



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté des Sciences Economiques Commerciale

et des Sciences de Gestion

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

De master en Sciences Economiques

Option : Économie Quantitative

EMISSION DE CO2 ET CROISSANCE ECONOMIQUE EN ALGERIE

Présenté par
Bellal Razika

Membres du Jury :

Dr
Dr Bouznit Mohammed
Dr

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire 2021-2022

REMERCIEMENTS

Je remercie plus particulièrement mon encadreur Bouzmit Mohammed qui m'a consacré du temps pour la réalisation de ce mémoire mais surtout pour les connaissances que j'ai pu acquérir grâce à lui.

Je remercie également mon Père et ma Mère qui m'ont toujours soutenue depuis mes premiers pas et qui m'ont toujours appris que « l'étude est le meilleur de tous les héritages »

<i>Introduction générale</i>	5
<i>Chapitre 01 : Croissance économique et environnement : aspects théorique et pratique</i>	7
Introduction	7
1. Les sources de la croissance	7
1.1 Capital physique.....	7
1.2 Le capital humain.....	7
1.3 Consommation d'énergie.....	9
2. Les principales sources de CO2	12
3. La relation entre croissance -environnement	17
Conclusion	20
<i>Chapitre 02 : Etude économétrique de relation entre croissance économique et émission de CO2 en Algérie</i>	21
Introduction	21
1. Présentation des données et choix des variables et méthodologie	21
2. interprétation des résultats	21
Conclusion	34
<i>Conclusion finale</i>	35
Bibliographies	36
Annexe	37
Liste des tableaux et des figures de chaque chapitre	39
Résumé	40

Liste des abréviations

CO₂ : Dioxyde de Carbone.

GES : Le Gaz à Effet de Serre.

ARDL : Auto Regressive Distributed Lag.

PIB : Produit Intérieur Brut.

IDH : L'indice de Développement Humain.

FBCF : Formation Brute de Capitale Fixe.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.

PIBH : Produit Intérieur Brut par Habitant.

BTU: British Thermal Unit.

GDP : Gross Domestic Product.

FEM : Fonds pour l'Environnement Mondial.

COP : Conférence des Parties.

AIC : Le critère d'information d'Akaike.

RDM : Reste De Monde.

Introduction générale

La relation entre la croissance économique et les émissions de CO₂ est une question très complexe. Les experts en climat s'accordent aujourd'hui pour dire que les émissions de gaz à effet de serre (GES), liées à l'ensemble des activités humaines, notamment le recours croissant aux énergies fossiles, représentent un risque croissant et grave pour l'environnement et la société. Une augmentation moyenne de la température mondiale de plus de 2°C aurait des conséquences dramatiques sur l'équilibre planétaire; des changements de températures entraînant la multiplication des catastrophes naturelles avec des amplitudes de plus en plus fortes, les productions agricoles en danger, des précipitations à forte variabilité, l'élévation du niveau des mers liée à la fonte des calottes glaciaires...etc. D'où l'importance des enjeux et des risques notamment pour l'Algérie, pays vulnérable du fait de son climat et de son économie rentières

1. Problématique et Hypothèses de l'étude

Par ailleurs, le sens de la relation entre l'émission de CO₂ et la croissance économique reste un sujet de débat ; certaines recherches mettent en avant l'impact de l'émission de CO₂ sur la croissance économique, d'autres, au contraire, soulignent l'impact de la croissance économique sur le niveau de l'émission de CO₂. Quoi qu'il en soit, un lien entre les deux phénomènes reste établi. Dans notre cas, nous nous proposons d'étudier ce lien (dans le cas de l'Algérie) .

Autrement dit, nous nous intéressons à vérifier la nature de relation entre l'émission de CO₂ et la croissance économique en Algérie. D'où la question centrale de notre travail :

« Existe-t-il un lien entre l'émission de CO₂ et la croissance économique en Algérie? »

Pour nous faire guider dans la tâche de répondre au questionnement posé ci-dessus, nous avons formulé l'hypothèse suivante:

- **Hypothèse :** Il existe un lien positif entre l'émission de CO₂ et la croissance économique en Algérie.

2. Méthodologie de la recherche

Afin d'apporter des éléments de réponse à la problématique posée, nous avons jugé utile de recourir aussi bien à une revue de littérature qu'une modélisation économique.

À cet effet, nous avons procédé à la collecte de données et d'informations à travers une recherche bibliographique constituée principalement d'ouvrages, d'études, rapports et publications de centres de recherche, articles, revues, thèses et mémoires. En outre, nous utilisons le modèle ARDL développé par Pesaran et al. (2011) pour examiner la relation entre le PIB par habitant, la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ en Algérie durant la période 1971-2014.

3. Structure du mémoire

Notre travail se subdivise en deux chapitres. On s'intéressera dans le premier chapitre, nous présenterons les principales sources de la croissance économiques et des émissions de CO₂, ainsi que la relation entre croissance environnement. Toutefois, l'analyse économétrique de la relation entre l'émission de CO₂ et la croissance économique en Algérie sera mise en évidence dans le chapitre 2. Enfin, nous clôturerons ce travail par une conclusion générale, dans laquelle nous rappellerons les principaux résultats issus de notre travail et les recommandations possibles.

Chapitre 01 : Croissance économique et environnement : aspects théoriques et pratiques

Introduction

Sur le plan environnemental, les catastrophes écologiques vont s'accroître pendant les années à venir. Les menaces qui pèsent sur l'environnement portent non seulement sur le changement climatique, mais aussi sur l'épuisement probable des énergies fossiles (notamment le pétrole) dans un futur pas très lointain. Ces problèmes environnementaux vont attirer l'attention de la communauté internationale sur les limites de la croissance dans un monde dont les ressources sont en quantité limitée. De ce fait, nous allons présenter dans ce chapitre les principales sources aussi bien de la croissance que des émissions de CO₂, ainsi que la relation entre la pollution atmosphérique et la croissance économique

1. Les sources de la croissance

La croissance économique est l'augmentation soutenue et durable de la production pendant une longue période. Elle est mesurée par le PIB, mais cet indicateur présente des lacunes, qui sont comblées par d'autres indicateurs comme l'IDH. La croissance économique se base sur l'augmentation des facteurs de production et de la productivité globale des facteurs. L'investissement est au fondement de la croissance, car il permet une accumulation de capital. Ce capital peut être physique, mais aussi humain, technologique et public. La consommation d'énergie aussi comme facteur de production, ainsi que l'expliquent des modèles macroéconomiques.

1.1 Capital physique

L'investissement est appelé par la comptabilité nationale « l'accumulation du capital physique ». Comme il peut être soit privé ou public, correspond à l'acquisition de capital physique, il s'appelle aussi la Formation Brute de Capital Fixe (FBCF). Il est l'un des principaux facteurs déterminant le niveau de production réel par habitant.

En effet, la hausse du capital par tête peut augmenter la production par le fait que l'investissement permet d'augmenter la productivité d'un travailleur (quantité produite par travailleur) en facilitant son travail, cela améliore l'efficacité des travailleurs, donc améliorer le niveau de la production.

L'investissement privé par une firme bénéficie aux autres firmes par effet d'imitation et d'apprentissage (effet d'externalités). Ainsi, l'investissement a un double effet sur l'économie. En premier lieu, il accroît d'une manière directe la productivité de la firme et, en deuxième lieu, accroît indirectement la productivité de toutes les autres firmes; Par ailleurs, l'ensemble

des infrastructures publiques (transports, télécommunication, éducation, sécurité, etc.) qui constituent l'investissement public donne lieu à des externalités positives (développement) au secteur privé.

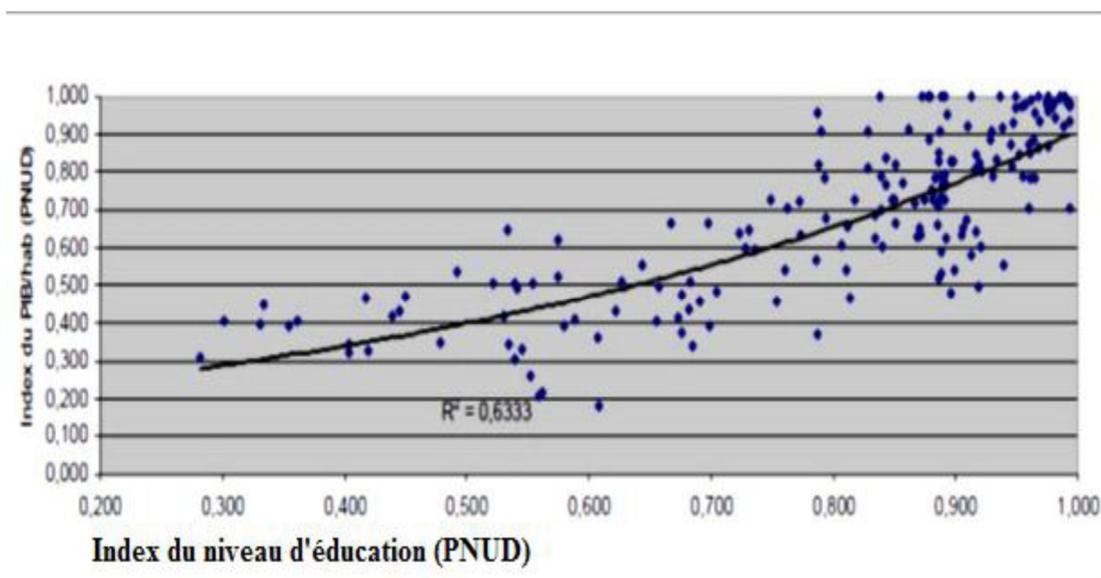
1.2 Le capital humain

Le capital humain correspond à l'ensemble des savoirs et des savoirs faire acquis par un être humain, grâce à son expérience et/ou sa qualification et qui déterminent en partie sa capacité à travailler efficacement. Il est un ingrédient important de la croissance à long terme et un facteur essentiel de production, par l'emploi d'une main-d'œuvre bien formée et en bonne santé.

En effet, une population en bonne santé est une population qui peut déployer des efforts et travailler pour le développement économique, et, puis, l'amélioration des variables liées à l'éducation et à la connaissance permet d'augmenter la capacité de création, d'absorption des nouvelles technologies et leur utilisation. Ceci est synonyme d'une augmentation de la productivité.

Les pays qui ont les plus meilleurs scores en éducation selon le PNUD, par conséquent, le plus de capital humain à leur disposition, obtiennent un PIBH plus élevé (voir Figure 1). Donc, les dépenses d'éducation sont des coûts, des dépenses pour l'individu ou pour la collectivité qui les finance en tout ou partie, mais qui permettent de produire davantage de richesse : c'est un investissement (et pas une dépense).

Figure 1 : Corrélation entre le capital humain et la richesse économique (170 pays)



Source : PNUD, rapport sur le développement humain, 2009

Parmi les études empiriques consacrées à la relation éducation/croissance, l'une des plus importantes est celle de Barro et Sala-i-Martin (1995) sur les déterminants de la croissance. Dans cette étude, les auteurs ont recueilli des données portant sur la période

1965-1985 couvrant un large échantillon de pays ,et démontré l'existence d'une relation positive entre le niveau d'éducation, mesuré par le nombre moyen d'années d'études, et le taux moyen de croissance. Les résultats montrent qu'une augmentation de 1,5% du ratio des dépenses publiques d'éducation au PIB durant la période de 1965-1985 aurait augmenté le taux de croissance moyen de cette période de 0,3% par an.

1.3 Consommation d'énergie

La consommation d'énergie et le PIB dépend de la structure productive, à la technologie utilisée, au climat, à la réglementation en vigueur et au prix directeur de l'énergie qui influencent le contenu énergétique de la richesse intérieure d'un pays" [PERCEBOIS 2000]. au début des années 1960, plusieurs des économistes comme (Berrah, 1983; Matly, 1983; Meallier et al, 1986; Hourcade et Ben Chaabane, 1991.....) se sont penchés sur la liaison entre la consommation d'énergie et le produit intérieur brut.

