

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion
Département des Sciences Economiques

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES ECONOMIQUES

Option : Economie Quantitative

*Emissions de CO₂, énergies renouvelables et
croissance économique dans les pays MENA*

Réalisé par :

M^{elle} MAHFOUD Cheyma
M^{elle} TAFUKT Louiza Hanane

Encadré par :

Dr. BOUZNIT Mohammed

Date de soutenance : Le 15 juillet 2021

Jury:

Président: Dr BOUGHIDENE Rachid

Examineur: Dr HIDRA Younes

Rapporteur : Dr BOUZNIT Mohammed

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant qui nous a mené jusqu'au bout du chemin et nous a éclairé la voie du savoir. Nous adressons également nos remerciements à notre encadreur docteur BOUZNIT Mohamed qui nous a beaucoup aidées pour l'achèvement de ce travail, avec ses remarques, ses orientations, son savoir et particulièrement sa confiance.

Nous tenons à remercier également nos chers parents, nos frères et sœurs, qui par leurs prières et leurs encouragements nous avons pu surmonter tout les obstacles, ainsi que M^{elle} Mahfoud Safia qui nous a aidées, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions de même les membres du jury qui ont accepté de faire partie de notre soutenance.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents qui sont toujours là pour m'épauler dans le meilleur comme dans le pire, ainsi qu'à ma sœur aînée Safia et à mon petit frère Ziad qui m'ont toujours encouragé et avec lesquels ma vie n'aurait pas eu le même gout. Que dieu me garde ma précieuse petite famille.

Cheyma

Je dédie ce travail à mes chers parents, aucune dédicace ne pourrait être à la hauteur de leurs efforts et leurs sacrifices. Leur encouragement et soutien m'ont aidé à persévérer jusqu'à l'aboutissement de mes études. Qu'ils trouvent dans ce travail un témoignage de mon profond amour et éternelle reconnaissance. Que dieu leur procure la bonne santé et une longue vie.

Une dédicace spéciale est destinée pour ma très chère grand-mère. Que son sourire soit éternel.

Louiza Hanane

Résumé

L'objet de ce mémoire est d'analyser empiriquement les effets des énergies renouvelables sur les émissions de CO₂, au sein de cinq pays de la région du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (l'Algérie, le Maroc, l'Egypte, la Turquie et l'Iran) durant la période allant de 1980 à 2018. En utilisant la modélisation économétrique en données de panel, les résultats obtenus confirment que la consommation d'énergies fossiles et le PIB par tête influencent positivement les émissions de CO₂. Cependant, la consommation des énergies renouvelables diminue les émissions de CO₂. Par conséquent, pour réduire les émissions de CO₂, les pays de la région MENA sont appelés à augmenter de façon significative l'utilisation des énergies renouvelables et à mettre en place une politique énergétique basée sur une conciliation entre la croissance économique et la protection de l'environnement.

Mots clés

Emission de CO₂, Energie renouvelable, Energie fossile, Croissance économique, Pays de la région MENA.

Abstract

The aim of this study is to empirically analyze the effects of renewable energy on CO₂ emission in the five countries of MENA region (Algeria, Morocco, Egypt, Turkey and Iran) during the period 1980-2018. By using the panel data econometric modeling, the obtained results show that the CO₂ emission is positively related to fossil fuel and GDP per capita. However, renewable energy negatively affects the CO₂ emission. Therefore, in view to reduce CO₂ emission, the studied countries should promote renewable energy and put in place a suitable energetic policy base on the balance between economic growth and environmental protection.

Keywords

CO₂, Renewable energy, Economic growth, Countries of MENA region.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو التحليل التجريبي لتأثيرات الطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في خمس دول في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (الجزائر ، المغرب ، مصر ، تركيا و إيران) خلال الفترة 1980-2018. باستخدام النمذجة الاقتصادية القياسية لبيانات اللوحة ، تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مرتبطة بشكل إيجابي بالوقود الأحفوري ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. ومع ذلك ، تؤثر الطاقة المتجددة سلبًا على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. لذلك من أجل الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، يجب على الدول التي شملتها الدراسة تعزيز الطاقة المتجددة ووضع قاعدة سياسية نشطة مناسبة لتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

الكلمات المفتاحية

ثاني أكسيد الكربون ، الطاقة المتجددة ، النمو الاقتصادي ، دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

Sommaire

Introduction générale	2
Chapitre 1 : Emission de CO₂ et consommation d'énergie : Généralités et Revue de littérature	7
Introduction	7
1. Notion générale	7
2. Consommation d'énergie	8
3. Potentiels des énergies renouvelables au MENA.....	14
4. Revue de littérature relative aux déterminants de l'émission de CO ₂	16
Conclusion.....	25
Chapitre 2 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »	
Introduction	27
1. Evolution de la population	27
2. Evolution du PIB par habitant.....	28
3. Evolution de la consommation des énergies fossiles	29
4. Evolution des émissions de CO ₂	31
5. Les mesures prises pour une transition vers les énergies renouvelables.....	35
Conclusion.....	43
Chapitre 3 : Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO₂.	
Introduction	45
1. Méthodologie	45
2. Résultats obtenus et interprétation	47
Conclusion.....	51
Conclusion générale	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma chaine d'énergie solaire.....	11
Figure 2 : Schéma chaine d'énergie éolienne.....	12
Figure 3 : Chaine énergétique de la centrale hydraulique.....	13
Figure 4 : Chaine énergétique de la biomasse.....	14
Figure 5 : Evolution de la population des cinq pays du MENA (1980-2018).....	28
Figure 6 : Evolution du PIB/tête des cinq pays MENA (1980-2018).....	29
Figure 7 : Evolution des énergies fossiles/tête dans les cinq pays MENA.....	30
Figure 8 : Evolution des émissions de CO2 dans les cinq pays MENA.....	31
Figure 9 : Evolution des émissions de CO2/tête dans les cinq pays MENA.....	32
Figure 10 : Evolution des énergies renouvelables dans les cinq pays MENA.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de la population des cinq pays du MENA (1980-2018) (en millions).....	27
Tableau 2 : Evolution du PIB/tête des cinq pays MENA (1980-2018) (2017 US\$).....	28
Tableau 3 : Evolution des énergies fossiles/tête dans les cinq pays du MENA.....	29
Tableau 4 : Evolution des émissions de CO2 dans les cinq pays MENA.....	31
Tableau 5 : Evolution des émissions de CO2/tête dans les cinq pays MENA.....	32
Tableau 6 : Evolution des énergies renouvelables dans les cinq pays MENA.....	33
Tableau 7 : Les variables étudiées.....	47
Tableau 8 : Résultats d'estimation et de spécification de l'équation [1].....	48

LISTE DES ACRONYMES

ACV : Analyse de cycle de vie.

AIE : Agence internationale de l'énergie.

ARDL: Autoregressive Distributed Lag (Retard autorégressif distribué).

CEK : Courbe Environnementale de Kuznets.

CO2 : Dioxyde de Carbone.

COP : Conference of parties (Conférence des parties).

ENR : Energies non renouvelables.

ER : Energies renouvelables.

FDE : Fonds de Développement Energétique.

GES : Gaz à Effet de Serre.

GLS : Generalized Least Squares (moindre carrés généralisés).

IDE : Investissement Direct Etranger.

MASEN : Moroccan Agency for Solar Energy (Agence marrocaïne de l'énergie solaire).

MENA : Moyen Orient et Afrique du Nord.

NDC : Contributions nationales déterminées.

NFREC : National Fund for Renewable Energies and Cogeneration (Fonds national pour les énergies renouvelables et la cogénération).

NREC : Consommation d'énergie non renouvelable.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique.

OME : Observatoire Méditerranéen de l'Energie.

PIB : Produit Intérieur Brut.

PMG-ARDL : Pooled Mean Group-Autoregressive Auto regressive distributive lag model
(Moyenne groupée Modèle autorégressif distributif à décalage).

RENEC : Consommation d'énergie renouvelable.

SIE : La Société d'Investissements Energétiques.

UE : Union européenne.

VAR : Vecteur Autorégressif

Introduction générale

Introduction générale

Avant la révolution industrielle, qui a débuté à la fin du XIX^e siècle, la concentration du dioxyde de carbone (CO₂) ; prouvée par la suite comme étant la principale cause du phénomène du réchauffement climatique, était de 278 ppm¹ en moyenne et elle est restée stable pendant des milliers d'années avant de connaître une hausse rapide du fait des activités humaines : combustion de pétrole, fabrication de ciment, déforestation...etc. (Breteau, 2019).

En 1901, Gustaf Ekholm utilise pour la première fois le terme "effet de serre" pour décrire le phénomène. Pendant plusieurs décennies, ces découvertes n'ont pas été prises au sérieux par la communauté scientifique. À l'époque, beaucoup de spécialistes ont estimé que la nature pouvait s'auto-réguler et que l'impact de l'homme était minime. En effet, beaucoup de scientifiques pensaient que le surplus de CO₂ serait de toute façon absorbé par l'océan, ce qui est vrai, mais pas totalement. Toutefois, la thèse de la possibilité d'un réchauffement climatique lié au gaz à effet de serre (dont le gaz carbonique) finit par être validée dans les années 1940 par Gilbert Plass. À l'aide des technologies modernes, il prouve de façon définitive que la concentration du gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère influe sur la capacité de l'air à retenir les rayons infrarouges et la chaleur, donc ce sont les premières définitions du réchauffement climatique.

En revanche, l'Organisation météorologique mondiale a fait savoir que « *les données scientifiques sont sans équivoque. Si l'on ne réduit pas rapidement les émissions de gaz à effet de serre, et notamment de CO₂, les changements climatiques auront des conséquences irréversibles et toujours plus destructrices pour la vie sur Terre* », (OMM, une agence de l'ONU).

En 2019, les énergies fossiles représentent 81 % de la consommation mondiale. Selon une étude menée par Edgar, Hertwich et Glen(2009), les pays les plus riches sont ceux qui consomment le plus d'énergie fossile et qui produisent le plus de CO₂. Par conséquent, une croissance de 10 % du produit intérieur brut (PIB) s'accompagne quasi invariablement d'une augmentation de 8 % des émissions de CO₂. Cependant, les énergies renouvelables sont des énergies propres qui créent peu ou pas de GES ou de pollution, ce qui constitue une réelle alternative pour répondre à une partie de nos besoins énergétiques dans le respect d'impératifs environnementaux, sociaux, économiques, stratégiques et éthiques.

¹Partie par million : fraction valant 10⁻⁶, c'est-à-dire un millionième.

Il est à noter que l'utilisation des ER n'est évidemment pas nouvelle, mais, avec l'avènement de la révolution industrielle, elles ont été marginalisées au profit d'autres sources d'énergie que l'on pensait plus prometteuses. Depuis quelques décennies, la pollution atmosphérique et le réchauffement climatique ont fait prendre conscience de la nécessité d'une organisation de la société qui respecte l'environnement dans lequel nous vivons.

La région du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) est particulièrement vulnérable au réchauffement climatique en raison de son environnement aride et semi aride. En outre, tous les pays de la région MENA, qui sont à l'origine de 7% des émissions mondiales du GES, ont ratifié l'accord de Paris sur le réchauffement climatique (COP21). A titre d'exemple, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie se sont engagés lors de la COP21 à réduire les émissions du GES de 7%, 32% et 13% respectivement, et ce d'ici 2030.

Il est à noter que les statistiques émanant de la Banque Mondiale montrent que les émissions de CO₂ dans les pays de la région MENA étaient de 3,49 tonnes métriques par habitant en 1980 et 6,016 tonnes métriques par habitant en 2018. La tendance haussière des émissions serait un vrai problème que les pays de la région MENA vont devoir faire face, puisque leurs engagements internationaux vis-à-vis des changements climatiques (Accord de Paris de 2016) vont les obliger à œuvrer pour réduire les émissions du gaz à effet de serre qui sont causées à 80% par les combustibles fossiles. Ceci nécessite, bien entendu, la diminution de la consommation des énergies fossiles, sachant que les énergies propres, dites renouvelables, ne sont pas assez développées pour réussir la transition énergétique, ce qui risque de mettre en péril le développement économique des pays en question.

Problématique

Contrairement aux pays de l'Union Européenne, la tendance haussière des émissions de CO₂ dans les pays de la région MENA constitue un vrai problème auquel ces pays vont devoir faire face, puisque leurs engagements internationaux les contraignent à œuvrer pour réduire les émissions du gaz à effet de serre en diminuant fortement la consommation des énergies fossiles et en développant les énergies renouvelables. Dès lors, l'objet de notre mémoire est d'étudier et analyser la nature de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO₂ dans les pays du moyen orient et de l'Afrique du nord. D'où la question principale de notre travail : Dans quelle mesure les énergies renouvelables influencent-elles les émissions de CO₂ dans les pays de MENA?

De ce fait, des questions subsidiaires s'imposent :

« Quelle est l'influence de la croissance économique sur les émissions de CO₂ ? »

« La consommation des énergies fossiles est-elle la cause des émissions de CO₂ ? »

Hypothèses

Afin de pouvoir répondre à ces questions de recherche, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

« Il existe une relation négative entre les émissions de CO₂ et les énergies renouvelables ».

« La croissance économique stimule les émissions de CO₂ ».

« Le principal déterminant des émissions de CO₂ est la consommation des énergies fossiles ».

Objectifs

- Identifier les causes principales des émissions de CO₂.
- Etudier l'impact des énergies renouvelables sur les émissions de CO₂.
- Formuler des recommandations permettant de réduire les émissions de CO₂.

Méthodologie

Pour vérifier ces hypothèses et bien mener notre travail, nous avons adopté une méthodologie de recherche qui consiste dans un premier lieu à exploiter une revue de littérature aussi bien théorique qu'empirique qui traite la question de la relation entre les émissions de CO₂, les énergies renouvelables et la croissance économique afin d'identifier les variables et les mesures retenues pour l'étude de cette relation. Dans un deuxième lieu, nous feront appel à une étude économétrique en utilisant les données de Panel afin d'analyser la nature de la relation entre les émissions de CO₂, les énergies renouvelables et la croissance économique dans les pays de la région MENA, et ce pour confirmer ou infirmer les hypothèses énoncées ci-dessus.

Pour ce qui est du plan de restitution, le présent mémoire est structuré en 3 chapitres :

Le premier chapitre concerne le corpus théorique. Une revue de littérature sera faite pour une bonne compréhension et familiarisation avec le thème, et une approche conceptuelle est nécessaire pour bien définir le concept de notre recherche.

Le deuxième chapitre sera consacré pour une analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du MENA, et pour une identification des mesures nécessaires qui doivent être prises afin de réduire les émissions de CO₂.

Le troisième chapitre contiendra une étude économétrique en données de panel pour identifier la nature de relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO₂ dans les pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2018.

***Chapitre 1 : Consommation
d'énergie et émissions de
CO2: Généralités et Revue de
littérature***

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

Introduction

Actuellement, le système énergétique se base essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles qui émettent des gaz à effet de serre (GES) affectant la composition chimique de l'atmosphère, et par conséquent provoquant le changement climatique. En outre, plusieurs stratégies qui ont été mises en place ces dernières années préconisent que la promotion des énergies renouvelables est l'unique moyen pour réduire l'émission de CO2.

En effet, selon Hilaire et Hervé (2012), les problèmes environnementaux (réchauffement climatique, déforestation, perte de la biodiversité, salinisation des sols...etc.) sont devenus de plus en plus préoccupants et occupent un espace médiatique très important. Dans ce sens, si les gouvernements ne prennent pas de mesures radicales, le réchauffement climatique, dû à l'accumulation des GES dont le principal est le CO2, constitue la principale menace pour l'humanité, et pourrait même coûter à l'économie mondiale jusqu'à 550 milliards de dollars (Stern, 2006).

Dès lors, ce chapitre sera consacré pour énumérer brièvement la revue de littérature relative à la question de la nature de relation entre la dégradation de l'environnement (les émissions de CO2) et les énergies non renouvelables, les énergies renouvelables et la croissance économique.

1. Notions générales

1.1. Définition de l'énergie

La définition de l'énergie varie avec le domaine dans lequel on se situe :

Au sens général : L'énergie est une grandeur caractérisant un système physique, qui existe sous différentes formes (électrique, mécanique, chimique, alimentaire). Elle se transforme d'une forme à l'autre, mais toute conversion s'accompagne d'une dégradation de l'énergie c'est-à-dire l'énergie peut se présenter sous plusieurs formes qui peuvent se transformer toutes en gardant la même valeur au cours de toutes les transformations internes (loi de conservation).

Au sens physique : L'énergie caractérise la capacité à modifier un état, à produire un travail entraînant du mouvement, de la lumière, ou de la chaleur. Toute action ou changement d'état nécessite que de l'énergie soit échangée (Dictionnaire Larousse).

Au sens économique : L'énergie est le facteur dominant, qui a permis la civilisation matérielle de notre époque, c'est un secteur économique de première importance, qui

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

comprend la production, le transport, la transformation, la distribution et la commercialisation des diverses sources d'énergie.

