



L'activité économique et la consommation énergétique : Analyse par l'approche de cointégration, cas du Maroc

El Mustapha KCHIRID^{*}, Lakhdar ADOUKA^{**}, Zohra Bouguelli^{**}

^{*}Professeur, université Cadi ayyad Marrakech, Maroc

^{**} **Laboratoire de Géomatique, Ecologie et Environnement,**
université Mascara, Algérie,

Adoukal1966@gmail.com

Résumé -

L'objectif de cette étude est d'examiner l'impact de la consommation énergétique sur le développement économique au Maroc durant la période 1980-2011. Afin d'atteindre notre objectif, nous avons structuré notre article autour de trois axes. Le premier axe sera une brève revue de littérature empirique et théorique sur la consommation énergétique et la croissance économique. Le second axe va nous permettre de retracer l'évolution de la consommation énergétique au Maroc entre la période 1980-2011. Enfin dans le dernier axe nous allons présenter une étude empirique évaluant l'impact de la consommation énergétique sur l'activité économique.

Mots clés -

Consommation énergétique, croissance économique , ADF, SVAR

JEL Classification Codes: O11, O49, Q49, C59

The economic activity and the energy consumption: Analysis by the approach of cointegration, case of Morocco

Abstract :

The objective of this study is to examine the impact of the energy consumption on the economic development in Morocco during period 1980-2011. In order to reach our goal, we structured our article around three axes. The first axis will be a brief review of empirical and theoretical literature on the energy consumption and the economic growth. The second axis is going to allow us to examine the evolution of the energy consumption in Morocco during period 1980-2011. In the last axis we are going to present an empirical study estimating the impact of the energy Consumption on the economic activity.

Keywords -

energy consumption , economic growth, ADF, SVAR

JEL Classification Codes: O11, O49, Q49, C59

**النشاط الاقتصادي واستهلاك الطاقة : دراسة تحليلية باستعمال مقاربة التكامل
المتزامن ، حالة المغرب**

الملخص -

تهدف هذه الورقة البحثية إلى دراسة أثر استهلاك الطاقة على النمو الاقتصادي في المغرب خلال الفترة 1980- 2012 ، و من أجل تحقيق ذلك قمنا بتقسيم البحث إلى ثلاث محاور : خصصنا المحور الأول للدراسات النظرية و التطبيقية التي تناولت العلاقة ما بين النمو الاقتصادي و استهلاك الطاقة أما المحور الثاني فقد تناولنا فيه تطور استهلاك الطاقة في المغرب خلال الفترة 1980- 2012 أما المحور الثالث و الأخير فقد كان دراسة قياسية تقييمية لأثر استهلاك الطاقة على النمو الاقتصادي في المغرب

الكلمات المفتاحية -

استهلاك الطاقة ، النمو الاقتصادي ، ADF ، SVAR

التصنيف : O11, O49, Q49, C59

1. Introduction

Toute production nécessite plus de consommation d'énergie comme input essentiel. Cette consommation est la principale source de la croissance économique. Une croissance qui pourrait entraîner la consommation de plus d'énergie.

Le Maroc est passé par des réformes économiques depuis 1991, après avoir subi le plan d'ajustement structurel. L'objectif principal de ces réformes est de quadrupler sa croissance économique, afin de lutter contre les problèmes de pauvreté et du chômage. Ainsi, la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique est d'un grand intérêt pour les économistes. Il n'est pas possible d'atteindre une croissance élevée, sans suivre un rythme de consommation d'énergie.

Le sens de la causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique a des conséquences importantes. S'il existe une causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique vers la consommation d'énergie, on peut déduire que les politiques d'économie d'énergie peuvent être mis en œuvre avec, peu d'effets indésirables, sur la croissance de l'activité économique. D'autre part, si cette causalité unidirectionnelle va de la consommation d'énergie vers la croissance économique, cela implique, qu'une réduction de la consommation d'énergie pourrait conduire à un marasme de cette activité économique. L'absence de lien de causalité dans les deux sens,

impliquerait que les politiques d'économie d'énergie n'affectent pas la croissance économique (AsafuAdjaye,2000)¹.

Les crises successives du pétrole (1973, 1979-1980), ont permis aux pays non producteurs de pétrole de prendre conscience des limites des énergies épuisables. Cette prise de conscience a impulsé plusieurs travaux empiriques mettant en relation la consommation d'énergie et la croissance économique. Parmi ces travaux on peut citer Erol et Yu, (1987); Masih et Masih, (1996); Asafu-Adjaye, (2000); Morimoto et Hope, (2001); Lee, (2006); Lee et Chang (202). De ces études deux tendances ont émergé : la première prend en considération trois variables, à savoir la consommation d'énergie, la croissance économique et l'indice des prix à la consommation. Elle se caractérise par l'utilisation de la méthode de la fonction de demande. Cette tendance est représentée principalement par Masih et Masih (1998), Asafu-Adjaye (2000), Fatai et al. (2004) et Oh et Lee (2004). La deuxième tendance, quant à elle, utilise une fonction de production, qui tient compte de la consommation d'énergie comme facteur de production, Yu et Choi (1985), Masih et Masih (1996), Glasure et Lee

¹ASAFU ADJAYE J. (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.

²LEE C. (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

(1998)³, Yang (2000)⁴, Soytaş et Sari (2003)⁵, Shiu et Lam (2004)⁶, Paul et Bhattacharya (2004)⁷, Morimoto et Hope (2004).

La plus part de ces travaux prennent en considération un seul pays, sans tenir compte de l'analyse dynamique, qui s'appuie sur des outils statistiques plus avancés. Il y a lieu de faire remarquer que d'autres travaux utilisent les modèles de panel, en prenant un échantillon composé de plusieurs pays.

Quant à notre travail, il a pour but d'étudier le lien entre l'activité économique au Maroc et la consommation énergétique dans ce pays, sur la base de l'utilisation d'une fonction de production de type Cobb – Douglas, au cas où il y a une relation de cointégration. Ce qui fait que notre modèle s'inscrit dans la seconde approche, autrement dit la deuxième tendance.