Selon Denis Babusiaux (2001), l'élasticité de la consommation d'énergie par rapport au PIB est souvent supérieure ou égale à 1 dans la plupart des pays en développement, alors qu'elle est inférieure à 1 en variant entre 0,85 et 0,9 dans les pays industrialisés. Cette différence revient à la part croissante des activités tertiaires peu énergivores, dans le PIB et du progrès technique favorisant l'amélioration du rendement énergétique. L'élasticité aux prix reste très faible à court terme et la consommation est fortement dépendante des équipements. C'est-à-dire des investissements réalisés dans l'économie.

Le lien entre ces deux grandeurs peut être analysé d'une autre manière, car des modèles macroéconomiques sont construits en introduisant l'énergie comme facteur de production (les fonctions de production KLEM¹). Les fonctions de production KLEM ont suscité beaucoup d'interprétations théoriques et de vérifications empiriques de la part des économistes durant la décennie 1970-1980, mettant l'accent sur deux postulats (PERCEBOIS 1989) :

- d'une part elles permettent, grâce au concept d'élasticité de substitution, de mesurer le degré de substituabilité entre les facteurs de production, à court terme comme à long terme ;

- d'autre part elles permettent de fonder, sur un plan analytique et statistique, les fonctions de demande de ces divers facteurs. Ainsi la relation entre demande d'énergie et niveau d'activité économique est "médiatisée" par le recours à des équipements plus ou moins économes en travail.

Au plan technique, la compréhension des interactions existantes entre l'énergie et les autres facteurs au sein du processus de production justifie le recours à des fonctions "putty-putty" (substituabilité ex ante et ex post entre facteurs), "clay-clay" (complémentarité ex ante et ex post) ou "putty-clay" (substituabilité ex ante mais

¹ (K = capital), (L = main d'œuvre), (E = énergie), (M = matière première non énergétique).

complémentarité ex post). L'utilisation des fonctions à générations de capital ont permis de mieux comprendre et mesurer les relations entre l'énergie et les autres facteurs de production au sein du processus productif, à un niveau agrégé comme au niveau désagrégé.

Une célèbre controverse théorique a opposé à la fin des années 70 «BERNDT et WOOD», «d'un côté, GREGORY-GRIFFIN» de l'autre. Pour les premiers le capital et l'énergie sont avant tout complémentaires ; pour les seconds ils sont largement substituables. Cette controverse a été alimentée par de nombreuses "vérifications empiriques" (cf. J. PERCEBOIS) mais les tentatives de "réconciliation" ont permis de dépasser cette opposition.

Les travaux empiriques ont permis de montrer que le capital et le travail peuvent être considérés comme substituables dans l'industrie et il en va de même pour l'énergie et le travail. C'est au niveau des relations énergie-capital que les résultats économétriques divergent. Au-delà des explications "statistiques" liées notamment à des approches différentes (time séries ou cross-section, périodes de référence non identiques), BERNDT et WOOD ont proposé une explication "théorique simple" de ces divergences.

Ces divergences tiennent à la façon dont a été résolu le problème de la séparabilité au sein de la fonction de production et de la fonction de coût duale qui lui est associé. Il ne faut donc pas confondre la "substituabilité technique brute" et la "complémentarité économique nette". L'énergie et le capital peuvent donc fort bien être des substituts bruts au sens technique du terme ; il n'en demeure pas moins vrai qu'ils sont généralement des compléments nets au sens économique du terme (cf. J. PERCEBOIS 1989).

Hypothèses et Relations Le traitement de la relation entre consommation d'énergie et croissance distingue quatre hypothèses possibles :

- L'hypothèse de la croissance : selon laquelle une augmentation, (respectivement une diminution) de la consommation d'énergie entraîne une augmentation, (respectivement une diminution) du PIB réel. Dans ce cas, l'énergie cause le PIB et l'économie est considérablement dépendante de l'énergie. S'il y a un impact négatif cela peut être dû 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 : stipulant qu'une réduction de la consommation d'énergie n'a pas d'effets négatifs sur le PIB réel. Cette hypothèse est vérifiée si une augmentation du PIB entraîne une augmentation de la consommation d'énergie.
- L'hypothèse de neutralité : suppose que l'effet de l'énergie sur le PIB réel est faible ou nul puisque la consommation d'énergie n'est qu'une insignifiante partie des composantes de la production. 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.

Travaux empiriques Les études empiriques sur la relation entre consommation d'énergie et croissance du PIB procèdent souvent par les analyses en séries temporelles, en données de panel, l'approche bi variée (les études avec seulement deux variables : consommation d'énergie et PIB réel) et enfin l'approche multi variée.

Par ailleurs Mehara (2007) identifie trois générations d'approches méthodologiques :

- La première génération est composée des études basées sur la méthode VAR et le test de causalité de Granger.
- La deuxième applique le test de racine unitaire et de Co intégration sur les séries temporelles.
- la troisième génération utilise les procédures de test de racine unitaire et de Co intégration basé sur les données de panel.

En 1978 une étude de l'économie américaine entre 1947 et 1974 réalisée par Kraft et Kraft, a pu montrer l'existence d'une causalité unidirectionnelle qui montre qu'aux Etats Unis, c'est le produit national brut qui cause la consommation d'énergie. Ce résultat mène à croire qu'il est possible d'envisager des politiques d'économie d'énergie sans effets négatifs sur la croissance de l'économie. Cette analyse sera contestée par plusieurs chercheurs notamment Akarka et Long (1980) qui ont pu démontrer que l'étude de Kraft et Kraft est biaisée en raison d'instabilité temporelle au niveau de l'échantillon des données utilisées. Ils ont donc repris l'analyse avec la même technique, sur une période plus homogène allant de 1950 à 1968. Le test a révélé le manque de causalité entre le PIB et la consommation d'énergie. Pratiquement, tous les articles qui ont suivi ont été consacrés aux séries américaines avec des résultats très variés (cf. par exemple Yu et Hwang (1984), Yu et Choi (1985)).

La majorité de ces recherches empiriques portent essentiellement sur les pays industrialisés, mais depuis quelques années, cette problématique est étendue aux pays en voie de développement d'Asie et d'Europe de l'est et l'Afrique.

La deuxième et la troisième génération des analyses empiriques ont commencé à partir de la décennie 90 avec les études de Masih et Masih (1996), Glasure et Lee (1997), et Asafu- Adjaye (2000) en utilisant la technique de Co intégration et les modèles à correction d'erreur aboutissant à des résultats ambigus.

Dans une récente étude, BARNEY et FRANZI (2002) Affirment que l'énergie est responsable d'au moins la moitié de la croissance industrielle dans une économie moderne, tout en représentant moins d'un dixième du coût de production. Soyta et Sari (2003) tentent d'estimer le sens de causalité pour les économies émergentes sur une

longue période 1950–1992. Leur résultat indique une causalité bidirectionnelle pour l'Argentine, mais le vecteur de Co intégration est rejeté pour l'Indonésie et la Pologne.

Dans une même dynamique, Oh et Lee (2004) ont élaboré un agrégat énergétique pour le substituer à l'agrégat énergétique traditionnel BTU afin d'analyser l'impact de l'énergie sur la croissance économique au Corée du Sud. Ils ont abouti à l'existence d'une causalité bidirectionnelle pour le long terme et une causalité unidirectionnelle pour le court terme entre la consommation d'énergie et le produit intérieur brut.

2. les principales sources de CO2

Il existe à la fois des sources humaines que des sources naturelles d'émissions de dioxyde de carbone sont à la fois naturelles et humaines. Les sources naturelles incluent la décomposition, le rejet océanique et la respiration. Les sources humaines proviennent d'activités telles que la production de ciment, la déforestation et l'utilisation de combustibles fossiles, comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

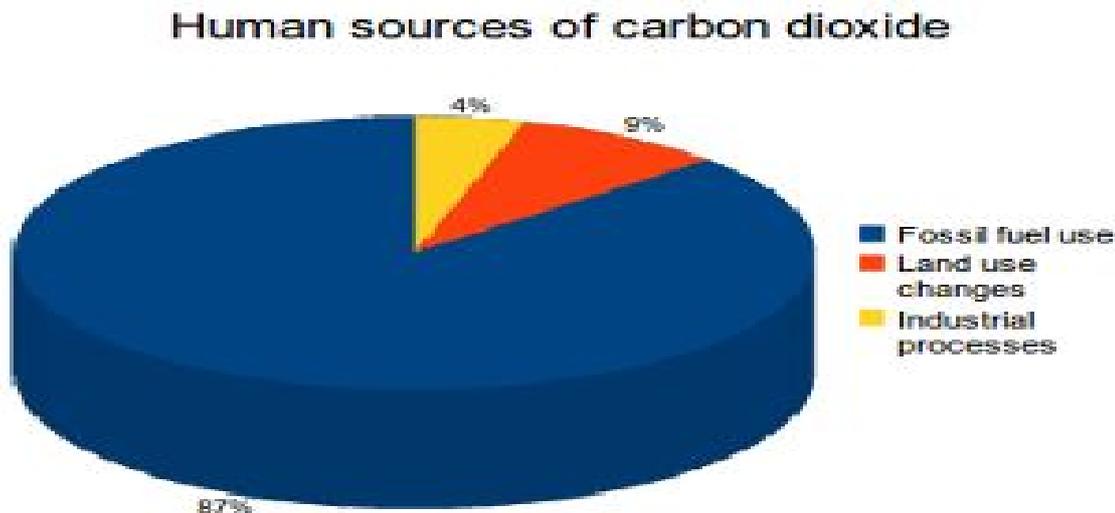
En raison des activités humaines, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone a considérablement augmenté depuis la révolution industrielle, atteignant de nos jours de dangereux niveaux, inexistantes durant ces trois derniers millions d'années. Les émissions de dioxyde de carbone d'origine humaine sont beaucoup plus faibles que les émissions d'origine naturelle, mais elles ont perturbé l'équilibre naturel existant depuis des milliers d'années avant l'influence de l'être humain.

L'équilibre naturel est dû au fait que les puits de carbone naturels éliminent plus au moins la même quantité de dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère, que la quantité de dioxyde de carbone produite par les sources naturelles. Jusqu'à présent, ce mécanisme avait permis de maintenir les niveaux de dioxyde de carbone en équilibre et dans une marge de sécurité. Néanmoins, les sources humaines ont perturbé cet équilibre naturel, par le fait d'ajouter du dioxyde de carbone dans l'atmosphère sans pour autant en éliminer

Depuis la révolution industrielle, les sources humaines d'émissions de dioxyde de carbone se sont multipliées. Les activités humaines, telles que la combustion de pétrole, de charbon et de gaz, ainsi que la déforestation, sont les causes principales de l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Près de 87% des émissions de dioxyde de carbone attribuables à l'homme, proviennent de la combustion de combustibles fossiles, tels que le charbon, le gaz naturel et le pétrole. Le reste provient du défrichage des forêts et autres changements dans l'utilisation des sols (9%), ainsi que de certains procédés industriels, comme la fabrication de ciment (4%).

Schéma 1 : Represente les sources humaines de dioxyde



Source: Quéré, C. et al. (2013). The global carbon budget 1959-2011. [Le bilan mondial du carbone 1959-2011.]

2.1 Utilisation des combustibles fossiles

La source humaine d'émissions de dioxyde de carbone la plus considérable provient de la combustion de combustibles fossiles. Cette activité produit 87% des émissions de dioxyde de carbone de source humaine. La combustion de ces combustibles libère de l'énergie, une énergie pour la plupart transformée en chaleur, en électricité ou en carburant utilisé dans le secteur des transports. Parmi quelques exemples d'usage de ces combustibles, citons les centrales électriques, les voitures, les avions et les installations industrielles. En 2011, l'utilisation de combustibles fossiles a créé 33,2 milliards de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone dans le monde.

En Algérie, la consommation d'énergies fossiles à base de combustible est l'une des principales sources d'émissions de carbone, contribuant ainsi à 74 pour cent (173 Mt de CO₂) des émissions en 2011.

