

Emissions de Dioxyde de Carbone et Croissance Economique au Maroc : Une Analyse de la Courbe Environnementale de Kuznets

Rim BERAHAB



THINK • STIMULATE • BRIDGE

Emissions de Dioxyde de Carbone et Croissance Economique au Maroc : Une Analyse de la Courbe Environnementale de Kuznets

Rim Berahab

A propos d'OCP Policy Center

OCP Policy Center est un think tank marocain « policy oriented », qui a pour mission de contribuer à approfondir les connaissances et à enrichir la réflexion autour de questions économiques et de relations internationales revêtant un enjeu majeur pour le développement économique et social du Maroc, et plus largement pour celui du continent africain. À cet effet, le think tank s'appuie sur des productions analytiques indépendantes et un réseau de partenaires et de chercheurs de premier plan, dans l'esprit d'une plateforme ouverte de discussions et d'échanges.

Porteur d'une « perspective du Sud », celle d'un pays à revenu intermédiaire africain, sur les grands débats internationaux ainsi que sur les défis stratégiques auxquels font face les pays émergents et en développement, OCP Policy Center apporte une contribution sur quatre champs thématiques majeurs : agriculture, environnement et sécurité alimentaire; développement économique et social ; économie des matières premières ; et géopolitique et relations internationales.

Sur cette base, OCP Policy Center est activement engagé dans l'analyse des politiques publiques et dans la promotion de la coopération internationale favorisant le développement des pays du Sud. Un de ses objectifs est de contribuer à l'émergence d'une « Atlantique élargie », dont le potentiel reste très largement sous-exploité. Conscient que la réalisation de ces objectifs passe essentiellement par le développement du Capital humain, le think tank a pour vocation de participer au renforcement des capacités nationales et continentales en matière d'analyse économique et de gestion.

OCP Policy Center

Ryad Business Center – Aile Sud, 4^{ème} étage - Mahaj Erryad - Rabat, Maroc

Website : WWW.OCPPC.MA

Email : CONTACT@OCPPC.MA

Tél : +212 (0) 537 27 08 60 / Fax : +212 (0) 537 71 31 54

© OCP Policy Center. Tous droits réservés

Les vues exprimées ici sont celles des auteurs et ne doivent pas être attribuées à OCP Policy Center.

A propos de l'auteur, Rim Berahab

Rim Berahab est chercheur à OCP Policy Center. Elle travaille actuellement sur des thématiques relatives au commerce international, à la croissance économique et au genre. Ses domaines de recherche portent également sur les problématiques liées à l'énergie et les défis pour l'économie nationale. Elle est titulaire d'un diplôme d'ingénieur d'État de l'Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée (INSEA) et a passé 3 mois au sein de l'Unité des Commodités (Commodities Unit) du Fonds Monétaire International.

Résumé

Dans un contexte mondial de plus en plus préoccupé par les aléas climatiques, comprendre l'impact de la croissance économique sur l'environnement devient crucial, notamment pour les pays en voie de développement. Ce papier aborde cette problématique sous le prisme des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et examine comment la croissance économique se répercute sur l'environnement. L'objectif de cette étude est de tester la validité de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) pour le cas du Maroc. Pour cela, la méthode d'ARDL (Auto regressive distributed lag), dite aussi black box, est utilisée.

Ce papier présente dans une première partie un bref état des lieux de la demande énergétique au Maroc. Il met l'accent ensuite sur l'évolution des émissions de CO₂ par secteur et type de carburant et donne un aperçu de la stratégie énergétique adoptée par le Royaume. Dans une seconde partie, à l'aide d'outils économétriques, il examine la relation de long terme entre les émissions de CO₂ et le Produit Intérieur Brut (PIB) réel, en introduisant d'autres variables explicatives telles que la consommation d'énergie et le commerce international pour la période 1971-2014.

Les résultats de l'analyse économétrique confirment l'existence d'une relation de long terme positive entre les émissions de CO₂ et le PIB réel et montrent que le sens de cette relation va de la croissance économique vers les émissions de CO₂ d'après les tests de causalité de Granger. Autrement dit, pour un pays en développement comme le Maroc, c'est la croissance économique qui détermine le niveau des émissions et non l'inverse. Ce qui implique qu'une politique énergétique en faveur de l'environnement peut être mise en place sans risquer d'avoir des répercussions négatives sur la croissance économique. Par ailleurs, les résultats de la régression ARDL valident l'hypothèse de CEK : dans une première phase, la croissance économique entraîne un niveau plus élevé d'émissions de CO₂, cependant, arrivé à un seuil donné (point d'inflexion), ces émissions diminuent.

Emissions de Dioxyde de Carbone et Croissance Economique au Maroc : Une Analyse de la Courbe Environnementale de Kuznets

Introduction

Le changement climatique constitue de nos jours l'un des défis majeurs auquel est confrontée l'humanité. L'histoire de la terre et les observations paléo-climatiques ont montré que le climat varie selon les époques et les lieux depuis des millénaires, alternant entre périodes glaciaires et d'autres plus chaudes. Ces changements s'étalent généralement sur de longues périodes qui durent en moyenne 100 000 ans et 10 000 respectivement. Néanmoins, au cours des dernières décennies, les changements climatiques semblent s'être intensifiés, ce qui a poussé le public à s'interroger sur les causes de ces bouleversements et les conséquences qu'ils peuvent avoir à court et long termes sur les modes de vie, la santé, l'écosystème et l'économie.

L'analyse de l'évolution du climat montre que le réchauffement climatique est aujourd'hui une réalité. Les observations scientifiques ont montré que la température mondiale n'a cessé d'augmenter depuis 1870, enregistrant un taux de croissance annuel moyen de 0,8 °C. Par ailleurs, la dernière décennie a été la plus chaude jamais enregistrée, entraînant ainsi de nombreuses perturbations climatiques à l'instar des inondations, des sécheresses, de la désertification etc. Les facteurs naturels à eux seuls ne peuvent en aucun cas expliquer l'ampleur et la rapidité des changements climatiques actuels. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues de l'activité humaine en sont très probablement la principale cause : entre 1970 et 2004, celles-ci ont augmenté de 70 % à l'échelle mondiale.

A la lumière de ces observations, les décideurs ont pris conscience du danger que court la planète et se sont accordés à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à s'adapter aux changements climatiques. La 22e Conférence des Parties (COP22) qui a eu lieu en 2016 au Maroc a notamment été témoin de nombreuses nouvelles initiatives dans ce sens, dont « des mesures de soutiens pour les technologies propres, de renforcement des capacités pour rendre compte des plans d'action sur le climat, et des initiatives visant à renforcer la sécurité alimentaire et l'approvisionnement en eau dans les pays en développement »¹. Ces efforts demeurent néanmoins modestes par rapport à la marge de manœuvre restante et risquent d'être insuffisants dans l'absence de prise d'action concrète à l'échelle mondiale, et plus particulièrement de la part de pays fortement émetteurs de dioxyde de carbone (CO₂).

Au cours des dernières années, le Maroc a connu un développement économique et démographique important ancré dans un contexte de réchauffement climatique mondial. Bien que le Royaume soit un pays faiblement émetteur de gaz à effet de serre, il demeure vulnérable aux effets néfastes des perturbations climatiques et subit une pression croissante sur ses ressources naturelles. Ainsi, conscient de ce danger, il est fortement engagé dans la lutte contre le changement climatique. Le Royaume a ainsi adopté de nombreuses stratégies sectorielles qui intègrent la dimension environnementale dans différents domaines clés de l'économie à l'instar de l'énergie, du transport, de l'agriculture, du tourisme... En outre, le Maroc s'est aligné aux mesures adoptées à l'échelle mondiale, notamment dans le cadre de la Convention Cadre

1. Communiqué de Presse de clôture de la COP22 – UNFCCC.

des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). A travers cet engagement, le Maroc vise à s’orienter vers une nouvelle politique climatique en accord avec son évolution socio-économique.

Comprendre l’impact de la croissance économique sur la qualité de l’environnement devient alors crucial dans un contexte mondial de plus en plus préoccupé par ces changements. La relation entre ces deux variables a été empiriquement modélisée par la littérature économique et les résultats de la majorité de ces études ont été formulés selon l’hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). Celle-ci postule qu’il existe une relation en U inversée entre la dégradation de l’environnement et le revenu par habitant. Cela suppose que, arrivée à un certain stade, la croissance économique finira par annuler l’impact environnemental négatif des premières étapes du développement économique.

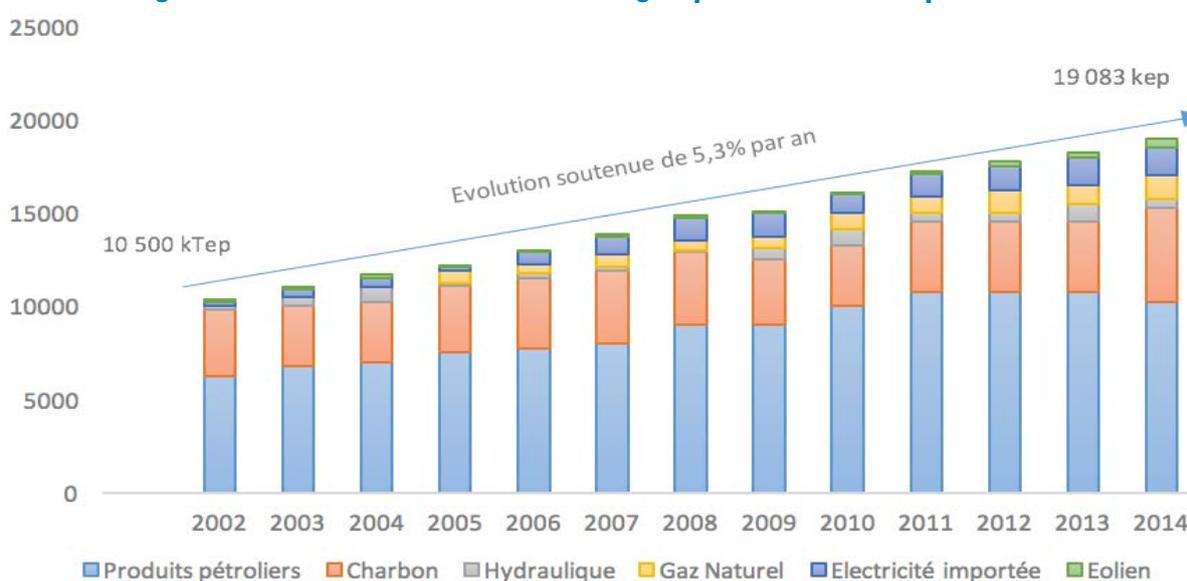
Ce papier présente dans une première partie un état des lieux des tendances énergétiques du Maroc, en donnant un aperçu de la demande énergétique et en détaillant les émissions de dioxyde de CO2 par secteur et par type de carburant. Il met également l’accent sur la stratégie énergétique adoptée par le Royaume et les perspectives à moyen terme. Dans une seconde partie, il analyse la relation de long terme entre les émissions de CO2 et la croissance économique en utilisant la méthodologie de cointégration d’ARDL.