2. Revue de la littérature

Toman et Jemelkova (2003)⁸ affirment que la plupart de la littérature sur l'énergie et le développement économique explique comment le

³GLASURE Y.U., LEE A.R. (1998), « Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and electricity: the case of South Korea and Singapore », *Resource and Energy Economics*, vol 20, p. 17–25.

⁴YANG H.Y., (2000), « A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan », *Energy Economics*, vol 22, p. 309–317.

⁵SOYTAS U., SARI R. (2003), « Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets », *Energy Economics*, vol 25, p. 33–37.

⁶SHIU A., LAM P. (2004), « Electricity consumption and economic growth in China », *Energy Policy*, vol 32, p.47–54.

⁷PAUL S., BHATTACHARYA R.N. (2004), « Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results », *Energy Economics*, vol 26, p. 977–983.

développement affecte la consommation d'énergie plutôt que l'inverse. Ce volet de la littérature considère la croissance économique comme principal moteur de la demande d'énergie et que seul les économies avancées avec un haut degré de capacité d'innovation peuvent diminuer la consommation d'énergie sans réduire la croissance économique. Stern et Cleveland (2004)⁹ ont souligné, quant à eux, l'importance de l'effet des changements dans la demande d'énergie sur la croissance économique dans les pays développés et en développement. Dans ce travail, la demande d'énergie est considérée comme un input homogène, pour la fonction de production, lorsque des services énergétiques sont différenciés. Selon ces deux auteurs, la société doit faire un choix en termes de mix énergétique optimal, compte tenu de l'hypothèse que les services énergétiques de qualité supérieure pourraient produire des rendements d'échelle croissants. Cela implique que les politiques de régulation de l'énergie pourraient fournir l'impulsion nécessaire à la croissance économique plutôt que d'être préjudiciable au processus de développement. La principale raison à cela est que ces politiques favorisent le processus de passage de moindre qualité (en général moins efficaces et plus polluantes) aux services énergétiques de qualité supérieure.

⁸Toman, M., Jemelkova, B., 2003. "Energy and Economic Development: An Assessment of the State of Knowledge". Resources for the Future Discussion Paper No. 03-13, April 2003, Washington DC, USA.

⁹Stern DI, Cleveland CJ. "Energy and Economic Growth". Rensselaer Polytechnic Institute 2004, Rensselaer Working Papers in Economics No. 0410,

Il y a lieu de noter que l'analyse empirique a montré que les réglementations sur l'énergie et le changement dans la structure de la production ne conduisent pas nécessairement à une réduction constante de la consommation mondiale d'énergie. Cet effet est l'«effet rebond», développé par Brookes (1990)¹⁰ et, avant lui, par Khazzoom (1980)¹¹. Une conséquence de cet effet de rebond est qu'une baisse des prix de l'énergie se produit, lorsque l'efficacité énergétique entraîne une réduction de la demande d'énergie (Binswanger, (2001))¹². D'où, toute innovation, qui provoque une réduction de la quantité d'énergie nécessaire pour produire une unité de services énergétiques, entraîne une baisse des prix effectifs des produits énergétiques. Cette baisse de leurs prix engendre une augmentation de leur demande.

La baisse des prix de l'énergie provoque, par ailleurs, un effet revenu. Dont la conséquence est l'augmentation de la demande pour tous les produits de l'économie et, de ce fait, de l'énergie nécessaire à leur production (Lovins, (1988)¹³; Newell et al, (1999)¹⁴; Popp, (2002)¹⁵.

¹⁰Brookes, L., 1990. "The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution", *Energy Policy* 18, 199–201.

¹¹Khazzoom, D.J., 1980. "Economic implications of mandated efficiency standards for household appliances". *Energy Journal* 1, 21–39.

¹²Binswanger, M., 2001. "Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?" *Ecological Economics* 36, 119–132.

¹³Lovins, A., 1988. "Energy savings resulting from the adoption of more efficient appliances: Another view". *The Energy Journal* 9 (2), 155–162.

¹⁴Newell, RG, Jaffe, AB, Stavins, RN, 1999. "The induced innovation hypothesis and energy saving technological change". *The Quarterly Journal of Economics* 114, 941–975.

¹⁵Popp, D., 2002. "Induced innovation and energy prices". *American Economic Review* 92, 160–180.

La principale leçon, qu'on peut tirer de ce qui vient d'être annoncé, est que si la dissociation entre la croissance économique et la consommation d'énergie est le but de toute politique énergétique, les policy-makers devraient envisager une certaine forme de régulation de l'énergie (taxes, prix plafond ou autres), qui devrait permettre aux coûts des services énergétiques de demeurer inchangés. A condition, bien entendu, que l'innovation technologique entraîne une diminution de l'efficacité de l'énergie-prix (Bentzen, (2004))¹⁶.

Cependant, les études économétriques, sur la relation causale entre la consommation d'énergie et la croissance économique, ont produit des résultats mitigés.

L'analyse de la méthodologie utilisée, nous permet de voir que la littérature sur la relation entre la consommation de l'énergie et la croissance économique peut être divisée en quatre groupes de modèles ou en quatre générations. La première génération de ces études remonte au travail pionnier de Kraft et Kraft (1978)¹⁷, qui a examiné la relation entre l'utilisation de l'énergie et la croissance économique aux Etats-Unis. Cette première étude a permis de mettre en relief une relation de causalité, allant de la croissance économique vers la consommation d'énergie. Plusieurs travaux sur les États-Unis (Yu et Wang, 1984)²⁸ ainsi que sur d'autres pays industrialisés (Yu et Choi, 1985)²⁹ ont suivi, pour ne citer que ces deux-là. Ces études étaient menées sur la base de séries chronologiques stationnaires, en

¹⁶Bentzen, J., 2004. "Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption. *Energy Economics* 26, 123–134.

¹⁷Kraft, J., Kraft, A., 1978. "On the relationship between energy and GNP". *Journal of Energy and Development* 3, 401–403.

utilisant la technique traditionnelle du VAR (Sims, (1980))³⁰ et des tests de causalité Granger (1969)³¹. Par la suite d'autres travaux empiriques ont reconnu la non-stationnarité des séries de données. Ce qui les a conduits à effectuer une analyse de cointégration, afin de tester le trend entre la consommation d'énergie et la relation croissance économique.

