

**Les Déterminants de la Trajectoire Energétique : Analyse Dynamique
de la Relation Causale**
*Determinants of the Energy Trajectory: Dynamic Analysis of the Causal
Relationship*

Doct. Oussama KHEDIR

Laboratoire POLDEVA,
Université de Tlemcen, Algérie

ousseconom@yahoo.fr

Reçu le: 15/09/2019

Dr. Mohammed Seghir GUELLIL

Laboratoire MCLDL,
Université de Mascara, Algérie

m.guellil@univ-mascara.dz

Accepté le: 02/03/2020

Résumé : Dans cette étude, on va tenter d'analyser la relation entre la consommation mondiale d'énergie et différents aspects, économiques, environnementaux, politiques à partir de deux panels et en recourant aux tests de cointégration en données de panel ainsi qu'aux tests de la causalité de Granger en panel. Les résultats obtenus indiquent l'existence d'une relation à long terme entre la consommation d'énergie et l'ensemble des variables. Les résultats indiquent également des relations de causalité bidirectionnelles, unidirectionnelles et neutres entre la consommation d'énergie et certaines variables. Ces résultats peuvent constituer un outil utile pour hiérarchiser la repartition des ressources entre les secteurs.

Mots Clés: Consommation d'énergie, Pollution, Panel, FMOLS, Estimateurs DOLS, Causalité de Granger.

Abstract : This study analyzes the relationship between Global Energy Consumption and different aspects such as; Economic, Environmental, Political. In two panels, using the panel co-integration and panel Granger causality tests. The results show a significant way, which is a co-integrating relationship between energy consumption and the set of variables. The results also indicate bidirectional, unidirectional and neutral causality between energy consumption and some variables, which could be a good tool to prioritize the allocation of resources across industries to ensure a better energetic policy in general and economic outcomes.

Key Words: Energy consumption, Pollution, FMOLS and DOLS estimators, Panel Granger causality.

JEL Codes : Q41, Q53, Q56

* Auteur correspondant : Oussama Khedir (ousseconom@yahoo.fr).

Introduction :

Le développement économique moderne tel que nous le connaissons aujourd'hui, issu du processus d'industrialisation des deux derniers siècles, se nourrit avant tout de ressources minérales non renouvelables extraites de la lithosphère (croûte terrestre). Il bénéficie d'une énergie relativement abondante et bon marché provenant des combustibles fossiles – pétrole, gaz naturel et charbon – et dans une moindre mesure de combustibles fossiles comme l'uranium. Les autres sources d'énergie, dites traditionnelles, comme la biomasse, l'éolien ou l'hydraulique, ont été marginalisées dans le « mix énergétique » des pays industrialisés.

De nos jours, l'enjeu énergétique est bien aligné avec nos besoins, où cette importante ressource contribue à la satisfaction des besoins primaires tels que : se nourrir, se déplacer, communiquer etc....

Avec l'évolution de la technique et la technologie, la consommation énergétique mondiale ne cesse d'augmenter. Toutefois, la prise de conscience des risques engendrés par l'utilisation massive de certaines de ces ressources (accidents, pollutions, tensions géopolitiques) a conduit de nombreux états à développer de nouvelles sources d'énergie. Malgré ces évolutions récentes, le modèle énergétique de demain reste à définir afin de répondre à l'augmentation de la consommation mondiale tout en limitant les risques pour la planète et ses habitants.

La question d'accéder à l'économie à travers la marque énergétique est un point fondamental dans le défi mondial du développement, car l'énergie tient une place particulière dans l'économie des pays du fait de ses caractéristiques propres. L'énergie peut être utilisée comme bien de consommation finale (éclairage, chauffage, transport...) ou comme facteur de production ou encore comme bien de consommation intermédiaire.

Notre travail s'articule sur cette thématique. Pour cela, on a consacré notre étude sur les interactions qui peuvent exister entre la consommation totale d'énergie primaire engagée par les gouvernements, le PIB, l'exportation de la haute technologie, les émissions totales de dioxyde de carbone (CO₂) provenant de la consommation d'énergie, la population et l'indice des prix de l'énergie.

Sachant qu'il existe des liens importants entre la trajectoire énergétique et la croissance économique des pays, cette croissance a des répercussions sur plusieurs aspects : social, technologique et énergétique etc. Il s'agit donc de porter un essai de réponse à la question fondamentale suivante : « Une analyse dynamique multidimensionnelle est-elle nécessaire pour résoudre profondément les lacunes provoquées lors de l'analyse de la trajectoire énergétique à long terme ? »

Pour répondre à cette question nous allons tenter d'appliquer de nouveaux tests en économétrie des panels « l'approche de la cointégration en données de panel (Pedroni 1999 – Pedroni 2004) et les tests de causalité en panel (Hurlin 2005) ».

Le reste de cet article est organisé comme suit : la section deux est dédiée à l'étude de la revue de la littérature, la section trois décrit la méthodologie et les données utilisées dans cette étude. La section quatre présente les résultats empiriques, enfin, les conclusions et les implications politiques sont présentées à la section cinq.