I. Etat des lieux et tendances énergétiques du Maroc

1. Aperçu de la demande énergétique

Le Maroc est caractérisé par une évolution soutenue de la demande énergétique, qui a augmenté de 5,3 % par an durant la période 2002-2014 (Figure 1). Bien que la consommation totale demeure dominée par les produits pétroliers et le charbon – dont la contribution est estimée à 54 % et 27 % respectivement en 2014- la consommation du gaz naturel prend de plus en plus d’ampleur, enregistrant un taux de croissance annuel moyen de 10,7 % entre 2005- année qui marque l’introduction effective du gaz naturel dans le mix énergétique national — et 2014. Cet engouement pour le gaz naturel traduit la forte volonté du Maroc à utiliser ce carburant comme moyen de production flexible et moins polluant afin d’accompagner le développement des énergies renouvelables et parer au problème d’intermittence. Les énergies renouvelables quant à elles représentent 4,8 % de la consommation énergétique nationale en 2014 et sont constituées de l’énergie hydraulique (2,2 % en 2014) et éolienne (2,6 % en 2014).

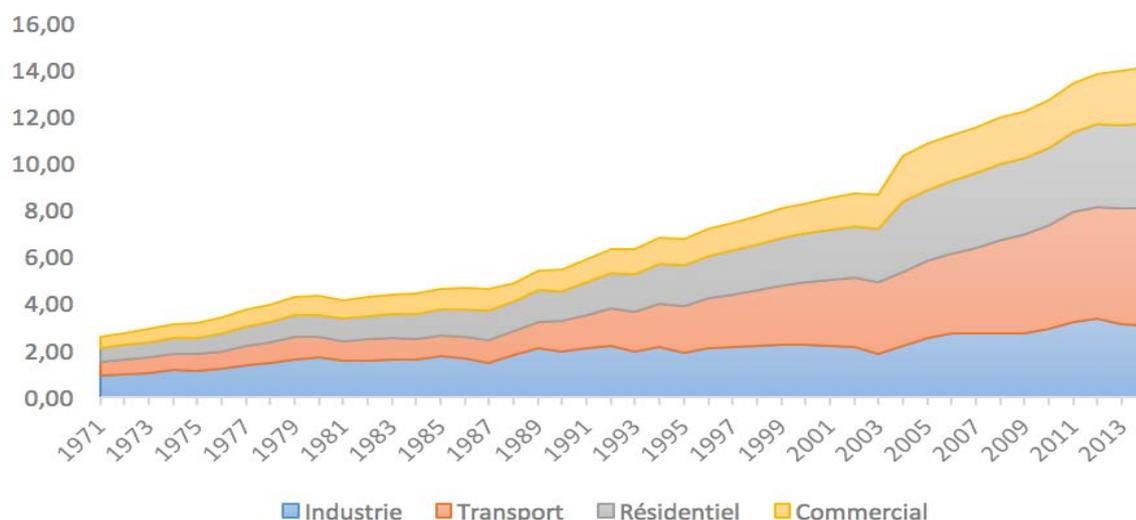
Figure 1: Evolution de la demande énergétique au Maroc (Ktep), 2002-2014



Source : Ministère de l’Énergie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement (MEMEE)

Par ailleurs, les secteurs de transport et résidentiel sont les principaux consommateurs d'énergie au Maroc. Ils totalisent environ 59,8 % de la consommation totale d'énergie finale (CTEF) en 2014 répartie comme suit : 34,4 % pour le secteur du transport et 25,4 % pour le secteur résidentiel. En ce qui concerne les secteurs industriel et commercial², ils constituent environ 21 % et 16,3 % de la CTEF.

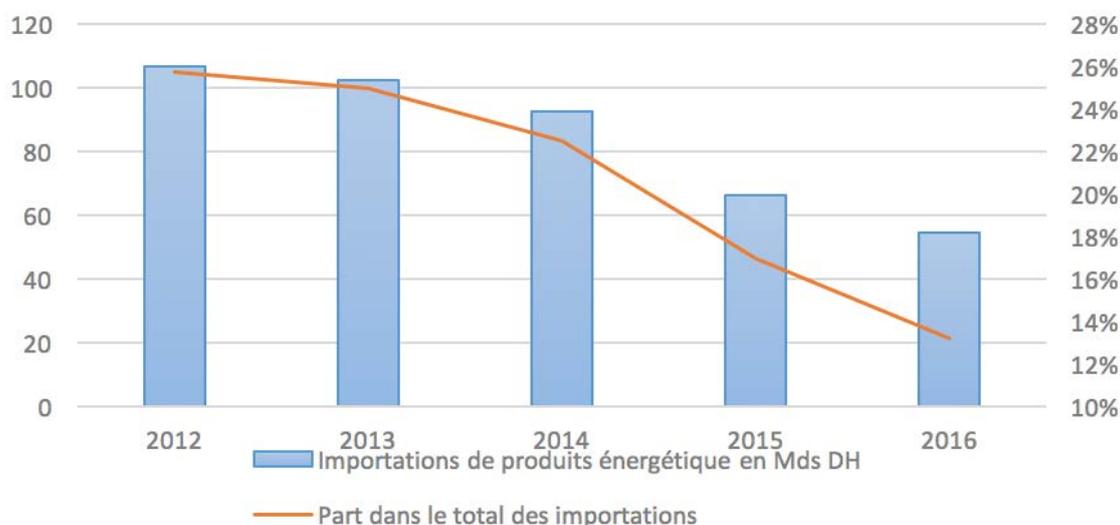
Figure 2 : Consommation Totale d'Énergie Finale (CTEF) par secteur, 1971-2014 (Mtep)



Source : Agence Internationale de l'Énergie

Le Maroc est un pays fortement dépendant des importations énergétiques, notamment celle des combustibles fossiles, ce qui l'expose aux risques de la volatilité des prix du pétrole et pèse lourdement sur sa facture énergétique. Cette dernière s'est d'ailleurs élevée à 87,1 milliards de dirhams en 2014. Cependant, au terme de l'année 2016, elle a enregistré un recul de 17,9 %, soit l'équivalent d'une baisse de 11,9 milliards de dirhams. Cette baisse s'explique par la baisse des prix du pétrole observée en 2014 d'une part, et par le recul de l'approvisionnement en huile brute de pétrole et – dans une moindre mesure — celle en gaz de pétrole et autres hydrocarbures d'autre part. Par conséquent, la part des produits énergétiques dans les importations totales a reculé à 13,2 % en 2016 (Figure 3).

Figure 3 : Evolution des importations de produits énergétiques entre 2012 et 2016



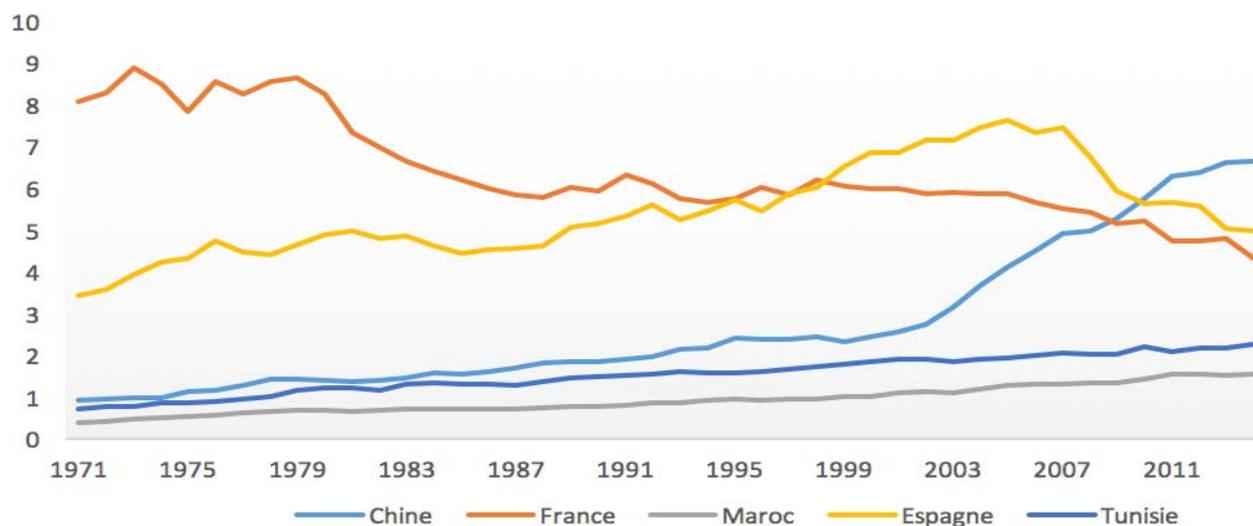
Source : Office des changes, 2016.

2. Le secteur commercial comprend l'agriculture et les autres services commerciaux et publics.

2. Emissions de dioxyde de carbone (CO2) au Maroc par secteur et par type de carburant

L'analyse historique des émissions de CO2 du Maroc permet de dégager les observations suivantes : Les émissions de CO2 ont suivi une tendance croissante durant la période 1971-2014. Elles ont totalisé 6,6 millions de tonnes de CO2 (MtCO2) en 1971 et ont grimpé sans interruption pour atteindre 53,1 MtCO2 en 2014. Cependant, une comparaison des émissions de CO2 par habitant (Figure 4) montre que le Maroc est un pays faiblement émetteur de CO2. En effet, les émissions émanant du Maroc sont nettement inférieures à celles des pays de la région Méditerranée à l'instar de la Tunisie, l'Espagne et la France, ainsi que des pays comme la Chine. Néanmoins, certains pays développés ont réussi à réduire leurs émissions de CO2 par habitant au cours des dernières années, alors que celles du Maroc, bien que faibles en comparaison, augmentent de manière assez modérée.

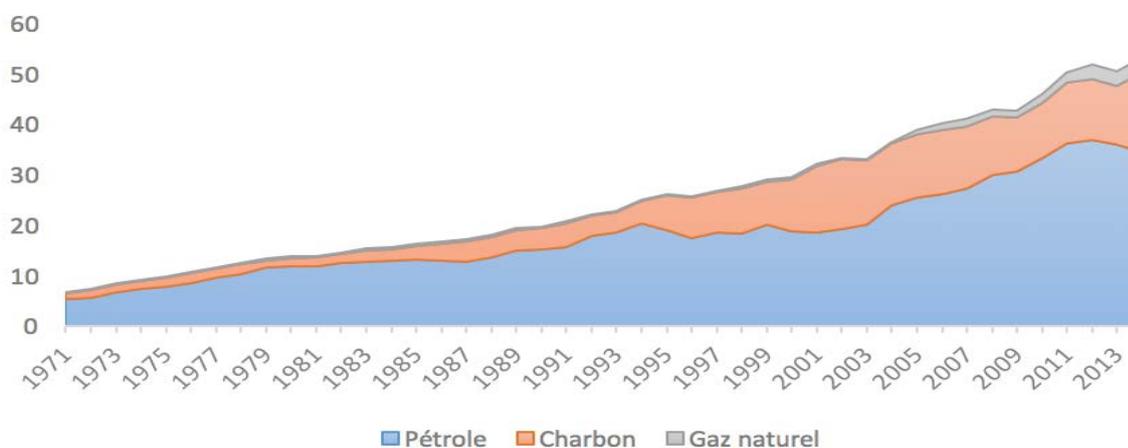
Figure 4 : Émissions de CO2 par habitant au Maroc et dans d'autres pays, 1971-2014 (tCO2 par habitant)



Source : Agence Internationale de l'Énergie (IEA)

La consommation de pétrole demeure la première source d'émission de CO2 (figure 5). Elle représente effectivement 65,1 % des émissions totales en 2014, suivie par le charbon (30,4 %) et le gaz naturel (4,5 %). Néanmoins, les émissions à partir du pétrole ont amorcé une légère baisse à partir de 2012, et ont enregistré des taux de croissance de -2,9 % et -4,4 % en 2013 et 2014 respectivement.