La deuxième génération d'études était basée, essentiellement, sur la procédure de Granger en deux étapes (Granger, (1988))³². Ces travaux avaient pour objectif de tester l'existence de relations de cointégration. Ce qui a amené leurs auteurs à utiliser des modèles à correction d'erreur (ECM). Ces études étaient consacrées, fondamentalement, aux économies en transition (Cheng et Lai, (1997))³³ et les pays en développement (Nachane et al.,(1988))³⁴.

Quant à la troisième génération, elle se compose de la littérature portant sur les estimateurs multivariés (Johansen,(1992))³⁵. L'introduction de ces estimateurs à faciliter l'estimation des restrictions en matière de relations de cointégration, tout en examinant et testant, dans le même temps, les possibilités d'ajustement à court terme. Cette approche de Johansen permet également de conclure que lorsqu'il y a plus de deux variables, la relation de cointégration n'est pas unique (voir, entre autres, Masih et Masih, (1996); Stern, (2000); Asafu-Adjaye, (2000); Oh et Lee, (2004)).

Enfin, la quatrième génération de modèles emploie les méthodes de panel, récemment développées, pour tester l'existence de racine unitaire de cointégration et de causalité de Granger (Al-Iriani, (2006); Lee et Chang, (2007), (2008); Mahadevan et Asafu-Adjaye, (2007)).

3. L'évolution de la consommation énergétique au Maroc

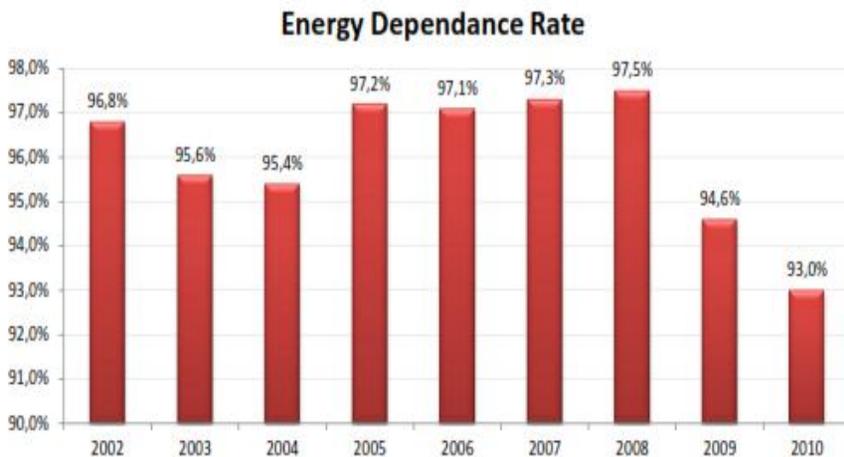
Le Maroc ne dispose pas de ressources énergétiques fossiles. Par contre, il est doté de ressources énergétiques primaires, mais limitées (Taya et Chaguer, (2002))¹⁸. Cet état le rend très fortement dépendant des importations de pétrole et même d'électricité (Senhagi, (2003))¹⁹. Cette forte dépendance a pour conséquence d'alourdir la facture énergétique marocaine. Cette dernière est élevée et croît sous l'effet simultané de la croissance de la demande d'énergie et de l'augmentation des prix internationaux de l'énergie (Senhagi, (2003)). En effet, l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF, 2001)³⁰ a rapporté que l'électricité augmente au Maroc, au rythme moyen de 4 à 4,5%/an (Senhagi, (2003); Debbarh, (2004))²⁰, en dépit de la consommation par habitant, qui demeure faible, avec moins de 0,4 tep par an contre 0,6 tep et 1,7 tep en moyenne dans les pays en voie de développement et dans le monde (Debbarh (2004)), 2004), respectivement.

¹⁸Taya B. et Chaguer L., 2002. « Énergie éolienne au Maroc. Forum International sur les Energies Renouvelables (FIER) », Tétouan, Maroc, 364-368.

¹⁹Senhagi F., 2003. "Financing the development of the renewable energy in the Mediterranean region - Baseline study for Morocco". United Nations Environment

Programme (UNEP), "Division of Technology", Industry and Economics, 65p.

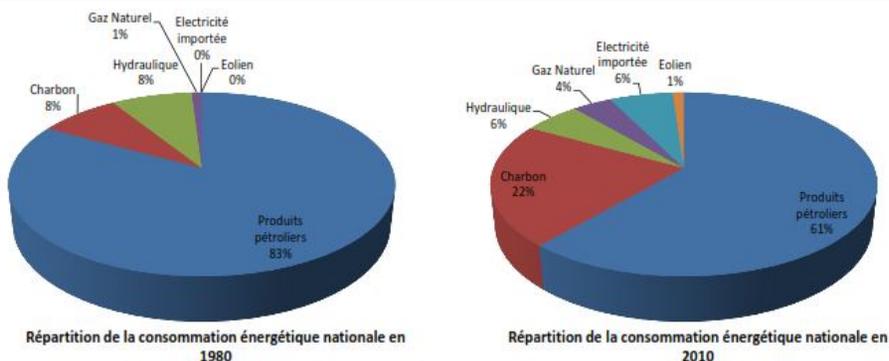
²⁰Debbarh A.M., 2004. « L'énergie : « développement énergétique au Maroc depuis 1955, perspectives 2025. Dans « Cadre Naturel Environnement et Territoires », Site Internet < <http://www.rdh50.ma/fr/gt08.asp>>, 32 pages.



Source : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

Figure 1: Evolution du taux de dépendance énergétique

En outre, depuis la fermeture des mines de charbon de Jerada, fin 2000, le Maroc ne produit quasiment pas d'énergies fossiles (Senhagi, (2003)). Ainsi, le taux de dépendance énergétique du Maroc enregistre une hausse constante, passant de 96% en 2002 à 97.2% en 2005 et à 97.5% en 2008.