Les trois types de combustibles fossiles qui sont les plus utilisés sont le charbon, le gaz naturel et le pétrole. Le charbon est responsable de 43% des émissions de dioxyde de carbone provenant de la combustion de combustibles, 36% sont produites par le pétrole et 20% proviennent du gaz naturel

Le charbon est le combustible fossile le plus intensif: Pour chaque tonne de charbon brûlé, sont produites environ 2,5 tonnes de dioxyde de carbone. De tous les différents types de combustibles fossiles, le charbon est celui qui produit le plus de dioxyde de carbone. De ce fait, et en raison de son taux d'utilisation élevé, le charbon est la source de combustibles fossiles la plus importante au niveau des émissions de dioxyde de carbone. Le charbon représente un tiers de la contribution des combustibles fossiles à l'approvisionnement mondial en énergie primaire, mais il est responsable de 43% des émissions de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation de combustibles fossiles.

Toute activité impliquant l'utilisation d'un combustible fossile, est invariablement associée à une émission de dioxyde de carbone. Ainsi, par exemple, la combustion de ces combustibles libère non seulement de l'énergie, mais aussi du dioxyde de carbone, celui-ci se produisant comme sous-produit de la réaction. Conséquemment, presque tout le carbone stocké dans les combustibles fossiles se transforme en dioxyde de carbone au cours du processus de combustion.

Les trois principaux secteurs économiques qui utilisent des combustibles fossiles sont: électricité/chaleur, transport et industrie. Les deux premiers secteurs, électricité/chaleur et transport, ont produit près de deux tiers des émissions mondiales de dioxyde de carbone en 2010.

2.2 Secteur électricité/chaleur

La production d'électricité et de chaleur est le secteur économique qui produit la plus grande quantité d'émissions de dioxyde de carbone attribuables à l'homme. En 2018, la production d'électricité reste le premier secteur émetteur de CO₂ dans le monde, avec 41 % (**Source** : AIE, 2020) du total des émissions dues aux combustibles fossiles. Dans le monde entier, ce secteur dépend fortement du charbon, qui est le combustible fossile le plus intensif parmi tous; Ceci explique ainsi l'énorme empreinte carbone de ce secteur.

Presque tous les pays industrialisés obtiennent la majorité de leur électricité à partir de la combustion de combustibles fossiles (environ 60-90%). Seuls le Canada et la France sont l'exception. Selon la variété énergétique de votre compagnie d'électricité locale, vous remarquerez sans doute que l'électricité que vous utilisez à la maison et au travail, a un impact considérable sur les émissions de gaz à effet de serre.

Le tableau 1 ci-dessous montre le pourcentage d'énergie électrique produite par la combustion de combustibles fossiles en fonction de chaque nation membre du G8;

Énergie Électrique Produite par la Combustion des Combustibles Fossiles (Milliards de Kilowattheure)			
Pays du G8	Combustion de Combustibles Fossiles	Total	%
Canada	154.55	569.41	27.1%
France	52.23	535.45	9.8%
Germany	354.78	561.57	63.2%
Italy	223.16	286.18	83.2%
Japon	640.17	982.76	65.1%
Russia	569.72	869.07	65.6%
United Kingdom	278.21	373.26	74.5%
United States	2,758.65	3,891.72	70.9%

Source pour Tableau (2.1): International Energy Data base (2008), Energy Information Administration. [Base de données Internationale sur l'Énergie (2008), L'Agence d'Information sur l'Énergie.]

Les secteurs de l'industrie, du logement et du commerce sont les principaux utilisateurs d'électricité, couvrant 92% de l'utilisation. L'industrie est le plus grand consommateur des trois parce que certains procédés de fabrication nécessitent une très grande consommation d'énergie. Plus précisément, la production de produits chimiques, de fer, d'acier, de ciment, d'aluminium, ainsi que de pâte et de papier, compte pour la grande majorité de la consommation d'électricité à usage industriel. Les secteurs résidentiel et commercial dépendent en très grande partie de l'électricité pour répondre à leurs besoins énergétiques, en particulier pour l'éclairage, le chauffage, la climatisation et les appareils électroménagers.

2.3 Secteur des transports

Le secteur des transports constitue la deuxième source majeure d'émissions de dioxyde de carbone attribuable à l'homme. En 2010, le transport des marchandises et des personnes à travers le monde, a produit 22% des émissions de dioxyde de carbone liées aux combustibles fossiles. Ce secteur nécessite une très grande consommation d'énergie, et, pour répondre à ses besoins, utilise presque exclusivement des carburants dérivés du pétrole (essence, diesel, kérosène, etc.). Depuis les années 1990, les émissions liées au transport se sont accrues rapidement, augmentant de 45% en moins de 20 ans.

Le transport routier

Représente 74% des émissions de dioxyde de carbone du secteur des transports. Les automobiles, les camions de fret et les camions légers sont les sources principales d'émissions pour l'ensemble du secteur des transports, et les émissions provenant de ces trois modes de transport ont régulièrement augmenté depuis 1990. Outre les véhicules routiers, les autres sources importantes d'émissions pour ce secteur sont la navigation maritime et l'aviation mondiale.

Le transport maritime

Produit 14% des émissions de dioxyde de carbone dues au transport. Bien qu'il y ait beaucoup moins de navires que de véhicules routiers qui soient utilisés dans le secteur des transports, les navires utilisent le carburant le plus polluant sur le marché, un carburant si peu raffiné qu'il peut être suffisamment solide pour être traversé à température ambiante. De ce fait, le trafic maritime est responsable de plus de 1 milliard de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone, dépassant ainsi les émissions annuelles de plusieurs pays industrialisés (Allemagne, Corée du Sud, Canada, Royaume-Uni, etc.), et ce secteur continue de croître rapidement.

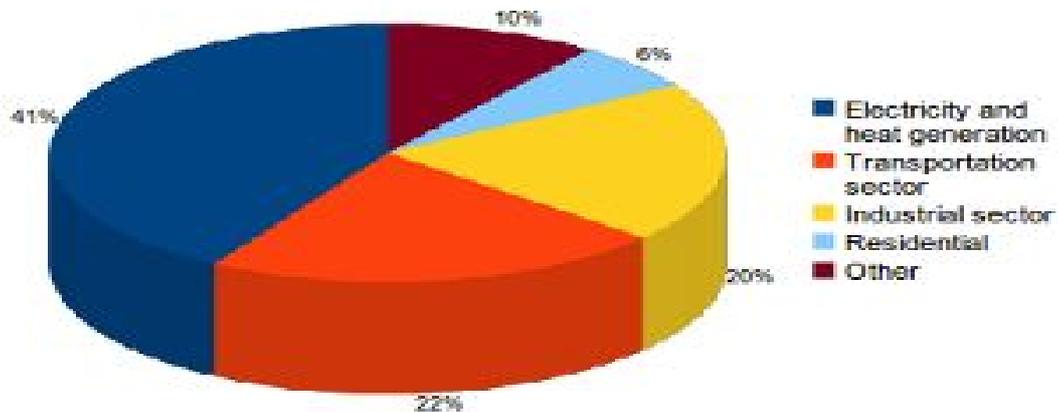
L'aviation mondiale

Représente 11% des émissions de dioxyde de carbone issues du secteur des transports. Les vols internationaux créent environ 62% de ces émissions et les vols intérieurs représentent 38%. Au cours des 10 dernières années, l'aviation a été l'une des

sources d'émissions de dioxyde de carbone la plus fortement en croissance. L'aviation est également la forme de transport la plus intensive au niveau du carbone, et en conséquence, sa croissance est accompagnée d'un impact considérable sur le changement climatique.

Schéma 2: Utilities (power, gas, oil etc...), Transportation and Industriel production.

Carbon dioxide emissions from fossil fuel combustion



Source: CO2 Emissions from Fuel Combustion (2012), International Energy Agency. [Émissions de CO2 provenant de la combustion de combustibles (2012), Agence Internationale de l'Énergie.]

Le schéma 2.2 souligne l'une des tendances les plus alarmantes dans l'économie moderne actuelle. Les d'émissions issues du transport des personnes et des marchandises ont augmenté si rapidement, qu'elles ont dépassé les émissions du secteur industriel, ce qui a eu pour cause, un énorme impact sur le changement climatique. Cette tendance a commencé dans les années 1990, et elle se poursuit depuis, ce qui entraîne une augmentation des émissions indirectes.

Les émissions causées par le transport des marchandises sont des exemples d'émissions indirectes, car le consommateur n'a aucun contrôle direct sur la distance entre l'usine et le magasin. Les émissions causées par les personnes qui voyagent (en voiture, en avion, en train, etc.) sont des exemples d'émissions directes, car les personnes peuvent choisir où elles vont se rendre et par quel moyen.

Étant donné que la distance parcourue par les marchandises durant leur production continue de s'accroître, l'industrie des transports se voit obligée de combler l'écart et finit par créer davantage d'émissions indirectes. Le plus grave, c'est que plus de 99% des émissions de dioxyde de carbone causées par le transport des personnes et des marchandises dans le monde entier, provient de la combustion de combustibles fossiles.

2.4 Le secteur industriel

Le secteur industriel est la troisième source anthropogénique majeure d'émissions de dioxyde de carbone. En 2010, ce secteur a produit 20% des émissions de dioxyde de carbone liées aux combustibles fossiles. Le secteur industriel comprend 4 domaines: la fabrication, la construction, l'exploitation minière et l'agriculture. La fabrication est le

domaine le plus important du secteur industriel, et se divise en 5 catégories principales: le papier, les aliments, les produits du pétrole, les produits chimiques, ainsi que les produits métalliques et minéraux. Ces catégories représentent la grande majorité de l'utilisation de combustibles fossiles et des émissions de CO2 du secteur industriel.

La fabrication et autres procédés industriels s'ajoutent, pour produire de grandes quantités de différents gaz à effet de serre, et plus particulièrement de grandes quantités de CO2. Ceci est dû au fait que de nombreuses installations de fabrication utilisent les carburants fossiles de façon directe, pour créer la chaleur et la vapeur nécessaire aux divers stades de production. Par exemple, les usines de l'industrie du ciment doivent chauffer le calcaire jusqu'à 1,450°C pour le transformer en ciment, un procédé qui utilise la combustion de combustibles fossiles pour créer la chaleur requise.

3. Relation entre croissance et environnement

Du temps des physiocrates, la terre était l'actif, le facteur de production essentiel pour l'économie. Quesnay, le chef de file du mouvement, estimait que seule la production agricole permet de dégager un produit net, ou un surplus, ou encore une multiplication spontanée des quantités physiques produites (Faucheux et Noel, 1995) grâce au don gratuit de la nature que procure-la terre. Le produit social annuel d'une nation n'est donc autre que ce que l'on appellerait aujourd'hui le Produit National de l'agriculture; ni l'industrie ni le commerce ne peuvent ajouter quoi que ce soit à la richesse nationale car ces activités, qualifiées de stériles, ne font que transformer des biens sans création de surplus. Pour les physiocrates, la richesse nationale était donc foncière, l'agriculture était la seule créatrice de richesse, la terre était un input critique et l'environnement - limite à la protection et à l'exploitation de la terre – revêtait une place centrale dans l'économie.

Plus tard, à partir du dernier quart du 18^{ème} siècle, l'avènement de l'Ecole Classique et le manuel d'Adam Smith "Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations", publié en 1776, furent souvent considérés comme le moment de la naissance de l'économie politique moderne. Pour Smith, la terre est une ressource naturelle marchande - donc appréhendée par l'analyse économique - puisqu'elle est limitée en quantité et peut être appropriée. Elle garde un rôle moteur dans l'économie, à la fois dans le secteur agricole et dans le secteur industriel. Contrairement aux physiocrates, la richesse n'est plus foncière, mais elle est produite, et elle est réelle car la valeur d'échange d'un bien est déterminée par la quantité de travail nécessaire à sa production.

Un dénominateur commun chez les économistes classiques est la croyance dans un état stationnaire à long terme: autrement dit, la croissance économique ne peut perdurer à long terme et tendra irrémédiablement vers une stabilisation. C'est la terre, encore une fois, qui y joue un rôle prédominant. Malthus avait mis en avant la rareté absolue des terres alors que Ricardo estima plus tard que cette rareté est relative - on commence à cultiver les terres les plus fertiles avant d'aller vers des terres moins fertiles. Cela dit, le maintien du salaire à long terme à un niveau de subsistance, proposé par Malthus, couple

a la croissance de la rente différentielle - différence entre le prix de production détermine par les conditions de production sur les plus mauvaises terres et le prix de production sur les terres les plus fertiles - sous l'effet des rendements décroissants en agriculture, réduit le profit à long terme. L'accumulation de capital décroît alors au fur et à mesure du temps et de l'utilisation des terres de moins en moins fertiles. On arrive alors vers un état stationnaire de long terme où l'investissement net est nul, le capital et la population constante, et le taux de croissance de l'économie tombe donc à zéro

Si l'état stationnaire est perçu comme un échec inéluctable chez les Classiques, Mill, au contraire, n'est pas loin d'en faire l'apologie puisqu'il relève que la croissance de la population et de la production - donc la croissance économique - entraîne avec elle des coûts sociaux et environnementaux (O'Connor, 1997); la société idéale s'évertuerait alors à se diriger vers cet état stationnaire inéluctable avant d'y être contrainte.