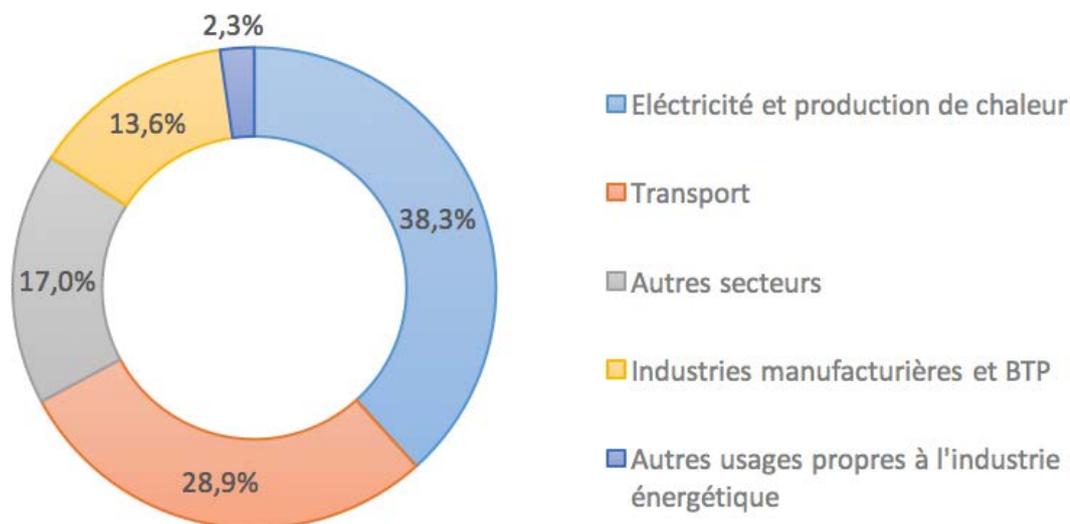
Figure 5 : Émissions de CO2 par combustible au Maroc, 1971-2014 en MtCO2



Source : Agence Internationale de l'Énergie (IEA)

Les secteurs de génération électrique et de transport sont les plus polluants (Figure 6). En 2014, ces derniers ont constitué près de 67,2 % des émissions totales de CO2 par habitant, suivi des secteurs d'industries manufacturières et bâtiments et travaux publics.

Figure 6 : Emissions de CO2 par habitant par secteur en pourcentage, au Maroc en 2014.



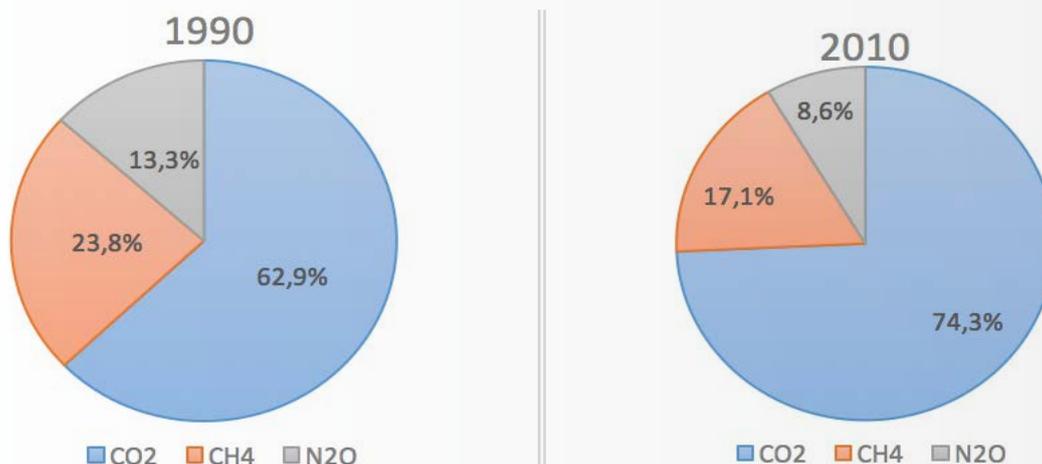
Source : Agence Internationale de l'Énergie (IEA)

Encadré 1 : Qu'en est-il des autres gaz à effet de serre ?

Le dioxyde de carbone constitue l'un des gaz à effet de serre (GES) les plus émis dans l'environnement, mais il n'est pas le seul. Les GES peuvent en effet être classifiés en 2 catégories selon leur origine.

On distingue d'une part les GES qui existent naturellement dans l'atmosphère et qui sont également produits par l'activité humaine à l'instar du dioxyde de carbone (CO2)- produit suite à la combustion d'énergie fossile, à la déforestation tropicale, ou aux procédés industriels- du méthane (CH4) – issu de l'agriculture, de la gestion des déchets et des activités gazières- et du protoxyde d'azote (N2O)- issu également de l'agriculture, l'industrie chimique et la combustion. D'autre part, on distingue les GES créés exclusivement par l'activité humaine tels les chlorofluorocarbures (CFC), le tétrafluorométhane (CF4) et l'hexafluorure de soufre (SF6) qui sont émis suite aux émissions industrielles spécifiques (aluminium, magnésium, semi-conducteurs).

Figure 7 : Répartition des GES émis par le Maroc en pourcentage pour les années 1990 et 2010



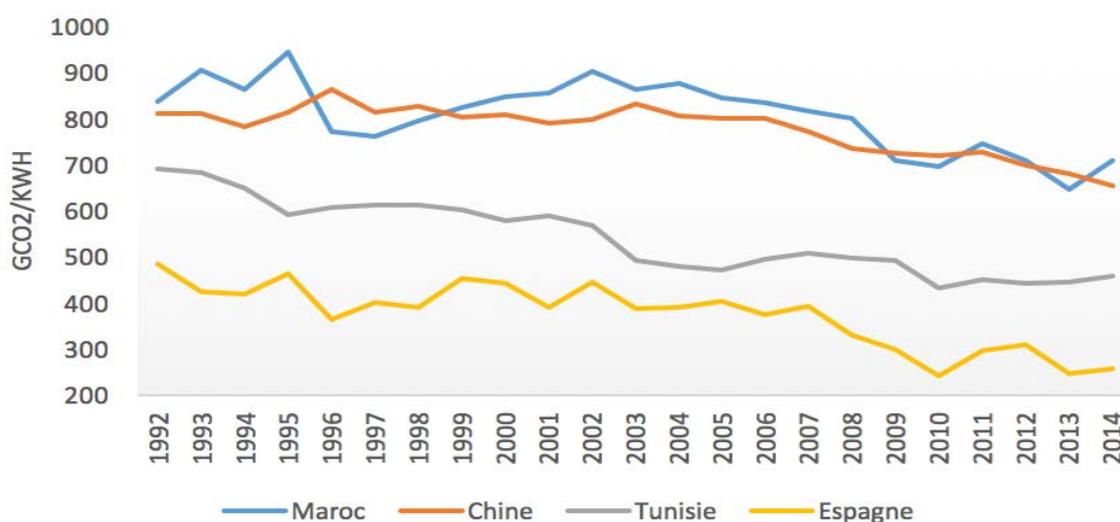
Source : Agence Internationale de l'énergie.

Encadré 2 : Qu'en est-il des autres gaz à effet de serre ? (suite)

Pour le cas du Maroc, les émissions de GES hors CO₂ sont très peu documentées. Cependant, les données disponibles permettent de conclure que les émissions de CO₂ ont constitué la majorité des GES émis depuis 1990 (Figure 7). En effet, ces dernières ont représenté 74,3% des émissions totales de GES en 2010 contre 17,1% et 8,6% pour le méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O).

Bien que la production d'électricité soit désormais le premier secteur le plus émetteur de CO₂, le Royaume a entrepris de nombreuses actions relatives au développement des énergies renouvelables, notamment le solaire et l'éolien, et à l'utilisation de combustibles plus propres dans les centrales thermiques, dans le but de réduire le taux d'émission par unité de production électrique. Le secteur de génération électrique a ainsi enregistré une baisse sensible à partir de 2002, où les émissions sont passées de 901,1 gCO₂/kWh à 707,8 gCO₂ en 2014, exception faite des années 2011 et 2014 qui ont enregistré un léger pic (Figure 8). Ceci étant dit, le Maroc continue d'afficher des taux d'émissions unitaires de CO₂ relativement élevés par rapport aux autres pays de la région Afrique du Nord – Méditerranée. En effet, son niveau d'émission unitaire par production électrique en 2014 est similaire à celui de la Chine, estimé à 653,5 gCO₂/kWh en comparaison avec la Tunisie ou l'Espagne qui affichent des valeurs de 458,0 et 250,0 gCO₂/kWh respectivement.

Figure 8 : Émissions de CO₂ par production électrique, 1991-2014 (gCO₂/kWh)



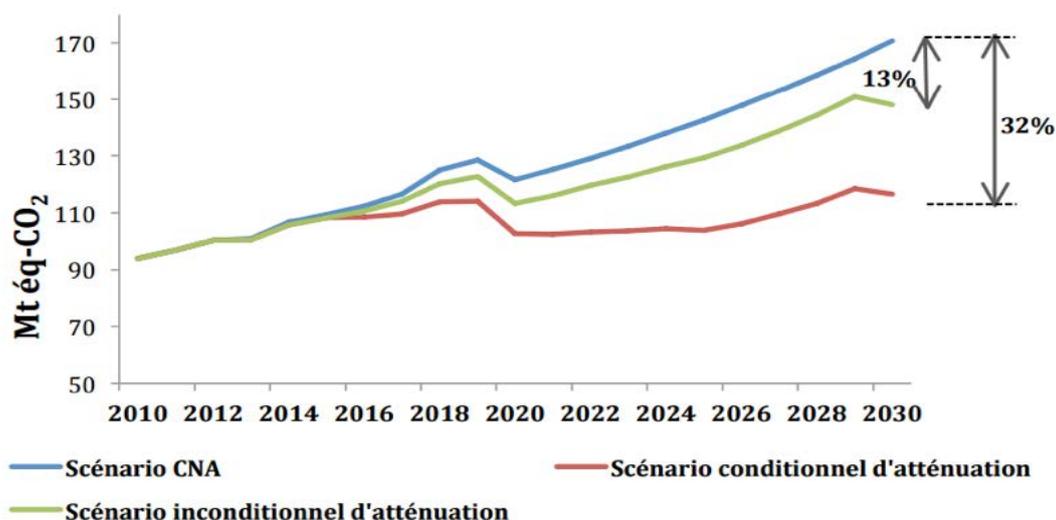
Source : Agence Internationale de l'Énergie (IEA)

3. Stratégie énergétique actuelle et perspectives à moyen Terme

Afin de faire face aux exigences de développement à l'échelle mondiale, le Maroc a adopté une stratégie de transition énergétique qui concilie développement économique et lutte contre le changement climatique et qui a pour principal objectif la réduction des gaz à effet de serre (GES) de 32 % à l'horizon 2030 selon le scénario « cours normal des affaires » (CNA)³ (Figure 9). Cette stratégie repose sur 4 objectifs principaux : Généralisation de l'accès à l'énergie à des prix compétitifs ; sécurité d'approvisionnement et disponibilité de l'énergie ; préservation de l'environnement et maîtrise de la demande.