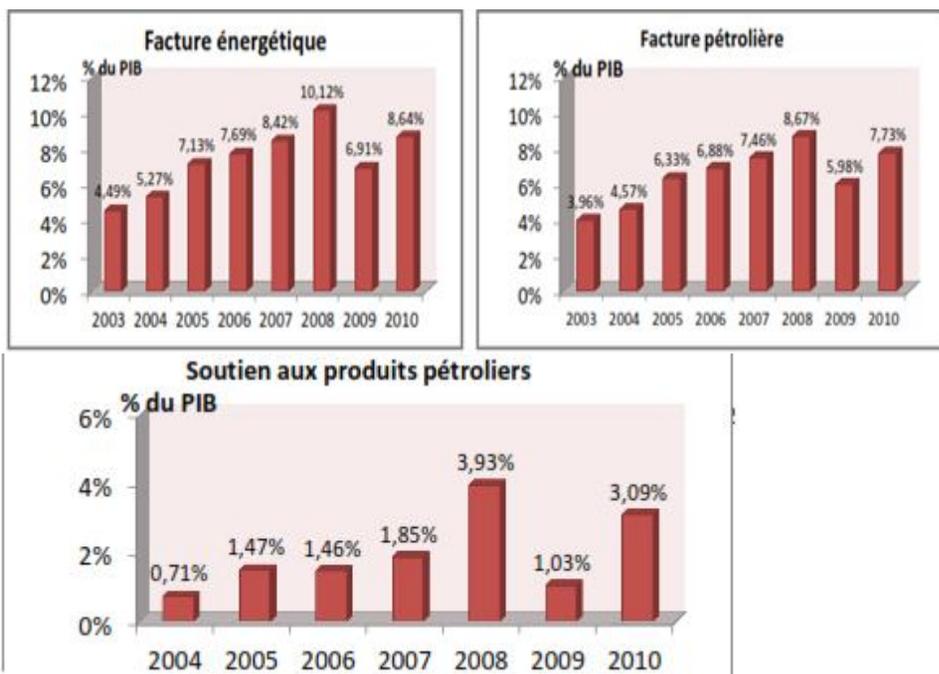


Source : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

Figure 2: Répartition de la consommation énergétique par produit

Les importations de produits énergétiques portent, essentiellement, sur le pétrole brut et les produits pétroliers (83% du total des importations en 1980, et 61% en 2010 et 26% en 2001), ainsi que l'électricité, dont la part est très variable, oscillant selon l'importance des précipitations, qui influencent fortement les capacités de génération d'électricité à partir des ressources hydroélectriques (Senhagi, (2003)).

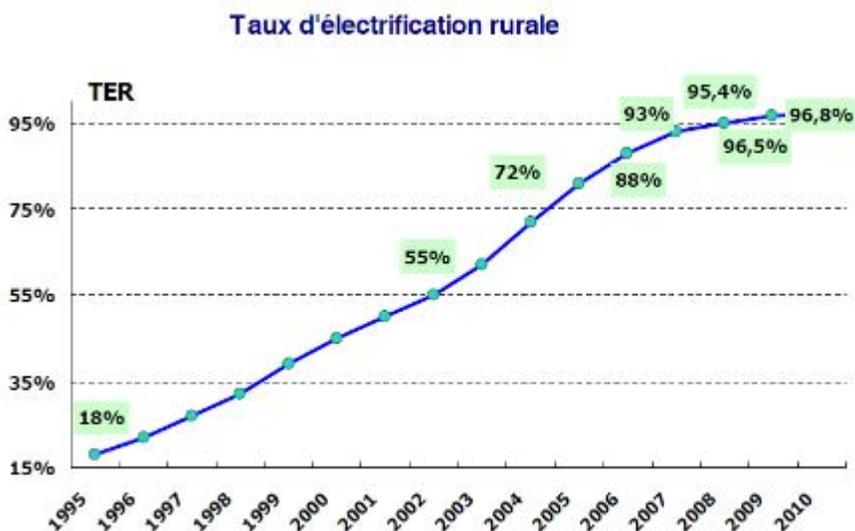
Les fluctuations des prix du pétrole rendent la facture énergétique très élevée, atteignant 66 milliards de dirhams en 2010. Ce qui aggrave lourdement le déficit commercial du pays et impacte négativement le budget de l'Etat, par le biais de la caisse de compensation.



Source : Office des changes, Ministère de l’Energie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement, HCP
Figure 3: Evolution de la facture énergétique, la facture pétrolière et le soutien aux produits pétroliers

L’une des caractéristiques du secteur énergétique est que la demande énergétique est très forte, induite par une croissance soutenue. Plusieurs facteurs expliquent ce trait de ce secteur, tels que : le fort taux d’urbanisation, qui est en augmentation constante ; l’exigence du développement économique et social ; l’évolution de l’électrification

rurale et la dispersion de l'habitat. Il y a lieu de signaler que ces deux derniers facteurs rendent le réseau non rentable.



Source : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

Figure 4: Evolution du taux d'électrification rurale

Les scénarii établis par le ministère de l'énergie des mines, de l'eau et de l'environnement, prévoient que la consommation d'énergie sera multipliée par quatre au minimum et par six au maximum entre 2007 et 2030.

Parallèlement à cela, le Maroc dispose d'un potentiel hydroélectrique appréciable, estimé à 5000 GWh par an. Toutefois, seulement 40% de ce potentiel sont actuellement utilisés (Senhagi, (2003)), à travers 26 centrales hydroélectriques. Et cela malgré l'effort considérable

consenti, par les pouvoirs publics, pour mobiliser cette ressource nationale renouvelable.

En effet, la puissance installée a quasiment quadruplé entre 1956 et 2003, passant de 317 MW à 1266 MW, bien que sa part par rapport à la filière thermique (principalement les centrales de charbon) ait baissé considérablement entre ces deux dates de 80 à 28% (Debbarh, (2004)).

Il y a lieu de remarquer qu'aujourd'hui, l'énergie hydraulique est la principale source renouvelable utilisée pour produire de l'électricité au Maroc. Ainsi, en 2005, selon les données de l'Office National de l'Electricité (ONE), 88% de la production d'électricité par les énergies renouvelables correspondaient à la filière hydraulique (ONE, (2005)). La puissance hydraulique installée en 2005 était de 1729 MW, soit 33% de la puissance installée du pays (ONE, (2005)).