Autant les économistes classiques ont insisté sur l'importance des relations entre économie - et donc croissance économique - et environnement - matérialisé par les ressources naturelles, et essentiellement, par la terre - autant l'école néoclassique, jusque récemment, accorde une bien moindre importance à la relation économie-environnement.

En économie néoclassique, la terre apparaît comme pouvant aisément être remplacée par le travail et/ou le capital. La fonction de production standard qui sert de fondement à la théorie de la croissance, la Cobb-Douglas, n'utilise d'ailleurs plus que deux facteurs de production: le travail et le capital. Comme explique par Faucheux et Noel (1995), cet état de fait est dû à deux raisons majeures: tout d'abord, l'abondance de la majorité des ressources naturelles est telle qu'elles ne sont pas considérées comme des biens économiques et encore moins comme des facteurs de production; ensuite, les ressources naturelles telles que la terre, dotées d'un prix qui ne tient pas seulement aux coûts d'extraction et qui font l'objet de transactions sur le marché foncier, sont déjà contenues dans le facteur capital.

Les années soixante-dix, avec les deux chocs pétroliers et la preuve d'une raréfaction d'un nombre croissant de ressources, vont remettre les préoccupations environnementales au goût du jour. Bien évidemment, cela ne signifie nullement qu'aucun économiste néoclassique ne considérerait les problèmes environnementaux avant cette époque. En effet, dès les années trente, deux personnes ont contribué à créer ce qui sera appelé plus tard l'économie des ressources naturelles - Hotelling, via l'analyse de l'exploitation des ressources épuisables (Hotelling 1931) - et l'économie de l'environnement - Pigou, via l'économie du bien-être et l'internalisation des externalités (Pigou, 1920). Cela dit, force est de constater que les problèmes environnementaux et les ressources naturelles ont été éludés jusqu'à ce que les ressources naturelles marchandes (épuisables, mais aussi renouvelables) retrouvent la place qu'elles avaient dans la théorie classique et soient considérées comme un capital spécifique, qualifié par Solow (1991) de capital naturel. C'est donc à partir des années soixante-dix que l'économie environnementale devient un domaine d'analyse à part entière. C'est également à cette époque que Passet (1979) publie son livre devenu "classique" et qui traite de la

réinsertion de l'analyse économique dans une pensée systémique de la biosphère et de la régulation des systèmes complexes. Cela donnera naissance à deux écoles différentes, deux philosophies différentes, que l'on pourrait qualifier d'un côté d'"optimiste" et de l'autre côté, de "pessimiste", qui contribueront toutes deux à des visions différentes et au débat sur le développement soutenable jusqu'à ce jour (Vivien, 2005).

Des chercheurs, regroupés au sein du Club de Rome, ont publié en 1972 le livre "The Limits to Growth" (Meadows et al. 1972), ainsi que sa suite "Beyond the Limits" vingt ans plus tard (Meadows et al. 1992) et une mise à jour supplémentaire une trentaine d'années après la parution du manuel original (Meadows et al. 2004). Ils y affirment que si les tendances actuelles (économiques et environnementales) se perpétuent, beaucoup de ressources naturelles seront épuisées à moyen terme, ce qui limitera, voire empêchera, toute croissance future. En d'autres termes, une croissance exponentielle conduit le système à un effondrement à terme puisqu'un nombre de plus en plus important d'individus interagissent économiquement et environnementalement (en exploitant les ressources dont certaines sont épuisables et d'autres, renouvelables, voient leur capacité de régénération dépassées) dans un monde qui, lui, est fini. Comme les Classiques, il y a, pour ces "pessimistes", un mouvement inéluctable vers un état stationnaire. Ces chercheurs parlaient donc déjà de croissance économique non soutenable sans utiliser ces termes.

Au contraire de ce courant de pensée, des "optimistes" comme Simon (1981) ou Lomborg (2001) notent que les problèmes environnementaux actuels sont de moindre gravité que par le passé et/ou de moindre gravité que ce qui est généralement rapporté par les adeptes du Club de Rome. Ils affirment également que la rareté des ressources va s'inverser, grâce aux ressources alternatives qui pourront économiquement se développer en cas d'augmentation du prix des ressources épuisables, et que la croissance économique favorise la qualité de l'environnement au-delà d'un certain niveau de développement. En cela, ils adoptent le comportement néoclassique standard et prolongent les travaux d'Hotelling et Pigou via la création des deux branches de l'économie environnementale au sens large que sont l'économie des ressources naturelles et l'économie de l'environnement, et qui insèrent toutes deux les problématiques environnementales dans le cadre des méthodes d'analyse de l'économie néoclassique.

L'autre école, celle des "pessimistes", contribuera à la création d'une troisième branche, l'économie écologique, qui a vu le jour dans les années quatre-vingt et dont l'histoire des idées a été résumée pour la première fois en 1987 (Martinez-Alier, 1987). Cette discipline part du principe que l'environnement ne peut qu'être étudié de manière transdisciplinaire en incluant l'économie et les sciences naturelles (essentiellement l'écologie et la thermodynamique). Le cadre d'analyse dépasse celui de l'économie néoclassique puisque le système économique est maintenant perçu comme faisant partie d'un système plus large, la terre, ou la biosphère. Cela ne remet pas en cause toute l'économie de l'environnement et l'économie des ressources naturelles mais seulement sa mise en perspective.

La relation théorique et empirique entre croissance et environnement, selon les deux écoles de pensée, les "optimistes" et les "pessimistes" abordent le développement durable et la croissance ou le développement économique. Comme dans Faucheux et O'Connor (1998), les approches "faible" et "forte" du développement durable sont abordées de manière comparative, mais on se concentrera exclusivement sur un aspect quantitatif : la croissance et le développement économique sont synonymes d'augmentation du PIB (Produit Intérieur Brut) et, tout comme la décroissance d'ailleurs, n'induisent donc rien de précis par rapport aux attentes d'objectifs sociaux et environnementaux (Vivien, 2010). Par contre, le développement est un processus plus qualitatif impliquant des transformations économiques, sociales et politiques (Demazieres, 2007). Si, pour les "pessimistes", il existe des limites à la croissance, il n'y en a pas nécessairement pour le développement puisqu'il reste possible d'améliorer sa santé, son éducation, son niveau d'instruction et sa qualité de vie dans une logique différente de la logique de croissance économique.

Conclusion

Le débat sur la détermination de la relation entre croissance et l'environnement existe toujours parmi les économistes, malgré de nombreuses analyses théoriques et empiriques. Entre pessimisme et optimisme, surtout face aux conditions difficiles que traverse forte augmentation de l'émission CO₂ dans l'air et l'épuisement intensive de ressources naturel de la terre, surtout quand on savoir les principales sources de cette émission de gaz et de l'ampleur de son impact sur les stratégies de développement économique, sociétés et l'environnement dans le monde , soit actuel ou future , comme un risque massive , pas juste sur la terre et la richesse mais sur l'humanité lui-même .

Chapitre 2 : Etude économétrique de l'impact de la croissance économique sur l'émission de CO2

En Algérie

Introduction

Notre partie empirique vise à analyser empiriquement la relation entre PIB par tete, comme mesure de la croissance économique, et les émissions de CO2 en Algérie durant la période 1971-2014. Pour ce fait, la méthodologie que propose Pesaran et al. (2001), Le modèle utilisé est ARDL, a été adoptée.

1. Présentation des données et choix des variables

Le choix des variables rentrant dans l'analyse dépend du genre de la relation à laquelle on s'intéresse. Dans notre cas, nous essayerons de tester l'impact de la croissance économique en Algérie sur l'émission de CO2 et ce durant la période allant de 1971 à 2014.

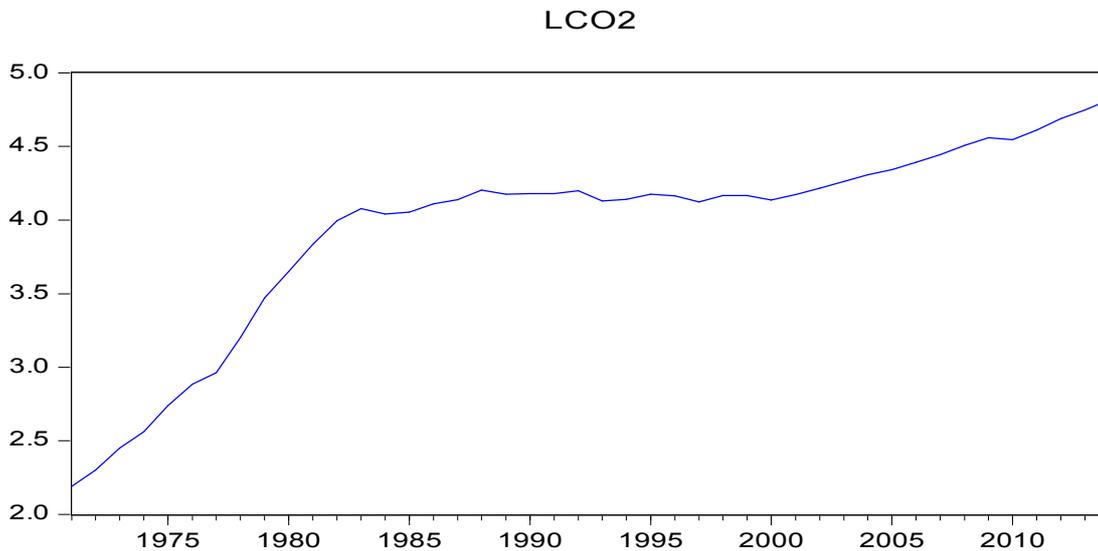
Le choix s'est effectué sur la base de données de la Banque Mondiale (World development indicators, 2022) et Bp Statistical Review of World Energy June 2020. Par conséquent, les variables retenues dans la modélisation économétrique incluent l'Emission de CO2 par tête (CO2) comme variable endogène (ou à expliquer), le PIB par habitant (PIBH), Consommation d'énergie primaire (EU), comme des variables exogènes. Toutes les variables prises en considération sont en terme réel, transformées en logarithme.

1.1 Définition des variables et analyse graphique

1.1.1 Emission de CO2

(CO2_C) est représentée les émissions de dioxyde de carbone (CO2) qui sont exprimées en tonnes par habitant, aussi l'intensité carbonique (c'est-à-dire le niveau d'émissions de gaz à effet de serre ou GES), C'est un variable endogène dans notre étude.

Figure n°2: Évolution de la série LCO2 sur la période 1971-2014 en Algérie.