1. Revue de la littérature :

La littérature de spécialité faite sur un panel de pays, est assez riche. Compte tenu de la grande quantité de travaux, nous allons nous contenter de citer quelque uns tels que: Guellil (2016) , Ghouali.Y et al. (2014), Nadia S. Ouedraogo (2013), Coers and Sanders (2013), Akkemik and Göksal (2012), Apergis and Payne (2011), Ozturk, Aslan and Kalyoncu (2010), Apergis, Payne (2009) Zachariadis (2007), Narayan et al. (2007), Wolde-Rufael (2006) ,Ferguson et al. (2000) qui utilisent des techniques différentes et qui examinent les différents aspects de la relation énergie-croissance. Ces études sont résumées ci-dessous.

Guellil (2016) a étudié la relation entre la consommation mondiale d'énergie et différents aspects: aspects économiques, environnementaux, politiques,... et cela pour les six continents, en utilisant les tests de cointégration en données de panel et les tests de causalité de Granger en données de Panel. Les résultats indiquent l'existence d'une relation à long terme entre la consommation d'énergie et l'ensemble des variables, elles indiquent aussi des relations de causalité bidirectionnelles, unidirectionnelles et neutres entre la consommation d'énergie et certaines variables. ce qui pourrait constituer un outil utile à la hiérarchisation de la répartition des ressources entre les secteurs pour assurer une meilleure politique énergétique et de résultats économiques probants.

Ghouali.Y et al. (2014), examinent la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique pour un échantillon de treize pays classés en deux groupes selon la région: "Pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye, Égypte) et les Pays du Moyen Orient (Iran, Bahreïn, Arabie Saoudite, Émirats arabes unis, Qatar, Oman, Liban et Jordanie) ", en utilisant les tests de panel co-intégration pendant la période 1980-2010. Les résultats obtenus démontrent une relation de cointégration entre la consommation d'électricité et la croissance économique et donc l'existence d'une relation d'équilibre à long terme.

S. Ouedraogo (2013) a étudié la relation de long terme entre l'accès à l'énergie et la croissance économique dans quinze pays africains de 1980 à 2008 en utilisant des techniques de cointégration de panel récemment.Elles confirment une causalité unidirectionnelle à long terme et à court terme. La causalité est étudiée du PIB vers la consommation d'énergie dans le court terme, et de la consommation d'énergie vers PIB à long terme. Cette étude apporte ainsi la preuve empirique de l'existence de relations à long terme et de causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique relative à notre étude de cas.

Coers and Sanders (2013) ont utilisé un panel de trente pays de l'OCDE au cours des quarante dernières années, à l'aide des racines unitaires et les tests de cointégration en panel en spécifiant un modèle à correction d'erreur approprié pour analyser le lien entre le revenu et la consommation d'énergie. Leurs résultats montrent , preuves à l'appui ,que la causalité bidirectionnelle existe dans le très court terme. Leurs résultats montrent également une forte causalité unidirectionnelle du PIB vers la consommation d'énergie sur le long terme. Les auteurs suggèrent que les politiques visant à réduire la consommation d'énergie et la promotion de l'efficacité énergétique ne sont pas susceptibles d'avoir un effet négatif sur la croissance économique, sauf dans le très court terme.

Akkemik and Göksal (2012) ,les auteurs de cette étude ont étendu la causalité de Granger entre la consommation d'énergie et le PIB, en tenant compte de l'hétérogénéité du panneau. Pour ce faire, ils ont utilisé un panel de 79 pays pour la période 1980-2007. Ils ont examiné quatre différents liens de causalité : la non-causalité, la causalité homogène et hétérogène, la non-causalité hétérogène et la non causalité homogène. Leurs résultats montrent que près de sept dixièmes du panel ont une causalité de Granger bi-directionnelle, deux dixièmes des pays montrent qu'il n'ya pas la causalité de Granger et un dixième de pays montrent une causalité de Granger unidirectionnelle. Apergis and Payne (2011) .Cette étude examine la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique pour 88 pays classés en quatre groupes en fonction de la classification des revenus de la Banque Mondiale (haut, moyen supérieur, moyen inférieur et faible revenu) dans un cadre de panel multi varié sur la période 1990-2006. Les résultats du modèle du vecteur de correction d'erreur pour le panel (1) indique une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'électricité et la croissance économique à court et à long terme pour les revenus élevés .Les panels des pays à revenu moyen-supérieur (2) indiquent une causalité unidirectionnelle de la consommation d'électricité vers la croissance économique dans le court terme, mais une causalité bidirectionnelle dans le long terme pour le groupe de pays à revenu moyen inférieur. Pour le panel (3) ,il y a une causalité unidirectionnelle de la consommation d'électricité vers la croissance économique pour le groupe de pays à faible revenu.

Ozturk and Acaravci (2010) étudient la relation de causalité des problèmes à long terme entre la consommation d'électricité et la croissance économique dans 15 pays en transition (Albanie, Bélarus, Bulgarie, République Tchèque, Estonie, Lettonie, Lituanie, Macédoine, Moldavie, Pologne, Roumanie, Fédération de Russie, Serbie, République Slovaque et Ukraine) en utilisant la méthode de cointégration en panel de Pedroni pour la période 1990-2006. Les résultats obtenus suggèrent que les tests de cointégration de panel de Pedroni ne confirment pas une relation d'équilibre de long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le PIB réel par habitant. En outre et puisqu'il y a une absence de cointégration, les mécanismes de correction d'erreurs, plus le test de causalité ne peuvent pas être exécutés pour d'autres mesures à long terme visant à étudier la causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique. Globalement, on peut dire que les politiques liées à la consommation d'électricité n'ont pas d'effet ou relation au niveau de la production réelle à long terme pour ces pays. En conclusion, la littérature a donné des résultats contradictoires et il n'y a pas de consensus non plus sur l'existence ou le sens de la causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique. Ainsi, les résultats de cette étude ont des implications politiques importantes et cela montre que cette question mérite d'être encore plus d'attention dans les recherches futures.