Cependant, les productions hydroélectriques demeurent irrégulières, puisqu'elles dépendent, beaucoup plus, des conditions climatiques que de la puissance installée. Ainsi, durant la période 1956 -1963, période de bonne pluviométrie, la production hydroélectrique cumulée a été de 7440 GWh, avec une puissance installée moyenne de 320 MW. Alors que durant la période 1981-1988, où cette capacité s'est accrue de plus de 90% (puissance installée de 609 MW), la production cumulée a baissé de 30% (5230 GWh), en raison de la sécheresse qui y a sévi (Debbarh, (2004)). Par ailleurs, vu la faible hydraulité de l'année 2005, la production hydraulique n'avait pu atteindre que 1405 GWh(ONE, (2005)).

Par voie de conséquence, la contribution de l'électricité d'origine hydraulique à la consommation énergétique totale est instable, compte

tenu de son irrégularité. Vu que l'hydroélectricité est tributaire des aléas pluviométriques.

Il ressort donc de cette étude institutionnelle de la consommation d'énergie au Maroc, qu'une analyse entre la consommation d'énergie et la croissance économique est une nécessité, en raison de la forte augmentation de la consommation d'énergie et de l'importante croissance du PIB réel, qui a quadruplé entre 1980 et 2010.

4. Etude économétrique

4.1 Spécification de modèle

Notre modèle est inspiré de la fonction de production de Cobb-Douglas. Habituellement, cette fonction à deux facteurs s'écrit sous la forme suivante :

$$Y = f(K,L)$$

Sachant que K et L représentent, respectivement, le stock de capital et le travail. Des études antérieures ont rajouté, en plus de ces deux facteurs un troisième, qui est la consommation énergétique. De ce fait, cette fonction de production se présente de la manière suivante :

$$Y = f(K,L,E)$$

La formulation mathématique de cette fonction est comme suit :

$$Y = K^a L^b E^c \quad (1)$$

Où $a + b + c \leq 1$ représente l'élasticité de substitution

4.2 Les données statistiques de l'étude empirique

Pour répondre à notre problématique ci-dessus, nous estimons l'équation (1), sur un échantillon de données annuelles, portant sur la période 1980 -2011, de l'économie marocaine. Ces données sont

tirées des statistiques financières internationales du FMI et de la banque mondiale WDI.

L'activité économique est mesurée par le PIB réel (base 2000), la consommation d'énergie par (*energy use in kilotons of equivalent oil*), la force du travail par le Labor Force (LF) et le capital par la FBCF réelle (base 2000), respectivement.

L'étude du graphe 1, ci-après, montre que le PIB réel, la consommation d'énergie et la FBCF suivent le même sentier d'évolution. Cela signifie que la relation, qui lie ces quatre séries, est tendancielle. Par ailleurs, elle indique que ces séries nécessitent une transformation en log. Cette tendance met en question la stationnarité des ces séries.

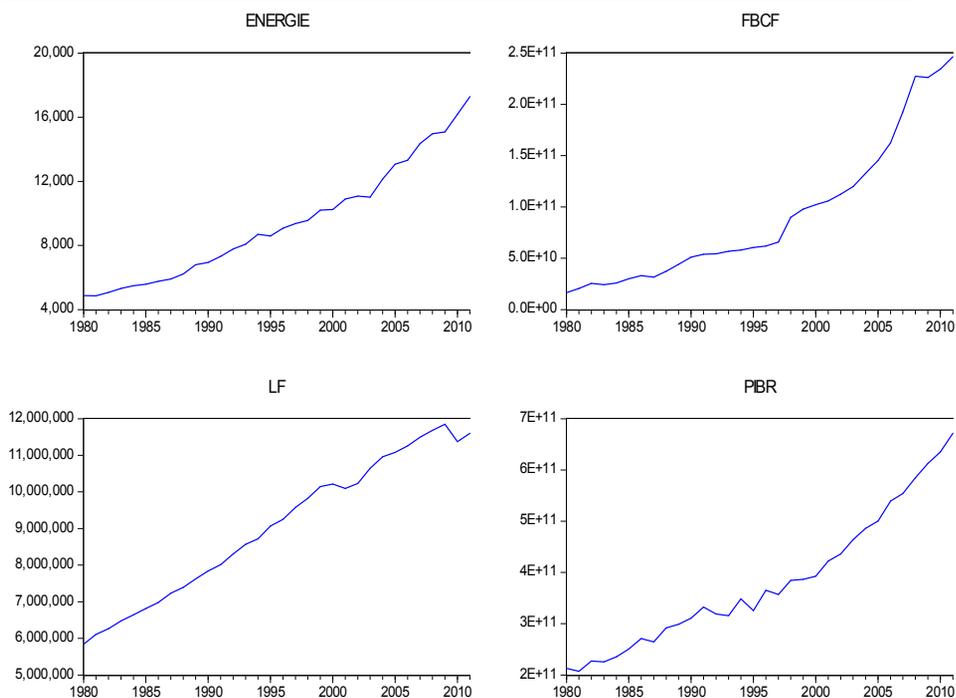


Figure 5: Evolution des variables de l'étude

4.2 Etude de stationnarité

Dans le tableau 1, ci-dessous, les résultats des tests de Dickey Fuller augmenté (ADF) pour ces quatre variables : PIB réel, la consommation d'énergie, la FBCF et Labor Force (LF), sont présentés.

L'étude de la stationnarité nous amène à tester les deux hypothèses suivantes :

L'hypothèse nulle H_0 : Non Stationnarité ;

Contre

L'hypothèse alternative H_1 : Stationnarité

L'application du test ADF nécessite au préalable de choisir le nombre de retard p à introduire, pour blanchir les résidus. La valeur p de retard est déterminée soit à l'aide de la fonction des autocorrélations partielles, soit à l'aide de la statistique de Box-Pierce, soit, enfin, à l'aide des critères d'Akaike (AIC) ou de Schwartz (BIC).

Dans ce travail nous appliquons le test ADF et nous déterminons le nombre de retard à l'aide de la fonction des autocorrélations partielles, en étudiant la significativité des coefficients de ces corrélations.