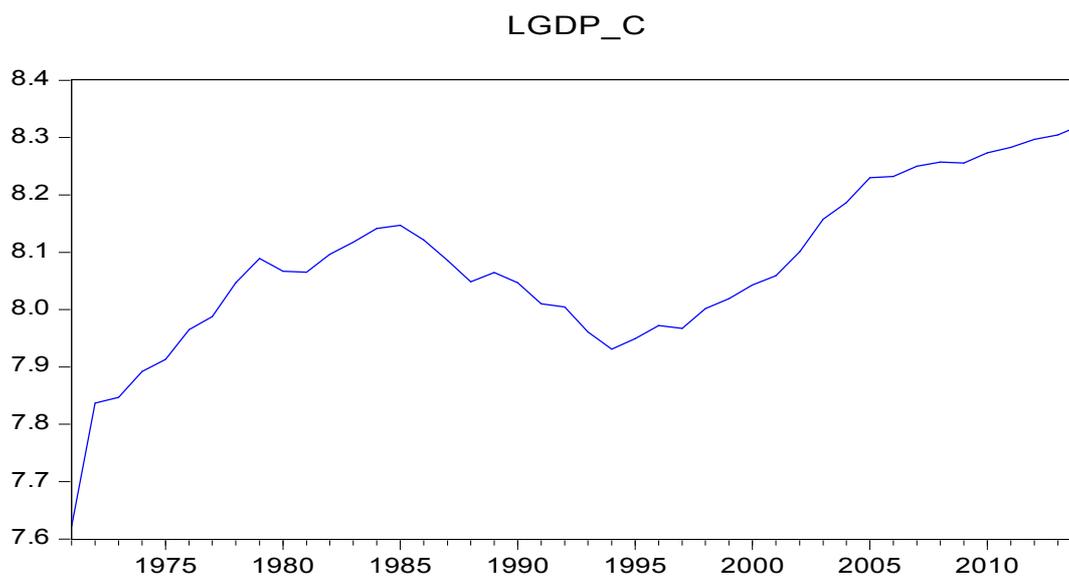
Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews

La série de l'évolution de l'émission de CO2 durant la période 1971 jusqu'à 2014 en l'Algérie fait ressortir une tendance à la hausse. Donc, elle n'est pas stationnaire. D'après la figure ci-dessus la série possède une tendance à la hausse. Donc, elle n'est pas stationnaire.

1.1.2 Produit intérieur brut par habitant

Le produit intérieur brut par habitant noté **GDP_C** (en dit aussi **PIB**). Est un système permettant de mesurer l'activité économique d'un pays, en se basant sur le revenu moyen de ses citoyens. Pour ce qui est de notre étude, cette variable sera utilisée comme mesure de la croissance économique. D'après la figure ci-dessous la série possède une tendance à la hausse. Donc, également, elle n'est pas stationnaire.

Figure n°3: Évolution de la série LGDP sur la période 1971-2014 en Algérie



Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

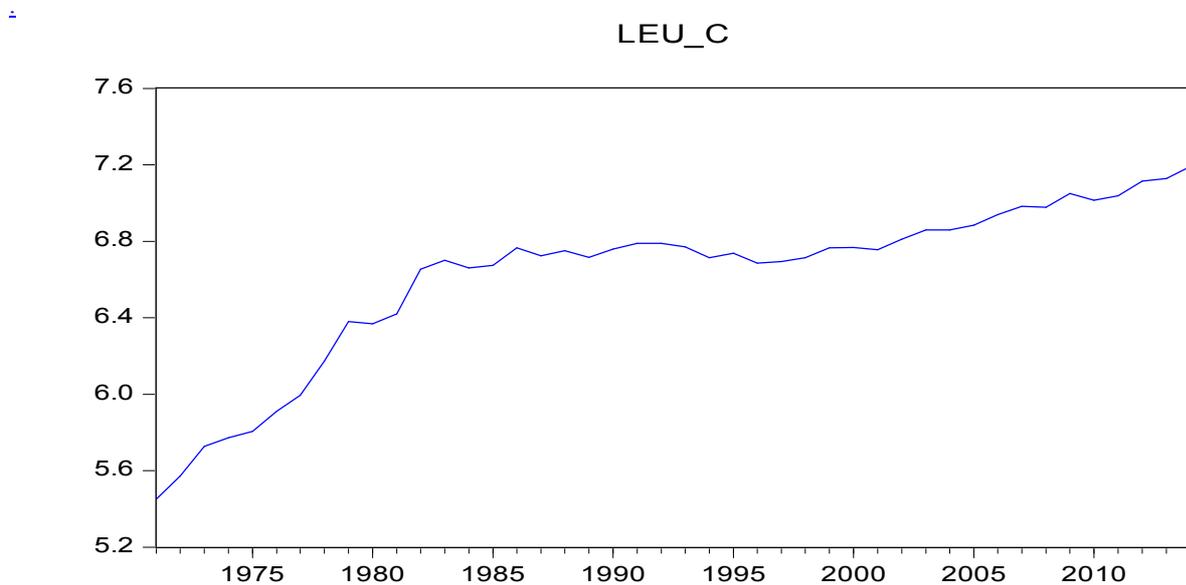
On constate que il y a une accroissement rapide sur PIBH (en peu expliquer que l'Algérie a lancé de grands projets économiques pour mettre en place une assise industrielle dense) et forte jusqu'à l'année 1986 commence à dégrade (expliqué par les prix du pétrole brut ont chuté suite au contre choc pétrolier), A partir l'année 1994 ; l'Algérie entreprend des réformes structurelles marquant le passage d'une économie dirigée à l'économie de marché ce qui permet une reprise des performances économiques et un regain de l'évolution positive du PIB par habitant²,

D'après la figure la Figure (3) la série possède une tendance à la hausse. Donc, elle n'est pas stationnaire.

1.1.3 Consommation d'énergie primaire

Consommation d'énergie primaire, notée EU_C, Unité de mesure (kg of oil équivalent per capita), est une variable explicative.

Figure n°4: Évolution de la série LOGEU-C sur la période 1971-2014 en Algérie.



Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

Clairement, nous observons une forte augmentation de la consommation d'énergies en Algérie depuis les années 1971-1986 contrairement aux années 1986 et 2002, où les taux sont stables. A partir des années 2003, en peu expliqué cette augmentation de ses consommations énergétiques, puisque l'industrie des hydrocarbures demeure le principal moteur économique de l'Algérie.

²Analyse de la relation entre les émissions de CO2 et la croissance du PIB en Algérie : Test de l'hypothèse de Kuznets/Karima YOUNICHI , Zahir BELHADI /Le lien : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downloadArticle/85/9/2/1748>

En effet, le secteur des hydrocarbures représente 97 % des recettes d'exportation et 70 % des recettes de l'État, via la fiscalité pétrolière (FMI, 2013).et la stabilité avec une augmentation moins excessive car l'Algérie permet les payes qui serait de s'engager le plus tôt possible sur une les investissements bloqués dans le secteur des combustibles fossiles pour favoriser et piloter une transition vers un système énergétique entièrement renouvelable (les engagement de l'Algérie dans COP contre l'émission de CO2).on remarque une tendance à la hausse. Donc, elle n'est pas stationnaire.

1.2 Spécification du modèle et méthodologie d'estimation

Pour vérifier les effets de la croissance économique (*GDP*: variable explicative), de la consommation d'énergie primaire (*EU*: variable explicative) sur l'émission de CO2 (*CO2*: variable dépendant). nous allons estimer un modèle autorégressif à retards distribués, en sigle ARDL (*Auto Regressive Distributed Lag model*) Egalement, pour la fonction exprimée dans l'équation (1). La forme du modèle est une combinaison de plusieurs modèles utilisés dans la revue de littérature (BERNARD, 2000 ; SARR et DINGUI, 2000; BOURIOUNE, 2018), notée ainsi :

$$\text{Log (CO2)} = \text{F(log (GDP), log (EU))} \dots\dots\dots (1)$$

Si l'on se propose de saisir les effets de court terme et ceux de long terme des variables explicatives ci-dessus sur l'émission de CO2, la représentation ARDL de la fonction précédente sera comme suit :

$$\Delta \log (\text{CO2_C}) = b_0 + b_1 \log (\text{CO2_C})_{t-1} + b_1 \log (\text{GDP_C})_{t-1} + b_2 \log (\text{EU_C})_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{1i} \Delta \log (\text{CO2_C})_{t-1} + \sum_{i=0}^q a_{2i} \Delta \log (\text{DGP_C})_{t-1} + \sum_{i=0}^q a_{3i} \Delta \log (\text{EU_C})_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots (2)$$

Avec :

- **CO2_C** : l'émission de CO2;
- **GDP_C** : le produit intérieur brut par habitant ;
- **EU_C**: La consommation d'énergie primaire ;
- **εt** : Un processus stationnaire de moyenne nulle ;
- **Δ** : Opérateur de différence première ;
- **a0** : La constante ;
- **a1, ..., a3**: Effets à court terme ;
- **b1, ..., b3**: Dynamique de long terme du modèle.

Les étapes à suivre pour l'analyse de la Co-intégration dans le modèle ARDL seront détaillés comme suit :

Sélectionner le nombre de retard optimal

La détermination du retard optimal se fait à l'aide des critères d'information « Akaike Information Criterion » (AIC) et le « Schwarz Bayesian Criterion »

Test de cointégration (*Bounds-test*)

Le test de Co-intégration selon l'approche de Pesaran et al. (2001) dans les modèles ARDL consiste à tester la nullité conjointe des coefficients des variables en niveau et retardées du modèle. En fait, l'hypothèse nulle du test de Co-intégration s'écrit ainsi :

- H0: $b_1 = b_2 = b_3 = 0$; (Pas de relation de cointégration)**
H1: au moins un des coefficients est significativement différent de zéro; (cointégration)

Dans le cas où l'hypothèse nulle H_0 est rejetée, alors il y'a une relation de long terme entre les variables, sinon il n'y a aucune relation de long terme entre les variables. La statistique du test F-stat suit une distribution non standard qui dépend du caractère non stationnaire des variables régresseurs, du nombre de variables dans le modèle ARDL, de la présence ou non d'une constante et d'une tendance ainsi que de la taille de l'échantillon.

Deux valeurs critiques sont générées avec plusieurs cas et différents seuils : la première correspondant au cas où toutes les variables du modèle sont I(1) : CV-I(1) qui représente la borne supérieure ; la seconde correspond au cas où toutes les variables du modèles sont I(0) : CVI(0) qui est la borne inférieure. Par ailleurs, la règle de décision pour le test de Co-intégration présentée est comme suit :

- Si **F-stat > CV-I(1)**, l'hypothèse nulle est rejetée et donc l'existence de Co-intégration
- Si par contre **F-stat < CV-I(0)**, l'hypothèse nulle de non Co-intégration est acceptée ;
- Si la F-stat est comprise entre les deux (2) valeurs critiques, rien ne peut être conclu.

Dans le cas où il existe une relation de long terme entre les variables (Co-intégration), la relation de long terme s'écrit de cette manière :

$$\log(\text{CO2_C})_t = \delta_0 + \delta_1 \log(\text{CO2_C})_t + \delta_2 \log(\text{GDP_C})_t + \delta_3 \log(\text{EU_C})_t + \varepsilon_t \dots (6)$$

Une fois que la relation de long terme est mise en évidence et validée, il est possible d'estimer les coefficients à long terme et à court terme, afin de déterminer l'impact de ces variables explicatives ($\log(\text{GDP_C})$, $\log(\text{EU_C})$) sur l'émission de CO2 en Algérie.

$$\Delta \log(\text{CO2_C}) = a_0 + \theta (ECM)_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_{1i} \Delta \log(\text{CO2_C})_{t-1} + \sum_{i=1}^{q1} a_{2i} \Delta \log(\text{GDP_C})_{t-1} + \sum_{i=1}^{q2} a_{3i} \Delta \log(\text{EU_C})_{t-1} + \varepsilon_t \dots (7).$$

2. interprétation des Résultats obtenus

2.1 Statistiques descriptives des données et Analyse de la matrice de corrélation

Tableau 2: les statistiques descriptives des variables sélectionnées en logarithme

Variables	LCO2_C	LGDP_C	LEU_C
Mean	-13.11815	8.074335	6.614193
Median	-12.98394	8.064956	6.743973
Max	-12.66009	8.321683	7.191080
Min	-14.32550	7.622010	5.450815
Std. Dev.	0.429298	0.145648	0.434119
Skewness.	-1.607936	-0.427711	-1.244258
Kurtosis	4.402772	3.595625	3.621640
Jarque-Bera	22.56760	1.991947	12.06178
Probability	0.000013	0.369364	0.002403
Sum	-577.1986	355.2707	291.0245
Sum Sq. Dev	7.924765	0.912175	8.103740
Observation	44	44	44

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10

D'après le Tableau montrant les statistiques descriptives ci-dessus, on remarque que :