Apergis, Payne (2009) examinent la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique de six pays d'Amérique Centrale au cours de la période 1980-2004 dans un cadre multi-varié. Compte tenu de la période relativement courte des données de séries chronologiques, la cointégration de panel et le modèle

de correction d'erreur sont utilisés pour déduire la relation causale. Basé sur le test de cointégration de panel hétérogène par Pedroni, les résultats de causalité indiquent la présence de deux causalités à court terme et à long terme de la consommation d'énergie vers la croissance économique qui soutient l'hypothèse de croissance.

Zachariadis (2007) applique des tests de causalité entre l'énergie et la croissance à deux variables pour le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et les Etats-Unis, en utilisant des données globales et sectorielles et trois méthodes économétriques modernes différentes: les modèle VEC et ARDL et l'approche de Toda-Yamamoto. Les résultats, qui sont souvent contradictoires ou économiquement peu plausibles, montrent explicitement que l'on doit être prudent lors de l'élaboration des implications politiques à l'aide de tests de causalité à deux variables sur de petits échantillons. En conséquence, cet auteur insiste sur l'importance de l'utilisation des échantillons de grande taille et le recours aux modèles multi-variés qui sont plus proches de la théorie économique.

Narayan et al. (2007) appliquent les développements récents des racines unitaires et des techniques de cointégration en panel pour estimer le revenu à long terme et à court terme et les élasticités du prix de la demande résidentielle d'électricité dans les pays du G7. Ils utilisent des données annuelles des séries chronologiques de 1978 à 2003 pour le groupe des pays du G7. Les résultats du panel indiquent que la demande résidentielle à long terme pour l'électricité est élastique par rapport aux prix et inélastique par rapport au revenu. L'étude conclut que, d'un point de vue environnemental il est possible d'utiliser des stratégies de prix dans les pays du G7 pour réduire la demande d'électricité résidentielle, et ainsi réduire les émissions de carbone, dans le long terme.

Wolde-Rufael (2006) a testé la relation de long terme et de causalité entre la consommation d'électricité par habitant et le produit intérieur brut (PIB) réel par habitant pour 17 pays africains pour la période 1971-2001 en utilisant un test de cointégration nouvellement développé et proposé par Pesaran et al. (2001) et en utilisant une version modifiée du test de causalité de Granger, de Toda et Yamamoto (1995). Les études empiriques montrent qu'il y a une relation de long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le PIB réel par habitant pour seulement 9 pays et de la causalité de Granger pour 12 autres pays. Pour 6 pays, il y a un lien de causalité unidirectionnelle positif allant du PIB réel par habitant vers la consommation d'électricité par habitant, une causalité inverse pour 3 pays et une causalité bidirectionnelle pour les 3 pays restants.

Ferguson et al. (2000) ont étudié la relation entre la consommation d'électricité et le développement économique dans plus de 100 pays. Les corrélations entre la consommation d'électricité / habitant et le PIB / habitant ont été analysées et comparées avec les corrélations entre l'offre totale / habitant et le PIB / habitant d'énergie primaire. Une analyse a corrélé la proportion d'énergie utilisée sous forme d'électricité, le « e/E ratio », avec un PIB / habitant. Les conclusions générales de cette étude montrent que les pays riches enregistrent une forte corrélation entre la consommation d'électricité et la création de richesses, ce qui n'est pas le cas pour les pays pauvres et que, pour l'économie mondiale dans son

ensemble, il ya une forte corrélation entre la consommation d'électricité et la création de richesses beaucoup plus qu'il y a entre la consommation totale d'énergie et la richesse. L'étude montre également que, dans les pays riches, l'augmentation de la richesse au fil du temps est corrélée avec une augmentation du ratio e / E .

2. Données et méthodologie :

2.1. Analyse des données :

L'ensemble de données comprend des observations pour 17 pays sur la période 1992-2016 réparties en deux Panel, obtenus à partir de la base de données de U.S. Energy Information Administration (EIA STAT) 2017, UN data 2017 (A world of information), Statistiques-Mondiales 2017, World Bank Data 2017, Encyclopedia of the Nations 2017, Knoema Stat 2017. Les données de la consommation totale d'énergie primaire définie en Quadrillion Btu, PIB - l'exportation de la haute technologie - Indice des prix de l'énergie sont définies en dollars (États-Unis) à prix courants et taux de change courants , émissions totales de dioxyde de carbone (CO₂) définie en millions de tonnes métriques et la population est exprimé en millions.