2. Consommation d'énergie

2.1. Energie non renouvelable

Une énergie non renouvelable est une source d'énergie qui ne se renouvelle pas assez rapidement à l'échelle humaine par opposition aux énergies renouvelables. Cependant elles peuvent être classées en deux grandes familles :

a. Les combustibles fossiles

L'extraction et la transformation de ces derniers pour la consommation de l'homme entraînent l'émission d'une grande quantité de gaz à effet de serre. Ce dernier est la source principale des GES, dont le très polluant dioxyde de carbone qui contribue au phénomène du réchauffement climatique.

En outre, les énergies fossiles sont des matières premières que l'on trouve sous terre et qui sont issues de la décomposition de la matière organique telle que :

- Le charbon : est une énergie accessible, notamment en termes de coût. Il est donc tentant de l'utiliser aussi longtemps que nous pouvons en disposer.

Cependant, la combustion de cette matière fossile émet de grandes quantités de CO₂ dans l'atmosphère. Cette industrie est donc en partie responsable du réchauffement climatique.

La Chine est le pays le plus producteur au monde du charbon. Sa production représente 3,5 fois celle des États-Unis, qui est classée en seconde position. L'Australie, l'Inde, l'Indonésie et l'Union Européenne sont également considérés comme des pays extracteurs de ce minéral.

- Le pétrole : est une énergie fossile, ses ressources sont limitées en quantité, même si tous les gisements n'ont pas encore été découverts. L'extraction, la transformation et le transport du pétrole entraînent l'émission d'une grande quantité de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre.
- Le gaz naturel : il permet principalement la production de chaleur chez les particuliers, mais aussi des centrales électriques produisent également de l'électricité grâce à cette énergie. Les deux plus gros extracteurs de gaz naturel au monde sont incontestablement les États-Unis et la Russie. La combustion du gaz naturel émet principalement de la vapeur d'eau et du CO₂ en faible quantité. Une qualité qui lui permet de générer 30 à 50 % d'émissions de CO₂ en moins que les autres combustibles mais ça reste polluant pour l'environnement (Université virtuelle environnement et développement durable, 2012).

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

Il est à noter que le charbon, le pétrole et le gaz naturel proviennent tous de la dégradation de la matière organique. De ce fait, ils ont une vitesse de « régénération » extrêmement lente à l'échelle humaine et en même temps, leur consommation est intensive de sorte que les risques d'épuisement à moyen terme sont avérés. Toute activité impliquant l'utilisation d'un combustible fossile est invariablement associée à une émission de dioxyde de carbone.

Selon le bilan mondial statistique de l'énergie publié par le géant du secteur pétrolier BP², les ressources fossiles les plus consommées sont trois hydrocarbures : le pétrole qui représentait 33 % de l'énergie mondiale commercialisée en 2016, le charbon qui en représentait 27,5 %, et le gaz naturel qui en représentait 24,2 %.

D'après l'ONG (Global Footprint Network), les énergies fossiles devraient même être quasiment épuisées avant la fin du siècle prochain si l'être humain continue de consommer autant d'énergie fossile. Au rythme de la consommation actuelle par rapport aux réserves mondiales prouvées d'énergies non renouvelables, il resterait entre 50 à 100 ans avant la fin du pétrole, entre 60 et 70 ans en ce qui concerne le gaz et environ 200 ans pour le charbon.

Selon BP Statistical Review of World Energy (2020), les énergies fossiles sont majoritaires dans le mix énergétique de toutes les grandes régions du monde mais il apparaît d'importantes différences d'une zone à une autre : pétrole, gaz naturel et charbon comptent par exemple pour 67,4% du mix énergétique de l'Amérique centrale et du Sud (où l'hydroélectricité a compté pour 22,3% de la consommation d'énergie primaire en 2019), 73,6% en Europe, 81,7% en Amérique du Nord et 98,8% au Moyen-Orient.

b. Les énergies nucléaires

Cette énergie dépend d'un combustible fissile³, l'uranium, dont le minerai est contenu dans le sous-sol de la Terre. Elle permet de produire de l'électricité, dans les centrales nucléaires, appelées centrales électronucléaires, grâce à la chaleur dégagée par la fission d'atomes d'uranium qui est en quantité limitée sur terre. La fusion nucléaire pourrait produire de

²BP est une entreprise anglaise créée en 1901 par William d'Arcy. Ce dernier a investi massivement dans le pétrole avec la certitude qu'il trouverait les matières premières nécessaires en Perse, devenu l'Iran aujourd'hui.

³Energie fissile : Force produite par différentes ressources primaires comme l'uranium, qui n'émet pas de gaz à effet de serre mais qui produit des déchets radioactifs.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

l'énergie sur le très long terme, mais ce mode de production d'énergie n'est pas industriellement maîtrisé, et ne le sera pas avant plusieurs décennies, voir plusieurs siècles.

Selon Rabourdin (2003), le nucléaire est utilisé dans le domaine de l'énergie pour produire de l'électricité. La production mondiale d'électricité en 2000 était assurée à 16% par la filière nucléaire, 64% par les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz), le reste étant produit par les énergies renouvelables et le grand hydraulique.

Par ailleurs, le secteur de l'électricité, à l'échelle de la planète, représente un tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre. De ce fait, le nucléaire peut prétendre de réduire de 6% au maximum les émissions de gaz à effet de serre (Sortir du nucléaire, 2003).

2.2. Energies renouvelables

Les énergies renouvelables (ER), désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite de temps ou reconstituables plus rapidement qu'elles ne sont consommées, se développent intensément partout dans le monde, portées par la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (youmatter, 2020)

Les ER sont également désignées par les termes « énergies vertes » ou « énergies propres ». Le faible impact environnemental de leur exploitation est un élément majeur des stratégies RSE⁴ des entreprises en matière de développement durable.⁵

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes. Les spécialistes aiment classer ces énergies en cinq grands types qui présentent chacun leurs spécificités, leur caractéristique commune est de ne pas produire en phase d'exploitation d'émissions polluantes, et ainsi d'aider à lutter contre l'effet de serre et le réchauffement climatique.

a. L'énergie solaire

L'énergie solaire est une source d'énergie qui est dépendante du soleil, cela signifie que la matière première est le soleil, elle est considérée comme inépuisable, c'est aussi une énergie 100% verte car sa production n'émet pas directement de CO2. Grâce à cette énergie, il est

⁴**La RSE : Responsabilité Sociale des Entreprises qui regroupe l'ensemble des pratiques mises en place par les entreprises dans le but de respecter les principes du développement durable (social, environnemental et économique).**

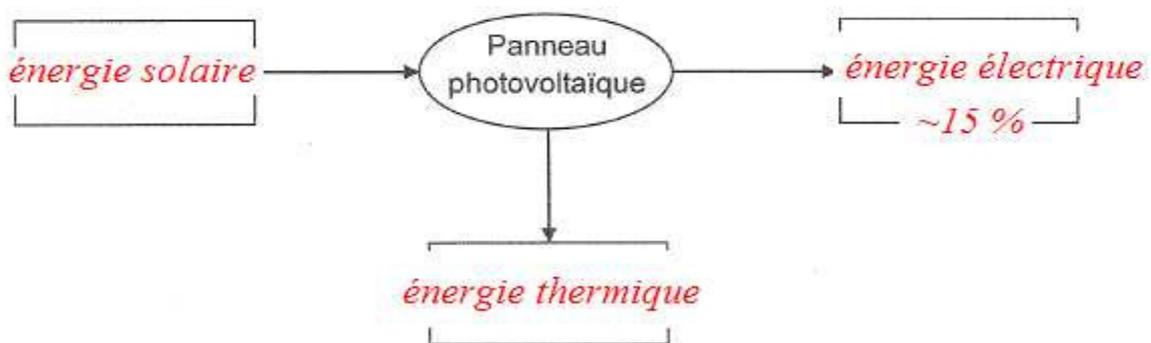
⁵ Le développement durable : développement qui répond au besoin du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

possible de produire de l'électricité, ces installations captent les rayons produits par le soleil, elles convertissent ensuite l'énergie du soleil en électricité, le principe est de transformer l'énergie portée par les photons dans la lumière, en électricité. Les rayons seront captés d'une part par des panneaux solaires c'est ce qu'on appelle l'énergie solaire photovoltaïque⁶, qui correspond à l'électricité produite par des cellules dites photovoltaïques, ces cellules reçoivent la lumière du soleil et sont capables d'en transformer une partie en électricité. En effet, des panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés aussi bien à des fins domestiques qu'à la production d'énergie à grande échelle.

D'autre part, dans un système à énergie solaire thermique ou thermodynamique, le capteur thermique absorbe les photons solaires qui sont employés pour chauffer de l'eau, par exemple, comme dans certains chauffe-eau domestiques, le soleil peut chauffer le fluide jusqu'à quelque 1.000 °C et la technologie devient exploitable, comme pour la génération d'électricité. Chaque jour, l'énergie émanant du soleil équivaut à 15 000 fois la consommation totale d'énergie mondiale (Opéra énergie, 2021).

Figure 1: Schéma chaîne d'énergie solaire



Source : <https://www.chimix.com>

b. L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est produite à partir de la force du vent sur les pales d'une éolienne. Lorsque le vent se met à souffler, les forces qui s'appliquent sur les pales des hélices induisent la mise en rotation du rotor, l'éolienne est couplée à un générateur électrique pour créer du courant continu ou alternatif, l'énergie électrique ainsi produite peut être distribuée sur le réseau électrique grâce à un transformateur (Dancette, 2020).

⁶ Photovoltaïque : processus physique qui consiste à transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique.

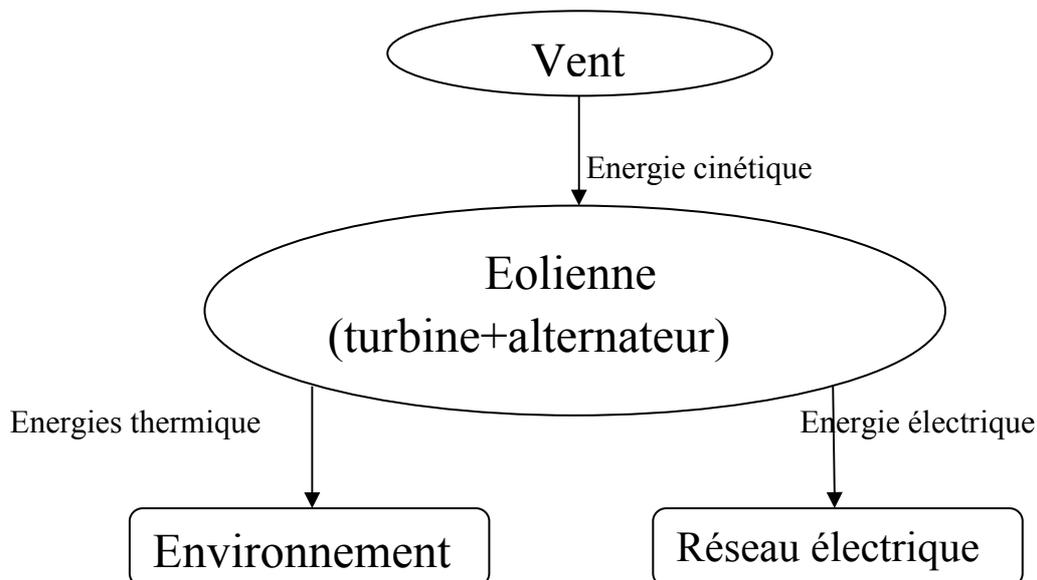
Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

C'est une énergie renouvelable qui n'émet pas directement de gaz à effet de serre en phase d'exploitation, les éoliennes terrestres dites « onshore » sont installées à terre, les éoliennes dites « offshore » sont installées en mer.

L'énergie éolienne suscite un intérêt particulier car elle peut contribuer à la diversification des mix électriques et à l'indépendance énergétique des pays, cependant tous les pays ne bénéficient pas du même potentiel éolien. Les solutions de stockage de l'électricité, les innovations technologiques et les réseaux intelligents sont appelés à jouer un rôle important dans le développement de la filière éolienne (Actu-environnement, 2012).

D'après le dernier rapport du BP Statistical Review of World Energy, la part de la filière dans la production mondiale d'électricité aurait atteint 5,3% en 2019.

Figure 2: Schéma chaîne d'énergie éolienne



Source : Elaboré par les auteurs.

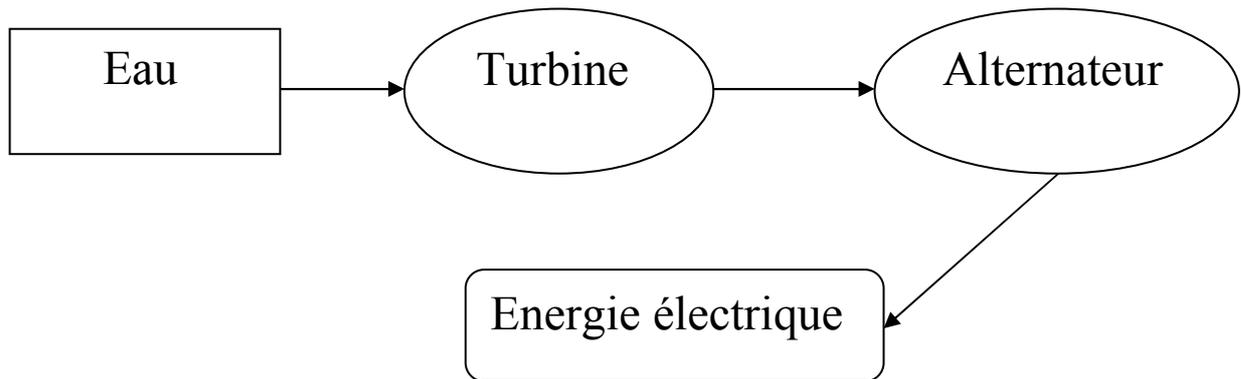
c. L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est une énergie renouvelable très faiblement émettrice de gaz à effet de serre. Cette source d'énergie exploite les mouvements de l'eau actionnés par le soleil et la gravité à travers le cycle de l'eau, les marées et les courants marins. Cette énergie cinétique⁷ des eaux actionne des turbines puis les centrales hydrauliques produisent de l'énergie mécanique convertie la plupart du temps en électricité (hydroélectricité).

⁷Energie cinétique : énergie que possède un corps du fait de son mouvement.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

Figure 3: Chaîne énergétique de la centrale hydraulique



Source : Elaboré par les auteurs.

d. L'énergie Biomasse

La Biomasse regroupe toutes les matières organiques vivantes qui peuvent être transformées en chaleur, en biocarburants, ou encore en électricité. C'est une réserve d'énergie considérable née de l'action du soleil grâce à la photosynthèse, elle existe sous forme de carbone organique (Appert et al. 2013).

Elle n'est considérée comme une source d'énergie renouvelable que si sa régénération est au moins égale à sa consommation. Ainsi, par exemple, l'utilisation du bois ne doit pas conduire à une diminution du nombre d'arbres.

La biomasse participe à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre dans la mesure où le CO₂ dégagé par la combustion des bioénergies est compensé par le CO₂ absorbé par les végétaux lors de leur croissance. La récupération du biogaz dans les décharges permet de capter le méthane issu de la biomasse (dont l'effet de serre est considéré comme 21 fois plus fort que le CO₂).

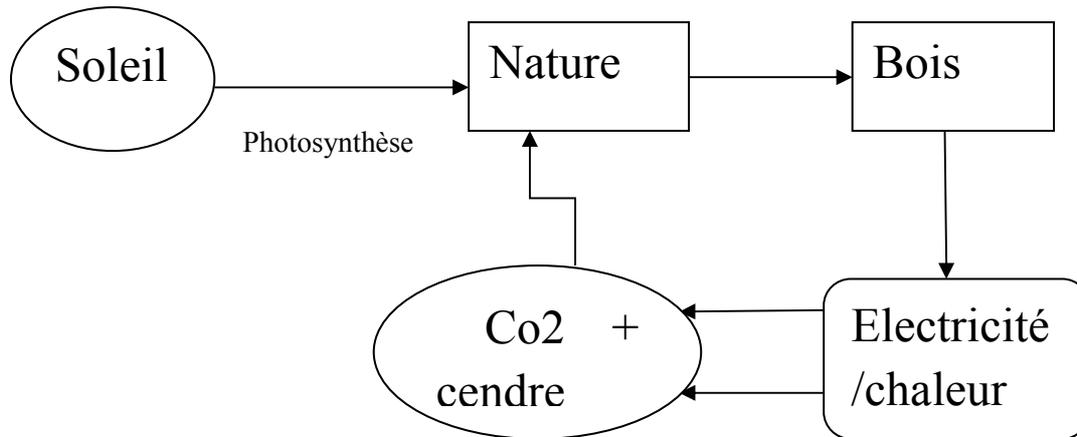
Mentionné dans une newsletter d'info énergie (2013), en 1880 Henry Ford utilise l'éthanol pour alimenter une de ses premières automobiles, le quadricycle. Les deux chocs pétroliers (1973 et 1979) ont incité les majors du pétrole à développer des biocarburants.

D'après le bilan énergétique mondial de l'AIE⁸ en 2004, la biomasse représentait 10,6% de la consommation énergétique mondiale (à noter que certaines utilisations directes du bois peuvent influencer sur la précision des estimations du marché du bois).