3. D'après les Contributions Prévues Déterminées au niveau National (CPDN) soumises par le Maroc à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 2016, cet objectif est scindé en deux parties : un objectif inconditionnel qui vise une réduction de 13% à l'horizon 2030 et un objectif conditionnel, qui vise « une réduction additionnelle de 19 % réalisable à certaines conditions, ce qui porterait à 32 % la réduction totale des émissions de GES en 2030. »

Figure 9 : Le scénario CNA et les scénarios d'atténuation d'émission de GES pour le Maroc



Source : Contribution prévue déterminée au niveau national dans le cadre de la CCNUC, 2015.

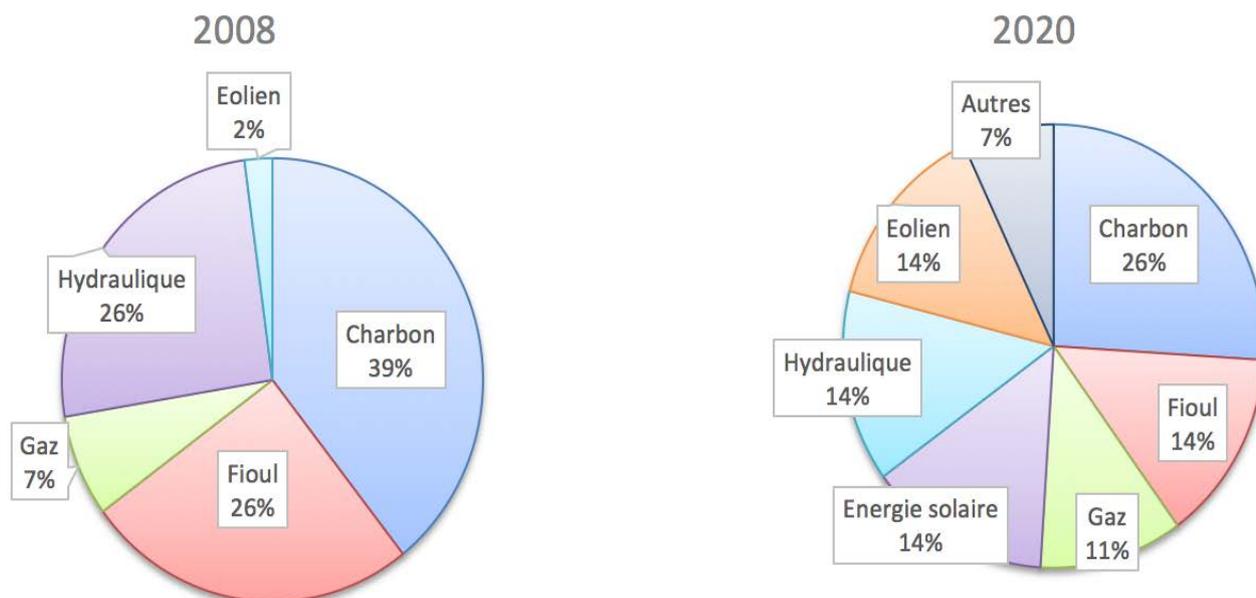
Afin de concrétiser les objectifs de la stratégie énergétique nationale, la Politique du Changement Climatique du Maroc (PCCM) a été introduite en tant qu'instrument de coordination qui capitalise les différents programmes sectoriels mis en œuvre pour lutter efficacement contre le changement climatique. Elle repose sur deux volets principaux : un volet d'atténuation et un volet d'adaptation.

Les mesures établies dans le volet atténuation s'inscrivent dans deux axes principaux, qui sont la promotion des énergies renouvelables et l'économie d'énergie à travers des mesures d'efficacité énergétique.

Dès lors, en ce qui concerne le premier axe, le Maroc envisage de porter la part des énergies renouvelables à 42 % de puissance installée à l'horizon de 2020 (Figure 10) et à 52 % pour 2030. Le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement du Maroc prévoit également le développement d'une capacité additionnelle de 10100 MW entre 2016 et 2030 répartie comme suit : 4560 MW issue du solaire, 4200 MW issue de l'éolien et 1330 issue de l'hydraulique⁴. Le Royaume vise ainsi à intensifier les investissements dans le secteur énergétique entre 2016 et 2030, notamment pour les projets de production d'électricité à partir de sources renouvelables et à diversifier son mix énergétique en faveur de ces dernières. Cette stratégie a été confortée par le lancement officiel du plan solaire marocain en 2009 à Ouarzazate, et du programme marocain intégré de l'énergie éolienne en juin 2010 à Tanger, qui devraient permettre de réduire la dépendance énergétique et de préserver l'environnement.

4. D'après la présentation officielle sur « Les énergies renouvelables au Maroc : Bilan et Perspectives » (2015), de Mme. Zohra Ettaik, Directrice des Energies Renouvelable et de l'Efficacité Énergétique, au Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.

Figure 10 : Evolution de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique



Source : Agence marocaine de l'énergie solaire (MASEN), 2016.

Quant au second axe, la stratégie énergétique nationale mise en place vise à réaliser une économie d'énergie de 12 % d'ici 2020 et 15 % d'ici 2030 à travers la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments, l'industrie et le transport. Les économies escomptées seront réparties comme suit : 48 % pour l'industrie, 23 % pour le transport, 19 % pour le résidentiel et 10 % pour le tertiaire. Afin de réaliser ces économies, plusieurs actions sont entreprises dont on cite :

- Réduire les coûts de logistiques grâce à la Stratégie Nationale de Développement de la Compétitivité Logistique qui prévoit une réduction des émissions de CO₂ de 35 % à l'horizon 2020 ;
- Rationaliser l'utilisation des matières premières dans le secteur industriel, notamment par le recyclage et la valorisation des déchets d'une part, et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie grâce à des mesures d'efficacité énergétique⁵ ;
- Réhabiliter des décharges non-contrôlées et valorisation des émanations de méthane des décharges ;
- Restructurer le secteur agricole et assurer sa mise à niveau à travers le plan Maroc Vert en y incorporant la dimension du changement climatique.

Le volet adaptation de la PCCM appelle à instaurer des mesures pour réduire la vulnérabilité des secteurs économiques du Maroc, des populations ainsi que des milieux naturels en renforçant leurs capacités à s'adapter aux bouleversements climatiques. On cite à titre d'exemples les stratégies relatives à l'utilisation de l'eau à l'horizon 2030 qui ont pour principal objectif la gestion de la demande/offre et valorisation de l'eau, la préservation et la protection des ressources en eau, du milieu naturel et des zones fragiles et la réduction de la vulnérabilité liée aux inondations et aux sécheresses. En ce qui concerne le volet agriculture, qui demeure très dépendant des précipitations et donc des aléas climatiques, des programmes ont été mis en place afin d'améliorer la résilience du secteur et atténuer ses émissions de GES⁶.

5. D'après le Pacte National pour l'Emergence Industrielle, entré en vigueur en 2009, et de la 3ème édition des Assises de l'Industrie tenue en février 2013.

6. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, De l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Environnement, « Politique du changement climatique au Maroc », 2014.

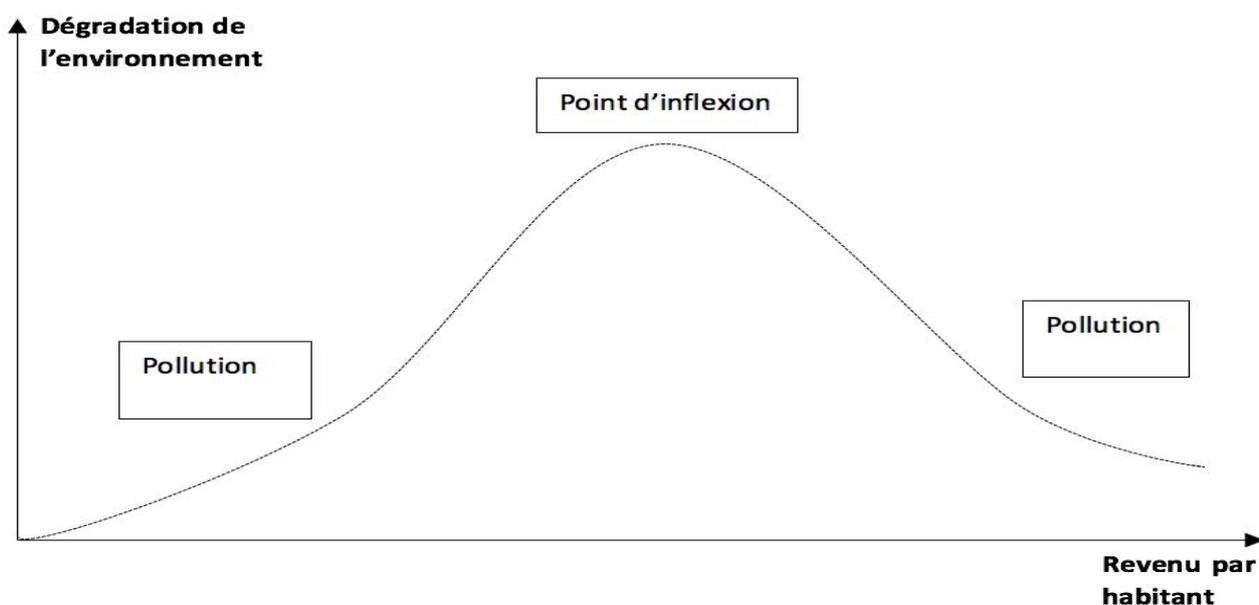
II. Analyse de la relation de long terme entre les émissions de CO2 et la croissance économique

1. Revue de littérature

La relation entre la croissance économique et les conditions environnementales a suscité un grand intérêt aussi bien pour les économistes que pour les décideurs. De nombreuses études ont permis de démontrer que le degré de dégradation de l'environnement et la croissance économique suivent une relation en forme de U inversé.