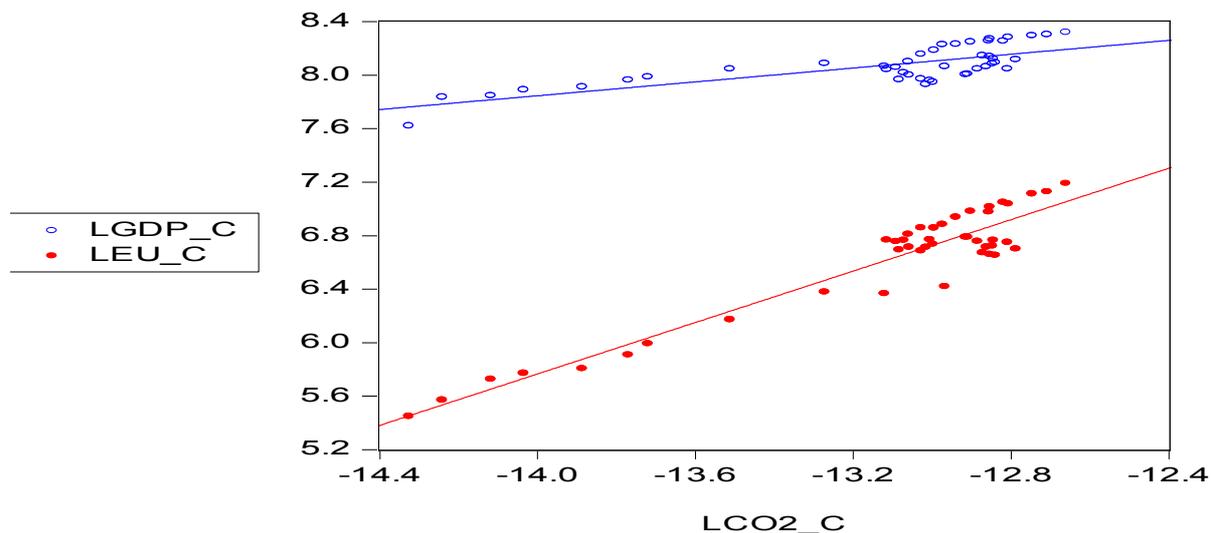
- Les valeurs réelles de l'émission de LCO2_C sont comprises entre -14.32 (comme minimum) et -12.66 (comme maximum), avec une moyenne de -13.11, une médiane de -12.98 avec un écart type de 0.67.
- Les valeurs réelles du produit intérieur brut (LGDP_C) sont comprises entre 7.62 et 8.32 avec une moyenne de 8.07, une médiane de 8.06, avec un écart type de 0.14.
- Les valeurs de la consommation énergétique (EU) sont comprises entre 5.45 et 7.19 avec une moyenne de 6.61, une médiane de 6.74, avec un écart type de 0.43.

Tableau 3 : La matrice de corrélation des variables sélectionnées

	LCO2_C	LGDP_C	LEU_C
LCO2_C	1	0.7621	0.9504
LGDP_C	0.7621	1	0.8106
LEU_C	0.9504	0.8106	1

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10

Figure 5 : La matrice de corrélation des variables sélectionnées

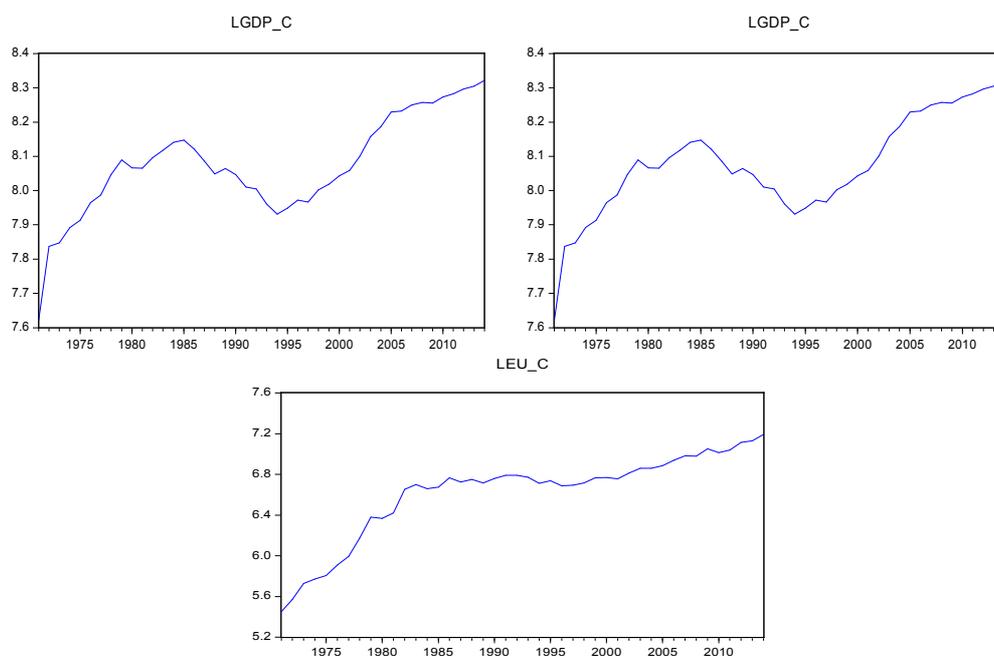


Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

D'après ce tableau (3) et figure (5), nous constatons qu'il y a une liaison positive de 76,21% entre le produit intérieur brut par habitant (GDP) et l'émission de CO2 c'est-à-dire que ces deux variables évoluent dans le même sens, et une corrélation positive (forte corrélation) de 95.04% entre la Consommation d'énergie primaire (EU) et l'émission de CO2. Nous remarquons aussi cette forte corrélation clairement sur le figure ci-dessus entre le CO2 et GDP, CO2 et EU.

2.2 Analyse graphique des séries

Figure n°6 : Evolution graphique des variables



Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

La figure (6) traçant l'évolution graphique des séries utilisées, montre que toutes les séries possèdent une tendance à la hausse. Par conséquent, on peut présumer que les séries sont non stationnaires. Ce constat peut être confirmé en appliquant les tests de stationnarité *Dickey-Fuller* et *Phillips-Perron* dont les résultats sont présentés dans la section suivante.

2.1.1 Tests de racine unitaire des variables utilisées

Tableau 4 : Résultats des tests de stationnarité d'ADF

Variables	ADF en niveau	ADF en diff	PP en niveau	Pp en diff	Décision
LCO2_C	-3.235283**	-	-3.235283**	-	I(0)
LGDP_C	-2.832409*	-7.392879	-2.832409*	-7.392879	I(1)
LEU_C	-3.952787**	-	-3.952787**	-	I(0)

*, **, *** indique la significativité au seuil de 10%, 5% et 1% respectivement.

Les valeurs des statistiques ADF et PP obtenues pour les deux variables, **LCO2_C** et **LEU_C**, en niveau sont toutes inférieures à la valeur critique au seuil critique de 5%, sauf pour la série **LGDP_C** (la statistique ADF et PP est supérieure à la valeur critique au seuil de 5%). La série **LCO2_C** et **LEU_C** sont ainsi stationnaires en niveau alors que la série **LGDP_C**, est non stationnaire en niveau et deviennent stationnaire après la première différenciation. Etant donné que l'ordre d'intégration de nos variables est inférieur à 2, l'approche ARDL peut être appliquée afin d'estimer une éventuelle relation de Co-intégration entre l'émission de CO2 (notée **CO2_C**) et les variables explicatives (**LGDP_C**, **LEU_C**).

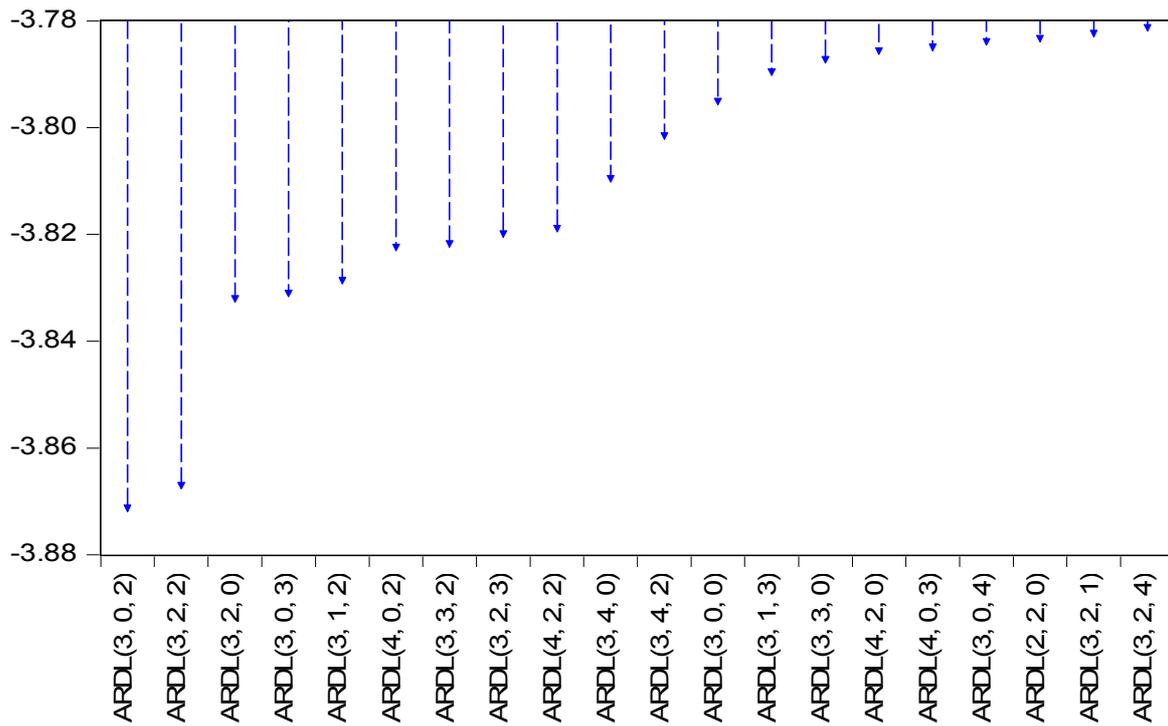
2.3 Estimation du modèle ARDL

a. Détermination du décalage optimal

Nous allons nous servir du critère d'information d'Akaike (AIC) pour sélectionner le modèle ARDL optimal, celui qui offre des résultats statistiquement significatifs avec moins de paramètres. Ci-dessous les résultats obtenus.

Figure n°7 : détermination du nombre de retard du modèle ARDL

Akaike Information Criteria (top 20 models)



Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

A partir du graphe précédent, le modèle ARDL (3.0.2) est le meilleur modèle car il correspond à la valeur minimale du critère d'information AIC.

b. Estimation de la dynamique de court terme et la relation de long terme

Tableau n° 5: Résultats d'estimation du modèle ARDL

Dépendent variable : LCO2_C , ARDL (3.0.2)				
Variable	Coefficient	Std.error	T-statistic	Prob
LCO2_C (-1)	0.746979	0.181672	4.111691	0.0002
LCO2_C (-2)	- 0.094392	0.218065	- 0.432861	0.6679
LCO2_C (-3)	-0.288781	0.120099	- 2.404527	0.0220
LGDP_C	-0.101319	0.099344	- 1.019879	0.3152
LEU_C	0.856909	0.148327	5.777168	0.0000
LEU_C (-1)	-0.235353	0.149604	- 1.573172	0.1252
LEU_C (-2)	0.376932	0.147859	2.549270	0.0156

C	-3.276040	0.759995	- 4.310606	0.0001
R-Saured	0.996783	F-Static		146.0818
Adjusted R -squared	0996101	Prob (F-Statistic)		0.000000
S.E of régression	0.032680	Durbin-Watson Stat		2.162339

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

c. Test de Cointégration (Bounds test)

Tableau n° 6 : Résultats du test de Co-intégration de Pesaran et al. (2001)

Variables	L(CO2-C), L(GDP-C), L(EU-C)	
F-Stat calculé	4.794518	
Seuil Critique	I(0)	I(1)
1%	4.99	5.85
5%	3.88	4.61
10%	3.38	4.02

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

Les résultats du test de Co-intégration sont présentés dans le tableau ci-dessus. On voit que la statistique de Fisher ($F=4.794518$) est supérieure à la borne supérieure pour les différents seuils de significativité 1%, 5% et 10%. Ce résultat nous conduit à rejeter l'hypothèse d'absence de relation de long terme, et on constate l'existence d'une relation de Co-intégration entre les différentes variables.