⁸AIE : Agence Internationale de l'Energie est une organisation internationale fondée à l'OCDE en 1974.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

Figure 4: Chaîne énergétique de la biomasse



Source: Elaboré par les auteurs

e. L'énergie géothermique

L'énergie géothermique consiste à exploiter le flux de chaleur naturelle que le sous-sol stock qui devient de plus en plus intense au fur et à mesure que l'on creuse. Cette chaleur provient du magma au cœur de la planète, qui réchauffe toute la croûte terrestre, selon la ressource et la technologie mise en œuvre, les calories sont exploitées directement ou converties en électricité.

3. Potentiels des énergies renouvelables dans les pays du MENA

Selon la Ligue des Pays Arabes et la Banque mondiale, la demande d'électricité dans les pays arabes devrait augmenter de 84% en 2020 comparée à 2010. La région MENA a de la chance car elle dispose d'une dotation substantielle de sources d'énergies renouvelables, notamment lorsqu'il s'agit d'énergie solaire et éolienne. En réalité, selon l'Agence Internationale de l'Énergie, les technologies de l'énergie solaire concentrées peuvent générer une électricité cent fois plus élevée dans la région MENA que la consommation d'électricité de la région arabe et de l'Europe combinées.

3.1. Le potentiel de l'énergie solaire

La mesure principale de la pertinence d'une région pour les applications solaires thermiques concentrées s'appelle rayonnement direct normal ; et la plupart des pays arabes se situent entre 2050 et 2800 kilowatts-heure par mètre carré par an. Ces tarifs sont parmi les meilleurs au monde, ce qui rend la région MENA idéale pour la mise en œuvre du chauffage solaire et du refroidissement, de l'énergie solaire concentrée et des applications photovoltaïques concentrées. (Swiss arab entrepreneurs, 2017).

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

3.2. Le potentiel de l'énergie éolienne

La région MENA est aussi riche en énergie éolienne. Cependant, ce potentiel est concentré dans certaines zones géographiques. Le plus grand potentiel pour les projets éoliens à grande échelle est dans les côtes de l'Atlantique et de la mer Rouge, où la vitesse du vent dépasse fréquemment le seuil de faisabilité économique de 6,9 mètres par seconde. En particulier, le Maroc, l'Oman et la Mauritanie ont démontré un grand potentiel éolien, car ils répondent tous à l'exigence minimale de vitesse du vent. Ibid.

3.3. Autre potentiel d'énergie renouvelable

Plusieurs pays de la région MENA ont également la capacité de développer des applications géothermiques, biomasse et déchets à l'énergie. Il existe des sites en Algérie, au Maroc, en Arabie Saoudite et au Yémen qui ont des températures supérieures à 200 degrés Celsius à 5000 mètres de profondeur, ce qui en fait un lieu idéal pour développer une énergie renouvelable géothermique durable. D'autre part, il existe des pays arabes, comme le Soudan, qui ont une opportunité unique de développer des énergies renouvelables à base de biomasse durable, grâce à leurs vastes activités agricoles.

Vingt pays de la région MENA, dont la majorité sont des pays Arabes, ont annoncé des objectifs d'énergie renouvelable qui représentent des fractions de production d'électricité ou capacité installée. En termes de capacité installée, l'objectif d'énergie propre de 42% du Maroc d'ici 2020 est le plus ambitieux de la région MENA. Cependant, l'Algérie, l'Égypte, le Qatar, l'Arabie Saoudite et la Tunisie ont aussi annoncé leur désir de générer plus de 20% de leur électricité pour différents horizons. Ibid

En effet, la région MENA semble être plus focalisée sur les technologies solaires que celles éoliennes. Cependant, les objectifs de la région MENA pour d'autres énergies renouvelables comme la géothermie et les déchets à l'énergie, est sensiblement plus faible. Ibid

En 2015, la capacité totale installée de toutes les énergies renouvelables dans la région MENA a atteint environ 14 gigawatts. Dans la même année, il a été estimé que l'énergie renouvelable a constitué 6% de la capacité totale de production d'énergie de la région, l'hydroélectricité dominant la majorité de cette capacité à 4,7%, l'énergie éolienne et solaire de la région ne représentaient que 0,9% et 0,4% respectivement de cette capacité (Collard, 2015).

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

4. Revue de littérature relative aux déterminants de l'émission de CO2

4.1. CO2 et croissance économique

Les années 1990 marquent l'avènement des premiers travaux empiriques qui se sont penchés sur la relation entre la croissance économique et la qualité de l'environnement. L'objectif principal de ces travaux est de vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK). Ce dernier (issue des travaux de Simon Kuznets sur le développement économique dans les années 1950) décrit une relation en forme de U inversé entre le niveau de développement d'un pays et les inégalités de revenu. Au lieu de décrire la croissance économique comme une menace pour l'environnement et de préconiser de la stopper, l'hypothèse de la CEK suppose une certaine compatibilité entre la protection de l'environnement et la croissance économique future (Hilaire, Hervé, 2012).

La CEK implique que pendant les premières étapes du développement économique, les agents se soucient peu de l'environnement. Cependant, lorsque le niveau de revenu permet de pourvoir les besoins primaires, on atteint un seuil (le point de retournement) où le souci pour l'environnement s'accroît et la tendance s'inverse. Au-delà de ce seuil, la croissance économique s'accompagne d'une amélioration des conditions environnementales et particulièrement d'une réduction de la pollution. Il existerait donc une relation en forme de U inversé entre la pollution et le développement économique (Jobert et Karanfil, 2012).

Selon Grossman et Krueger (1993), la courbe de Kuznets peut être évoquée dans le domaine de l'environnement. En effet, de nombreux indicateurs sanitaires et environnementaux (pollution de l'eau et de l'air) se dégradent de manière notable au début de la croissance économique (en raison d'une immense industrialisation), mais ces indicateurs s'améliorent au plus vite à condition que les membres de la société parviennent à des niveaux de revenu plus élevés et leur intérêt pour la qualité de vie (Hilali et Ben zina, 2007).

En outre Panayotou (1993), avait tenté, à travers une analyse à la fois théorique et empirique, de vérifier l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK), car la confirmation de cette hypothèse implique des conséquences politiques importantes. Il a élargi le débat en poussant ceux qui s'intéressent à la question de la relation croissance économique environnement à approfondir leurs recherches pour mieux identifier la nature de cette relation.

Cederborg et Snobohm (2016), ont examiné empiriquement la relation entre le PIB par habitant et les émissions de CO2 par habitant, afin d'identifier les canaux à travers lesquels

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

peut influencer la dégradation de l'environnement. L'étude est menée sur un panel de 69 pays industrialisés et 45 pays pauvres, ayant différents points de vue sur l'impact possible de la croissance économique et de la dégradation de l'environnement, l'impact de cette relation est toutefois différent. Le résultat empirique de l'étude en panel implique qu'il existe une relation entre le PIB par habitant et les émissions de dioxyde de carbone par habitant, ce qui veut dire que la croissance par habitant entraîne une augmentation des émissions de CO₂, cependant l'absence du point tournant signifie que les émissions ne commencent à diminuer que pour un PIB suffisamment élevé. Selon ce résultat, le mécanisme de l'économie de marché ne permet pas la réduction des émissions de CO₂, et une réglementation légale est donc nécessaire pour éviter une nouvelle dégradation.

Par ailleurs, Lacheheb et al. (2015) ont examiné l'existence ou pas de l'hypothèse environnementale de Kuznets (CEK) entre la croissance et les émissions de CO₂ en Algérie pour la période de 1971-2009 à l'aide du modèle ARDL. Leurs résultats révèlent l'absence de l'hypothèse de (CEK). En outre, la relation de long terme montre que le revenu et la population semble avoir un impact positif et significatif sur les émissions de CO₂.

Aung et al. (2017) ont étudié la relation, à court et à long terme, entre le PIB en tant qu'indicateur de croissance économique et les émissions de CO₂ en tant qu'indicateur de pollution de l'environnement au Myanmar, à l'aide de séries chronologiques annuelles couvrant la période de 1970-2014. Les résultats empiriques indiquent qu'il existe une relation à long et à court terme entre les émissions de CO₂ et le PIB et qu'il n'y'a donc aucune preuve pour confirmer l'hypothèse (CEK) au Myanmar.

Cherni et Jouini, (2017) ont analysé la relation entre l'émission de CO₂, la consommation d'énergie renouvelable et le produit intérieur brut pour la Tunisie en utilisant le modèle ARDL. Les résultats empiriques montrent l'existence d'une relation bidirectionnelle entre les énergies renouvelables et la croissance économique.

Bouznit, (2017) s'est penché sur la question de la nature de la relation entre la croissance économique, la consommation des énergies fossiles et les émissions de CO₂ au sein des pays du Moyen Orient et l'Afrique du Nord pour la période (1980-2014). La méthodologie utilisée est celle d'une fonction Translog en données de panel. Les résultats obtenus montrent que le PIB par habitant influence positivement les émissions de CO₂ et qu'il existe une relation de

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

feedback entre la consommation d'énergie et le PIB par habitant, par conséquent la situation environnementale des pays s'améliore avec le niveau de croissance économique.

4.2. IDE et émission du CO2

Après que l'investissement direct étranger (IDE) a été accordé, les entreprises industrielles des pays développés où la réglementation est strictement appliquée ont déplacé leurs activités polluantes vers les pays émergents où la réglementation est faiblement respectée, cela dans le but d'en tirer un bénéfice d'où la réglementation laxiste (réglementation moins stricte, suppression de taxes), des coûts moindres et des ressources en abondance.

Inévitablement les pays en développement sont confrontés à l'IDE, ils encouragent l'investissement des sociétés et autres sur leur territoire tout en maintenant leur faible réglementation environnementale pour en tirer profit du développement économique.

L'hypothèse de havre de pollution stipule que dans les conditions de libre échange, des réglementations environnementales trop exigeantes entraîneraient un risque de délocalisation des industries les plus polluantes vers les destinations avec une politique environnementale plus laxiste.

Selon Lessard (2013), l'effet de laxisme de la réglementation environnementale est si fort qu'il devient un avantage comparatif qui amène les industries polluantes à quitter les pays industrialisés pour aller s'établir dans les pays en voie de développement. Dans sa forme modérée, appelé effet de havre de pollution, le laxisme de la réglementation n'est qu'un facteur de localisation parmi d'autres qui ensemble, déterminent la localisation des usines.

Empiriquement, Peng et al. (2011) ont étudié la relation dynamique bidirectionnelle entre la réglementation environnementale et les IDE entre 1985 et 2009 en Chine, en utilisant le modèle VAR et la méthode de décomposition de la variance. Les résultats montrent que l'impact de la réglementation environnementale sur les IDE devient de plus en plus faible à long terme, ce qui confirme l'hypothèse de havre de pollution.

Aliya et Muhamed Aminu, (2005) ont examiné l'impact de la politique environnementale sur la décision de localisation (sortie d'IDE) et également l'impact des IDE dont l'activité est polluante dans les pays d'accueil sur les émissions totales annuelles de CO2. Ils ont collecté deux types de données pour une période de onze ans (de 1990-2000). Les données relatives aux 14 pays en développement (IDE entrants) et pour onze pays développés de l'OCDE (IDE

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

sortants), en utilisant la méthode d'estimation GLS (moindres carrés généralisés). Les résultats obtenus indiquent que les IDE polluants sont positivement corrélés avec la politique environnementale dans les onze pays de l'OCDE. Mais les afflux des IDE n'ont pas été significatifs pour expliquer le niveau de la pollution et la consommation d'énergie dans les 14 pays hors OCDE. Toutes ces analyses ont révélé que plus la réglementation environnementale dans un pays est laxiste et souple, plus qu'il est probable d'attirer des capitaux d'investissement.

D'autres chercheurs se sont également intéressés à la même question dans leurs études, tels que Shahbaz et al. (2011), Ren et al. (2014) et Bakhsh et al. (2017), ils ont analysé la relation existante entre les IDE, la croissance économique et l'environnement et ont conclu que l'IDE avait un impact positif sur la croissance économique, mais pour ce qui est de l'environnement la relation demeure négative.

4.3. L'impact de l'ouverture commerciale sur l'émission de CO2

L'une des préoccupations actuelles de notre planète est la prise en compte des Catastrophes naturelles qui semblent être reliées aux changements climatiques et risquent de générer de fortes externalités négatives dommageables au bien être de la population. L'idée selon laquelle l'ouverture commerciale est l'un des plus importants déterminants de la croissance économique s'est popularisée parmi les gouvernements des pays en voie de développement.

Stiglitz, (2007) précise toutefois que l'ouverture commerciale est la situation où un pays n'oppose que de faibles barrières aux importations. Il la distingue de la libéralisation commerciale externe qui n'est autre que le processus de réduction de ces barrières.

La littérature stipule que les pays connaissant une forte croissance économique sont plus susceptibles de polluer plus, donc la relation entre l'ouverture commerciale et la qualité environnementale peut faire l'objet de plusieurs études. Les économistes sont arrivés à présenter la relation entre l'ouverture commerciale et la qualité environnementale afin de comprendre la relation entre ces deux variables, en effet il y'a trois mécanismes qui surviennent suite à une ouverture : effet d'échelle, effet de composition et effet technique.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

4.4. Relation énergies renouvelables et émission de CO2

Plusieurs études se sont intéressées au CO2 ou principal gaz à effet de serre qui est émis par les énergies fossiles. En 2021, la consommation des énergies fossiles a connu une forte tendance à la hausse, tandis que les énergies renouvelables peinent à se développer chose qui aggrave d'avantage la qualité de l'environnement.

En effet, selon MICHEL et GILLES, (2015) la production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque permettrait d'éviter le rejet d'environ 5,5 millions de tonnes de CO2 par an en 2020. Cependant, le coût de production de l'électricité éolienne, et surtout photovoltaïque, est sensiblement supérieur au prix de marché de l'électricité issue de sources fossiles. De ce fait, le développement de la production électrique à partir de ces deux énergies renouvelables n'aurait aucune chance sans qu'il ait une aide substantielle versée aux producteurs.

Des études réalisées selon le plan bleu⁹ montrent que dans les années 2000, 72% des émissions de GES méditerranéennes étaient imputables au CO2 et qui est lié à son tour à l'utilisation d'énergies fossiles. En 2025, les émissions de CO2 issues de l'utilisation d'énergie seront deux fois plus élevées qu'en 1990 selon l'Observatoire Méditerranéen de l'Energie (OME).

Selon la mise à jour de l'OME, 2007, les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) dominent l'approvisionnement énergétique à hauteur de 80% pour l'ensemble des pays méditerranéens. D'ici 2025, le poids des énergies fossiles devrait se maintenir à des niveaux équivalents. La part du charbon (fortement émetteur de CO2) résiste dans le mix énergétique en raison de son utilisation prévue pour la production d'électricité. La demande d'énergie primaire dans le bassin méditerranéen pourrait être multipliée par 1,5 entre 2006 et 2025. (Bleu, 2008).

La demande énergétique se caractérise par une croissance de la demande d'électricité beaucoup plus rapide que celle de l'énergie primaire ou de la population, elle pourrait être multipliée par 2,6 entre 2006 et 2025 dans les Pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée, notamment du fait d'un triplement des consommations en Turquie, Tunisie et Algérie et un doublement en Egypte et au Maroc. Ibid.

⁹Plan Bleu : Centres d'activités régionales du [Plan d'Action pour la Méditerranée](#) (PAM) du [Programme des Nations Unies pour l'Environnement](#) (PNUE), mis à disposition par la France depuis 1977. Le programme de travail est validé tous les deux ans par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO₂ : Généralités et Revue de littérature

Selon Charlotte, (2019) qui a effectué des comparaisons entre filières renouvelables et non renouvelables, il a trouvé que l'électricité produite à partir d'énergies fossiles génère beaucoup d'émissions de gaz à effet de serre. L'analyse de cycle de vie (ACV) de l'énergie au charbon affiche ainsi un bilan carbone de 1060 gCO₂eq/kWh¹⁰. Cela équivaut à émettre 85 fois plus de gaz à effet de serre dans l'atmosphère que l'électricité, 19 fois plus que l'électricité produite par le photovoltaïque, la production d'électricité issue de la filière éolienne est l'une des moins néfastes à l'environnement, elle n'émet pas de CO₂ directement. Néanmoins, l'électricité d'origine hydraulique est connue pour produire peu d'émission, en moyenne elle produit 6g de CO₂eq émis dans l'atmosphère pour produire 1 kWh ; tout comme l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque, une centrale nucléaire n'émet pas de CO₂ en production.

Logan et Dongkun, (1999) rapporte que le mix énergétique chinois repose essentiellement sur le charbon ainsi que sur le pétrole et la biomasse traditionnelle. Par conséquent, une augmentation des carburants moins polluants (gaz naturel) ou des énergies renouvelables serait positive. Contrairement au charbon ou au pétrole, le gaz naturel ne produit pratiquement pas de dioxyde de soufre et de particules et émet beaucoup moins de dioxyde de carbone.

CIAB, (2005) estime que la Chine pourrait réduire de 127,6 millions de tonnes ses émissions annuelles de CO₂ en gagnant 3 points d'efficacité. D'autres auteurs évaluent le montant des émissions qui pourrait être réduit grâce à la diversification du mix énergétique.