Suite à l'application de cette méthode, en se basant sur l'étude de corrélogramme des différentes variables de l'équation (3), nous obtenons le retard 1 pour toutes les variables. Après avoir déterminé le retard pour chaque variable, nous adoptons la stratégie séquentielle du test de ADF, afin d'étudier la stationnarité de ces quatre variables.

Les résultats des tests de stationnarité sur ces variables (au seuil de 5%) sont résumés dans le tableau 1, ci-après.

La comparaison des valeurs calculées de ADF (Tableau 1) avec sa valeur critique de l'ADF, pour un seuil de signification de 5 %, nous montre que l'hypothèse nulle de non stationnarité est acceptée pour les variables en niveau PIB réel et la consommation d'énergie, par contre cette hypothèse est rejetée pour les mêmes variables en différences premières (Tableau 1).

Les séries $(\Delta LEn_t, \Delta LPIB_t)$ sont alors intégrées d'ordre 1, vu que la différence première de chacune de ces variables est stationnaire $I(0)$.

Le même tableau nous permet de constater aussi que l'hypothèse H_0 est rejetée pour les variables en niveau la formation brut de capital fixe (FBCF) et Labor Force (LF), au seuil de signification de 5%. D'où ces deux variables ($LFBCF_t, LF_t$) sont stationnaires et intégrées d'ordre 0.

De ce fait, les variables $LFBCF_t$ et LF_t seront éliminées de notre étude, car elles ne remplissent pas les conditions d'application des modèles de correction d'erreur (ECM).

Tableau 1 : Tests de Dickey Fuller Augmentée ADF

Variables	Valeur calculée	Valeur critique	P-value	retards	Modèles	D'ordre d'intégration
Len	8,03	-1,95	1	1	sans constance, ni tendance	I(1)
<i>D Len</i>	-7,27	-2,96	0	1	Avec constance et sans tendance	I(0)
LPIB	7,74	-1,95	1	1	Sans constance, ni tendance	I(1)
<i>D LPIB</i>	-11,66	-2,96	00	1	Avec constance et sans tendance	I(0)
LF	-3,14	-2,96	0,03	1	Avec constance et sans tendance	I(0)
LFBCF	-3,75	-3,56	0,03	1	Avec constance et tendance	I(0)

Source : construction des auteurs à partir des résultats de Eviews 7.

4.3 Tests de cointégration

Il y a lieu de rappeler que, pour qu'une relation de long terme existe entre plusieurs variables, deux conditions doivent être réunies. La première est que les variables doivent être non stationnaires et intégrées au même ordre. La deuxième est que leurs tendances stochastiques doivent être liées.

Les tests ADF laissent, donc, supposer l'existence d'une relation de cointégration entre le PIB réel et la consommation d'énergie.

Afin d'étudier l'existence de cette relation de long terme entre ces deux variables du modèle, nous appliquons la méthode de deux étapes de Engle et Granger (1978).

La notion de cointégration postule que si deux variables X et Y sont intégrées d'ordre un (I(1)) et s'il existe une combinaison linéaire de ces variables, qui est stationnaire I(0), alors on peut conclure que X et Y sont cointégrées d'ordre (1,1).

Nous avons déjà montré que les séries sont non stationnaires et intégrées de même ordre. Il nous reste, alors, à tester que les résidus de cette combinaison linéaire sont stationnaires. Si ces tests sont concluants, alors les déviations par rapport à la valeur d'équilibre tendent à s'annuler dans le temps et, par voie de conséquence, une relation de long terme existe entre les variables.

Nous estimons dans une première étape par les MCO la relation de long terme :

$$\begin{aligned} LPIB_t &= 18,69 + 0.87Len_t + \varepsilon_t & (2) \\ &(95,35) \quad (40,40) \end{aligned}$$

On déduit de l'estimation de la relation statique (2) la série des résidus. Rappelons que :

- Si les résidus sont non stationnaires, la relation estimée de long terme (2) est une régression fallacieuse
- Si les résidus sont stationnaires, la relation estimée de long terme (2) est une relation de cointégration

Pour tester la stationnarité des résidus, nous utilisons les valeurs critiques tabulées de Engle et Yoo(1987) dans l'application du test ADF. Les résultats issues de cette application sur les résidus de la relation statique entre le PIB réel et la consommation énergétique sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Test ADF de résidus

Variables	Valeur calculée	Valeur critique(5%)	p-value	Retard
Résidus LPIB réel	-3,12	-2,67	-	0

Source : construction des auteurs à partir des résultats d' Eviews7
De ce tableau, on peut observer que la statistique ADF estimée (-3,12) est inférieure à la valeur tabulée de Engle et Yoo, au seuil de 5% (-2,67). Cela nous permet de rejeter l'hypothèse de non stationnarité de résidu. D'où les résidus de la relation statique entre le PIB réel et la consommation énergétique sont stationnaires. Par conséquent, les variables PIB réel et la consommation énergétique sont cointégrées.

Compte tenu de ce résultat, il devient alors possible d'estimer le modèle à correction d'erreur.

4.4 Estimation du modèle ECM

4.4.1 Estimation de l'équation statique de long terme

Ayant confirmé la présence d'une relation de co-intégration entre les variables, il peut être intéressant d'analyser les résultats détaillés de la relation de long terme. Dans le tableau 3, ci-dessous, les résultats de l'estimation du modèle de long terme sont présentés.

Tableau3 : Estimation de la relation de long terme

Variable	Coefficient	Ecar-type	p-value
La constante (c)	18,69	0,19	0,00
La consommation énergétique (Len)	0,87	0,02	0,00
R ²	0,98		
R ² ajusté	0,98		
Durbin Watson	0,985		

Source : construction des auteurs à partir des résultats d' Eviews 7
L'examen des résultats ci-dessus nous montre que l'influence de la variable explicative utilisée, telle que la consommation énergétique dans la relation de long terme sur l'évolution du PIB réel, est bien significative. Par ailleurs, la valeur de R² (0,98) confirme que la variable explicative a effectivement une influence sur la variable expliquée.

D'où, l'estimation de la relation de cointégration montre qu'une augmentation d'une unité de la consommation d'énergie implique une augmentation de 0,87 de la croissance économique.

