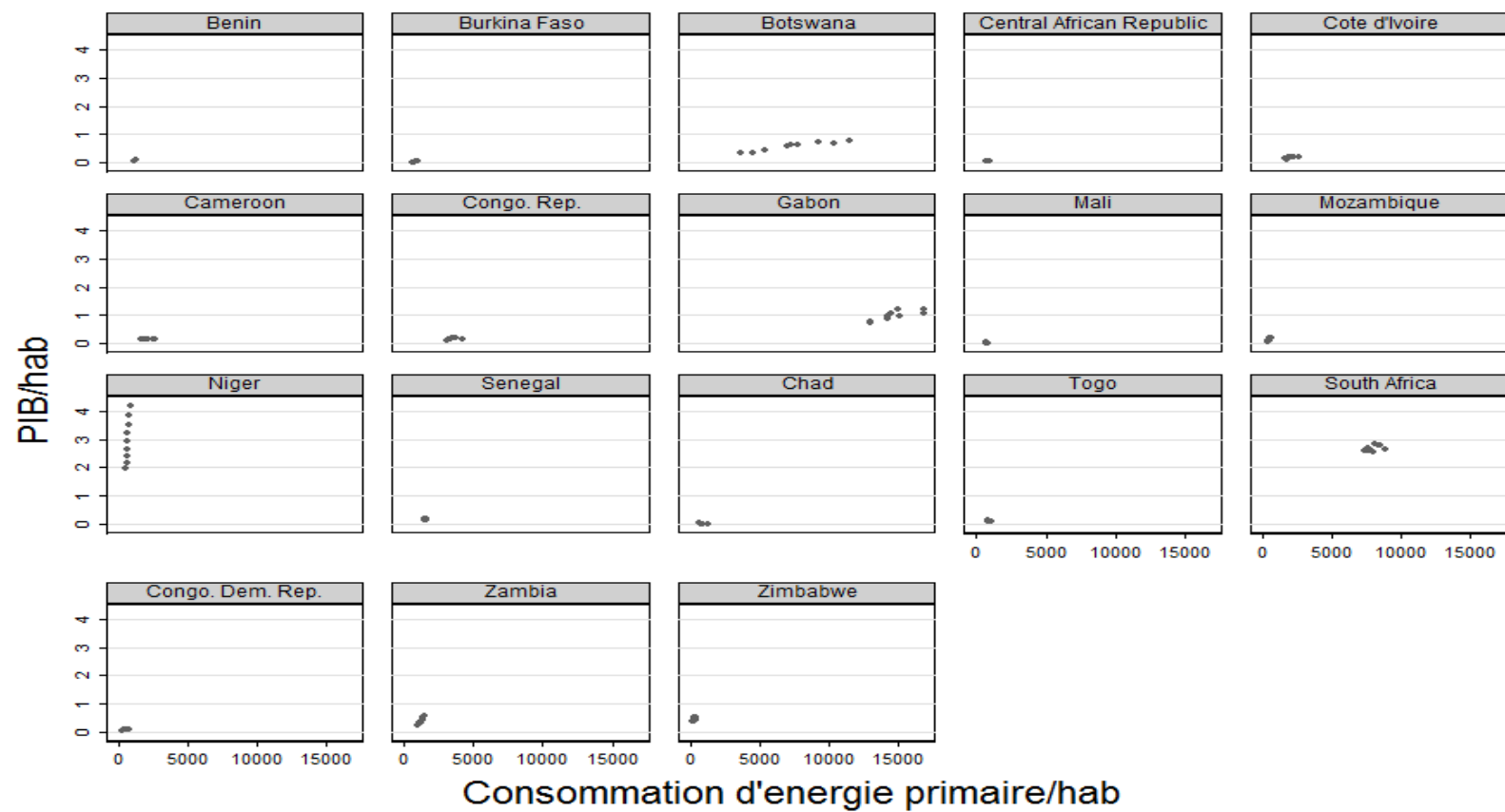


Tableau 3 : Estimation Modèle à effets fixe

```
. xtreg lnce L.lnce lnpipper lnturb lnvaïnd lnvaser lnfbcf lnprope lnipc ,fe
```

Fixed-effects (within) regression
Group variable: crossid

Number of obs = 101
Number of groups = 13

R-sq: within = 0.7263
between = 0.8418
overall = 0.8285

Obs per group: min = 5
avg = 7.8
max = 8

corr(u_i, Xb) = -0.6606

F(8,80) = 26.53
Prob > F = 0.0000

lnce	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnce L1.	.5584016	.0720657	7.75	0.000	.4149863	.7018168
lnpipper	.5024407	.1603999	3.13	0.002	.1832347	.8216467
lnturb	.1556299	.191015	0.81	0.418	-.2245021	.5357619
lnvaïnd	.6390701	.1846593	3.46	0.001	.2715864	1.006554
lnvaser	.5266884	.2118753	2.49	0.015	.1050431	.9483337
lnfbcf	.0086952	.0742689	0.12	0.907	-.1391046	.156495
lnprope	.0415333	.1005268	0.41	0.681	-.1585213	.241588
lnipc	.020926	.0078171	2.68	0.009	.0053695	.0364826
_cons	-9.591756	1.545219	-6.21	0.000	-12.66684	-6.516671
sigma_u	.60766963					
sigma_e	.15596774					
rho	.93819447	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(12, 80) = 6.12 Prob > F = 0.0000

NB : On rejette H_0 (d'homogénéité).