Logan et Dongkun, (1999) trouvent que si le gaz naturel représentait 9 % du mix énergétique chinois en 2020 alors les émissions de CO₂ seraient réduites de 69,7 millions de tonnes par an.

Selon Lew, (2000), réduire les émissions de carbone pourrait aussi résulter de l'utilisation des énergies renouvelables (hydroélectricité ou éolien) ou de sources d'énergie alternatives comme le méthane de houille. En effet, la Chine est dotée dans le Nord et dans le Sud-est d'excellentes ressources éoliennes et cette solution serait dans certaines régions, comme la région autonome de Mongolie intérieure, compétitive en termes de prix. D'ailleurs, ces ressources sont généralement complémentaires du charbon et des ressources hydroélectriques.

¹⁰gCO₂eq/kWh : Grammes d'équivalent CO₂ par kilowatt-heure.

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

La Chine qui génère la majorité de son électricité à partir du charbon, dispose de faibles ressources en pétrole et en gaz et souhaite rester aussi indépendante que possible en matière énergétique (Steenhof et Fulton, 2007).

Selon United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN/DESA, 2009), l'énergie est essentielle au développement économique et les ER sont essentielles pour un avenir sans changement climatique. Plusieurs chercheurs ont mis l'accent sur la capacité des ER à réduire les émissions de GES.

Amponsah et al. (2014) présentent une revue détaillée de la littérature concernant l'analyse du cycle de vie des émissions de GES provenant des ER (79 études sont examinées). Les résultats montrent clairement que les émissions de GES à partir des énergies fossiles sont beaucoup plus élevées que celles émises par les sources d'ER. Ils ont constaté également que la technologie éolienne offshore émet le niveau le plus bas d'émissions de GES.

Sapkota et al. (2014) traitent les impacts positifs de l'utilisation de certaines ER (comme le biogaz, la micro-hydroélectricité et l'énergie solaire) dans les communautés rurales du Népal. Cette étude utilise le modèle LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning). Les résultats de ce modèle montrent que l'utilisation de la microhydroélectricité pour les 20 prochaines années permettra de réduire les émissions de CO2 de 2553 millions de tonnes (Mt).

Shafiei et Salim, (2014) essayent d'explorer les principales causes des émissions de CO2. Ils ont utilisé un modèle STIRPAT basé sur des données des pays de l'OCDE de 1980 jusqu'à 2011. Les résultats empiriques montrent que la consommation d'ER diminue les émissions de CO2 alors que la consommation d'énergie conventionnelle augmente les émissions de CO2.

Yadoo et Cruickshank (2012) ont utilisé des indicateurs de durabilité afin d'étudier le rôle des mini-réseaux des ER (au Népal, au Pérou et au Kenya) dans l'atténuation du changement climatique et la réduction de la pauvreté.

Creutzig et al. (2014) se sont intéressés aux ER en Europe. Ils estiment que la transition vers un système énergétique basé sur les ER peut atténuer, en même temps le changement climatique et la crise de dette de la zone euro. Afin de favoriser la transition vers les ER, ils suggèrent, en plus des cadres politiques propres à chaque pays, une grande coordination entre les politiques des États membres. Par conséquent, l'utilisation des ER n'est pas seulement un

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

chemin vers l'atténuation du changement climatique, mais elle est aussi un moyen pour réaliser des avantages socio-économiques.

4.5. Relation énergies renouvelables, croissance économique et émission de CO2

Chen et al. (2019) explorent les effets de la croissance économique, de la consommation d'énergie renouvelable et de la consommation d'énergie non renouvelable sur les émissions de CO2 en testant l'hypothèse de la Courbe environnementale de Kuznets au niveau régional en Chine pour la période de 1995 à 2012. L'étude s'est basée sur un ensemble de données de panel provinciales équilibrées, les résultats empiriques suggèrent que l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale en forme de U inversé n'est pas soutenue dans quelques régions étudiées, les énergies non renouvelables (ENR) ont un effet positif sur les émissions de CO2, cependant les énergies renouvelables (ER) ont un impact négatif sur l'émission de CO2. Les tests de causalité du panel ont également montré que la direction de la causalité à court et à long terme était mixte entre les régions. Il y avait des causalités bidirectionnelles entre ER, les émissions de CO2 et la croissance économique à long terme.

Farhania et al. (2014) ont étudié la relation dynamique entre les émissions de CO2, le PIB, la consommation d'énergie et le commerce en utilisant l'approche de test des limites de la cointégration et la méthodologie ARDL pour la Tunisie durant la période de 1971 à 2008. Les résultats empiriques révèlent l'existence de deux relations causales à long terme entre les variables étudiées. Il existe trois relations de causalité unidirectionnelle au sens de Granger, qui vont du PIB, du PIB au carré et de la consommation d'énergie aux émissions de CO2.

Cai et al. (2018) ont examiné le lien entre la consommation d'énergie propre, la croissance économique et les émissions de CO2 dans les pays du G7. La méthodologie adoptée est basée sur le bootstrap ARDL avec ruptures structurelles. Aucune cointégration n'a été trouvée entre le PIB réel par habitant, la consommation d'énergie propre et les émissions de CO2 au Canada, en France, en Italie, aux États-Unis et au Royaume-Uni. Cependant, la cointégration existe en Allemagne lorsque le PIB réel par habitant et les émissions de CO2 servent de variables dépendantes. En ce qui concerne les résultats du test de causalité, la consommation d'énergie propre cause le PIB réel par habitant pour le Canada, l'Allemagne et les États-Unis et que les émissions de CO2 causent la consommation d'énergie propre pour l'Allemagne. En outre, des rétroactions entre la consommation d'énergie propre et les émissions de CO2 ont été observées pour l'Allemagne, et une causalité unidirectionnelle allant de la consommation

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

d'énergie propre aux émissions de CO2 pour les États-Unis. Cette étude a des implications politiques importantes pour les pays du G7 qui mènent une stratégie d'utilisation efficace de l'énergie pour réduire les émissions de CO2.

Cherni et Jouini (2017) examinent la relation entre les émissions de CO2, la consommation d'énergie renouvelable (RENEC) et la croissance économique en Tunisie via un modèle Autoregressive Distributed Lag (ARDL), l'objectif est de savoir dans quelle mesure les énergies renouvelables peuvent être utilisées comme une alternative aux énergies conventionnelles, qui sont très connues par leurs fortes émissions de gaz à effet de serre, en utilisant des tests de causalité de Granger pour vérifier la relation d'équilibre à court et à long terme et de déterminer la direction de la causalité entre ces trois variables pour l'économie tunisienne. Les résultats révèlent que pour le produit intérieur brut (PIB), les émissions de CO2 et le RENEK sont stables à long terme. Cependant, les tests de causalité de Granger indiquent une relation bidirectionnelle entre le PIB et les émissions de CO2 ainsi qu'entre RENEK et le PIB mais aucune relation entre les émissions de CO2 et RENEK. Ainsi, pour réussir un projet de transition énergétique et bénéficier d'impacts positifs sur la croissance économique et la protection de l'environnement, une stratégie appropriée encourageant l'utilisation des énergies renouvelables devrait être adoptée.

L'étude de Emir et Bekun (2018) examine empiriquement la relation entre l'intensité énergétique, les émissions de carbone, la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique pour le cas de la Roumanie entre 1990 et 2014 sur une base trimestrielle, ils utilisent un modèle ARDL (autoregressive distributive lag) pour la cointégration et étudient la causalité. Les résultats empiriques révèlent une cointégration entre les variables étudiées et une causalité en retour entre l'intensité énergétique et la croissance économique, tandis que la causalité unidirectionnelle va de la consommation d'énergie renouvelable à la croissance économique, cette étude affirme l'hypothèse d'une croissance tirée par l'énergie.

Bekun et al. (2019), examinent l'interaction à long terme et causale entre la consommation d'énergie renouvelable, la consommation d'énergie non renouvelable et la croissance économique dans une fonction carbone. Les résultats empiriques sont basés sur des données de panel équilibrées durant la période de 1996 à 2014 pour certains pays de l'UE. Le test de Kao révèle une cointégration entre les émissions de dioxyde de carbone, la croissance

Chapitre 01 : Consommation d'énergie et émissions de CO2 : Généralités et Revue de littérature

économique, la rente des ressources naturelles, la consommation d'énergie renouvelable et non renouvelable. Le résultat du PMG-ARDL confirme la relation positive et significative entre la rente des ressources naturelles des pays et les émissions de CO2 à long terme. Cette étude affirme que la consommation d'énergie non renouvelable et la croissance économique augmentent les émissions de carbone alors que la consommation d'énergie renouvelable diminue les émissions de CO2.

Conclusion

Lors de ce chapitre, nous avons exploré plusieurs travaux et études empiriques qui ont été réalisées dans le but de déterminer les facteurs qui contribuent le plus aux émissions de CO2. De ce fait, on a conclu que la principale source de pollution atmosphérique est la consommation d'énergies fossiles. En outre, l'encouragement des investissements directs étrangers (IDE) et l'ouverture commerciale peuvent avoir également un effet négatif sur la qualité de l'environnement. Les énergies renouvelables peuvent être une solution clé pour la réduction des émissions de CO2 et la préservation de l'environnement car ses avantages sont nombreux et ont un réel impact environnemental lors de la transition énergétique.

***Chapitre 2 : Analyse
descriptive comparative des
grandeurs macroéconomiques
des pays du « MENA »***

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Introduction

« MENA » est un acronyme utilisé pour désigner une région du monde comportant l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient avec sa diversification, affectée par des transformations économiques et politiques. Elle bénéficie d'une situation géographique privilégiée avec l'accès à de grands marchés, une population jeune et de plus en plus éduquée; et des avantages comparatifs dans plusieurs secteurs tels que l'industrie, les énergies renouvelables et le tourisme.

On dit souvent que la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord est le poumon du marché international de l'énergie puisqu'elle abrite plus de 52 et de 42 % des réserves mondiales de pétrole et de gaz respectivement. Elle assure aussi plus de 36 et de 20 % de la production mondiale de pétrole et de gaz. Mais la région MENA est également une grande consommatrice d'énergie et d'intensité énergétique, elle abrite les pays les moins respectueux de l'environnement au monde spécialement le secteur de l'électricité où la part du pétrole dans la production d'électricité dépasse les 50 % (Cheraghlou, 2020).

Dans ce chapitre nous allons faire une étude comparative des grandeurs macroéconomiques des cinq pays appartenant à la région MENA ; à savoir : l'Algérie, l'Egypte, le Maroc, la Turquie et l'Iran.

Premièrement, nous allons aborder l'évolution de la population et du PIB ainsi que l'évolution de la consommation des énergies fossiles, des émissions de CO₂ et des énergies renouvelables dans les cinq pays sélectionnés. Deuxièmement, nous allons aborder les mesures nécessaires prises pour diminuer les émissions de CO₂ et ce qui a été prévu dans ce cas pour l'avenir.

1. Evolution de la population

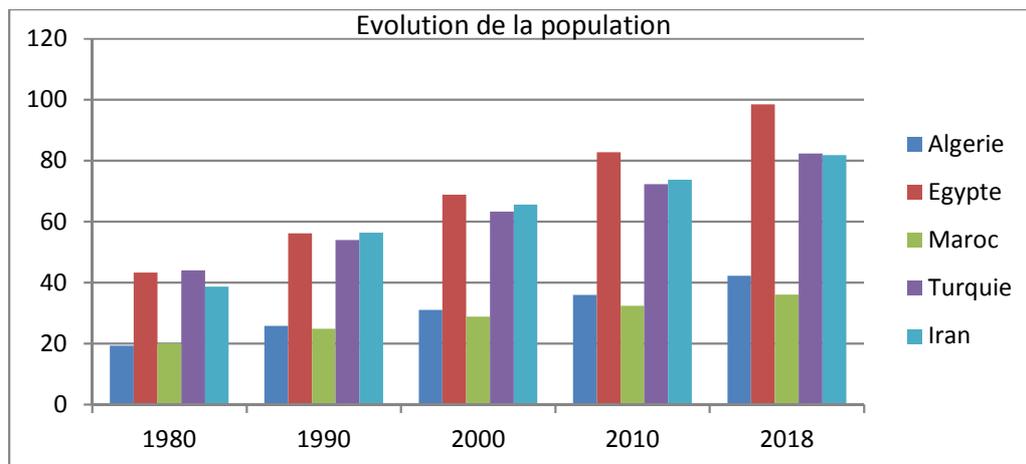
Tableau 1 : Evolution de la population des cinq pays du MENA (1980-2018) (en millions)

Population	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	19,2217	25,7589	31,0422	35,9775	42,2284
Egypte	43,3091	56,1345	68,8316	82,7612	98,4236
Maroc	19,99	24,8075	28,7937	32,3434	36,0291
Turquie	43,976	53,9218	63,2402	72,327	82,3401
Iran	38,6502	56,3662	65,6234	73,7625	81,8002

Source: Pen World Table 10.0

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Figure 5: Evolution de la population des cinq pays du MENA (1980-2018)



Source: Etabli par les auteurs à partir des données de Pen World Table 10.0

Ces pays ont connu une évolution de leur population au fil des années; L’Egypte, la Turquie et l’Iran sont des pays à forte croissance démographique, en 2018 ils sont les plus peuplés avec chacun 80 millions d’habitants ou plus, ce qui représente environ 52 % de la population totale de la région de MENA suivie par l’Algérie et le Maroc avec une population de 42 et de 30 millions d’habitants respectivement.

2. Evolution du PIB par habitant

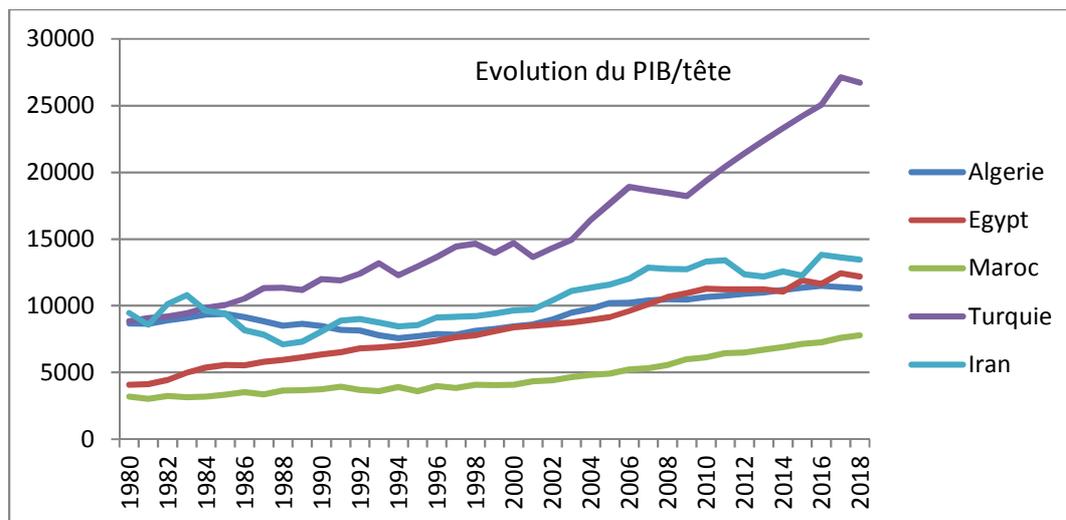
Tableau 2: Evolution du PIB/tête des cinq pays MENA (1980-2018) (2017 US\$)

PIB/tête	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	8660,68038	8490,96817	8456,13391	10650,3787	11302,2989
Egypte	4083,85305	6341,34089	8381,17957	11275,5373	12192,1978
Maroc	3183,04152	3741,25567	4073,59943	6140,91283	7779,18405
Turquie	8854,23868	11999,2656	14703,4323	19356,5335	26718,4519
Iran	9451,38706	8066,37666	9664,40325	13324,0603	13447,3999

Source: Pen World Table 10.0

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Figure 6: Evolution du PIB/tête des cinq pays MENA (1980-2018)



Source: Etabli par les auteurs à partir des données de Penn World Table 10.0

Il ressort du tableau et de la figure ci-dessus que les PIB par habitant des cinq pays du MENA ont connu une tendance à la hausse au cours de la période 1980-2018.

La Turquie a le PIB par habitant le plus élevé, il est estimé à 26718\$ en 2018 sachant que ce pays est considéré comme le pays de la région MENA le plus développé. Cependant, le PIB par habitant de l'Algérie, de l'Egypte, du Maroc, et de l'Iran est passé de 8660, 4083, 3183 et 9451\$ en 2018 à 11302, 12192, 7779 et 13447\$ respectivement.