4.4.2 Estimation dynamique de court terme et le test de stabilité de modèle

L'étude de la relation de court terme, par le biais de ECM, nous permet d'analyser d'une part la vitesse de convergence du PIB réel vers son niveau d'équilibre de long terme, d'une part, et la contribution de la consommation d'énergie à la dynamique de court terme, d'autre part.

Pour cela, nous testons la signification des paramètres de l'équation de court terme suivante :

$$\Delta LPIB_t = \phi z_{t-1} + \sum_{i=0}^p a_i \Delta Len_{t-i} + \varepsilon_t$$

Avec :

$$Z_{t-1} = LPIB_{t-1} - (18,69 + 0.87Len_{t-1})$$

Où Z_{t-1} représente le résidu de la relation de cointégration et ϕ le terme de correction d'erreur (la force de rappel ou terme d'ajustement).

En modélisant le PIB réel en fonction des résidus de la période précédente, du PIB réel retardé d'une période et de la consommation énergétique actuelle, nous obtenons le modèle ECM de l'équation de notre modèle, par l'approche de Granger, ci-après :

$$\Delta LPIB_t = 0,046 - 0,06e_{t-1} - 0,59\Delta LPIB_{t-1} + 0,33\Delta Len + \varepsilon_t$$

L'examen de cette équation, nous permet de constater que le coefficient associé à la force de rappel est négatif (0,06) et significativement différent de zéro au seuil statistique de 10% (son t de student est supérieur à la valeur tabulée).

De ces résultats nous pouvons conclure qu'il existe un mécanisme à correction d'erreur, qui indique la convergence des trajectoires de la série de la croissance économique vers la cible de long terme. Ainsi, le choc sur la croissance se corrige à 6 % par effet de feed-back.

L'équation du PIB, ci-dessus, montre que l'effet à court terme de la consommation d'énergie est positif. Cela peut s'interpréter par le fait qu'une relation de causalité existe aussi bien à long terme qu'à court terme.

Le calcul de la durée de la convergence peut se faire par la formule suivante :

$$(1 - \delta) = (1 - |\varphi|)^T$$

T, φ et δ sont, respectivement, le nombre d'années, le coefficient de correction d'erreur et le pourcentage de chocs.

Cette durée de convergence est calculée par l'inverse du coefficient de la force de rappel. De ce calcul on peut conclure qu'un choc constaté au cours d'une année donnée est entièrement résorbé au bout de 16 ans et 7 mois et demi.

A partir du tableau ECM en utilisant l'approche de Granger, ci-dessus, nous constatons que tous les coefficients des variables qui expliquent la croissance économique ne sont pas significatifs. Cela nous permet de dire qu'il n'existe pas une relation de court terme entre l'activité économique et la consommation énergétique à court terme.

Pour tester la stabilité des coefficients (égalité entre les coefficients), nous utilisons le test de Chow. Ce test ne peut être mis en pratique qu'après avoir déterminé les sous périodes.

Pour cela, on subdivise la période étudiée en deux sous périodes égales :

La première sous période de 1980 à 1995, d'où on a $T_1 = 16$ observations

La deuxième sous période de 1996 à 2011, avec $T_2 = 16$ observations.

Nous rappelons que ce test se base sur la statistique suivante :

$$\text{Chow} = \frac{\text{RSS} - \text{RSS}_1}{\text{RSS}} \frac{T_1 + T_2 - 2K}{K} \rightarrow F(K, T_1 + T_2 - 2K)$$

RSS est la somme des carrés résiduels pour toutes les observations (40 observations), RSS_1 est la somme des carrés résiduels pour la première sous période et K le nombre de variables.

Sous l'hypothèse H_0 d'égalité des coefficients contre H_1 l'instabilité des coefficients, l'application de ce test, nous donne le résultat suivant :

$$\text{Chow}^c = 11,78 < F'(1, 30) = 250$$

Compte tenu du test de Chow, nous pouvons conclure que les coefficients sont stables.

4.5 Test de causalité

Dans ce paragraphe, nous allons voir est ce que l'activité économique cause la consommation énergétique où la consommation énergétique cause l'activité économique où il ya une relation de feedback entre le deux ? Pour répondre à cette question, nous allons appliquer le test de causalité de Granger. Le principe de causalité est comme suit ;

On dira X cause Y si la prévision fondée sur la connaissance des passées conjointes de X et de Y est meilleur que la prévision fondé sur la seul connaissance de Y

Nous appliquons les tests de non causalité qui repose sur la statistique de maximum de vraisemblance :

$$\xi = TC_{X \rightarrow Y}$$

(3)

Où T et $C_{X \rightarrow Y}$ représente respectivement le nombre d’observation et la mesure de causalité

Sous l’hypothèse nulle de non causalité l’expression (3) suit une loi de Khi deux à $\tau(T - \tau)p$ degré de liberté où τ est le nombre de contraintes imposées. La règle de décision est la suivante :

- Si $\xi < \chi^2_{(\tau(T-\tau)p)}$, on accepte l’hypothèse nulle d’absence de causalité ;
- Si $\xi > \chi^2_{(\tau(T-\tau)p)}$, on rejette l’hypothèse nulle d’absence de causalité.

Le resautât de l’application de test de causalité de Granger se résume dans le tableau suivant :

Tableau 4 : test de causalité de Granger

L’hypothèse nulle	F statistique	Probabilité
l’activité économique ne cause pas la consommation énergétique	0,27	0,60
La consommation énergétique ne cause pas l’activité économique	4,42	0,04

Source : construction des auteurs à partir des résultats d’Eviews7

D’après le tableau4, on voit que la probabilité de la statistique F correspondant à « l’activité économique ne cause pas la

consommation énergétique » est égale à $0,60 > 0,05$: on accepte alors H_0 , l'activité économique ne cause pas la consommation énergétique la probabilité F correspondant à « la consommation énergétique ne cause pas l'activité économique » est égale à $0,04 < 0,05$: on accepte alors H_1 , la consommation énergétique cause l'activité économique.