Notre base de données comprend 17 pays. Nous avons classé les pays en panels en fonction de la région pour examiner si il y'a des différences structurelles. Les pays sont énumérés comme suit : Asie et Océanie (Australie, Chine, Indonésie, Japon, Malaisie, Nouvelle-Zélande, Philippines, Hong Kong, Singapour, Thaïlande),

2.2. Méthodologie

Dans l'analyse de la relation dans le long terme en données de panel, le choix de la technique appropriée est une question théorique et empirique très importante. La cointégration est la technique la plus appropriée pour étudier la relation à long terme entre les variables. La méthode utilisée dans le présent travail peut être divisée en quatre étapes principales. On aborde en premier lieu les tests des racines unitaires en panel (« IPS », « LLC », etc.,...). En deuxième lieu, si elles sont intégrées du même ordre, on utilise les tests co-intégration. En troisième lieu et si les séries sont cointégrées, on estime le vecteur de co-intégration dans le long terme en utilisant les méthodes (FMOLS) et (DOLS). Enfin, et en dernier lieu, on aborde le test de causalité de Granger en panel.

3. Résultat Empirique :

3.1. Présentation du modèle

En général, les études énergétiques Top-Down prennent en compte dans leurs analyses les aspects économiques, politiques et technologiques relatifs à la consommation totale d'énergie, ainsi que la prise en compte des spillovers. La modélisation de la demande totale d'énergie peut être appliquée soit à l'ensemble de l'économie, soit au niveau sectoriel, comme le secteur résidentiel, commercial et industriel, pour ensuite obtenir l'ensemble de la consommation par sommation. C'est cette première approche qui est privilégiée. La modélisation proposée procède sur deux niveaux : au premier niveau, la consommation totale d'énergie primaire mesurée en Quadrillion Btu est considérée comme variable endogène. Au second

niveau, les autres variables employées représentant différents aspects tels que le prix d'énergie, l'exportation de la haute technologie, le PIB, l'émission de CO₂, etc... sont présentés en qualité de variables exogènes. En effet, l'usage de l'énergie repose sur l'utilisation des différents équipements et les réponses des consommateurs à des variations de prix ou de revenus peuvent s'échelonner sur plusieurs périodes à cause des coûts d'ajustement, etc... De façon plus formelle, le modèle intégré de la demande totale d'énergie primaire peut être exprimé comme suit :

$$\text{Log (ENRit)} = C(1)* \text{Log (GDPit)} + C(2)* \text{Log (HTEit)} + C(3)* \text{Log (CO2it)} + C(4)* \text{Log (POPit)} + C(5)* \text{Log (EPIit)}$$

Le modèle d'essai de validation empirique est tiré de l'étude de la revue de la littérature concernant le sujet ici abordé. L'hypothèse faite suppose que la consommation totale d'énergie primaire engagée par les gouvernements est une fonction du PIB, l'exportation de la haute technologie, les émissions totales de dioxyde de carbone (CO₂), la population et l'indice des prix de l'énergie. Le modèle est présenté sous forme de relation linéaire entre les différentes variables exprimées en Log. Ainsi, on définit :

ENRit: la consommation totale d'énergie primaire pour le pays (i) de l'année t ;

GDPit: le PIB (Produit Intérieur Brut) pour le pays (i) de l'année t ;

HTEit la Haute Technologie pour le pays (i) de l'année t ;

CO2it: Emissions Totales de Dioxyde de Carbone (CO₂) provenant de la consommation d'énergie pour le pays (i) de l'année t ;

POPit : la Population pour le pays (i) de l'année t ;

EPIit: Indice des Prix de l'Energie pour le pays (i) de l'année t.

3.2. Asie et Océanie :

a. Tests de racine unitaire :

Le choix d'un certain nombre de tests de racine unitaire permet dans cette phase d'étudier la stationnarité des séries présentées. Les résultats de ces tests sont figurent dans le tableau suivant :

Tableau 1 : « Tests de racine unitaire pour les variables des pays de la zone asiatique et océanienne »

Null: Unit Root		Null: NO Unit Root						
Methods	Levin, Lin and Chu (LLC)	Breitung t-stat	Im, Pesaran And Shin (IPS) W-stat	MW-ADF Fisher Chi-square	MW-PP Fisher Chi-square	Hadri Z-stat	Heteroscedastic consistent Z-stat	
Variables								
Level	Log ENR	-1.58367 (0.0566)	1.11929 (0.8685)	-0.93873 (0.1739)	26.4464 (0.1516)	14.9932 (0.7768)	5.72354 (0.0000)*	6.13590 (0.0000)*
	Log GDP	1.10140 (0.8646)	0.22604 (0.5894)	1.80814 (0.9647)	10.4962 (0.9583)	6.47221 (0.9981)	5.71254 (0.0000)*	5.16354 (0.0000)*
	Log HTE	-3.34069 (0.0004)*	1.77641 (0.9622)	-1.45183 (0.0733)	30.7030 (0.0592)	41.0736 (0.0036)*	7.28963 (0.0000)*	5.78634 (0.0000)*
	Log CO2	-1.33636 (0.0907)	0.33860 (0.6325)	-1.05685 (0.1453)	30.5906 (0.0608)	22.5320 (0.3124)	5.10123 (0.0000)*	5.03328 (0.0000)*
	Log POP	-4.81039 (0.0000)*	5.82612 (1.0000)	-2.05294 (0.0200)	43.3088 (0.0019)*	3.41770 (1.0000)	6.88500 (0.0000)*	6.55672 (0.0000)*
	Log EPI	-0.15917 (0.4368)	NA	3.80016 (0.9999)	2.35309 (1.0000)	0.81798 (1.0000)	4.19327 (0.0000)*	4.19327 (0.0000)*
	Δ Log ENR	-7.77700 (0.0000)*	-3.56116 (0.0002)*	-7.84172 (0.0000)*	88.8394 (0.0000)*	128.072 (0.0000)*	1.22949 (0.1094)	1.97283 (0.0243)
	Δ Log GDP	-8.10420 (0.0000)*	-5.33658 (0.0000)*	-5.48945 (0.0000)*	62.5952 (0.0000)*	65.8538 (0.0000)*	0.45774 (0.3236)	0.45163 (0.3258)
	Δ Log HTE	-8.98572 (0.0000)*	-7.12304 (0.0000)*	-7.27673 (0.0000)*	80.1226 (0.0000)*	116.368 (0.0000)*	0.50607 (0.3064)	4.45866 (0.0000)
	Δ Log CO2	-8.78011 (0.0000)*	-3.11898 (0.0009)*	-8.23338 (0.0000)*	92.3244 (0.0000)*	106.241 (0.0000)*	1.00326 (0.1579)	2.18860 (0.0143)
First difference	Δ Log POP	-3.84257 (0.0001)*	NA	-9.01874 (0.0000)*	116.927 (0.0000)*	91.5023 (0.0000)*	0.28439 (0.3881)	1.28446 (0.0995)
	Δ Log EPI	-8.64350 (0.0000)*	-9.39863 (0.0000)*	-7.43116 (0.0000)*	85.5771 (0.0000)*	206.975 (0.0000)*	1.57337 (0.0578)	1.57337 (0.0578)