3. Evolution de la consommation des énergies fossiles

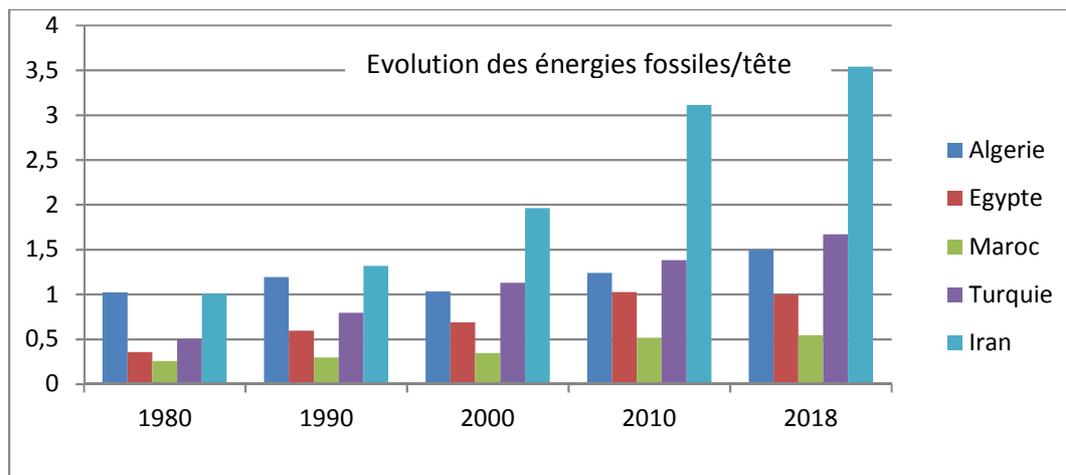
Tableau 3: Evolution des énergies fossiles/tête dans les cinq pays du MENA

Fossiles/tête	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	1,02205424	1,19149304	1,03338649	1,23860774	1,49659637
Egypte	0,3575341	0,59302408	0,68734259	1,02690754	0,99647615
Maroc	0,25610115	0,29582727	0,34420984	0,51539943	0,5459709
Turquie	0,50350873	0,79368048	1,12775402	1,38182117	1,66921949
Iran	1,00810319	1,31897609	1,9606939	3,11226978	3,53866983

Source : Pen World Table 10.0

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Figure 7: Evolution des énergies fossiles/tête dans les cinq pays MENA



Source : Etabli par les auteurs à partir des données de Pen World Table 10.0.

Les ressources énergétiques; dont l'énergie fossile, de la région du MENA occupent une place de premier plan dans son développement socio-économique. Les hydrocarbures sont le premier poste d'exportation de la région et sa principale source de devises.

Une augmentation de la consommation des énergies fossiles entre 1980 et 2018 est nettement remarquable spécialement dans les deux dernières décennies pour l'ensemble des pays étudiés.

Par ailleurs, la région MENA est le seul territoire offrant un pétrole bon marché en abondance (son sous-sol recèle 48 % des réserves mondiales) et du gaz naturel en quantité (41 % des gisements du monde, pour la majorité situés en Iran, au Qatar et en Arabie saoudite). Cela explique la consommation énorme d'énergies fossiles dans les deux dernières décennies pour l'Iran.

Pour la Turquie, les énergies fossiles ont encore compté pour 83% la consommation énergétique en 2018. La production turque d'énergie, qui a couvert 31% de la consommation nationale en 2019, provient essentiellement du charbon (la moitié de la consommation est fournie par la production locale) et des énergies renouvelables (hydraulique, géothermie, etc.).

L'Egypte est le deuxième plus gros consommateur d'électricité du continent africain et producteur historique de gaz et de pétrole, il se repose largement sur les combustibles fossiles pour sa production d'électricité ce qui occupe 90.9% du mix national (La production d'électricité d'origine renouvelable, 2013).

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Les énergies fossiles en Algérie représentent plus de 90% des exportations et plus de deux tiers de ses recettes fiscales (Ludovic Dupin, 2016). Le gaz naturel et le pétrole représentent la quasi-totalité de la consommation totale d'énergie primaire en Algérie (RCREEE, Algérie, 2020).

Au Maroc, les énergies fossiles représentent environ 68% de la puissance installée. Bien que le Maroc produise une part du pétrole et du gaz naturel nécessaire à sa consommation intérieure, la majorité de ses besoins en combustibles fossiles doit être importée (RCREEE, Maroc, 2020).

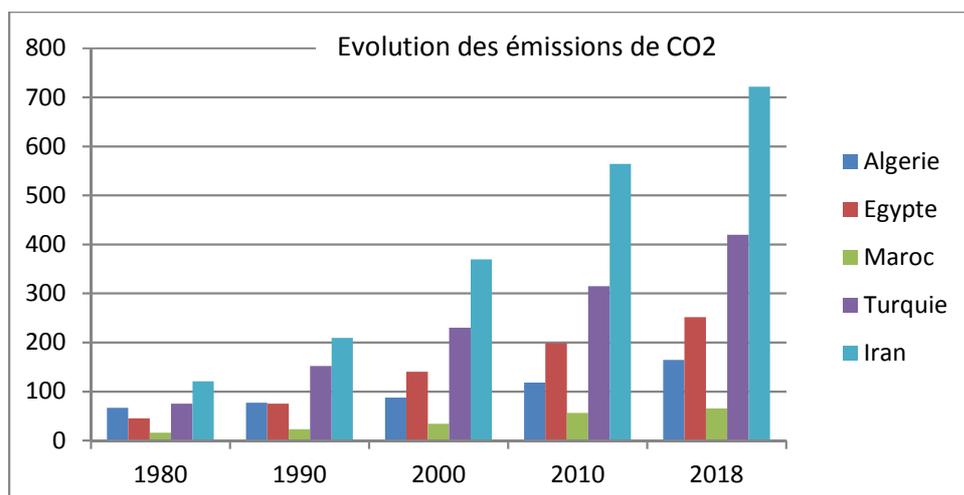
4. Evolution des émissions du CO2

Tableau 4: Evolution des émission de CO2 dans les cinq pays MENA.

Emission de CO2	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	66,416	76,737	87,443	117,814	164,309
Egypte	45,176	75,219	140,348	198,808	251,461
Maroc	15,915	22,528	33,61	56,27	65,367
Turquie	75,212	151,508	229,791	314,38	419,195
Iran	120,564	209,238	369,263	564,035	755,402

Source : Global Carbon Project

Figure 8: Evolution des émissions de CO2 dans les cinq pays MENA



Source : Etabli par les auteurs à partir des données de Global Carbon Project

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

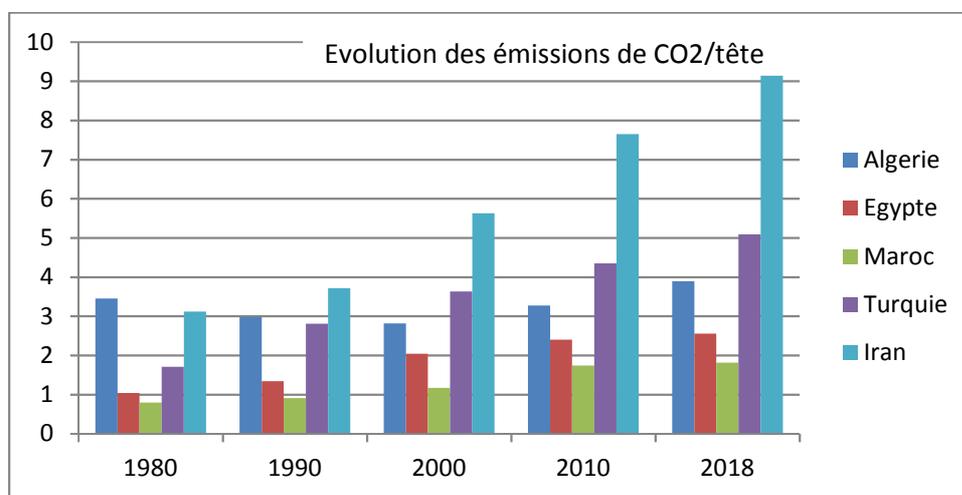
4.1. Evolution des émissions de CO2/tête

Tableau 5: Evolution des émissions de CO2/ tête dans les cinq pays MENA

CO2/tête	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	3,4552615	2,97904802	2,81690731	3,27465777	3,89095964
Egypte	1,04310641	1,33997809	2,03900534	2,40218847	2,55488521
Maroc	0,79614807	0,90811247	1,16726923	1,73976762	1,81428345
Turquie	1,71029653	2,80977267	3,63362228	4,34664786	5,09101884
Iran	3,1193629	3,71211826	5,62700195	7,64663616	9,2347207

Source : Global Carbon Project

Figure 9: Evolution des émissions de CO2/tête dans les cinq pays MENA.



Source : Etabli par les auteurs à partir des données de Global Carbon Project

Toutes les énergies fossiles (pétrole, gaz, houille et charbon) sont riches en carbone, qui est libéré lors de leur combustion sous forme de CO₂. Cette combustion est responsable de plus de 80 % des émissions de CO₂ dans le monde. C'est pour cela que de 1980 jusqu'à 2018 l'évolution de l'émission de CO₂ par tête de ces cinq pays varie de la même manière que l'évolution des énergies fossiles. L'Iran est toujours en tête suite à sa consommation énorme d'énergies fossile spécialement entre les années 2000 et 2018.

De ce fait, nous pouvons aussi dire qu'il existe une forte relation entre le PIB et les émissions de CO₂ car la production de biens et de services nécessite de l'énergie, historiquement alimentée par les énergies fossiles.

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

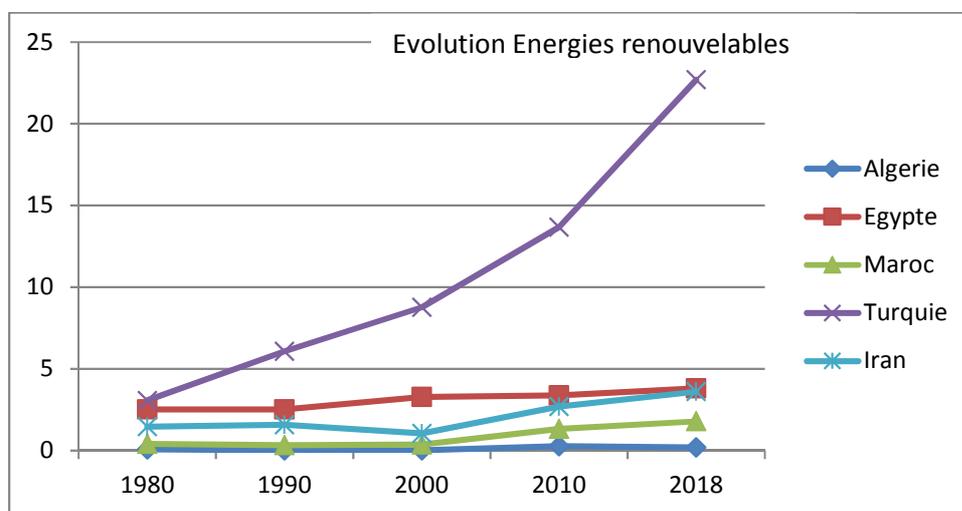
4.2. Evolution de la consommation des énergies renouvelables

Tableau 6: Evolution des énergies renouvelables dans les cinq pays MENA.

Energies renouvelables	1980	1990	2000	2010	2018
Algérie	0,0756571	0,025219	0,025219	0,2774092	0,2017522
Egypte	2,521902	2,521902	3,278473	3,379349	3,808072
Maroc	0,4035043	0,3278473	0,3782853	1,336608	1,790551
Turquie	3,076721	6,077784	8,776219	13,66871	22,69712
Iran	1,462703	1,588798	1,059199	2,698435	3,60632

Source: Database of U.S. Energy Information Administration (EIA, 2019).

Figure 10: Evolution des énergies renouvelables dans les cinq pays MENA



Source : Etabli par les auteurs à partir des données de Data base of U.S. Energy Information Administration (EIA, 2019).

La Turquie est connue par sa forte croissance démographique et économique ce qui l'a mené à une forte croissance en termes d'énergie renouvelables. La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables a par ailleurs quasiment triplé au cours de la dernière décennie.

Selon Schalck (2011), La Turquie a une position particulière à deux niveaux dans le domaine énergétique: premièrement, la consommation énergétique est l'une des plus dynamiques au monde : elle devrait augmenter de 4,3% par an jusqu'en 2020 alors que la consommation énergétique mondiale n'augmenterait que de 2,6% par an. La Turquie arrive donc en deuxième position après la Chine en ce qui concerne l'augmentation de la consommation de gaz naturel et d'électricité. La deuxième particularité de la Turquie est

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

qu'elle devient le centre de transit et d'approvisionnement de l'Europe, notamment par la construction de gazoducs¹¹ et d'oléoducs¹².

Pour L'Egypte, les filières renouvelables sont pour leur part encore minoritaires dans le paysage énergétique égyptien quoi que la principale d'entre elles est l'hydroélectricité qui a compté pour près de 7.2% de la production électrique du pays en 2016 (Appert et al. 2018). La production est fournie par les sources renouvelables 9.1% qui ont un potentiel exceptionnel, mais encore trop peu exploitées.

L'Iran bénéficie de la quatrième plus grande réserve de pétrole et de la deuxième plus grande réserve (en termes d'offre) de gaz naturel dans le monde. Elle est assurément un géant mondial dans le domaine des hydrocarbures. Néanmoins, les décideurs iraniens montrent un intérêt toujours grandissant pour les sources d'énergies renouvelables, et ce en vue d'améliorer la sécurité énergétique, de réduire la dépendance interne aux hydrocarbures, et de répondre à la croissance prévue de la demande en électricité. La réalisation de ces objectifs est souhaitable et surtout réaliste, car le pays possède une topographie avantageuse pour ce qui concerne l'exploitation de ce type d'énergies (Pourmazaheri, 2017).

Au Maroc le développement des énergies renouvelables est un point essentiel dans leur politique, ils visent à économiser 12% de la consommation d'énergie en 2020 et 15% en 2030. Suite à l'énorme potentiel dont dispose le Royaume, la construction d'un bouquet énergétique diversifié avantageant les énergies renouvelables est prévue pour satisfaire la demande croissante en électricité, préserver l'environnement et réduire leur dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur, ceci selon le Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Économie Verte et Numérique, 2021.

Selon le ministère de l'énergie et des mines, l'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux pour le développement des énergies renouvelables qui a été adopté par le Gouvernement en février 2011 et révisé en mai 2015, mais leur utilisation reste très faiblement exploitée. Et jusqu'à présent 3.39% seulement de la puissance installée de l'énergie est issue de sources renouvelables, hydraulique et solaire.

¹¹ Gazoduc : Canalisation qui transporte du gaz naturel sur de très longues distances.

¹² Oléoduc : Canalisation destinée au transport du pétrole brut ou raffiné.

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

5. Les mesures prises pour une transition vers les énergies renouvelables

5.1. L'accord de paris

L'accord de Paris est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par 196 parties lors de la COP 21 à Paris, le 12 décembre 2015 et entré en vigueur le 4 novembre 2016. Son objectif est de limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à 2, de préférence à 1,5 degré Celsius, par rapport au niveau préindustriel. Pour concrétiser cet objectif de température à long terme, les pays visent à atteindre le plus rapidement possible le pic mondial des émissions de gaz à effet de serre afin de parvenir à un monde climatiquement neutre d'ici le milieu du siècle (United Nations Climate Change, 2021).

L'Accord de Paris est un jalon dans le processus multilatéral de lutte contre le changement climatique car, pour la première fois, un accord contraignant réunit toutes les nations autour d'une cause commune afin d'entreprendre des efforts ambitieux pour lutter contre le changement climatique et s'adapter à ses effets.

La mise en œuvre de l'Accord de Paris exige une transformation économique et sociale, fondée sur les meilleures données scientifiques disponibles, il fonctionne sur un cycle de 5 ans d'actions climatiques de plus en plus ambitieuses menées par chaque pays.

Selon la Banque Mondiale, (2015) d'ici la fin de 2020, 16 pays appartenant à la région de MENA doivent soumettre leurs plans d'action climatique, appelés contributions nationales déterminées (NDC). La plupart ont défini deux objectifs de réduction des émissions : un objectif « inconditionnel » que le pays devra atteindre avec ses propres ressources, et un objectif « conditionnel » dont la réalisation dépendra de l'aide financière et technologique extérieure.

Selon United Nations Climate Change (2021), l'Accord de Paris fournit un cadre pour le soutien financier, technique et de renforcement des capacités aux pays qui en ont besoin. Bien que les mesures de lutte contre les changements climatiques doivent être massivement renforcées pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, les années qui se sont écoulées depuis son entrée en vigueur ont déjà donné naissance à des solutions à faible intensité de carbone et à de nouveaux marchés. De plus en plus de pays, de régions, de villes et d'entreprises se fixent des objectifs de neutralité carbone. Les solutions à zéro carbone deviennent compétitives dans des secteurs économiques représentant 25 % des émissions.

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Cette tendance est particulièrement visible dans les secteurs de l'électricité et des transports et a créé de nombreuses nouvelles opportunités commerciales. D'ici 2030, les solutions zéro carbone pourraient être compétitives dans des secteurs représentant plus de 70% des émissions mondiales.

5.2. Transition énergétique et promotion des énergies renouvelables dans cinq pays du MENA

✓ Algérie

A l'instar de tous les pays du monde et au gré des mutations géostratégiques et environnementales sous l'impératif des engagements internationaux, l'Algérie a initié une démarche de transition énergétique depuis plusieurs années, sur la base concertée, dans le but de garantir la sécurité énergétique du pays et d'améliorer les conditions de vie du citoyen Algérien.