Tableau 4 : Estimation Modèle à Effets Aléatoires

```
. xtreg lnce L.lnce lnpipper lnturb lnvaïnd lnvaser lnfbcf lnprope lnipc ,re
```

Random-effects GLS regression
Group variable: crossid

Number of obs = 101
Number of groups = 13

R-sq: within = 0.6153
between = 0.9919
overall = 0.9699

Obs per group: min = 5
avg = 7.8
max = 8

Random effects u_i ~ Gaussian
corr(u_i, X) = 0 (assumed)

wald chi2(8) = 1897.64
Prob > chi2 = 0.0000

lnce	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lnce L1.	.8885453	.0449735	19.76	0.000	.800399	.9766917
lnpipper	-.0402905	.0483835	-0.83	0.405	-.1351204	.0545394
lnturb	.272322	.1509461	1.80	0.071	-.023527	.568171
lnvaïnd	.1301087	.1267329	1.03	0.305	-.1182831	.3785005
lnvaser	.3054505	.1714558	1.78	0.075	-.0305967	.6414976
lnfbcf	.1613853	.0711329	2.27	0.023	.0219674	.3008032
lnprope	.0062116	.0241971	0.26	0.797	-.0412139	.0536372
lnipc	.0010309	.0051672	0.20	0.842	-.0090967	.0111585
_cons	-2.990802	.9643423	-3.10	0.002	-4.880878	-1.100726
sigma_u	.04995097					
sigma_e	.15596774					
rho	.09302771	(fraction of variance due to u_i)				

Tableau 5 : Résultat du test de Breush-Pagan (Significativité des Effets Aléatoires)

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

lnce[crossid,t] = xb + u[crossid] + e[crossid,t]

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
lnce	1.271805	1.127743
e	.0243259	.1559677
u	.0024951	.049951

Test: Var(u) = 0

chi2(1) = 0.28
Prob > chi2 = 0.5935

NB : la probabilité de la statistique de Breush-Pagan montre que les effets aléatoires ne sont pas significatifs au seuil de 10%.

Tableau 7 : Test d' Homoscedasticité des Ecart Aléatoires (test de Breush-Pagan)

```
. xtreg resid2² L.lnce lnpiibper lnturb lnvaïnd lnvaser lnfbcf lnprope lnipc ,fe
Fixed-effects (within) regression
Group variable: crossid
R-sq:  within = 0.1478
        between = 0.0884
        overall = 0.0856
corr(u_i, xb) = -0.1854
Number of obs = 101
Number of groups = 13
Obs per group: min = 5
               avg = 7.8
               max = 8
F(8,80) = 1.73
Prob > F = 0.1030
```

resid2²	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnce L1.	.0249014	.0811051	0.31	0.760	-.1365029	.1863057
lnpiibper	-.0365858	.1805194	-0.20	0.840	-.3958307	.3226592
lnturb	.385627	.2149746	1.79	0.077	-.0421861	.8134402
lnvaïnd	.1726687	.2078216	0.83	0.409	-.2409095	.586247
lnvaser	.1234156	.2384515	0.52	0.606	-.3511179	.5979492
lnfbcf	-.0316636	.0835846	-0.38	0.706	-.1980023	.1346752
lnprope	.0667913	.1131361	0.59	0.557	-.1583569	.2919394
lnipc	-.0010155	.0087976	-0.12	0.908	-.0185234	.0164924
_cons	-2.293646	1.739041	-1.32	0.191	-5.754448	1.167156
sigma_u	.41364249					
sigma_e	.17553125					
rho	.84740222					

F test that all u_i=0: F(12, 80) = 20.84 Prob > F = 0.0000

NB: on ne rejette pas H_0 (la variance du terme d'erreur est constante)

Tableau 8 : Test de Spécification de la Forme Fonctionnelle (test de Ramsey-Reset)

```
Fixed-effects (within) regression
Group variable: crossid
R-sq:  within = 0.7732
        between = 0.7182
        overall = 0.7136
corr(u_i, xb) = -0.5018
Number of obs = 101
Number of groups = 13
Obs per group: min = 5
               avg = 7.8
               max = 8
F(11,77) = 23.87
Prob > F = 0.0000
```

lnce	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnce L1.	.2391606	.1086928	2.20	0.031	.0227255	.4555957
lnpiibper	.4312484	.1560697	2.76	0.007	.1204739	.742023
lnturb	.2293344	.1811095	1.27	0.209	-.1313007	.5899696
lnvaïnd	.1234824	.2160813	0.57	0.569	-.3067905	.5537552
lnvaser	.1094009	.2283562	0.48	0.633	-.3453143	.5641161
lnfbcf	-.0435201	.0716598	-0.61	0.545	-.186213	.0991727
lnprope	-.0216201	.0952827	-0.23	0.821	-.2113522	.1681119
lnipc	.014338	.0082933	1.73	0.088	-.0021761	.0308521
lncepred²	.0163827	.1433507	0.11	0.909	-.2690651	.3018304
lncepred³	.0886869	.0842467	1.05	0.296	-.0790698	.2564435
lncepred4	.0141493	.0137335	1.03	0.306	-.0131976	.0414961
_cons	-5.320852	1.811705	-2.94	0.004	-8.928416	-1.713287
sigma_u	.69621248					
sigma_e	.14469217					
rho	.95859602					

F test that all u_i=0: F(12, 77) = 7.52 Prob > F = 0.0000

NB: pour un risque d'erreur $\alpha=5\%$ donné, l'ensemble des restrictions ne sont pas significativement différent de zéro ; cela signifie une Bonne spécification de la forme fonctionnelle du modèle.