* Indique la signification statistique à 1%. Δ est l'opérateur de différence première.

Le tableau contient les résultats des tests de (LLC), (IPS), (BRT), (MW), le test de Hadri ainsi que le test de Heteroscedastic consistent appliqués sur les variables du modèle. L'application des tests de racine unitaire dévoile que l'ensemble des séries statistiques est affecté d'une racine unitaire (voir Tableau 1). Il est à noter que le nombre de retard est fixé au maximum pour chaque variable, la sélection des nombres de retard pour chaque individu est programmée par Schwarz Info Criterion pour tous les tests. A partir des différences premières effectuées sur toutes les variables, on constate que toutes les séries sont stationnaires. On en induit

qu'elles sont intégrées d'ordre un $\{I(1)\}$, que ce soit pour le modèle avec trend et constante, ou avec constante, ou sans constante ni tendance.

b. Cointégration :

Après avoir testé les propriétés de non stationnarité des séries, on va procéder à la deuxième démarche qui est la révélation de l'existence d'une relation à long terme à l'aide de ce que l'on appelle les tests de cointégration. Les résultats figurent dans le tableau suivant:

Tableau 2 : « Tests de Co-intégration en panel pour les pays de la zone asiatique et océanienne »

Methods	Within dimension (panel statistics)			Between dimension (individuals statistics)		
	Test	Statistique	Prob	Test	Statistique	Prob
LOG PIB LOG ELEC						
Pedroni (1999)	Panel v-statistic	-0.316741	0.6243	Group ρ -statistic	2.713818	0.9967
	Panel rho-statistic	1.324141	0.9073	Group pp-statistic	-6.739177	0.0000
	Panel PP-statistic	-3.841161	0.0001	Group ADF-statistic	-5.170018	0.0000
	Panel ADF-statistic	-4.770102	0.0000			
Pedroni (2004) (Weighted statistic)	Panel v-statistic	-1.788688	0.9632			
	Panel rho-statistic	0.414756	0.6608			
	Panel PP-statistic	-7.548350	0.0000			
	Panel ADF-statistic	-8.233274	0.0000			

* Indique la signification statistique à 1%.

Le tableau (2) résume les résultats des sept (07) statistiques de cointégration de Pedroni. La cointégration des variables dépend de la valeur de la probabilité associée à chaque statistique. A partir des résultats des tests de cointégration de Pedroni on peut observer que dans sept statistiques, on trouve uniquement quatre qui présentent des valeurs de probabilité inférieures à 1 %. Il s'agit principalement de (Panel pp-Statistic) et (Panel ADF-Statistic) pour ce qui est des tests intra-individuelles « Pedroni (1999), Pedroni (2004) (Weighted statistic) », et on a aussi (Group PP-Statistic) et (Group ADF-Statistic) pour les tests inter-individuelles « Pedroni (1999) ». De ce fait, l'ensemble de ces tests détecte l'existence d'une relation de cointégration. Dans ce qui suit, on va estimer la relation de cointégration en se basant sur les méthodes les plus adéquates pour ce type d'approche.

c. Estimation de la relation long terme avec les méthodes FMOLS et DOLS :

Après avoir montré que les variables sont stationnaires en différences premières et l'existence d'une cointégration à long terme dans les étapes précédentes, on va s'intéresser au résultat obtenu grâce à l'estimateur FMOLS dimension Within (Pooled) tout en s'intéressant à l'analyse des autres résultats fournis par l'estimateur DOLS dans les deux dimensions.