D'après les résultats empiriques de Grossman et Krueger (1995) et Selden et Song (1995), la croissance économique a certes tendance dans une première phase à accroître la dégradation de l'environnement jusqu'à un pic de pollution, puis, grâce à l'augmentation du revenu par habitant, l'impact environnemental de la croissance décroît. Il s'agit de l'hypothèse de la courbe de Kuznets, qui à l'origine étudie la relation de causalité entre croissance économique et répartition des revenus, que les économistes ont appliquée à l'environnement dans les années 1990 (Figure 11).

Figure 11: La courbe environnementale de Kuznets



D'après la théorie de la courbe environnementale de Kuznets (CEK), l'environnement s'améliore à long terme sous l'effet technologique de la croissance. En effet, dès qu'une nation dépasse un seuil de richesse donnée, elle est capable de consacrer une partie plus importante de son capital aux activités de recherche et développement. Dès lors, ces activités ont tendance à minimiser les impacts écologiques de la production. Par ailleurs, en produisant davantage, les entreprises peuvent être incitées à opter pour des modes de production plus propres, vu qu'elles rentabilisent le coût de leur investissement dans des technologies propres sur un plus grand nombre d'unités, c'est ce qu'on appelle les économies d'échelle.

En outre, le développement économique et l'amélioration du niveau de vie transforment la structure de la production. De nombreuses activités industrielles polluantes sont ainsi abandonnées au profit du secteur tertiaire dont les activités impactent moins l'environnement. De plus, les consommateurs dont le niveau de vie augmente, sont plus instruits et informés et peuvent donc peser davantage sur les pouvoirs publics afin de préserver l'environnement.

a) Etudes effectuées sur des données de panel

Les travaux empiriques de Grossman et Kruger (1993, 1995), Shafik et Bandyopadhyay (1992) et Cropper et Griffith (1994) sont considérés parmi les précurseurs de l'analyse de la CEK. Cette dernière a été étudiée pour plusieurs indicateurs de dégradation de l'environnement, tels le déboisement, les émissions de carbone et les déchets ménagers.

Grossman et Krueger (1993, 1995) ont utilisé un modèle à effets aléatoires afin d'analyser l'évolution d'une panoplie d'indicateurs environnementaux pour plusieurs pays. L'échantillon est constitué de plusieurs pays à différents stages de développement afin de représenter les différentes caractéristiques géographiques du monde. Les deux économistes ont réussi à prouver la forme en U inversé pour la pollution de l'eau et le SO₂. Les valeurs des points de retournements (ou d'inflexion) s'alternent entre 4000 et 5000 (en US\$ 1985).

Shafik et Bandyopadhyaya (1992) ont étudié cette relation sur un échantillon de 149 pays pour la période 1960-1990. De nombreux indicateurs de l'environnement ont été retenus, cependant, la forme en U inversée a été validée seulement pour le SO₂, la déforestation et les émissions de carbone. Les points de retournement observés sont 3000, 2000 et 4000 (US\$ 1985) respectivement.

Cropper et Griffith (1994) se sont concentrés sur la déforestation. Les résultats de leur étude – effectuée sur un échantillon de 64 pays pour la période 1961-1991- prouvent une courbe en U inversé pour l'Afrique et l'Amérique latine. Cependant, les valeurs de retournement trouvées par cette étude sont supérieures au revenu par tête de la majorité des pays appartenant à ces deux régions. Par conséquent, il semble que la forme de la courbe de Kuznets est déterminée par certains pays dont le revenu par tête est supérieur à la moyenne des pays de la région étudiée.

b) Etudes effectuées sur des séries temporelles

Les travaux effectués sur des séries temporelles sont relativement moins nombreux que ceux sur des séries en panel, mais ils fournissent des conclusions pertinentes. A titre d'exemple, Roca et Alcantara (2001) ont étudié la validité de l'hypothèse de la CEK pour le cas de l'Espagne pour la période 1972-1997. Ils se sont concentrés sur le rôle de l'énergie dans l'évolution des émissions de CO₂ et ont démontré que la courbe en U entre les émissions de CO₂ et le PIB par tête n'est pas vérifiée pour ce pays, en dépit du fait que ce dernier soit développé.

Soytas et al. (2007) ont étudié le lien de causalité entre le revenu, la consommation de l'énergie et les émissions de CO₂ pour le cas des Etats-Unis pour la période 1960-2004. Après avoir étudié la stationnarité des variables étudiées et démontré qu'elles sont toutes intégrées d'ordre 1, ils ont prouvé la validité de l'hypothèse CEK et ont établi l'existence d'une relation de causalité de Granger unidirectionnelle qui va dans le sens de la consommation de l'énergie vers les émissions de CO₂.

Le cas de la Chine a été analysé par Abdul Jalil et Syed F. Mahmud., (2009) afin d'analyser la relation de long terme (de cointégration) entre les émissions de CO₂, la croissance économique, la consommation de l'énergie et le commerce international. Les résultats démontrent la validité de l'hypothèse de Kuznets et les tests de causalité prouvent qu'il existe une relation unidirectionnelle dans le sens de la croissance économique vers les émissions de carbone.

2. Spécifications économétriques et méthodologie d'estimation

Ce papier suit la méthodologie des études récentes réalisées sur le nexus « croissance économique – pollution environnementale » (Ang, 2007 ; Soytas et al, 2007 ; Ang, 2008) en intégrant également la consommation d'énergie et le commerce extérieur comme variables explicatives. Afin de tester la relation de long terme, dite aussi la cointégration, entre les émissions de CO₂, la croissance économique, la consommation de l'énergie et le commerce extérieur et évaluer la validité de l'hypothèse de la CEK, la forme logarithmique linéaire suivante est proposée :

$$LCO2_t = \beta_0 + \beta_1 LCE_t + \beta_2 LPIBP_t + \beta_3 LPIBP_t^2 + \beta_4 LOC + \varepsilon_t \quad (1)$$

Où :

$LCO2_t$: Les émissions de CO₂ par habitant, LCE_t : La consommation d'énergie par habitant, $LPIBP_t$: Le PIB réel par habitant, $LPIBP_t^2$: Le PIB réel par habitant au carré, LOC : Le ratio d'ouverture commerciale qui est utilisé comme proxy du commerce, ε_t : Le terme d'erreur. Les paramètres $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ et β_4 représentent l'élasticité de long terme des émissions de CO₂ par rapport à $LCE, LPIBP, LPIBP^2$ et LOC respectivement.

La cointégration suggère que certaines paires de variables économiques sont liées par une relation d'équilibre de long terme. Bien que ces variables puissent s'éloigner de l'équilibre un certain temps, on s'attend à ce que des forces économiques le rétablissent.

Les tests de cointégration les plus familiers, qui sont étroitement liés aux tests de racine unitaire, ont été proposés par Engle et Granger (1987). Il y a lieu de citer également l'approche de Stock & Watson (1988), ainsi que la méthode multivariée de Johansen (1988) et développée par Johansen (1991), Johansen et Juselius (1990).

Pour la présente étude, nous avons opté pour une méthode différente qui est celle des ARDL (Autoregressive distributed lag model), dite aussi black box, introduite par Pesaran and Shin (1999) puis développée par Pesaran, Shin and Smith (2001). Ce choix se justifie par plusieurs raisons. Tout d'abord, cette méthode est plus adaptée aux échantillons de taille réduite, ce qui est le cas pour cette étude⁷. En outre, ce test peut être appliqué sur des séries temporelles non stationnaires sans la contrainte du même ordre d'intégration, contrairement aux autres tests. En outre, l'endogénéité ne pose pas problème avec cette méthode (Harris and Sollis, 2003).

L'approche ARDL passe par plusieurs étapes. L'équation (1) est transformée comme suit :

$$\Delta LCO2_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta LCO2_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta LCE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \omega_i \Delta LPIBP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta LPIBP_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta LOC_{t-1} + \rho_1 LCO2_{t-1} + \rho_2 LCE_{t-1} + \rho_3 LPIBP_{t-1} + \rho_4 LPIBP_{t-1}^2 + \rho_5 LOC_{t-1} + U_t \quad (2)$$

Où β_0 est la composante de dérive, et U_t un bruit blanc. Les termes avec les signes de sommation représentent le modèle à correction d'erreur, alors que ceux avec le coefficient ρ_i représentent la relation de long terme.

La vérification de la relation de cointégration est effectuée grâce au « Bounds Test ». Ce dernier consiste à conduire un F-test sur l'hypothèse $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \rho_5 = 0$ contre l'hypothèse alternative $\rho_1 \neq \rho_2 \neq \rho_3 \neq \rho_4 \neq \rho_5 \neq 0$. La Statistique F, ainsi calculée est comparée à deux seuils critiques : une bande inférieure BI et une bande supérieure BS, générées par Pesaran et al. (2001). Si la Statistique F est

⁷ De nombreux papiers ont utilisé la méthode ARDL dans le but d'estimer des modèles à correction d'erreurs sur des échantillons courts de 18 à 20 observations (Gounder, 1999, 2002 ; Tang, 2003).

en dessous de la bande inférieure, l'hypothèse nulle de non cointégration n'est pas rejetée, alors que si la Statistique est en dessus de la bande supérieure, l'hypothèse nulle est alors rejetée témoignant ainsi de l'existence d'une relation de cointégration entre les variables. En revanche, si la Statistique de F est située entre les deux bornes, le « Bounds Test » est dit non concluant.

Afin de choisir un retard optimal pour chaque variable, la méthode ARDL estime $(p + 1)^k$ régressions, où p est le nombre maximal de retard et k est le nombre de variables dans l'équation. Le modèle peut être choisi sur la base du Schwartz-Bayesian criteria (SBC) et du critère d'information d'Akaike (AIC). Le SBC permet de sélectionner un nombre plus réduit de retards alors que l'AIC permet de sélectionner le nombre maximum de retards. Après la sélection du modèle ARDL par l'AIC ou la SBC, les relations de long terme peuvent être estimées. Une fois celles-ci établies, le modèle à correction d'erreur peut alors être estimé :

$$\Delta LCO2_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta CLO2_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta LCE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \omega_i \Delta LPIBP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta LPIBP_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta LOC_{t-1} + \mu ECM_{t-1} + U_t \quad (3)$$

Les données utilisées dans cette étude sont extraites de la base de données World Development Indicators de la Banque Mondiale et de l'Agence Internationale de l'énergie (AIE).

3. Résultats empiriques

L'application de la méthodologie d'ARDL pour l'analyse de la cointégration requiert les étapes suivantes :

1. Tester la stationnarité des séries temporelles ;
2. Sélectionner le nombre de retard optimal ;
3. Effectuer le « Bound Test » afin d'établir la relation à long terme ;
4. Estimer les coefficients à long terme et à court terme ;
5. Tester la stabilité du modèle à travers l'analyse des résidus et la technique de CUSUM et CUSUMSQ (Brown et al, 1975).