Il reste que l'Algérie recèle en termes de transition énergétique, un passif énergétique exclusivement conventionnel avec une économie fortement dépendante des énergies fossiles. Ce pays dispose d'un énorme potentiel d'énergie renouvelable, il possède un fort potentiel solaire, avec plus de 3000 heures d'ensoleillement par an. Cependant, les combustibles fossiles restent la principale source d'énergie exploitée, le pays est le troisième plus grand émetteur de CO₂ en Afrique, il se repose presque exclusivement sur les combustibles fossiles à 99,2% pour répondre aux besoins croissant d'électricité de sa population. Les énergies renouvelables n'occupent donc qu'une faible partie du mix électrique nationale 0,8% et leur production est partagée entre la filière hydraulique et la filière solaire photovoltaïque, l'Algérie est particulièrement vulnérable au changement climatique (Hasni, Malek et Zouioueche, 2021).

Continuer sur cette voie ne garantit en aucun cas une économie durable, une préservation de ressources naturelles et de l'environnement, ce qui nous contraint à changer de paradigme en termes de gestion des ressources énergétiques, pour aller vers une approche de développement durable.

Plusieurs mesures ont été prises pour le basculement vers les énergies renouvelables telles que :

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

- La réglementation : Le cadre législatif est conçu pour encourager les investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique pour protéger l'environnement.
- Les aides financières : Le gouvernement Algérien contribue au développement de nouvelles capacités par le biais du NFREC qui a pour objectif l'amélioration de la gestion de l'énergie, un prélèvement fiscal de 1% sur les revenus pétroliers, et des taxes sur la consommation d'énergie payées par les utilisateurs d'énergie.
- Les tarifs d'achat : Ils sont utilisés pour couvrir les coûts supplémentaires découlant de la production d'électricité produite à partir des énergies renouvelables, le producteur d'ER bénéficie d'une prime pour chaque kWh produite, commercialisée ou consommée. La valeur de la prime est liée au type et au pourcentage des sources d'énergies renouvelables utilisées pour la production d'électricité.
- Les incitations fiscales : les Algériens et les étrangers peuvent investir librement dans tous les domaines, et ils peuvent bénéficier du même traitement en termes d'aides incitatives.
- Les appels d'offres et enchères : le régime d'appel d'offres nouvellement promulgué est destiné à devenir la procédure standard pour le lancement de projets d'ER en Algérie dans les années à venir (Bouznit, Pablo et Sánchez, 2020).

Alors que l'Algérie disposait de ressources financières importantes, nous avons constaté que l'accès aux capitaux et aux crédits était très compliqué, pour ne pas dire impossible pour certains investisseurs privés, les financements n'allaient qu'aux très grands projets dans les énergies fossiles, les financements extérieurs étaient interdits sous prétexte qu'ils endetteraient l'état.

Le Ministère de l'Énergie a confié à la seule Sonelgaz le soin de réaliser les projets ER. Les engagements pris lors de la COP 21 n'ont pas du tout été respectés. Les externalités, comme la pollution de l'environnement ou le changement climatique, les coûts sanitaires, l'impact sur la sécurité énergétique n'ont pas été pris en compte. Ceci entraîne bien une distorsion dans la comparaison des coûts entre les ER et les énergies fossiles.

Le manque de stratégie économique, ne permet pas de comprendre que la seule voie acceptée actuellement par les financiers et les investisseurs reste le développement durable et l'économie verte décarbonée. Il est clair que la crise sanitaire (covid-19) n'a fait que révéler les limites du développement économique actuel. Le manque de volonté politique et le

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

manque de conviction de la Sonelgaz, chargée de la réalisation du programme d'ER alliés à une divergence d'intérêts, ont fini par faire échouer tous les programmes ER.

L'Algérie manque de ressources humaines adaptées à la nouvelle vision du développement économique durable. Les écoles et instituts de formations spécialisés pour ingénieurs et techniciens spécialisés en énergies fossiles ou en énergies renouvelables ont été éliminés (Hasni, Malek et Zouiouche, 2021).

✓ Egypte

L'Égypte dispose d'importantes ressources en hydrocarbures, mais sans rivaliser avec les principaux producteurs mondiaux. Le pays est très dépendant des hydrocarbures pour sa production d'électricité.

Selon l'Agence française de développement (2020), l'Égypte a lancé en 2014 une réforme ambitieuse de la modernisation du secteur de l'énergie qui s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la contribution nationale égyptienne contre le changement climatique présentée lors du Forum COP21. Il autorise l'importation de charbon pour la génération d'électricité par l'industrie en dépit des critiques (effets nocifs sur la santé et l'environnement), puis la construction de centrale à charbon alimentant le réseau national. Cela a conduit à la stratégie intégrée pour l'énergie durable à l'horizon 2035, qui implique :

- La suppression progressive du régime de subventions à l'énergie non renouvelable.
- La diversification du mix électrique, avec une part de plus en plus croissante d'énergies renouvelables (42 % d'ici 2035).
- Une meilleure gouvernance sectorielle, avec une libéralisation progressive du marché de l'électricité.
- L'application et la promotion de l'efficacité énergétique comme objectif transversal.

Selon les estimations plus ambitieuses de l'Irena¹³ scénario dit « Remap »¹⁴, la part des énergies renouvelables pourrait dès 2030 être portée à 53% de la production d'électricité et à

¹³Irena : Agence internationale pour les énergies renouvelables est une organisation intergouvernementale fondée en 2009, dont la mission est la promotion des énergies renouvelables à l'échelle mondiale.

¹⁴Dans son scénario « Remap », l'Irena envisage une trajectoire de développement alternative basée sur un fort soutien aux énergies renouvelables.

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

22% de la consommation finale d'énergie du pays, tout en réduisant la facture énergétique nationale et en bénéficiant d'externalités positives en matière d'environnement et de santé publique. L'Irena considère notamment que le potentiel de la biomasse est très sous-estimé dans la stratégie égyptienne (Appert et al. 2018).

Bien que l'Égypte soit encore très dépendante des combustibles fossiles, il montre une volonté de développer les énergies renouvelables à grande échelle. Il est cependant à craindre que les troubles politiques vont créer un climat d'incertitude sur le monde des affaires, ce qui va retarder un certain nombre de projets.¹⁵

✓ Maroc

D'après le Ministère de l'énergie, des mines et de l'environnement (2019), le Maroc mène une stratégie ambitieuse dans le secteur énergétique s'engageant dans des projets visant le développement de ce secteur d'une valeur de 40 milliards de dollars à l'horizon 2030, dont 30 milliards consacrés aux énergies renouvelables. La transition énergétique au Maroc a commencé à porter ses fruits, la part de l'éolien et du solaire dans la puissance électrique installée, qui n'était que de 2% début 2009, a atteint 13% en 2016.

Selon Appert et al. (2019), le Maroc qui a accueilli la COP22 à Marrakech fin 2016 s'est engagé dans le cadre des accords de Paris à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 42% d'ici 2030. Il accorde un grand intérêt à la formation dans le domaine des énergies renouvelables, avec le développement d'un réseau de centres de formation dans les métiers des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

La mise en œuvre de la nouvelle stratégie énergétique au Maroc s'appuie sur trois axes d'accompagnement d'ordre institutionnel et juridique :

→ Depuis 2009 un corpus de lois et de textes législatifs et réglementaires ont été établis pour servir de base à la mise en œuvre de la nouvelle stratégie énergétique et de doter le secteur d'une bonne gouvernance, par exemple comme le dispose la Loi 13-09 relative aux énergies renouvelables (Ouverture de la production à la concurrence, Accès au réseau électrique, Exportation d'électricité verte, Construction de ligne directe pour l'export).

→ Pour soutenir la stratégie énergétique nationale un fond dédié doté de 1 milliard de USD a été créé comme appui financier (Arabie Saoudite 500 M\$, Emirats Arabes – Unis 300 M\$, Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social 200 M\$). La grande majorité

¹⁵La production d'électricité d'origine renouvelable, Égypte, p 271

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

des investissements du secteur sera réalisée dans le cadre de la production concessionnelle par le secteur public, les investisseurs privés locaux et les investisseurs étrangers.

Le secteur bancaire national, qui contribue déjà largement au financement des projets énergétiques, a manifesté sa ferme volonté de participer à la réalisation des projets programmés. L'objectif de cet appui financier est de renforcer et de préserver les capacités de production à partir des sources énergétiques locales et notamment renouvelables, apporter un appui financier aux projets d'efficacité énergétique et de soutenir les entreprises de services énergétiques.

→ Structure de mise en œuvre, par la création d'organismes pour accompagner et faciliter la mise en œuvre de la stratégie énergétique nationale, en 2010 deux organismes ont été créés; MASEN (Moroccan Agency for Solar Energy) qui a pour objet la réalisation d'un programme de développement de projets intégrés de production d'électricité à partir de l'énergie solaire, d'une capacité totale minimale de 2000 MW et qui a pour mission la conception de projets de développement solaire intégrés, l'élaboration des études techniques économiques et financières pour la qualification des sites, la conception la réalisation et l'exploitation des projets solaires, recherche et mobilisation des financements nécessaires à la réalisation et à l'exploitation des projets solaires, réalisation des infrastructures de raccordement des centrales, promotion du programme auprès des investisseurs nationaux et étrangers.

La Société d'Investissements Energétiques (SIE) qui est dotée de 1 Md Dh provenant des Fonds de Développement Énergétique (FDE) a comme mission l'accompagnement du plan national de développement des énergies renouvelables, investir dans des projets de capacité de production énergétique, de valorisation des ressources énergétiques renouvelables et de renforcement de l'efficacité énergétique (Ministère de l'énergie, des mines et de l'environnement, 2012).

✓ Turquie

La Turquie est un pays qui joue déjà un rôle majeur dans le transport du pétrole brut à travers le port clé de Ceylan sur la mer méditerranée. Elle va permettre à l'UE de se doter d'une nouvelle source d'approvisionnement en gaz en provenance de la mer caspienne. La Turquie est un acheteur de gaz russe et le partenaire futur du Turkishstream, ce qui fait que la vision de ce pays va dans deux directions : vers l'UE et la Russie (Serkan, 2019).

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

Ce pays a divers avantages et opportunités sociales, économiques, culturelles et géostratégiques grâce à son emplacement géographique. Cependant il est également situé entre le Moyen-Orient, les Balkans et le Caucase, qui sont les endroits les plus instables au monde. Cela amène à des risques géopolitiques pour la Turquie.

Au cours des quinze dernières années, le gouvernement turc a procédé à des réformes importantes dans la fourniture d'énergie. Le pays a favorisé la participation des entités privées, et a ainsi créé un marché de l'énergie encore plus concurrentiel.

La privatisation des actifs de production d'énergie et la mise en vigueur d'une stratégie visant à ouvrir la voie à davantage investissements privés ont entraîné une augmentation des parts des entités privées dans le secteur de la production d'électricité, de 32% en 2002 à 75% en 2017. Une autre mesure prise par le gouvernement turc à l'égard d'un secteur de l'énergie plus concurrentiel est la mise en place de EXIST, une société par actions spécialisée dans la fourniture d'énergie, elle sera chargée de gérer et d'exploiter les marchés de l'énergie à l'instar de l'électricité et du gaz. Le gouvernement turc s'est fixé comme priorité de porter la part des sources d'énergies renouvelables dans la capacité totale installée à un pourcentage remarquable de 30% à l'horizon de 2023 (Serkan, 2019).

Le gouvernement turc a présenté en 2016 le nouveau modèle YEKA (zone de ressource produisant une énergie renouvelable) dans le but d'assurer la mise en service du projet des énergies renouvelable afin de réduire les émissions de CO₂, accroître l'efficacité de la production et améliorer l'utilisation des technologies de gestion de déchets.

En 2017, la BERD (Banque européenne pour la reconstruction et le développement) a investi 1,9 milliards d'euros dans 51 projets en Turquie. La Turquie est désormais le principal « client » de la BERD avec plus de sept milliards d'euros d'investissements financés, la moitié des projets portaient sur une utilisation plus efficace de l'énergie et pour les énergies renouvelables (Anadolu, 2017).

Selon Adventis (2003), la Turquie est un pays très riche en énergie solaire, éolienne, hydraulique et géométrique, à l'horizon de 2023, il a pour objectif de produire au moins 30% de son électricité à partir des différentes énergies renouvelables en exploitant davantage les gisements éoliens et géométriques du pays. Selon l'Agence internationale de l'énergie, la

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

capacité de la Turquie en matière d'énergies renouvelables devrait augmenter de 50% d'ici 2024, il sera parmi les 5 premiers leaders européens des énergies renouvelables.

✓ Iran

La production énergétique iranienne est dominée par les hydrocarbures. Le gaz naturel et les dérivés du pétrole tels que l'essence et le mazout alimentent les centrales thermiques traditionnelles qui satisfont environ 98% de la demande énergétique totale de l'Iran. Les deux pourcents restants proviennent d'une combinaison d'hydroélectricité, de nucléaire, de biocarburants et d'autres sources renouvelables.

L'Iran est bien placé pour étendre rapidement son secteur de l'énergie éolienne. Avec un potentiel installé de 100 000 MW, l'énergie éolienne de l'Iran pourrait rivaliser avec celle des pays comme la France et la Grande-Bretagne. Le gouvernement iranien a donné la priorité à l'énergie éolienne par rapport aux autres sources d'énergie renouvelable en raison de la topographie du pays et des capacités existantes et des capacités de production futures. En raison de son emplacement stratégique le long de plusieurs grands corridors éoliens naturels, l'Iran bénéficie de vents forts du côté du nord-ouest et du nord-est du pays. La consistance relative de ces courants de vent permet un accès durable à l'énergie éolienne, ce qui réduit considérablement le besoin d'engager des générateurs thermiques de pointe pour la production d'électricité quotidienne (Pourmazaheri, 2017).

Des investissements dans les infrastructures des sources plus conventionnelles d'énergies renouvelables sont également en cours. L'Iran a maintenu un programme d'énergie nucléaire remontant aux années 1970. Il a également commencé le développement de la première centrale géothermique du Moyen-Orient, cette station « pilote » dans la province d'Ardebil, au nord-ouest de l'Iran, devrait avoir une capacité installée de 50 MW. En raison de son emplacement dans le nord de l'Iran, où les infrastructures sont sous-développées et la demande d'électricité dépasse l'offre, l'impact de l'usine devrait être immédiat (Pourmazaheri, 2017).

La stratégie de diversification énergétique de l'Iran a déjà commencé à porter ses fruits. Il a attiré des centaines de millions de dollars en investissements dans les infrastructures de l'énergie renouvelable et semble être prêt à attirer des milliards de plus. Le pays s'est fermement engagé à diversifier son bouquet énergétique et à moderniser ses infrastructures, et a montré sa volonté de collaborer avec un large éventail de partenaires étrangers.

Chapitre 02 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du « MENA »

L'Iran, comme d'autres marchés frontaliers riches en ressources, attirera certainement d'énormes investissements étrangers, et encore davantage si la suppression des sanctions continue de faciliter l'accès aux marchés du pays. Si l'Iran s'avère capable de canaliser les investissements dans des infrastructures clés, les avantages pour l'économie vont croître de manière exponentielle. Le gouvernement maintient un soutien politique au développement des énergies et infrastructures renouvelables, qui constituent une partie cruciale de son programme économique (Pourmazaheri, 2017).

Conclusion

L'objet de ce chapitre était de dresser une analyse descriptive des indicateurs économiques, énergétiques et environnementaux au sein des 5 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2018.

De ce fait des stratégies ont été mises en place afin d'atténuer les émissions de CO₂ et de s'adapter aux risques climatiques auxquels ils pourront être confrontés dans l'avenir.

La transition énergétique de ces pays vers les énergies renouvelables a porté ses fruits pour certains et non pour d'autres.

***Chapitre 3 : Modélisation
économétrique de la relation
entre les énergies
renouvelables, la croissance
économique et les émissions
de CO₂***

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

Introduction

Après la présentation des différents aspects théoriques et empiriques de l'analyse des déterminants des émissions de CO₂, nous procédons à une modélisation économétrique afin d'identifier la nature de la relation entre émissions de CO₂, énergies renouvelables et croissance économique au sein de cinq pays du MENA.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord aborder la méthodologie utilisée, et en suite nous allons présenter et discuter les résultats d'estimation.

Méthodologie

En vue de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de notre étude, la méthodologie suivie est celle de modéliser économétriquement en données de panel la relation entre les émissions de CO₂, la consommation d'énergie renouvelable, les énergies fossiles et la croissance économique durant la période de 1980 à 2018 pour les Cinq pays de la région MENA, à savoir : l'Algérie, le Maroc, l'Egypte, la Turquie et l'Iran.

La fonction logarithme a été utilisée afin de permettre de réduire l'hétérogénéité des données et avoir un modèle logarithmique dont les coefficients sont des élasticités. De ce fait l'analyse de la fonction d'émission de CO₂ prend la forme fonctionnelle suivante:

$$\text{LnCO}_2_T_{it} = \alpha + \beta_1 \text{LnPIB_}T_{it} + \beta_2 \text{LnEF_}T_{it} + \beta_3 \text{LnER_}T_{it} + \varepsilon_{it} [1].$$

Où $\text{LnCO}_2_T_{it}$ est le Logarithme népérien des émissions de CO₂ par tête en millions de tonnes par année.

Le terme α est une constante.

$\text{LnPIB_}T_{it}$ est le logarithme népérien du Produit intérieur brut réel par tête en 2017US\$.