On va estimer maintenant l'impact à long terme de toutes les variables explicatives sur la consommation globale de l'énergie primaire dans le continent africain. Les

résultats de l'estimateur FMOLS en panel ne sont pas semblables aux estimateurs DOLS dans tous les cas, tous les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : « Estimation FMOLS et DOLS de la relation à long terme pour le Panel Asiatique et Océanien »

Dependent Variable	FMOLS					DOLS				
	<i>ENR</i>									
Variables	<i>GDP</i>	<i>HTE</i>	<i>CO2</i>	<i>POP</i>	<i>EPI</i>	<i>GDP</i>	<i>HTE</i>	<i>CO2</i>	<i>POP</i>	<i>EPI</i>
Within Results	[-2.195 -97.520 (0.000)*	[-0.556 -23.358 (0.000)*	[3.1156 109.90 (0.000)*	[0.2591 89.886 (0.000)*	[0.109 15.005 (0.00)*	[-0.029 -1.048 (0.298)	[-0.015 -1.8085 (0.074)	[1.1685 22.357 (0.000)*	[-0.257 -1.9088 (0.060)	[-0.087 -9.312 (0.00)*
Between Results	[0.0416 3.0309 (0.0028)*	[0.0684 5.5819 (0.000)*	[0.6585 15.153 (0.0000)*	[0.5035 2.2137 (0.028)	[-0.026 -2.238 (0.024)	[0.0327 1.7508 (0.081)	[0.0629 3.84656 (0.002)*	[0.6411 10.2902 (0.000)*	[0.5385 1.791 (0.0747)	[-0.019 -1.291 (0.198)

* Indique la signification statistique à 1%.

Le tableau ci-dessus suggère l'élasticité à long terme entre les différentes variables du modèle à partir des estimateurs FMOLS et DOLS pour la zone Asiatique et Océanienne (les coefficients peuvent être interprétés en tant qu'élasticité, parce que les variables sont exprimées en logarithmes naturels). Il est intéressant de noter que les résultats dans la dimension within (Intra-individuelle) ne diffèrent pas des résultats de la dimension between (Inter-individuelle).

La modélisation de la dimension Within nous permet de prendre en compte l'hétérogénéité des individus dans leur dimension temporelle et / ou individuelle. L'estimateur within élimine les effets spécifiques individuels (différences persistantes entre les pays sur la période) ; elle favorise l'information temporelle.

Tous les coefficients estimés de la dimension Within (Pooled) indiquent que CO₂, POP, EPI sont corrélées positivement sauf les coefficients de GDP et HTE qui sont corrélés négativement et de façon significative à la consommation d'énergie au seuil de 1 %. Globalement, les résultats de la régression des variables explicatives GDP, HTE, CO₂, POP et EPI sur ENR dans la dimension Within en utilisant l'estimateur des données de panel FMOLS dévoilent une forte relation à long terme entre les variables exogènes du modèle et la variable endogène ENR, et montrent aussi l'importance de toutes ces variables pour expliquer la consommation énergétique dans ces pays. Au contraire, lors l'utilisation de l'estimateur DOLS dans cette même dimension on accepte (au seuil de 1 %) la significativité de deux coefficients qui sont liés aux variables : CO₂ et EPI.

Dans la dimension Between de la relation à long-terme, on constate que les estimateurs FMOLS et DOLS fournissent deux coefficients communs (CO₂) qui sont significativement différents de zéro, mais l'estimateur FMOLS indique en plus la significativité d'une autre variable qui est le GDP.

















Les résultats obtenus pour cette zone indiquent qu'une augmentation de 1% de l'une des variables GDP, HTE, CO₂, POP et EPI conduit à l'augmentation la consommation ENR, respectivement de -2.19 % ; -0.55 % ; 3.11 % ; 0.25 % ; 0.10 %, pour tous les individus. Il faut souligner que dans cette zone, des résultats négatifs sont significatifs pour quelques variables telles que : HTE dans la

dimension Within, en revanche pour le reste des variables, les coefficients sont positifs et statistiquement significatifs au seuil de significativité de 1% que ce soit pour la méthode FMOLS ou DOLS. Ces résultats mettent en avant la participation des différentes variables à la consommation globale d'énergie primaire. Il faut préciser que ce même panel a des tests significatifs et parfois différents en passant de la méthode FMOLS à la méthode DOLS, c'est pourquoi il faut prendre ces résultats avec une certaine prudence.

d. Panel Granger causalité :

L'existence d'une cointégration implique l'existence de causalité au moins dans une direction. Ayant constaté qu'il existe une relation à long terme entre GDP, HTE, CO₂, POP, EPI et ENR, la prochaine étape est faite dans le but de tester le lien de causalité entre ces variables en utilisant le test de panel Granger Causalité. L'analyse se concentre sur la relation entre GDP, HTE, CO₂, POP, EPI et ENR. Une analyse de causalité de Granger est effectuée afin de déterminer si il y'a une puissance de prévisibilité potentielle d'un indicateur à l'autre. Les résultats du test de Panel Granger Causalité pour tous les individus sont résumés dans le tableau suivant. Il convient de noter qu'un retard optimal a été créé en utilisant les critères d'information d'Akaike et Schwarz.