Afin de déterminer l'ordre d'intégration des séries temporelles, cette étude utilise les tests de stationnarité de Dickey Fuller Augmenté (ADF) et de Phillips Perron (PP). En effet, afin d'utiliser le Bound Test, il faut s'assurer préalablement qu'aucune série n'est intégrée d'ordre 2 car les valeurs critiques fournies par Pesaran et al. (2001) concernent uniquement les niveaux d'intégration 0 et 1. Les résultats de ces tests sont rapportés dans le tableau 1. Ils indiquent que toutes les séries sont non stationnaires en niveau mais stationnaires en 1re différence. Elles sont donc intégrées d'ordre 1. Les critères d'AIC, SC, LR et HQ sont ensuite utilisés pour sélectionner le nombre de retard optimal du vecteur auto régressif (VAR) (tableau 2). Quatre modèles VAR (P = 0, 1, 2, 3) ont été estimés pour la période 1971-2014. Le critère AIC implique un retard de 3 alors que les critères LR, SC et HQ impliquent un retard de 1. C'est ce dernier critère qui est retenu pour cette étude.

Tableau 1: Test de racine unitaire

	Tests de Dickey Fuller Augmenté (ADF)			Tests de Phillips Perron (PP)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
En niveau						
<i>LCO2_t</i>	-3,48	-1,28	-1,14	-3,40	-1,44	-1,16
<i>LCE_t</i>	-2,55	-1,09	6,07	-2,76	-1,05	5,59
<i>LPIBP_t</i>	-2,67	1,51	3,50	-2,86	0,33	6,15
<i>LPIBP_t²</i>	-2,34	1,72	3,43	-2,58	0,56	6,25
<i>LOC</i>	-1,82	-1,81	-1,82	-2,62	-1,81	-1,94
En différence première						
$\Delta LCO2_t$	-7,56*	-7,45*	-5,36*	-7,55*	-7,44*	-5,61*
ΔLCE_t	-5,56*	-5,64*	-2,10*	-5,59*	-5,62*	-3,59*
$\Delta LPIBP_t$	-10,91*	-11,00*	-1,20	-10,29*	-10,35*	-6,94*
$\Delta LPIBP_t^2$	-11,01*	-11,03*	-1,14	-10,36*	-10,33*	-6,93*
ΔLOC_t	-7,56*	-6,57*	-6,39*	-6,59*	-6,70*	-6,41*

Notes : * indique un niveau de signification à 5 %. (1), (2) et (3) indiquent les modèles « avec constante et tendance », « avec constante uniquement » et « sans constante ni tendance » respectivement. Les tests d'ADF et de PP ont pour hypothèse nulle la présence de racine unitaire. Le nombre de retard est sélectionné de manière automatique selon le critère de Schwarz Info.

Tableau 2 : Statistiques et critères de choix pour la sélection du retard optimal du modèle.

Lag	LogL	LR	AIC	SC	HQ
0	238,12	-	-11,66	-11,45	-11,58
1	438,30	340,29*	-20,41	-19,14*	-19,95*
2	462,14	34,57	-20,36	-18,03	-19,52
3	489,10	32,35	-20,45*	-17,07	-19,23

Notes: *indique le retard sélectionné par le critère choisi.

LR: Sequential modified LR test statistic.

AIC: Akaike information criterion.

SC: Schwarz information criterion.

HQ: Hannan-Quinn information criterion.

Après avoir déterminé l'ordre d'intégration des différentes variables ainsi que le retard optimal du modèle, on emploie l'approche ARDL ou Black Box pour la cointégration afin de déterminer la relation de long terme entre les variables. On utilise pour cela le « Bound Test » qui calcule une F-statistique (tableau 3). Celle-ci teste l'hypothèse nulle selon laquelle les coefficients des variables retardées de l'équation (1) sont nuls. La F-statistique est égale à 6,2226 qu'on compare aux valeurs critiques inférieures et supérieures au seuil de signification de 5 % et 1 %. La statistique du test est supérieure à la borne supérieure (3,49 et 4,37 respectivement). Par conséquent, on rejette l'hypothèse nulle d'absence de cointégration et on conclut l'existence d'une relation de long terme entre les variables du modèle.

Tableau 3: Résultat du ARDL Bound Test

F- statistique	6,2226	
Valeurs Critiques⁸		
Seuil de signification	I (0) Bound	I (1) Bound
5%	2,56	3,49
1%	3,29	4,37

Afin de déterminer le sens de cette relation, le test de causalité de Granger est effectué sur les variables (tableau 4). Les résultats montrent qu'il existe une relation de causalité entre les deux principales variables d'intérêt et que cette relation va dans le sens de la croissance économique vers les émissions de CO₂. Ce résultat est également valable pour la variable $LPIBP_t^2$. En d'autres termes, l'évolution des émissions de CO₂ par habitant dépend de celle du PIB par habitant. Ce qui implique qu'une politique énergétique en faveur de l'environnement peut être mise en place sans risquer d'avoir des répercussions négatives sur la croissance économique.

Tableau 4: Test de causalité de Granger⁹

Hypothèse nulle	F-Statistique	Prob.
$LCO2_t$ ne cause pas $LPIBP_t$ au sens de Granger	2,8215	0,1010
$LPIBP_t$ ne cause pas $LCO2$ au sens de Granger	8,5333	0,0058*
$LCO2_t$ ne cause pas $LPIBP_t^2$ au sens de Granger	2,4847	0,1230
$LPIBP_t^2$ ne cause pas $LCO2$ au sens de Granger	8,0485	0,0072*

Notes : * indique un niveau de signification à 5 %.

L'équation (2) est utilisée pour estimer les coefficients de long et court terme du modèle ARDL en considérant les émissions de CO₂ par habitant ($LCO2_t$) comme variable dépendante. Les coefficients de long terme estimés, qui représentent également les élasticités à long terme, sont affichés dans le tableau 5. Le coefficient de la variable LCE_2 est égal à 1,1299 et est statistiquement significatif, ce qui implique qu'une hausse de 1 % de la consommation d'énergie par habitant entraînerait une hausse de 1,12 % des émissions de CO₂ par habitant. Le signe positif de ce coefficient est cohérent avec les travaux de Liu (2005) et Ang (2007, 2008, 2009). De manière similaire, l'élasticité de long terme des émissions de CO₂ par habitant par rapport au PIB par habitant ($LPIBP_t$) est égale à 4,7316 et est statistiquement significative, ce qui implique qu'un accroissement de 1 % du PIB réel par habitant impliquerait une augmentation de 4,73 % des émissions de CO₂ par habitant. Le signe négatif du coefficient de la variable $LPIBP_t^2$ – qui est également statistiquement significatif — confirme l'hypothèse du déclin des émissions de CO₂ quand le pays en question atteint des niveaux de revenus élevés. Ce résultat appuie l'hypothèse de la CEK selon laquelle le niveau des émissions de CO₂ augmente dans un premier temps avec le revenu, puis se stabilise avant de décliner.

8. Seuil de signification 5%.

9. Si p-value > 0,05 on accepte l'hypothèse nulle. Si p-value < 0,05 on rejette l'hypothèse nulle.

Tableau 5: Modèle ARDL et coefficients estimés des variables (long terme)

Variable dépendante : $LCO2_t$				
Variabes explicatives	Coefficients	Ecart-Type	t-statistique	Prob.
LCE_t	1,1299	0,1507	7,4953	0,0000
$LPIBP_t$	4,7317	1,4058	3,3656	0,0019
$LPIBP_t^2$	-0,2433	0,0730	-3,3319	0,0020
LOC_t	-0,0089	0,0640	-0,1393	0,0890
C	-29,5179	6,6060	-4,4683	0,001
R^2	0,9931	R^2 ajusté	0,9919	
F-statistique	848,1820	Durbin-Watson Statistique	1,6898	

Note 1 : ARDL (1,0,0,0,1) sélectionné sur la base du critère SC.

Le signe du coefficient de la variable LOC_t est négatif mais il n'est pas significatif. Ce coefficient est égal à -0,0089 suggère que la contribution du commerce extérieur aux émissions de CO2 est minime. Par ailleurs, les paramètres d'ajustement R^2 et R^2 ajusté sont égaux à 0,9931 et 0,9919 respectivement, ce qui montre que le modèle est bien ajusté¹⁰.

Le mécanisme de correction d'erreur (ECM) est employé afin de tester la relation de court terme entre les variables (tableau 6). Les résultats montrent que le coefficient du terme à correction d'erreur $ecm(-1)$ est significatif, ce qui implique que la vitesse d'ajustement à court terme pour atteindre l'équilibre est significative. Par ailleurs, ce terme est égal à environ -0,8211, ce qui suggère que lorsque les émissions de CO2 par habitant sont au-dessus ou au-dessous de leur valeur d'équilibre, elles s'ajusteraient par 82 % par an. Les coefficients des variables retardées représentent les élasticités à court terme. Ces dernières sont significatives avec les signes attendus pour l'ensemble des variables, à l'exception de ΔLOC . A titre d'exemple, une hausse de 1 % dans la consommation d'énergie par habitant impliquerait une hausse de 0,98 % des émissions de CO2 par habitant à court terme.

Tableau 6: Estimation du modèle ECM (court terme)

Variable dépendante : $LCO2_t$				
Variabes explicatives	Coefficients	Ecart-Type	t-Statistique	Prob.
ΔLCE_t	0,9773	0,1597	6,1167	0,0000
$\Delta LPIBP_t$	4,4122	1,4267	3,9745	0,0039
$\Delta LPIBP_t^2$	-0,2257	0,0869	-2,9444	0,0045
ΔLOC	0,1209	0,0562	-0,1426	0,3860
$ecm(-1)$	-0,8211	0,1512	-5,3578*	0,0000
$Ecm = LCO2_t - 1,1299 * LCE_t - 4,7317 * LPIBP_t + 0,2434 * LPIBP_t^2 + 0,0089 * LOC + 29,5179$				

Note 1 : ARDL (1,0,0,0,1) sélectionné sur la base du critère SC. * représente le niveau de signification au seuil de 5 %.

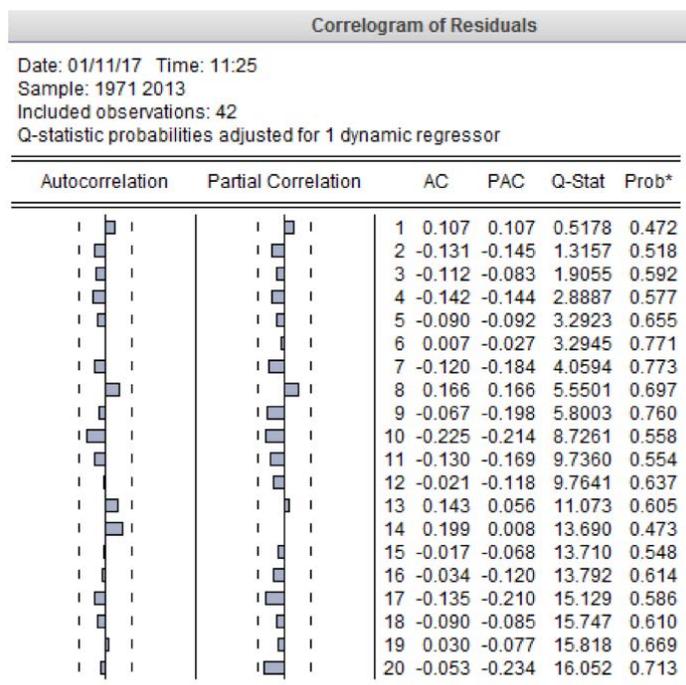
10. D'autres tests sont conduits par la suite afin de s'assurer que le modèle est bien ajusté.