d. Estimation de la relation de long terme

Tableau n° 7: Estimation de la relation de long terme

Levels Equation				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP_C	0.406313	0.199165	2.040084	0.0492
LEU_C	1.325509	0.094563	14.01722	0.0000
@TREND	-0.020442	0.002080	-9.829064	0.0000

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

Les résultats d'estimation de la relation de long terme s'écrivent sous la forme suivante :

$$L(\text{CO2-C } t) = 0.4063 L(\text{GDP-C } t) + 1.3255 L(\text{LEU-C } t) - 0.0204 \quad t : (1-3)$$

$$[2.04] \quad [14.01] \quad [-9.82]$$

D'après les résultats obtenus, on voit clairement qu'il existe un effet positif et significatif du produit brut intérieur par habitant et de la consommation d'énergie sur l'émission de CO2 (la statistique de *Student* associée est significative au seuil de 5% et 1% respectivement).

e. Estimation de relations de court terme

Tableau n°8 : L'estimation de la relation de court terme (dynamique de court terme)

ECM Régression				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.34065	2.700890	-4.569106	0.0001
D(LCO2_C(-1))	0.531860	0.118961	4.470859	0.0001
D(LEU_C)	0.624480	0.095799	6.518652	0.0000
D(LEU_C(-1))	-0.334475	0.140822	-2.375160	0.0233
CointEq(-1)*	-0.499199	0.109272	-4.568397	0.0001
R-squared	0.799566	Mean dependent var		0.037646
Adjusted R-squared	0.777898	S.D. dependent var		0.072263
S.E. of regression	0.034056	Akaike info criterion		-3.810281
Sum squared resid	0.042913	Schwarz criterion		-3.603416
Log likelihood	85.01591	Hannan-Quinn criter.		-3.734457
F-statistic	36.89995	Durbin-Watson stat		2.325589
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

On remarque que le coefficient du terme à correction d'erreur, CointEq (-1) correspond au résidu retardé d'une période, issue de l'équation d'équilibre de long terme est négatif et largement significatif, confirmant ainsi l'existence d'un mécanisme à correction d'erreur. Ce coefficient, qui exprime le degré avec lequel la variable log(CO2_C) sera rappelée vers la cible de long terme, est estimé de -0.49 pour notre modèle ARDL, traduisant évidemment un ajustement à la cible de long terme plus au moins rapide.

Le tableau précédent montre que les signes des coefficients estimés sont conformes aux attentes théoriques. En effet, l'émission de CO₂ est positivement influencée par la croissance économique. De plus, la consommation de l'énergie primaire a un impact positif sur le niveau de l'émission CO₂, également, la relation est bien conforme à la théorie économique.

f. Validation du modèle

La validation du modèle se réfère à divers tests statistiques de spécification pour vérifier si le modèle est congru c'est-à-dire qu'il ne peut être mis à défaut.

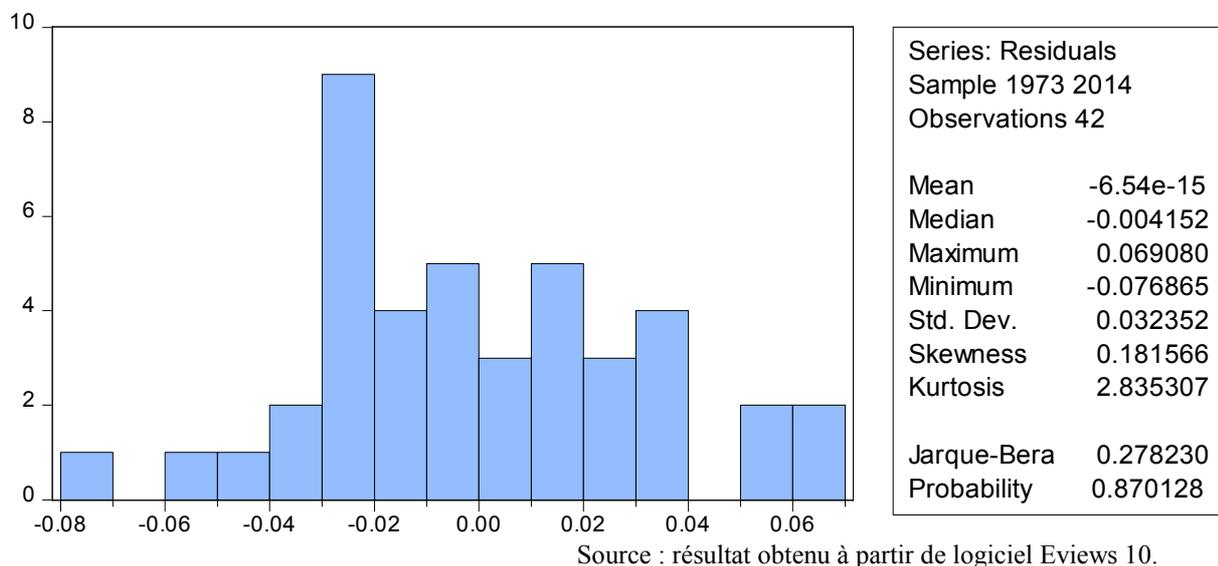
✓ Tests sur les résidus

Ces tests statistiques consistent à tester la qualité des résidus à savoir l'homoscédasticité et la normalité.

• Test de normalité des résidus

Si le modèle est idéalement bon, alors les écarts que l'on constate entre les valeurs prédites et les valeurs observées (les résidus) sont entièrement imputables à des erreurs de mesure. De ce fait, les résidus doivent posséder les propriétés classiques d'une distribution normale, symétrique autour de la valeur prédite, le test de *Jarque-Bera* va nous permettre de mieux apprécier la normalité des résidus.

Figure no 8 : Résultats du test de normalité des résidus



La probabilité associée à la statistique de *Jarque-Bera* 0,87 est supérieure à 0,05. L'hypothèse de normalité des résidus est donc vérifiée. Nous pouvons alors conclure que les résidus de l'estimation du modèle de long terme sont stationnaires. Evidemment, la normalité de leur distribution est confirmée.

• Test d'autocorrélation

On applique le test d'autocorrélation pour savoir si les erreurs ne sont pas auto-corrélées.

Tableau n° 8 : Résultats du test d'Autocorrélation

Teste de Breusch-Godfrey de corrélation en série LM			
F-statistique	1.309966	Prob.F (2,31)	0.2844
Obs*R-squared	3.195047	Prob.Chi-Square (2)	0.2024

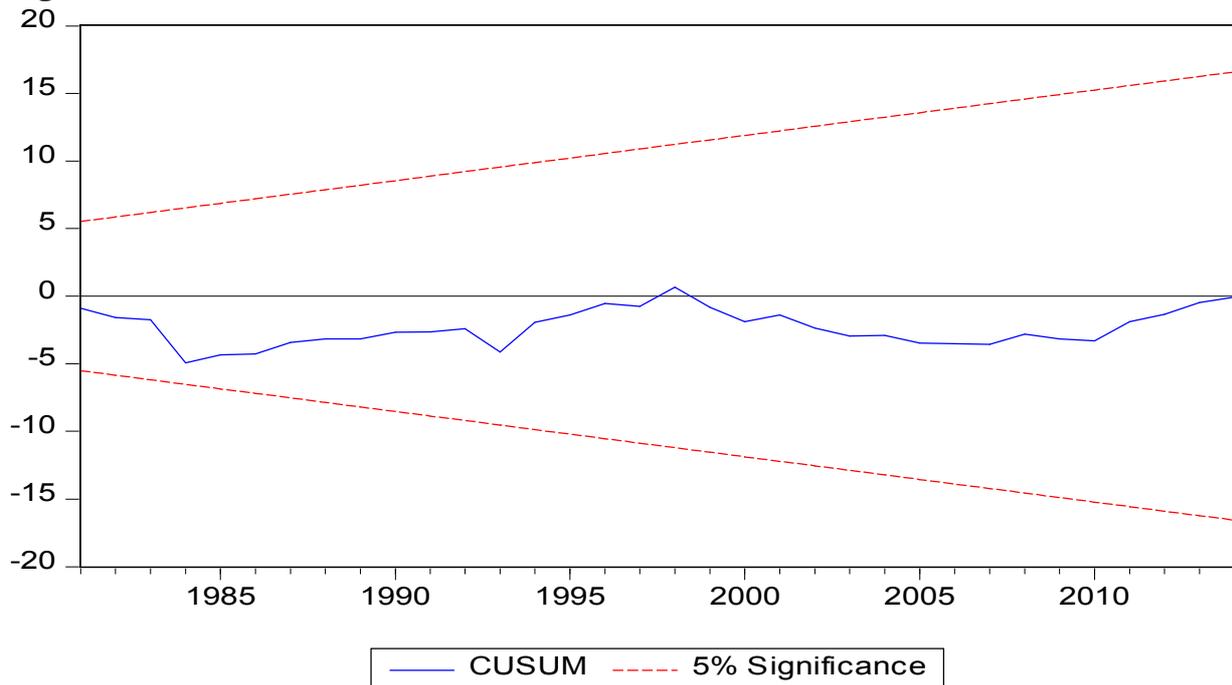
Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

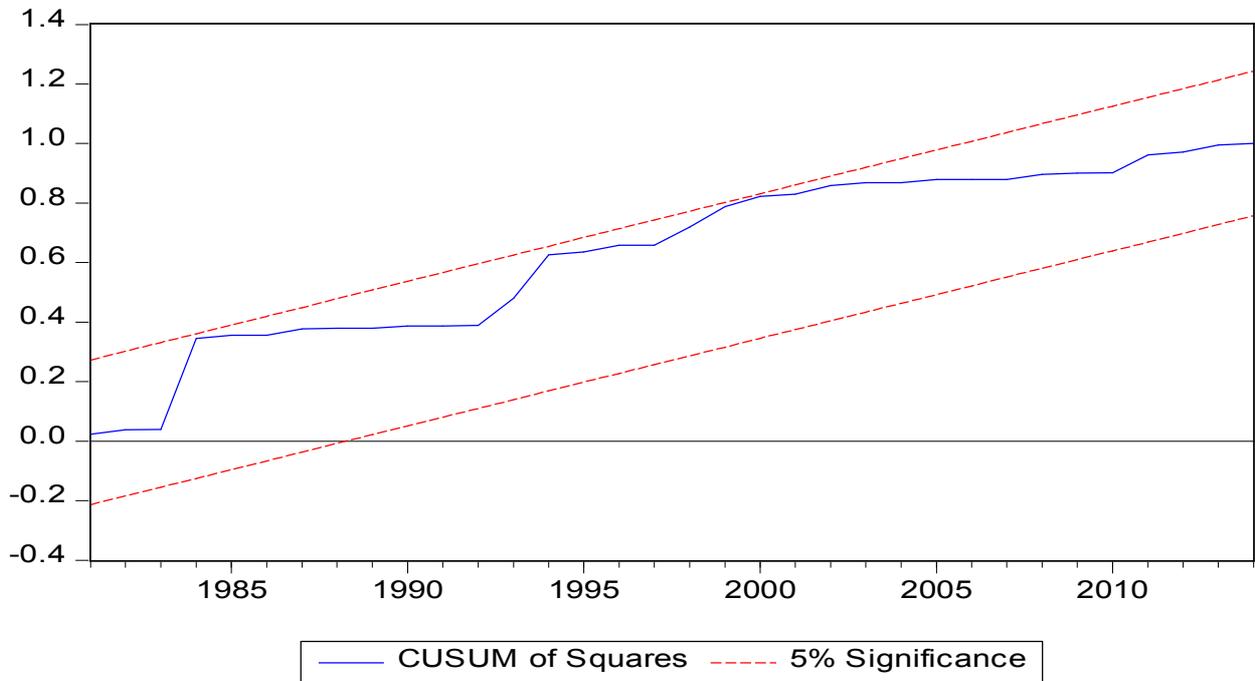
La probabilité associée à la F-statistique est supérieure à 0.05. Par conséquent, nous acceptons l'hypothèse qu'il y'a l'absence d'autocorrélation des erreurs.

- **Test de stabilité**

Afin de se prononcer sur une éventuelle stabilité des coefficients estimés, le test de CUSUM SQ sera exécuté. Ce test est fondé sur la somme cumulée du carré des résidus récurrents. La valeur de la statistique doit alors évoluer, sous l'hypothèse nulle de stabilité de la relation de long terme, entre deux droites représentant les bornes de l'intervalle.