**Tableau 4 : « Test de Panel Granger Causalité pour
Panel Asiatique et Océanien »**

Lags =2	ENR	GDP	HTE	CO ₂	POP	EPI
ENR		5.27566*  (0.0059)	5.31440*  (0.0057)	2.56532  (0.0796)	0.64827  (0.5241)	0.33959  (0.7125)
GDP	6.62265*  (0.0017)		0.10212  (0.9030)	5.91955  (0.0032)	1.24723  (0.2897)	0.56547  (0.5691)
HTE	3.18354*  (0.0137)	0.16468  (0.8483)		1.69402  (0.1866)	0.11138 (0.8947)	0.30351 (0.7386)
CO₂	13.6746 (3.E-06)	5.54360* (0.0046)	5.97893 (0.0030)		0.37309 (0.6891)	0.68059 (0.5076)
POP	4.74082* (0.0098)	2.38673 (0.0948)	9.37548* (0.0001)	3.63976 (0.0282)		0.11341 (0.8928)
EPI	5.05559* (0.0073)	13.5251 (3.E-06)	15.0189 (9.E-07)	2.56995 (0.0793)	0.05755 (0.9441)	

* Indique la signification statistique à 1%.

L'étude, a pour but de démontrer les relations interactives entre l'ensemble des variables GDP, HTE, CO₂, POP, EPI et ENR, ceci n'empêchant pas l'étude de toutes les relations possibles. A partir des résultats des tests de Panel Granger Causalité présentés dans le tableau ci-dessus, on peut en déduire le sens des relations causales qui peuvent figurer entre les variables au seuil critique (probabilité d'erreur) de 1%.

Les résultats indiquent l'existence de trois causalités unidirectionnelles allant de chacune des variables suivantes : CO₂, POP et EPI vers ENR. Il y'a aussi deux causalités bidirectionnelles à signaler / entre le GDP et ENR et entre HTE et ENR. La conclusion qui peut être faite à partir de ces de ces tests est que les causalités entre ENR et CO₂, entre ENR et HTE sont plus robustes que celles des relations de

cause à effet unidirectionnelles en Asie et Océanie. En ce qui concerne les autres relations de causalité entre le reste des variables, les résultats illustrent des relations de causalité unidirectionnelles de CO₂, POP et EPI vers HTE, de EPI vers GDP et enfin une causalité bidirectionnelle entre CO₂ et GDP.

Conclusion :

Dans cette recherche, on a tenté d'examiner la relation liant la consommation d'énergie à un ensemble de variables représentant différents aspects dans le cadre du développement durable et qui nécessite d'adopter une politique environnementale efficace qui passe obligatoirement par la mise en place d'une politique énergétique s'appuyant sur d'autres formes d'énergie qui respectent l'environnement et une utilisation rationnelle de technologie moins polluante. Dans cette étude, on a eu recours à des techniques économétriques très récentes, notamment, la cointégration en données de panel. Cette méthode, prenant en considération le non stationnarité, a permis de distinguer les relations de court terme de celles de long terme. En effet, plusieurs relations de causalité unidirectionnelle allant de plusieurs variables exogènes vers la consommation d'énergie ont été identifiées dans le long et le court terme pour tous les panels. D'autres des relations bidirectionnelles ont été déterminées entre ces variables. Ces résultats sont en relation étroite avec les structures économiques et auront un impact sur les politiques énergétiques futures. Ainsi, des politiques d'économies d'énergie dans ces zones risquent d'impacter négativement la croissance économique étant donné la nature de la relation de causalité. Par la suite, et afin d'affiner les résultats de cette étude, on a procédé à la classification des pays étudiés en panel asiatique et océanique (Australie, Chine, Nouvelle Zélande, Japon,...).

Grâce à cette classification, on a pu avoir des résultats beaucoup plus spécifiques et beaucoup plus robustes. En effet, l'hypothèse de l'existence de la relation à long terme (cointégration) entre la consommation d'énergie et le reste des variables pour tous les panels est validée. On peut constater que la différence à long terme figure seulement dans le taux d'élasticité entre la variable endogène et les variables exogènes (c'est-à-dire dire la contribution des variables exogènes à expliquer la consommation d'énergie). Arrivant à la causalité qui est très sensible à toute variation dans les différents aspects qui lient la consommation d'énergie, qu'elle soit à court ou à long terme, ce qui pourrait être attribué à la nature de la structure économique dans chaque panel où le tissu industriel est assez développé, ces panels, étant plus concernés que d'autres panels par le Protocole de Kyoto, seront appelés à établir une politique d'économie d'énergie beaucoup plus efficace. En effet, une politique de conservation d'énergie vise au développement durable en incitant les pays de quelques panels à respecter les conventions internationales en la matière, et à préserver les ressources énergétiques non renouvelables pour les générations futures. En analysant les relations causales du panel contenant des pays développés, on souligne que sa croissance économique est tributaire de la consommation d'énergie. Ceci revient à la nature de sa structure économique, non industrialisée, basée principalement sur le tourisme et sur d'autres activités non

consommatrices d'énergie. Par conséquent, une politique de conservation d'énergie ne sera pas en mesure d'entraver sa croissance économique. Pour ces économies, la transition vers des technologies propres peut se faire à un moindre coût.