$\text{LnEF_}T_{it}$ est le logarithme népérien de la consommation d'énergie fossile par tête en Millions de tonnes d'équivalent pétrole (MTOE).

$\text{LnER_}T_{it}$ est le logarithme népérien des énergies renouvelables par tête en Millions de tonnes d'équivalent pétrole (MTOE).

ε_{it} est le terme d'erreur du modèle ($\varepsilon_{it} \rightarrow (0, \sigma_\varepsilon^2)$), les indices (i) et (t) se réfèrent respectivement à la dimension individuelle et temporelle ($i=1,2,\dots,5$, et $t=1980,\dots,2018$).

Deux spécifications peuvent être distinguées, une forme fonctionnelle à effet fixe ou à effet aléatoire.

- ✓ La forme fonctionnelle du modèle à effet fixe :

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

$$\text{LnCO2_T}_{it} = V_i + \alpha + \beta_1 \text{LnPIB_T}_{it} + \beta_2 \text{LnEF_T}_{it} + \beta_3 \text{LnER_T}_{it} + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

Où v_i est un effet fixe spécifique à chaque pays.

✓ La forme fonctionnelle du modèle à effet aléatoire :

$$\text{LnCO2_T}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{LnPIB_T}_{it} + \beta_2 \text{LnEF_T}_{it} + \beta_3 \text{LnER_T}_{it} + (u_{it} + v_{it}) \quad [3]$$

Où $\varepsilon_{it} = (u_{it} + v_{it})$

Pour identifier le modèle le plus adéquat, nous utilisons le test de Hausman (1978). Si la probabilité liée à ce test est supérieure à la valeur critique de 5% alors on accepte l'hypothèse nulle (H_0), c'est-à-dire le modèle à effet aléatoire est le plus approprié sinon on opte pour l'hypothèse alternative (H_1), c'est-à-dire le modèle à effet fixe qui sera maintenu. En outre, le modèle choisi sera soumis aux différents tests de validité. Il s'agit de tester la présence ou pas d'auto-corrélation des erreurs, de dépendance entre groupes d'individus, et de multi-colinéarité. En effet, si tels problèmes vont être identifiés, la méthode FGLS (*Feasible Generalized Least Squares*) sera utilisée afin de les éliminer.

a. Test d'auto-corrélation des erreurs

A travers le test de wooldridge on vérifie l'auto-corrélation des erreurs selon les hypothèses suivantes : H_0 : Absence d'auto-corrélation des erreurs d'ordre 1

H_1 : Il existe au moins une relation d'auto-corrélation d'ordre 1

Si la probabilité associée au test est inférieure à la valeur critique de 5% alors on rejette H_0 , donc il existe au moins une auto-corrélation d'ordre 1 des erreurs, sinon on accepte H_0 qui avance l'absence d'auto-corrélation.

b. Test de dépendance entre groupes d'individus

H_0 : Indépendance des résidus entre individus.

H_1 : Existence d'une dépendance des résidus entre individus.

Cette corrélation entre groupes d'individus sera vérifiée à travers le test de Breusch- Pagan. Si la probabilité associée au test est inférieure à la valeur critique de 5% alors on admet l'existence d'une dépendance entre groupes d'individus (H_1), sinon on accepte l'hypothèse nulle (H_0) qui avance l'indépendance des résidus entre individus.

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

2. Résultats obtenus et interprétation

La présente étude vise à estimer la relation entre les émissions de CO2, la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique durant la période allant de 1980 à 2018, et ce pour le cas d'un panel de pays de la région MENA. L'échantillon sélectionné comporte 5 pays, à savoir l'Algérie, l'Egypte, le Maroc, la Turquie et l'Iran. Les variables étudiées sont définies dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Les variables étudiées

Variables	Symbol	Mesure	Data source
Emission de CO2	CO2_T	Emission de CO2 par habitant (en million de tonnes par année)	Global Carbon Project
PIB réel par habitant	PIB_T	PIB réel par habitant à prix constant (2017US\$)	Pen World Table 10.0
Energies fossiles	EF_T	Million tonnes équivalents pétrole (MTOE)	Database of U.S. Energy Information Administration (EIA, 2019)
Energies renouvelables	ER_T	Million tonnes équivalent pétrole (MTOE)	Database of U.S. Energy Information Administration (EIA, 2019)

Source: Elaboré par les auteurs.

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

Tableau 8: Résultats d'estimation et de spécification de l'équation [1]

Variable à expliquer : LnCO2_T			
Variabes	A	B	C
C	-2.580 (0.455) [-5.66] {0.00}	-2.56 (0.462) [-5.54] {0.00}	-3.156 (0.475) [-6.64] {0.00}
LnPIB_T	0.383 (0.047) [8.09] {0.00}	0.381 (0.046) [8.14] {0.00}	0.479 (0.051) [9.36] {0.00}
LnEF_T	0.612 (0.035) [17.22] {0.00}	0.614 (0.035) [17.52] {0.00}	0.472 (0.038) [12.22] {0.00}
LnER_T	-0.03 (0.015) [-1.98] {0.049}	-0.029 (0.014) [-2.00] {0.045}	-0.018 (0.013) [-1.34] {0.18}
Modèle	A effet fixe	A effet aléatoire	FGLS
Nombre d'observation	195	195	195
	Test de Hausman : 0.18		wald khi ² :
	Prob(test-H) = 0.9804		8907.03
			Prob= 0.00

Source : Elaboré par les auteurs en utilisant le logiciel Stata 11.

NB : (...) les écarts types.

[...] statistique de Student au seuil de 5%.

{...} Probabilité (test-H0).

Les résultats d'estimation relatifs à l'équation [1], rapportés dans le tableau 8, ont été obtenus en tenant compte de deux types de modèles : le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire. En effet, le test de Hausman (1978) a été utilisé pour identifier lequel parmi ces deux modèles est le plus approprié pour analyser la relation entre les émissions de CO2, la consommation d'énergie fossile ainsi que renouvelable et la croissance économique.

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

Pour ce faire, l'hypothèse H0, où le modèle à effet aléatoire est le plus adéquat, contre l'hypothèse alternative H1 qui stipule que le modèle à effet fixe est le plus approprié, sera testée. En effet, la colonne (A) rapporte les résultats d'estimation du modèle à effet fixe, tandis que la colonne (B) comporte ceux du modèle à effet aléatoire. La valeur du test de Hausman est égale à 0.18, et la probabilité de rejeter H0 est supérieure à 5% (0,9804). Par conséquent, nous acceptons l'hypothèse H0, alors le modèle retenu est celui à effet aléatoire.

Ce modèle montre que les émissions de CO2 par tête au sein des pays de la région de MENA sont fortement influencées et de façon positive par la consommation d'énergie fossile par tête et le niveau de croissance économique par tête, car les coefficients associés aux LnEF_T et LnPIB_T sont positifs et statistiquement significatifs (seuil de signification 1%), et la consommation d'énergie renouvelable par tête influence de façon négative les émissions de CO2 par tête, car le coefficient associé à LnER_T est négatif et statistiquement non significatif au seuil de 5%. En effet, si le PIB par tête et l'énergie fossile augmentent de 1%, les émissions de CO2 vont également augmenter de 0,38% et 0,61% respectivement. Néanmoins, l'augmentation de la consommation des énergies renouvelables de 1% entraîne une diminution des émissions de CO2 de 0,3%.

Par ailleurs, le modèle à effet aléatoire n'est pas robuste car le test de Wooldridge montre que l'hypothèse nulle d'absence d'auto-corrélation des erreurs est rejetée au seuil de 5% (prob= 0.011). Quant au test de dépendance entre groupes d'individus, les résultats de Breusch Pagan LM démontrent le rejet de l'hypothèse nulle (H0) au seuil de 5% (prob = 0.00), ce qui signifie l'existence d'une dépendance entre les individus du panel. Le détail des résultats des différents tests est rapporté dans les annexes.

En vue de remédier à ces problèmes d'ordre technique, l'équation [1] sera ré-estimée en utilisant la méthode de régression FGLS (Feasible Generalized Least Squares) en tenant compte de la présence d'auto-corrélation, de la dépendance entre groupes d'individus, des effets individuels sous forme de variables indicatrices (dummy variable) et de la supposition d'existence d'une multi-colinéarité. Les résultats obtenus sont consignés dans la colonne (C) du tableau 8. Ces résultats montrent que la consommation d'énergies fossiles par tête et le produit intérieur brut par tête influencent positivement les émissions de CO2 dans les pays de l'échantillon (au seuil de signification de 1%). Les coefficients estimés sont des élasticités dont les valeurs sont de 0,47 pour la consommation d'énergies fossiles par tête et de 0,48 pour

Chapitre 03: Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2

le produit intérieur brut par tête. Cela signifie que lorsque la consommation d'énergie fossile augmente d'une unité, les émissions de CO2 augmentent de 0,47%, tandis qu'une unité supplémentaire dans le produit intérieur brut par tête entraîne une augmentation des émissions de CO2 de 0,48%. Toutefois les résultats obtenus révèlent que le coefficient associé aux énergies renouvelables par tête (-0.018) apparaît négatif mais statistiquement non significatif. Ceci peut être expliqué par le fait que les énergies renouvelables ne sont pas assez développées dans les pays de la région MENA, ce qui rend leurs effets sur les émissions de CO2 négligeables.

De ce fait il existe d'une part, une relation positive entre l'émission de CO2, la consommation d'énergies fossiles et le niveau de croissance économique, car une augmentation de ces dernières engendre une augmentation d'émission de CO2, ce qui impact négativement l'environnement. D'autre part, il existe une relation négative entre les émissions de CO2 et la consommation d'énergies renouvelables car une augmentation de celle-ci génère une diminution des émissions de CO2 ce qui impacte positivement l'environnement et pourrait être bénéfique pour la région MENA.

Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de modéliser la relation entre les émissions de CO2, les énergies renouvelables et la croissance économique au sein de 5 pays de la région MENA durant la période allant de 1980 à 2018 à travers un modèle économétrique en données de panel. Le test de Hausman montre que le modèle à effet aléatoire est le mieux approprié à estimer.

On conclue que dans la région MENA les émissions de CO2 sont fortement dépendantes de la consommation d'énergies fossiles et de la croissance économique. L'augmentation de ces dernières induisent l'augmentation des émissions de CO2 ce qui est donc la principale cause de la dégradation environnementale de cette région. Une transition plus penchée vers la consommation d'énergies renouvelables semble être une solution pour diminuer les émissions de CO2.

Conclusion générale

Conclusion générale

Actuellement, le réchauffement climatique est une vraie menace pour la planète. Tous les jours, d'importantes émissions de CO₂ sont émises dans l'atmosphère suite à l'utilisation des combustibles fossiles liés aux activités humaines, ce qui nuit à l'environnement.

La finalité de notre travail de recherche consiste à déterminer la nature de la relation entre les émissions de CO₂, les énergies renouvelables et la croissance économique précisément pour un échantillon de pays prélevé de la région du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) pour sa vulnérabilité au réchauffement climatique, et ce pour la période allant de 1980 jusqu'à 2018. La méthodologie utilisée repose sur une régression Log linéaire en données de panel.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons confirmer les hypothèses énoncées précédemment ; la consommation des énergies fossiles et la croissance économique influencent positivement les émissions de CO₂. Une augmentation de 1% de la consommation d'énergies fossiles entraîne une augmentation de 0,47% des émissions de CO₂, et une augmentation de la croissance économique de 1% entraîne l'augmentation des émissions de CO₂ de 0,48%. De ce fait, on déduit que la tendance des deux variables explicatives évolue dans le même sens car la croissance économique de la région MENA repose sur la consommation des énergies fossiles comme évoqué lors du chapitre 2. La consommation des énergies renouvelables influence négativement les émissions de CO₂. Une augmentation des énergies renouvelables de 1% entraîne une diminution de 0.018% des émissions de CO₂ ce qui est négligeable car dans la région MENA les énergies renouvelables ne sont pas encore assez développées.

Toutefois, ces pays du MENA seront confrontés à plusieurs contraintes et défis qui sont principalement dus au manque d'investissements, de clarté dans les rôles et les responsabilités institutionnelles, ainsi que le manque de politiques et de règlements spécifiques. En effet, les investissements dans les énergies renouvelables sont considérés comme une solution clé pour introduire une énergie accessible, sûre et durable dans tous ces pays et jouera un rôle important en permettant un développement économique durable sur le long terme.

Par ailleurs, ces pays restent fortement dépendants des ressources pétrolières, et la réorientation du soutien aux producteurs d'énergie renouvelable pour accroître la part de cette énergie dans le mix énergétique total est loin d'être automatique.

Conclusion générale

Il est par conséquent essentiel pour les économies MENA de continuer à promouvoir le secteur des énergies renouvelables en vue de se substituer aux énergies fossiles, ce qui permet de booster le taux de croissance économique d'une part, mais aussi de réduire les émissions de CO2 responsables des gaz à effet de serre d'autre part, et cela en planifiant le développement et en augmentant les investissements dans les innovations technologiques afin de produire des équipements qui consomment moins d'énergie et émettent moins de gaz à effet de serre.

Lors de ce travail nous avons été contraints par le manque de données ce qui a rendu nos résultats moins précis. Des données mensuelles ou journalières des évolutions des variables étudiées auraient donné des résultats plus optimaux.

Bibliographies

Bibliographies

- Aliya, Mohamed Aminu (2005) “foreign direct investment and the environment: pollution haven hypothesis revisited”, paper prepared for the eight annual conference on global economic analysis, lubeck, Germany, june 9-11, 2005.
- Aung Thiri, Ehsan Rasoulizelad, BehnazSaboori (2017) “Economic growth and environmental pollution in Myanmar: An analysis of environmental Kuznets curve”. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(2) July 2017.
- Aydin, M. (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption–economic growth nexus: evidence from OECD countries. *Renewable energy*, 136, 599-606.
- Bakhsh Khuda, Sobia Rose, Muhammad Faisal Ali, Nadjid Ahmad, Muhammad Shahbaz (2017) “Economic growth, CO2 emissions, renewable waste and FDI relation in Pakistan”: New evidences from 3SLS, *Journal of Environmental Management*
- Baude, M., Colin, A., Duvernoy, J., & Foussard, A. (2020). Chiffres clés du climat France, Europe et Monde. Edition 2021.
- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Bleu, P. (2008). Changement climatique et énergie en méditerranée. *Sophia Antipolis*.
- Bourgeois, G., Mathy, S., & Menanteau, P. (2017). L’effet des politiques climatiques sur les énergies renouvelables: une revue des études économétriques. *Innovations*, (3), 15-39.
- Bouznit, M. (2017). Emissions de CO2, Consommation d’Énergie et Croissance Économique au Sein des Pays de Moyen Orient et Afrique du Nord= CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in the Middle East and North Africa (MENA). *Journal of Economic and Financial Research*, 468(6084), 1-18.
- Bouznit, M., Pablo-Romero, M. D. P., & Sánchez-Braza, A. (2020). Measures to promote renewable energy for electricity generation in Algeria. *Sustainability*, 12(4), 1468.

- Bouznit, M., (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy*, 179, 232-245.
- Bureau, D., Fontagné, L., et Schubert, K. (2017). Commerce et climat: pour une réconciliation. *Notes du conseil danalyse economique*, (1), 1-12.
- Cederborg Jenny, et Sara Snobohm (2016) “is there are a relationships between economic growth and Carbone dioxide emissions”, Economics/ autumn semester 2016.
- Chen, C., Pinar, M., & Stengos, T. (2020). Renewable energy consumption and economic growth nexus: Evidence from a threshold model. *Energy Policy*, 139, 111295.
- Chen, Y., Zhao, J., Lai, Z., Wang, Z., & Xia, H. (2019). Exploring the effects of economic growth, and renewable and non-renewable energy consumption on China’s CO2 emissions: Evidence from a regional panel analysis. *Renewable energy*, 140, 341-353.
- Cherini, Jouini (2017) Cherni, A., et Jouini, S. E. (2017). An ARDL approach to the CO2 emissions, renewable energy and economic growth nexus: Tunisian evidence. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 29056-29066.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757-763.
- Didier, M. et Koléda, G. (2009). Les énergies renouvelables: Mythes et réalités. *Commentaire*, 4(4), 1020-1023.
- Emir, F., & Bekun, F. V. (2019). Energy intensity, carbon emissions, renewable energy, and economic growth nexus: new insights from Romania. *Energy & Environment*, 30(3), 427-443.
- Hausman J. A. (1978). Specification test in econometrics. *Econometrica*, Vol.46, No. 6, (1978), 1251-1271.
- Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420.
- Hilaire, Hervé 2012 ,Hilaire, N. K. E. N. G. F. A. C. K., & Hervé, K. F. (2012). TITRE: Effets de la croissance économique sur les émissions de CO2 dans les Pays du Bassin du Congo.
- Hilali, Ben zina 2007, Hilali, M., et Ben Zina, N. (2007). Commerce et Environnement: une Relecture de la Courbe Environnementale de Kuznets. *Unité de Recherches sur la Dynamique Economique et*

l'Environnement (URDEE: UR/99/06-10), Faculté des Sciences Economiques et de Gestion Sfax-Tunisie.