Des tests de diagnostic sur les résidus de la régression ARDL ont également été menés afin de valider le modèle (tableau 7). Le test LM d'autocorrélation ainsi que le corrélogramme (figure 12) des résidus de la régression confirment l'absence d'autocorrélation. Le test de White confirme l'absence d'hétéroscédasticité des résidus alors que le test de Jarque-Bera montre que ces derniers suivent une distribution normale. Le test de Ramsey, quant à lui, montre il n'y a pas de variables manquantes ni de problème de forme fonctionnelle dans le modèle.

Tableau 7: Tests sur les résidus de la régression ARDL

LM Test d'autocorrélation de Breusch-Godfrey Serial			
Hypothèse nulle : Absence d'autocorrélation			
F-statistique	0,6006	Prob F (3,32)	0,6193
Obs*R-au carré	2,2388	Prob Chi-Square (3)	0,5243
Test d'hétéroscédasticité de White			
Hypothèse nulle : Absence d'hétéroscédasticité			
F-statistique	1,9161	Prob F (22,19)	0,0783
Obs*R-au carré	28,9512	Prob Chi-Square (22)	0,1463
Scaled explained SS	11,8966	Prob Chi-Square (22)	0,9505
Test de normalité de Jarque Bera			
Hypothèse nulle : Normalité			
Jarque-Bera	2,1387	Prob.	0,3432
Test RESET de Ramsey			
Hypothèse nulle : Le modèle est correctement spécifié			
t-statistique	1,5484	Prob.	0,1308
F-statistique	2,3977	Prob.	0,1308

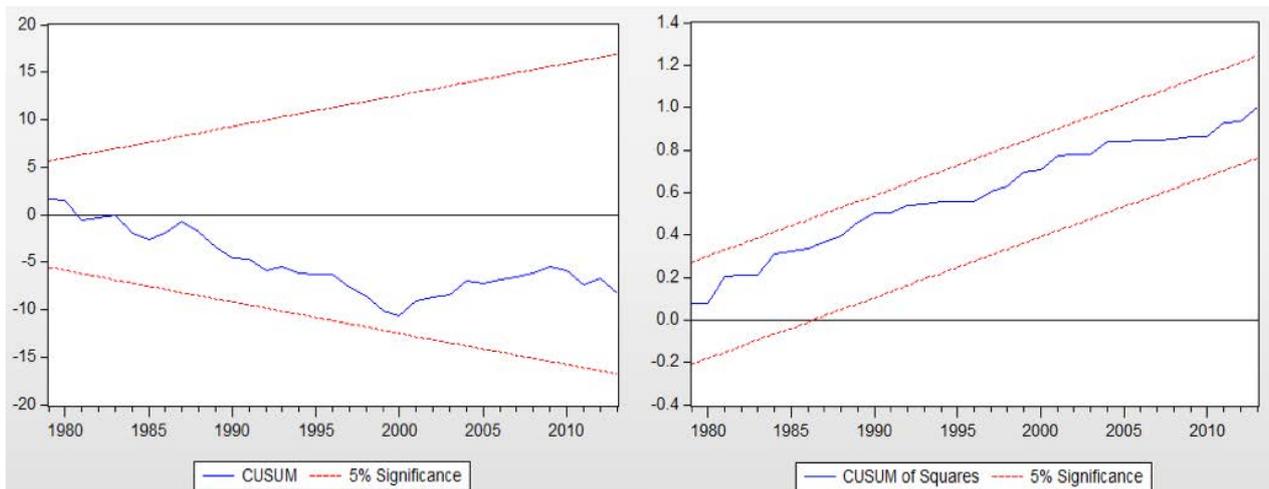
Figure 12: Corrélogramme des résidus de la régression ARDL (bruits blancs, pas d'autocorrélation)



*Probabilities may not be valid for this equation specification.

La dernière étape de l'estimation ARDL ou Black Box est de vérifier la stabilité des paramètres à long et court terme de l'équation (2). Les techniques de CUSUM fondée sur la somme cumulée des résidus récursif et CUSUMQ fondée sur la somme cumulée du carré des résidus récursifs sont appliquées (figure 13). Les résultats montrent que le graphe des statistiques de CUSUM et CUSUMQ demeurent à l'intérieur de l'intervalle des valeurs critiques au seuil de 5 %, ce qui implique que les coefficients du modèle sont stables.

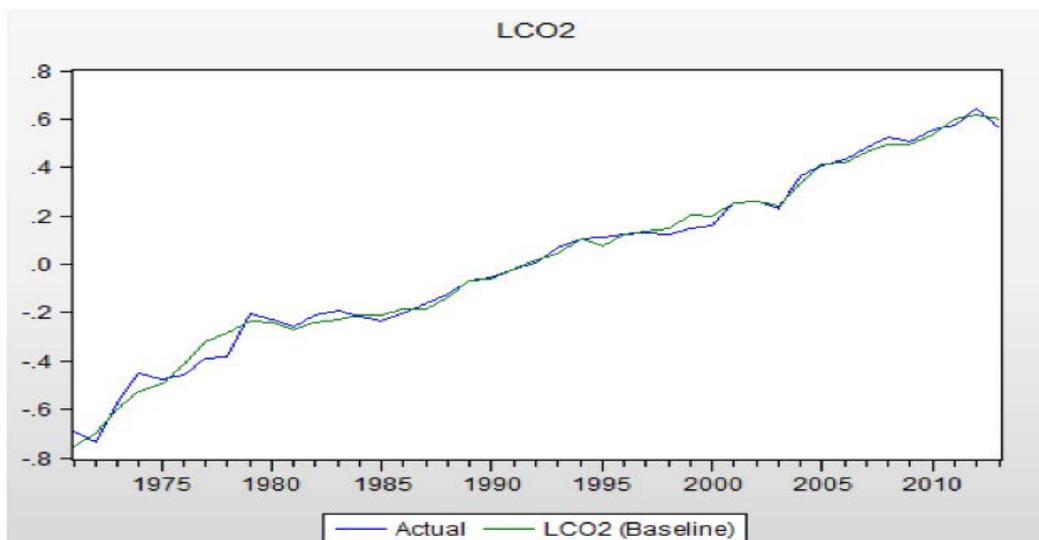
Figure 13: Tests de stabilité CUSUM et CUSUMQ



Par ailleurs, une simulation déterministique dynamique a été effectuée sur l'équation de long terme obtenue suite à l'analyse économétrique afin d'estimer les émissions de CO2 par habitant pour la période 1971-2014 (4) et les comparer avec les valeurs historiques enregistrées :

$$LCO2_t = 1,1299 * LCE_t + 4,7317 * LPIBP_t - 0,2434 * LPIBP_t^2 - 0,0089 * LOC - 29,5179 \quad (4)$$

Figure 14 : Résultat de la simulation déterministique et dynamique



La figure 14 montre que le modèle fonctionne assez bien. En effet, les valeurs historiques (en bleu) et les valeurs estimées (en vert) des émissions de CO2 par habitant suivent une tendance similaire. En effet, la simulation donne une valeur de 1,81 tCO2/hab en 2014 contre 1,75 tCO2/hab d'après des valeurs historiques.

Conclusion

L'objectif principal de cette étude est d'examiner comment la croissance économique se répercute sur l'environnement à travers une analyse de la validité de la courbe environnementale de Kuznets (CEK) du Maroc pour la période 1971-2014. L'hypothèse de la CEK a été investiguée en utilisant la méthodologie d'ARDL (black box) et en considérant les émissions de CO₂ par habitant comme un indicateur des conditions environnementales.

Les résultats empiriques confirment la présence d'une relation de long terme robuste entre les émissions de CO₂ par habitant et le revenu par habitant. En outre, le signe positif du coefficient de ce dernier et le signe négatif du coefficient du terme quadratique du revenu par habitant semblent valider l'existence de la CEK pour le cas du Maroc. Cependant, seules les observations réelles des valeurs futures des émissions de CO₂ pourraient confirmer cela de manière catégorique étant donné que le Maroc est encore un pays en développement. Ce qui laisse donc supposer qu'il n'a pas encore atteint son point de retournement.

En outre, l'estimation de la relation à long terme montre qu'une hausse de 1 % de la consommation d'énergie par habitant entraînerait une hausse de 1,12 % des émissions de CO₂ par habitant et qu'un accroissement de 1 % du PIB réel par habitant impliquerait une augmentation de 4,73 % des émissions de CO₂ par habitant.

Par ailleurs, le test de causalité de Granger indique l'existence d'une causalité unidirectionnelle dans le sens du revenu par habitant vers les émissions de CO₂. En d'autres termes, plus de croissance économique entraîne un accroissement des émissions de dioxyde de carbone. Ce qui implique qu'une politique énergétique en faveur de l'environnement peut être mise en place sans risquer d'avoir des répercussions négatives sur la croissance économique.

Les techniques CUSUM et CUSUMQ montrent que les coefficients du modèle ECM cointégré sont stables. Les résultats indiquent également que la consommation d'énergie est un déterminant significatif des émissions de CO₂ alors que le ratio du commerce international, bien que son coefficient soit positif, est un déterminant non significatif.