5. Conclusion

L'objet de notre article est d'étudier l'influence de la consommation énergétique sur la croissance économique au Maroc durant la période 1980 à 2011, ainsi que la causalité entre la consommation énergétique et la croissance économique. .

Pour réaliser cette étude nous avons étudié la stationnarité, la cointégration entre les variables et l'estimation du modèle ECM en utilisant l'approche de Granger.

L'application empirique nous permet de constater que tous les coefficients de l'équation statique de notre modèle sont significatifs au seuil 5%. Les signes des coefficients obtenus correspondent à la théorie économique. L'estimation montre que le PIB par tête est positivement associé avec la consommation énergétique.

A court terme, nous avons trouvé que la consommation énergétique exhibe un impact positif sur la croissance économique. Cela peut s'interpréter par le fait qu'une relation de causalité existe aussi bien à long terme qu'à court terme entre les deux variables. Par ailleurs, elle met en évidence que toute augmentation de la consommation d'énergie produit un impact positif sur l'activité économique marocaine. Ce résultat implique, enfin, que les politiques énergétiques ne sont absolument pas neutres. Le test de causalité de Granger a montré qu'il existe une relation unidirectionnelle entre la consommation énergétique et la croissance économique.

Nous suggérons aux gouvernements marocains d'adopter une stratégie fondée sur la diversification de ressources énergétiques et sur

l'amélioration du mode de gestion de ces ressources pour qui' il aura un effet positif sur l'activité économique. .

Bibliographies

Asafu Adjaye J. (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.

Bentzen, J., (2004). "Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption". *Energy Economics* 26, 123–134

Binswanger, M., (2001). "Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?" *Ecological Economics* 36, 119–132.

Brookes, L., (1990). "The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution". *Energy Policy* 18, 199–201.

Cheng, B.S., Lai, T.W., (1997). "An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan". *Energy Economics* 19, 435–444.

Debbarh A.M., 2004. "L'énergie : « développement énergétique au Maroc depuis 1955, perspectives 2025. Dans « Cadre Naturel Environnement et Territoire », Site Internet <http://www.rdh50.ma/fr/gt08.asp>, 32 pages

Engle, R., Granger, C., (1987). "Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing". *Econometrica* 55, 251–276

Erol U., Yu e.S.H. (1987), "Time series analysis of the causal relationships between U.S. energy and employment", *Resources and Energy*, vol 9, p. 75–89

Glasure Y.U., Lee a.R. (1998), “Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and electricity: the case of South Korea and Singapore”; *Resource and Energy Economics*, vol 20, p. 17–25

Granger, C.,(1969). “Investigate causal relations by econometric models and cross spectral methods”. *Econometrica* 37, 424–438.

IEPF (Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie), (2001).

Profil 2001 – Description. Dans « Profils énergétiques », Site Internet <<http://www.iepf.org/ressources/profil.asp#pays256>.

Johansen, S (1991). “Estimation and hypothesis-testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models”. *Econometrica* 59, 1551–1580.

Khazzoom, D.J., (1980). “Economic implications of mandated efficiency standards for household appliances”. *Energy Journal* 1, 21–39.

Kraft, J., Kraft, A.,(1978). “On the relationship between energy and GNP”. *Journal of Energy and Development* 3, 401–403

Lee C. (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

Lovins, A., 1(988). “Energy Savings Resulting from the Adoption of More Efficient Appliances: Another View”. *The Energy Journal* 9 (2), 155–162

LütkepohlH(2005). “Introduction to multiple times series”.Springer Berlin Heidelberg New York Germany

- Masih A.M.M., Masih R. (1998), “A multivariate cointegrated modeling approach in testing temporal causality between energy consumption, real income and prices with an application to two Asian LDCs”, *Applied Economics*, vol 30 (10), p. 1287–1298.
- Moromoto R., Hope C. (2004), “The impact of electricity supply on economic growth in Sri Lanka”, *Energy Economics*, vol 26, p. 77–85
- Nachane, D.M., Nadkarni, R.M., Karnik, A.V., (1988). “Co-integration and causality testing of the energy–GDP relationship: a cross-country study”. *Applied Economics* 20, 1511–1531
- Newell, RG, Jaffe, AB, Stavins, RN, (1999). “The induced innovation hypothesis and energysaving technological change”. *The Quarterly Journal of Economics* 114, 941–975
- Paul S., Bhattacharya R.N. (2004), “Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results”, *Energy Economics*, vol 26, p. 977–983.
- Popp, D., (2002). “Induced innovation and energy prices”. *American Economic Review* 92, 160–180.
- Shiu A, Lamp (2004), “Electricity consumption and economic growth in China”, *Energy Policy*, vol 32, p.47–54.
- Senhagi F., (2003). “Financing the development of the renewable energy in the Mediterranean region - Baseline study for Morocco”. United Nations Environment Programme (UNEP), “Division of Technology”, *Industry and Economics*, 65p
- Sims, C.A., 1980. “Macroeconomics and reality”. *Econometrica* 48, 1–48

Soyoytas U., Sari R. (2003), “Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets”, *Energy Economics*, vol 25, p. 33–37.

Stern DI, Cleveland CJ (2004). “Energy and Economic Growth”. Rensselaer Polytechnic Institute, Rensselaer Working Papers in Economics No. 0410

Taya B. et Chaguer L., (2002). “Énergie éolienne au Maroc. Forum Internationalsur les Energies Renouvelables (FIER)”, Tétouan, Maroc, 364-368.

Toman, M., Jemelkova, B.,(2003). “Energy and Economic Development: An Assessment ofthe State of Knowledge”. Resources for the Future Discussion Paper No. 03–13, April2003, Washington DC, USA.

Yang H.Y, (2000), “A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan”, *Energy Economics*, vol 22, p. 309–317.

Yang Shuyun, Yu Donghua(2011) “ The Causality between Energy Consumption and Economic Growth in China: Using Panel Method in a Multivariate Framework” *Energy Procedia* 5 808–812

Yu, E.S.H., Choi, J.Y., (1985). “The causal relationship between energy and GNP: an international comparison”. *Journal of Energy and Development* 10, 249–272

Yu, E.S.H., Wang, B.K., (1984). “The relationship between energy and GNP: further results”. *Energy Economics* 6, 186–190