Figure n°9 : Résultats du test de stabilité des coefficients





Source : résultat obtenu à partir de logiciel Eviews 10.

Sur la base des résultats du test CUSUM et test *CUSUM SQ*, nous pouvons dire que le modèle estimé est stable durant la période d'étude. Par conséquent, le modèle estimé est valide.

Conclusion

Dans notre étude empirique, qui a pour objet d'analyser la relation existante entre l'émission de CO₂ et la croissance économique en Algérie. On a procédé à l'estimation d'un modèle ARDL. De ce fait, notre analyse a débuté par l'étude des choix de variable et l'étude graphique de chaque série, nous avons également utilisé le test de la racine unitaire (ADF) et le test de Phillips Perron qui ont démontré que les variables sont stationnaires soit en niveau I(0) ou après la première différenciation I(1). Cela pour pouvoir estimer un modèle ARDL, passant par le test du Bounds-test. Le test de *CUSUM SQ* basé sur les résidus récurrents révèle que le modèle est relativement stable au cours de la période de l'étude. De plus, les résultats d'estimation de la relation de court et long terme ont révélé qu'il existe une relation positive entre la variable de l'émission de CO₂ est influencée positivement par le produit intérieur brut (GDP), et la consommation énergétique primaire (EU).

Conclusion générale

La croissance économique reste un phénomène très complexe et son interaction avec l'environnement est très difficile à intégrer dans l'analyse économique. La seule solution à long terme qui tenterait de chercher un équilibre entre ces deux notions n'est rien d'autre que le Développement Durable qui assurerait la pérennité des ressources naturelles sur la planète mais surtout de coaliser les dimensions économiques, sociales et environnementales.

L'Algérie est l'un des pays en développement qui ont pris l'initiative de signer en 1993 la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et ayant adhéré au protocole de Kyoto en 2004, ce qui témoigne de sa volonté de participer aux efforts fournis au niveau international pour lutter contre les répercussions néfastes des changements climatiques et cela à travers la réduction des émissions de CO₂.

L'objet de cette étude était d'analyser empiriquement la relation entre la croissance et les émissions de CO₂ en Algérie durant la période 1971 -2014. Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie qui consiste à estimer un modèle ARDL où la variable endogène est l'émission de CO₂ et les variables exogènes sont le PIB par habitant et la consommation d'énergie par habitant. Les résultats obtenus montrent que la dégradation de l'environnement est positivement impactée par le croissance économique et la consommation des énergies fossiles.

Bibliographies

1. Roca, J. (2003). Do individual preferences explain the Environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 45(1), 3-102. Aghion Ph. et Howitt P., *L'économie de la croissance*, Economica, 2010.
3. Algérie, Perspectives économiques en Afrique, BAFD, OCDE2008
4. Algérie : Questions choisies, rapport du FMI N° 05/52, février 2007.
5. Algérie : Consultations de 2006 au titre de l'article IV, rapport du FMI N° 07/72, février 2007
6. Banque d'Algérie « tendances monétaires et financières », premier semestre 2007.
7. Banque Mondiale : « Revue des dépenses publiques » - Algérie 2007.
8. Bannock, G., Baxter, R.E., Davis, E, *The economist books: dictionary of economics*, The Bath Press, 1998.
9. Benabdallah. Y. Le développement des infrastructures en Algérie : quels effets sur la croissance économique et l'environnement de l'investissement ? CREAD Alger ,2008.
10. Benabdallah- Y. L'économie algérienne entre réformes et ouverture : quelle priorité ? CREAD Alger, 2007.
11. Benabdallah. Y: Croissance économique et dutch disease en Algérie, *Revue du CREAD n° 75*, second semestre 2006. Meadows, D. H, Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth*. New York, 102, 27.
12. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914). National Bureau of Economic Research.
13. Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
14. Berrens, R. P., Bohara, A. K., Gawande, K., & Wang, P. (1997). Testing the inverted-U hypothesis for US hazardous waste: An application of the generalized gamma model. *Economics Letters*, 55(3), 435-440.
15. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
16. Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time- series and cross-country evidence (Vol. 904). World Bank Publications.
17. Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO 2 emissions and economic growth. *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
18. Roberts, J. T., & Grimes, P. E. (1997). Carbon intensity and economic development 1962–1991: A brief exploration of the environmental Kuznets curve. *World development*, 25(2), 191-198.
20. Algérie « Note de présentation du programme de la loi de finances complémentaire pour 2006, Ministère des Finances, juillet 2006.
19. Algérie « Rapport de présentation de la loi de finances complémentaire pour 2006, Ministère des Finances, octobre 2005.
20. Algérie « Année une du programme de consolidation de la croissance 2005-2009 », Ministère des Finances, Septembre 2004.
21. Angus Maddison, *The World Economy: A Millennial Perspective*, OCDE, Paris, 2001.
22. <https://archipel.uqam.ca/1158/1/M10540.pdf>
23. <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/les-politiques-economiques-9782216101917/>
24. <https://www.memoireonline.com/03/17/9707/Estimation-et-stabilite-de-la-fonction-de-demande-de-monnaie-en-Algerie.html>
25. https://www.memoireonline.com/11/11/4926/m_Relation-investissement-epargneprivee-en-RDC26.html, consulté le 22/03/20
26. https://www.researchgate.net/publication/336115671_cointegration_et_causality_entre_gouvernance_et_croissance_economique_cas_du_maroc consulté le 25/03/20
27. Des articles sur l'émission de CO2 en niveau mondiale et africaine aussi, algérienne.

Annexe 01 : Base de données

Année	LCO2_C	LGDP_C	LEU_C
1971	-14.32550	7.622010	5.450815
1972	-14.24122	7.836920	5.572244
1973	-14.11774	7.846993	5.726733
1974	-14.03445	7.891694	5.771944
1975	13.88614	7.912908	5.806382
1976	-13.76987	7.965063	5.910152
1977	-13.72004	7.987634	5.994182
1978	-13.51146	8.046670	6.173113
1979	-13.27203	8.089093	6.379941
1980	-13.12048	8.066659	6.368102
1981	-13.96706	8.065347	6.420829
1982	-12.83988	8.096166	6.653980
1983	-12.78679	8.117521	6.700341
1984	-12.85344	8.141133	6.660556
1985	-12.87224	8.147237	6.673345
1986	-12.84481	8.121759	6.765729
1987	-12.84616	8.086066	6.724495
1988	-12.80890	8.048257	6.750929
1989	-12.86217	8.064565	6.715698
1990	-12.88446	8.046869	6.758397
1991	-12.91022	8.010194	6.789957
1992	-12.91423	8.004530	6.789799
1993	-13.00550	7.961090	6.771142
1994	-13.01512	7.931340	6.713656
1995	-12.99761	7.949538	6.737017
1996	-13.02785	7.972188	6.687232
1997	-13.08354	7.966975	6.695501
1998	-13.05788	8.001709	6.714818
1999	-13.07171	8.019045	6.765959
2000	-13.11417	8.042756	6.768045
2001	-13.09060	8.059217	6.756981
2002	-13.05932	8.100954	6.811572
2003	-13.02743	8.157721	6.859676
2004	-12.99443	8.186644	6.858847
2005	-12.97344	8.230070	6.885463
2006	-12.93923	8.232216	6.939175
2007	-12.90153	8.250137	6.983033
2008	-12.85643	8.257491	6.978405
2009	-12.81943	8.256144	7.050698
2010	-12.85313	8.273461	7.015907
2011	-12.80631	8.283215	7.039347
2012	-12.74655	8.297135	7.114401
2013	-12.70803	8.304723	7.128893
2014	-12.66009	8.321683	7.191080

Liste des tableaux et des figures dans chaque chapitre

Figure1: Corrélation entre le capital et la richesse économique (170pays).....	8
Schéma 1: Human sources of carbon dioxide.....	13
Tableau 1 : le pourcentage d'énergie électrique produite par la combustion de combustibles fossiles en fonction de chaque nation membre de G8	14
Schema 2: The earth's oceans, soil, plants, animals and volcanoes are all naturel sources of carbon dioxide emissions.....	16
Figure 2 : évolution de la série LCO2 entre 1971-2014 en Algérie.....	21
Figure 3: évolution de la série LGDP_C entre 1971-2014 en Algérie.....	22
Figure 4: évolution de la série LEU_C entre 1971-2014 en Algérie.....	23
Tableau 2 : les statistiques descriptives des variations.....	25
Tableau 3 : la matrice de corrélation de la variable sélectionnée.....	26
Figure 5: la matrice de corrélation de la variable sélectionnée	26
Figure 6 : évolution graphiques des variables.....	27
Tableau 4 : résultats des tests des stationnarités d'ADF.....	28
Figure 7 : détermination du nombre de retard du model ARDL.....	28
Tableau 5 : résultats d'émission du modèle ARDL	29
Tableau 6 : résultats du test de cointégration de pesaran et al 2001.....	30
Tableau7: Estimation de la relation de long terme.....	30
Tableau 8 : Estimation de la relation de courte terme	31
Figure 8 : résultats du test de normalité des résidus.....	32
Tableau 9: résultats de test d'autocorrélation.....	33
Figure 9: résultats du test de stabilité des coefficients.....	33

Table des matières

Remerciements.....	2
Sommaire.....	3
Liste des abréviations.....	4
<i>Introduction générale</i>	5
<i>Chapitre 01 : Croissance économique et environnement : aspects théorique et pratique</i>	7
Introduction	7
1. Les sources de la croissance	7
1.1 Capital physique.....	7
1.2 Le capital humain.....	7
1.3 Consommation d'énergie.....	9
2. Les principales sources de CO2	12
2.1 utilisation de combustibles fossiles.....	13
2.2 secteur électricité/chaleur.....	14
2.3 secteur des transports.....	15
2.3.1 transport maritime.....	15
2.3.2 l'avion mondiale	15
2.4 secteur industriel.....	16
3. La relation entre croissance -environnement	17
Conclusion	20
<i>Chapitre 02 : Etude économétrique de relation entre croissance économique et émission de CO2 en Algérie</i>	21
Introduction	21
1. Présentation des données et choix des variables et méthodologie	21
1.1 Définition des variables et analyse graphique	21
1.1.1 Variable émission de CO2.....	21
1.1.2 Variable Produit intérieur brut par habitant.....	22
1.1.3 Variable de la consommation primaire de l'énergie.....	23
1.2 Spécifican du modèle et méthodologie d'estimation.....	24
2. Interprétation des résultats obtenus	25
2.1 Statistiques descriptives des données et analyse de la matrice de corrélation	25
2.2 Analyse graphique des séries	27
2.3 Estimation de modèle ARDL.....	28
Conclusion	34
<i>Conclusion finale</i>	35
Bibliographies	36
Annexe	37
Liste des tableaux et des figures de chaque chapitre	39
Résumé	40

Résumé

L'objectif de notre étude consiste à analyser empiriquement la relation entre les émissions de CO2 et la croissance économique en l'Algérie en utilisant le modèle ARDL. L'estimation de la relation émissions de CO2 en fonction du GDP et Consommation d'énergie est faite pour des données annuelles couvrant la période 1971-2014. Les résultats obtenus montrent que la croissance économique et la consommation d'énergie ont un effet positif sur les émissions de CO2.

Mots clés : Emissions CO2, produit intérieur brut (GDP), la consommation d'énergie primaire, Algérie

Abstract

This study aims to empirical investigate the relationship between CO2 emissions and economic growth in Algeria using ARDL model, during the period 1971-2014. The obtained results show that economic growth and energy consumption positively affect the carbon emission.

Keys words: CO2 emissions, Gross domestic product (GDP), primary energy consumption, Algeria

ملخص

الهدف من دراستنا هو التحليل التجريبي للعلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والنمو الاقتصادي في الجزائر باستخدام نموذج ARDL. يتم تقدير العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفقاً للنتائج المحلي الإجمالي واستهلاك الطاقة للبيانات السنوية التي تغطي الفترة 1971-2014. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة لهما تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون .

الكلمات المفتاحية: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، الناتج المحلي الإجمالي ، استهلاك الطاقة الأولية ، الجزائر