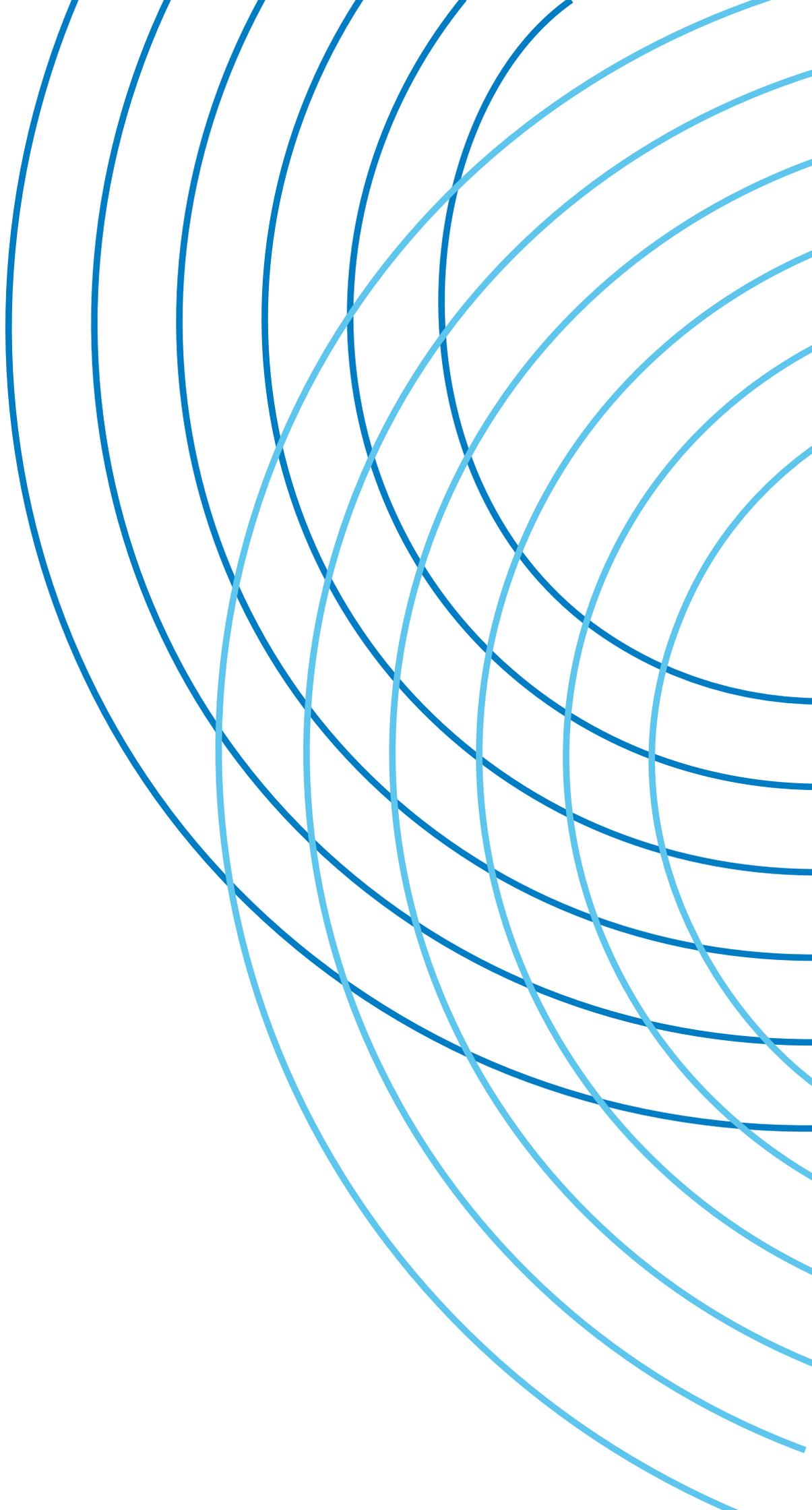
Ces résultats sont très encourageants pour le Maroc. Ce dernier a notamment mis en place une stratégie de développement durable qui privilégie l'équilibre entre les dimensions environnementales, économiques et sociales à travers l'amélioration du cadre de vie des citoyens, le renforcement de la gestion durable des ressources naturelles et le développement des énergies renouvelables. Cette conclusion est ainsi compatible avec les objectifs fixés par cette stratégie, notamment ceux de réduction de gaz à effet de serre (GES) dont le dioxyde de carbone CO₂ à l'horizon 2030.

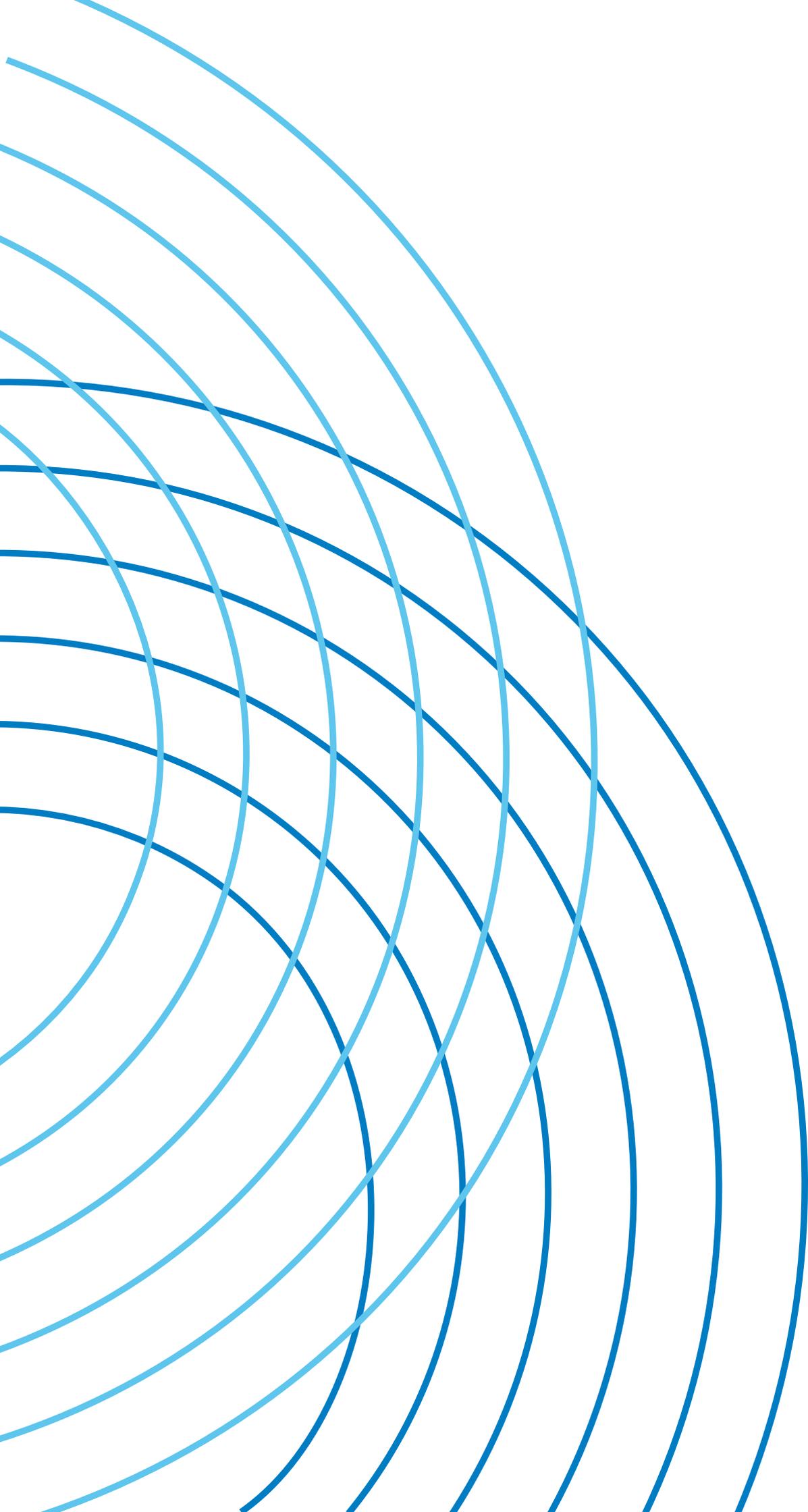
Bibliographie

- Ang J., (2007). "CO2 emissions, energy consumption and output in France". *Energy Policy* 35,4772 – 4778.
- Ang J., (2008). "Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia". *Journal of Policy Modeling*, 30, 271 – 278.
- CNUCC., (2015). "Contribution déterminée au niveau national dans le cadre de la CCNUCC". Maroc
- Cropper M., Griffiths C., (1994). "The Interaction of Population Growth and Environmental Quality". *American Economic Review*, vol. 84, issue 2, pages 250-54.
- Engle R., Granger C., (1987). "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing". *Econometrica*, Vol. 55, issue 2, pages 251-76.
- FAO. (2015). « Le Maroc face au Changement Climatique ».
- Geetilaxmi M., Giri A-K., (2015). "Energy consumption, economic growth and CO2 emissions: Empirical evidence from India". *The Empirical Econometrics and Quantitative Economics Letters*, volume 4, Number 1, (March 2015): pp. 17 – 32. ISSN 2286 – 7147.
- Grossman G., Krueger A., (1995). "Economic environment and the economic growth". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, No. 2, pp. 353-377.
- Harris H. and Sollis R. (2003). "Applied Time Series Modelling and Forecasting". Wiley, West Sussex.
- Hurlin C. « Econométrie Appliquée Séries Temporelles ». Maîtrise d'Economie Appliquée, U.F.R. Economie Appliquée.
- IAI, (2016). "CO2 emissions from fuel combustion". Statistics.
- Jalil A., Mahmud S.F., (2009). "Environment Kuznets curve for CO2 emissions: A co-integration analysis for China". *Energy Policy, The International Journal of the Political, Economic, Planning, Environmental and Social Aspects of Energy*.
- Johansen S., (1988). "Statistical analysis of co-integration vectors". *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 12, issue 2-3, pages 231-254.
- Konrad Adenauer Stiftung. (2012). « Environnement et changement climatique au Maroc : Diagnostic et Perspectives ».
- Maamar S., (2009). "La zone méditerranéenne face à la pollution de l'air : Une investigation économétrique." Papier présenté au Quatrième Colloque International de l'Institut Supérieur de Gestion de Sousse « Finance et Stratégie de Développement » 27 & 28 mars 2009, Tunisie.
- Masen. (2 016). « Plan solaire marocain NOOR ».
- Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement., (2 016). « 3e communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatiques ».
- Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement., (2 014). « Politique du Changement Climatique au Maroc ».
- Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement., (2 016). « Intervention du Dr. Abdelkader AMARA sur le Projet de Gaz Naturel au Maroc au Séminaire organisé par l'OCP Policy Center et l'International Affairs Institute sur le thème : The future of Gas Markets ».
- Office des Changes, (2 014). "Commerce extérieur du Maroc".
- Pesaran M. H., Shin Y., (1999). "An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis". Cambridge University Press, Cambridge Chapter II.
- Pesaran M.H., Smith R.P., (1998). "Structural analysis of co-integrating VARs". *Journal of Economic Survey*.
- Puget J-L., Blanchet R., Salençon J., Carpentier A., (2010). « Le changement climatique ». Institut de France, Académie des sciences.
- Roca J., Alcantara V., (2001). "Energy intensity, CO2 emissions and the environmental Kuznets curve.

The Spanish case". *Energy Policy*, vol. 29, issue 7, pages 553-556.

- Shafik N., Bandyopadhyay S., (1992). "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence". Background Paper for the World Development Report 1992, The World Bank, Washington DC.
- Selden T., Song D., (1995). "Neoclassical growth, the J curve for abatement, and the inverted U curve for pollution". *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 29, issue 2, pages 162-168.
- Soytas U., Sari R., Ewing T., (2007). "Energy consumption, income and carbon emissions in the United States." *Ecological Economics*, vol. 62, issue 3-4, pages 482-489.









OCP Policy Center

Ryad Business Center – South 4th
Floor – Mahaj Erryad - Rabat Morocco

Website: WWW.OCPCC.MA

Email: CONTACT@OCPCC.MA

Phone: +212 5 37 27 08 08

Fax: +212 5 37 71 31 54

ISSN N° 2421-9479

Dépôt légal N° 2015PE0055