Les résultats de cette étude confirment la place importante de l'énergie dans les moyens d'existence des ménages dans le monde. Mais la question qui se pose généralement après chaque étude est de savoir si les conclusions qu'elle a permis de tirer peuvent s'appliquer ailleurs. C'est pour cette raison qu'on a établi une étude comparative en étudiant la trajectoire énergétique dans différentes zones. Il serait donc opportun de mener, à l'avenir, la même étude dans d'autres zones en faisant une projection sur chaque continent et cela en la scindant par région ; Nord, Sud, Est et Ouest pour comparer les tendances. Ensuite, il a été identifié plusieurs normes et traditions qui concourent ou empêchent l'utilisation de l'énergie, où on remarque d'un côté que dans des panels l'utilisation de l'énergie a pour but la croissance économique et le développement durable et dans autres panels, l'utilisation de cette dernière sert à satisfaire la satisfaction des besoins humains comme le transport, le chauffage, etc.

Il serait intéressant d'évaluer quel est l'impact de ces normes et traditions sur la consommation d'énergie dans ces continents. Enfin, l'intérêt porté au système de consommation d'énergie dans cette étude est resté localisé dans les relations à long terme et l'estimation de ces relations ainsi qu'en faisant qu'en tentant de déterminer les relations causales.

Il s'avère donc nécessaire, pour la durabilité de la contribution de ces aspects à la rationalisation de la consommation des pays de cette ressource importante et pour permettre la conservation, de développer une approche intégrée et participative d'une bonne gestion de l'énergie et d'essayer de répondre aux attentes des populations en satisfaisant leurs besoins prioritaires. Il est indispensable de concilier les besoins des populations de l'énergie et les impératifs de protection de l'environnement. Les suggestions énumérées ci-dessus peuvent servir d'indicateurs aux différents acteurs et à divers niveaux.

Références bibliographiques :

- Baltagi, B. (1998). Panel Data Methods. Handbook of Applied Economic Statistics, (409), 291–324.
- Breitung, J., 2000. The local power of some unit root tests for panel data. *Advances in Econometrics* 15, 161–177.
- Engle, R.F., Granger, C.W.J., 1987. Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica* 55, 251–276.
- Ferguson, R., Wilkinson, W., Hill, R., 2000. Electricity use and economic development. *Energy Policy* 28 (13), 923–934.
- Ghouali.Y.Z., Belmokaddem.M., Sahraoui.M.A., Guellil.M.S., 2014. "Electricity Consumption and Economic Growth: Test analysis using panel Co-integration", *IJSE "International Journal of Software Engineering"*. Vol.1, July 30, 2014.

- Granger, C. W. J, “Investigating causal relations by econometric and cross-spectral methods,” *Econometrica*, pp. 424–438, 1969.
- GUELLIL, M. S., 2016. « Modélisation Dynamique de la Trajectoire Energétique: Analyse de la relation causale par le Recours à la Cointégration en Données de Panel » (Doctoral thesis, Université de Tlemcen, Tlemcen, ALGERIE). Retrieved from : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/8559>
- Hadri, K., 2000a. Testing for stationarity in heterogeneous panel application. *Econometric Journal* 3, 148–161.
- Ilhan Ozturk, Alper Aslan, Huseyin Kalyoncu “Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries” *Energy Policy* 38 (2010) 4422–4428.
- Im KS, Pesaran MH, Shin Y (2003) Testing for unit roots in heterogeneous panels. *J Econometrics* 115:53–74.
- K. Ali Akkemik, Koray Göksal » Energy consumption-GDP nexus: Heterogeneous panel causality analysis” *Energy Economics* 34 (2012) 865–873.
- Kao, C., Chiang, M.-H., 2000. On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. In: Baltagi, B.H. (Ed.), *Advances in Econometrics: Nonstationary Panels. Panel Cointegration and Dynamic Panels*, 15, pp. 179–222.
- Levin A, Lin CF, Lin ChuJ (2002) Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *J Econometrics* 108:1–24.
- Maddala, G.S., Wu, S., 1999. A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 631–652 Special Issue.
- Mark, N.C., Sul, D., 2002. Cointegration vector estimation by panel DOLS and long-run money demand. NBER Technical Working Papers 0287, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Nadia S. Ouedraogo « Energy consumption and economic growth: Evidence from the economic community of West African States (ECOWAS)” *Energy Economics* 36 (2013) 637–647.
- Narayan, P.K., Smyth, R., Prasad, A., 2007. Electricity consumption in the G7 countries: a panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy* 35 (9), 4485–4494.
- Nicholas Apergis, James E. Payne « Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model” *Energy Economics* 31 (2009) 211–216.
- Nicholas Apergis, James E. Payne. A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus *Energy Economics* 33 (2011) 770–781.
- Ozturk, I., 2010. A literature survey on energy-growth nexus. *Energ Policy* 38 (1), 340–349.

- Pedroni, P., 1997. Panel cointegration, asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests, with an application to the PPP hypothesis: new results. Economics Working Paper, Indiana University.
- Pedroni, P., 1999. Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. Oxford Bulletin of Economics and Statistics 61, 653–678.
- Pedroni, P., 2000. Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. Adv. Econ. 15, 93–130.
- Pedroni, P., 2001. Purchasing power parity tests in cointegrated panels. Rev. Econ. Stat. 3 (A), 121 li.
- Pedroni, P., 2004. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. Econometric Theory 20, 597–625.
- Robin Coers, Mark Sanders « The energy–GDP nexus; addressing an old question with new methods” Energy Economics 36 (2013) 708–715.
- Theodoros Zachariadis « Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: Abstract New evidence from G-7 countries” Energy Economics 29 (2007) 1233–1253.