Jobert, Karanfil, Jobert, T., et Karanfil, F. (2012). Formation et déformation de la courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de CO2. *Innovations*, (1), 11-26.

Kahia, M., Aissa, M. S. B., & Lanouar, C. (2017). Renewable and non-renewable energy use-economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 127-140.

Kodjokodjo- KOMNA, CERDI “ ouverture commerciale et out put indésirable: évidence en terme d'efficience productive pour le MENA, centre d'étude et de recherche sur le développement international, Clermont- Ferrand (France)

Lacheheb, Rahim, Sirag Lacheheb, M., Rahim, A. S. A., et Sirag, A. (2015). Economic growth and CO2 emissions: Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Algeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4).

Lessard, F. (2013). Commerce international et havres de pollution. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en économie. Université du Québec à Montréal P6.

Lie Jin, KeranDuan, Chunming Shi and XianweiJu (2017) “The impact of technological progress in the energy sector on Carbone emissions: An empirical analysis from China”. *International Journal of Environmental Research and Public health*

Ling Chong Hui, Khalid Ahmed, Muhammad Shabaz, et Rusnah Muhammad (2015) “Decomposing the trade environment nexus for Malaysia, what do the technique, scale, composition and comparative advantage effect indicate? *Environmental Science and Pollution Research*, 22(24), 20131-20142

Managi Shunsuke (2004) “trade liberalization and the environment: Carbone dioxide for 1960-1999”. *Economics Bulletin*, vol 17, No.1 p 1-5

Mowadat Ali, Zakir Zaman, et Zohaib Ali (2015) “the effect of international trade on Carbone emissions evidence from Pakistan”. *Journal of Economics and Sustainable development*. ISSN: 2222-2855, vol.6, No.9

Omri, A. (2016). *Analyse de la transition vers les énergies renouvelables en Tunisie: Risques, enjeux et stratégies à adopter* (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur; Université de Sfax (Tunisie). Faculté des Sciences économiques et de gestion).

Peng wen-Bin, Kun Tian, Yin-Hua-Tian, et Guo-Cheng-Xiang (2011) “VAR analysis of foreign direct investment and environmental regulation: China’s case”. BEH (Business Economic Horizons) vol 5/issue 2/April 2011/pp.13-22, peer-reviewed and open access journal.ISSN: 1804-1204.

Pourmazaheri. A (2017):Les énergies renouvelables en Iran Projets, enjeux et potentiels. Teheran.

Régis Bourbonnais, 2015, Econométrie, cours et exercices corrigés, 9^e édition, France, 381p.

Ren Shenggan, Xie Ma, Baolong Yuan, et Xiaohong Chen (2014) “International trade, FDI (Foreign Direct Investment) and embodied CO2 emissions: A case study of China’s industrial sectors”. China Economic Review.

Rouhier, S. (2010). Amélioration de l'efficacité énergétique et environnement en chine. *Vie sciences de l'entreprise*, (1), 83-107.

Schalck, C. (2011). Le développement énergétique en Turquie: quels effets en attendre? *Management Avenir*, (2), 328-340.

Serkan, L'étude de recherche en troisième année de Sciences Politiques et d'Administration Publique à l'Université de Marmara : Quels sont les politiques et les investissements en Turquie concernant les énergies renouvelables?

Shahbaz Muhammed, SamiaNasreen, et TalatAfza (2011) “Environmental consequences of economic growth and foreign direct investment: Evidence from panel data analysis”. MPRA paper No: 32547, posted 03 August 2011

Zafar, M. W., Shahbaz, M., Hou, F., & Sinha, A. (2019). From nonrenewable to renewable energy and its impact on economic growth: the role of research & development expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *Journal of cleaner production*, 212, 1166-1178.

Sites web

Actu-Environnement, « Energie éolienne », mis a jour en 2012, consulté le 28 mai 2021, URL : https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/energie_eolienne.php4

Advantis, Expert du marché turque depuis 2003, « Energie solaire », consulté le 20 mai 2021, URL : <https://www.advantisconseils.com/fr/secteur/energie-solaire>

Agence française de développement, « Accord sur le développement du secteur de l'électricité en Égypte », mis en ligne le 16 juin 2020, Consulté le 19 mai 2021, URL : <https://www.afd.fr/fr/actualites/accord-sur-le-developpement-du-secteur-de-lelectricite-en-egypte>

Agence parisienne du climat, «Qu'est-ce que la COP21 ? Quel bilan pour la conférence internationale sur le climat Paris 2015 ? », mis en ligne le 04 décembre 2018, consulté le 16 mai 2021, URL : <https://www.apc-paris.com/cop-21>

Anadolu Agency, « En 2017, la BERD pourrait réaliser son investissement le plus important en Turquie », mis en ligne le 4 mai 2017, consulté le 20 mai 2021, URL : <https://www.aa.com.tr/fr/%C3%A9conomie/en-2017-la-berd-pourrait-r%C3%A9aliser-son-investissement-le-plus-important-en-turquie-/811079>

Appert et al, 2018, le comité des experts, « Perspectives des énergies renouvelables en Égypte », mis en ligne le 15 octobre 2018, consulté le 19 mai 2021, URL: <https://www.connaissancedesenergies.org/perspectives-des-energies-renouvelables-en-egypte-181015>

Appert et al, 2018, le comité des experts, « Situation énergétique de l'Égypte », mis en ligne le 25 mai 2018, consulté le 14 mai 2021, URL: <https://www.connaissancedesenergies.org/situation-energetique-de-legypte-en-2018-180525>

Appert et al, 2019, le comité des experts, « La situation énergétique du Maroc analysée par l'AIE », mis en ligne le 16 mai 2019, consulté le 20 mai 2021, URL : <https://www.connaissancedesenergies.org/la-situation-energetique-du-maroc-decryptee-par-laie-190516#notes>

Appert et al. 2013, le comité des expert, « Biomasse » mis en ligne le 02/10/2013, consulté le 27 mai 2021, URL : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biomasse>

Banque mondiale blogs, « Pourquoi la COP21 est-elle importante pour la région Moyen-Orient et Afrique du Nord ? », mis en ligne le 30 novembre 2015, Consulté le 17 mai 2021, URL : <https://blogs.worldbank.org/fr/arabvoices/why-cop21-important-middle-east-and-north-africa-region>

Bouygues immobilier, demain la ville, « Qu'est-ce que l'énergie fossile ? », mis en ligne le 2 Juillet 2019, Consulté le 25 mai 2021, URL : <https://www.demainlaville.com/quest-ce-que-energie-fossile>

Cheraghlou amin mohseni, « Plaidoyer pour l'énergie solaire au Moyen-Orient et en Afrique du Nord », mis en ligne le 09 aout 2020, consulté le 03 mai 2021, URL : <https://blogs.worldbank.org/fr/arabvoices/plaidoyer-energie-solaire-mena>

Electricité verte, Charlotte, « Quel est l'impact environnemental des énergies renouvelables? », mis en ligne le 14 mars 2019, Consulté le 24 mai 2021, URL: <https://www.quiestvert.fr>

Hasni, Malek et Zouioueche, « L'Algérie 100% Energies renouvelables » mis en ligne en janvier 2021, consulté le 18 mai 2021, URL : <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/algerien/17412.pdf>

La production d'électricité d'origine renouvelable : détails par région et par pays, « Egypte », mis en ligne en 2013, consulté le 19 mai 2021, URL : [file:///C:/Users/DELL/Downloads/15e-inventaire-Chap03-3.9.2-Egypte\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/15e-inventaire-Chap03-3.9.2-Egypte(1).pdf) .p 271

Le journal le Monde, Pierre Breteau, « Stable pendant plus de mille ans, la concentration de CO2 dans l'atmosphère a explosé au XXe siècle », mis à jour le 25 novembre 2019, consulté le 10 juin 2021, URL : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2018/11/22/stable-pendant-plus-de-mille-ans-la-concentration-de-co2-dans-l-atmosphere-a-explose-au-xxe-siecle_5387107_4355770.html

Ludovic Dupin, « Pour préserver les énergies fossiles, l'Algérie fait des renouvelables une priorité nationale », mis en ligne le 24 Février 2016, Consulté le 13 mai 2021, URL : <https://www.usinenouvelle.com/article/pour-preserver-les-energies-fossiles-l-algerie-fait-des-renouvelables-une-priorite-nationale.N381326>

Maël Dancette, « Énergie éolienne », mis en ligne le 24 juin 2020, Consulté le 28 mai 2021, URL : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-eolienne>

Ministère de l'énergie, des mines et de l'environnement, « Le secteur énergétique au Maroc », mis en ligne en 2019, consulté le 20 mai 2021, URL : <https://www.observatoireenergie.ma/>

Ministère de l'énergie, des mines et de l'environnement, « Les énergies renouvelables au Maroc : stratégie et plan d'action », mis en ligne le 20 novembre 2012, consulté le 20 mai 2021, URL : <http://clusters.wallonie.be/servlet/Repository/ministere-de-l-energie.pdf?ID=28299&saveFile>

Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Économie Verte et Numérique, « Energies renouvelables », mis en ligne en 2021, consulté le 14 mai 2021, URL : <https://www.mcinet.gov.ma/fr/content/energies-renouvelables>

Opéra énergie, « Énergie solaire : définition et différents types d'exploitation » mis en ligne en 2021, Consulté le 27 mai 2021, URL : <https://opera-energie.com/energie-solaire/>

Organisation : Quel est Votre Impact, « Quelles sont les sources principales d'émissions de dioxyde de carbone? », mis en ligne en 2020, Consulté le 25 mai 2021, URL : <https://votreimpact.org/gaz-a-effet-de-serre/sources-de-co2>

Plan bleu, "Énergie, changement climatique et bâtiment en Méditerranée : perspectives régionales", mis en ligne le 1 juin 2011, consulté le 2 mai 2021, URL : <https://planbleu.org/publications/energie-changement-climatique-et-batiment-en-mediterranee-perspectives-regionales/>

RCREEE, « Etats membre, Algeria », mis en ligne en 2020, Consulté le 13 mai 2021, URL : <https://www.rcreee.org/fr/member-states/algeria/4014>

RCREEE, « Etats membre, MOROCO », mis en ligne en 2020, Consulté le 13 mai 2021, URL : <https://www.rcreee.org/fr/member-states/maroc/4037>

Réseau : Sortir du nucléaire, « Le nucléaire : une solution à l'effet de serre ? », mis en ligne le Juillet 2003, Consulté le 25 mai 2021, URL : <https://www.sortirdunucleaire.org/Le-nucleaire-une-solution-a-l>

Secrétariat de relations mondiales de l'OCDE, « Agir avec MENA le Moyen Orient et l'Afrique du nord », mis en ligne en septembre 2016, consulté le 16 mai 2021, URL : https://www.oecd.org/fr/sites/mena/Agir_avec_MENA.pdf

Swiss arab entrepreneurs, « Le secteur des énergies renouvelables dans la région MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord) », mis en ligne le 18 septembre 2017, consulté le 16 mai 2021, URL : <https://www.saentrepreneurs.ch/index.php/energie-et-environnement/item/356-le-secteur-des-energies-renouvelables-dans-la-region-mena-moyen-orient-et-afrique-du-nord>

United Nations Climate Change, « L'accord de Paris », mis en ligne en 2021, consulté le 18 mai 2021, URL : <https://unfccc.int/fr/processus-et-reunions/l-accord-de-paris/l-accord-de-paris>

Université virtuelle environnement et développement durable, « Consommation d'énergie Non Renouvelable », mis en ligne le Juin 2012, Consulté le 25 mai 2021, URL : http://stockage.univvalenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_200_2-4-1.html

Watissm, « Quelles sont les énergies renouvelables et non renouvelables? », mis en ligne le 5 février 2020, Consulté le 25 mai 2021, URL : <https://blog.wattissime.com/guides-dossiers/lenergie-verte/energie-renouvelable-definition-difference-energies-non-renouvelables>

Youmatter, « Énergies renouvelables, définition, exemples, avantages et limites », mis en ligne 24 septembre 2020, Consulté le 27 mai 2021, URL : <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition> .

Annexes

Annexes

Effet fixe

```
. xtreg lco2_t lgdp_t lf_t lren_t, fe
Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   195
Group variable: id                    Number of groups =    5
R-sq:  within = 0.9164                 obs per group: min =   39
      between = 0.9498                 avg =           39.0
      overall  = 0.9401                 max =           39
corr(u_i, xb) = 0.2961                 F(3,187)       =  683.51
                                       Prob > F        =  0.0000
```

lco2_t	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lgdp_t	.3837101	.0474009	8.09	0.000	.2902008	.4772193
lf_t	.6121405	.0355502	17.22	0.000	.5420096	.6822715
lren_t	-.0297495	.015019	-1.98	0.049	-.059378	-.000121
_cons	-2.580541	.4559651	-5.66	0.000	-3.480038	-1.681045
sigma_u	.1362296					
sigma_e	.08595101					
rho	.71527198	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(4, 187) = 76.50 Prob > F = 0.0000

Effet aléatoire

```
. xtreg lco2_t lgdp_t lf_t lren_t, re
Random-effects GLS regression        Number of obs   =   195
Group variable: id                  Number of groups =    5
R-sq:  within = 0.9164                 obs per group: min =   39
      between = 0.9500                 avg =           39.0
      overall  = 0.9403                 max =           39
corr(u_i, X) = 0 (assumed)           wald chi2(3)   =  2102.34
                                       Prob > chi2    =  0.0000
```

lco2_t	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lgdp_t	.3815152	.0468622	8.14	0.000	.2896669	.4733634
lf_t	.6143871	.0350615	17.52	0.000	.5456679	.6831063
lren_t	-.0294715	.0147239	-2.00	0.045	-.0583299	-.0006131
_cons	-2.559376	.4621517	-5.54	0.000	-3.465177	-1.653576
sigma_u	.22934316					
sigma_e	.08595101					
rho	.87684472	(fraction of variance due to u_i)				

Test de Hausman

```
. hausman fixed .
----- Coefficients -----
             (b)          (B)          (b-B)          sqrt(diag(V_b-V_B))
             fixed       random       Difference          S.E.
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
lgdp_t      .3837101     .3815152     .0021949     .007126
lf_t        .6121405     .6143871     -.0022466     .0058746
lren_t     -.0297495     -.0294715     -.000278     .0029625
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic
      chi2(3) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
              = 0.18
      Prob>chi2 = 0.9804
```

Test de validité du modèle à effet aléatoire

1. Test de dépendances entre groupe d'individus: Breusch and Pagan.

```
. xttest0
Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects
lco2_t[id,t] = xb + u[id] + e[id,t]
Estimated results:
-----
           Var      sd = sqrt(Var)
-----
lco2_t    .3464484    .5885987
e         .0073876    .085951
u         .0525983    .2293432
Test:  Var(u) = 0
      chibar2(01) = 1193.67
      Prob > chibar2 = 0.0000
```

2. Test d'auto-corrélation: Wooldridge.

```
. xtserial lco2_t lgdp_t lf_t lren_t
Wooldridge test for autocorrelation in panel data
H0: no first-order autocorrelation
F( 1, 4) = 19.148
Prob > F = 0.0119
```

Estimation de la Forme fonctionnelle du modèle en utilisant la méthode FGLS

```
. . xtgls lco2_t lgdp_t lf_t lren_t dum1-dum5, p(c) c(ar1)
note: dum5 omitted because of collinearity
Cross-sectional time-series FGLS regression
Coefficients: generalized least squares
Panels: heteroskedastic with cross-sectional correlation
Correlation: common AR(1) coefficient for all panels (0.5474)
Estimated covariances = 15 Number of obs = 195
Estimated autocorrelations = 1 Number of groups = 5
Estimated coefficients = 8 Time periods = 39
Wald chi2(7) = 8907.03
Prob > chi2 = 0.0000
```

lco2_t	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
lgdp_t	.4792713	.0512216	9.36	0.000	.3788788 .5796638
lf_t	.4729129	.0387078	12.22	0.000	.3970469 .5487789
lren_t	-.0186607	.0139117	-1.34	0.180	-.0459273 .0086058
dum1	-.2538761	.0595851	-4.26	0.000	-.3706607 -.1370915
dum2	-.4801815	.0477234	-10.06	0.000	-.5737177 -.3866453
dum3	-.2928175	.0447327	-6.55	0.000	-.380492 -.2051431
dum4	-.2956486	.0504901	-5.86	0.000	-.3946073 -.1966898
dum5	(omitted)				
_cons	-3.156529	.475147	-6.64	0.000	-4.0878 -2.225257

Table des matières

La Table des matières

Introduction générale

Introduction	2
Problématique	3
Hypothèses	4
Objectifs	4
Méthodologie	4
Chapitre 1 : Emission de CO₂ et consommation d'énergie : Généralités et Revue de	
littérature	7
Introduction	7
1. Notion générale	7
1.1 Définition de l'énergie	7
2. Consommation d'énergie	8
2.1 Energies non renouvelable	8
a. Les combustibles fossiles	8
b. L'énergie nucléaire	9
2.2 Energie renouvelables	10
a. L'énergie solaire	10
b. L'énergie éolienne	11
c. L'énergie hydraulique	12
d. L'énergie biomasse	13
e. L'énergie géothermique	14
3. Potentiels des énergies renouvelables au MENA	14
3.1 Le potentiel de l'énergie solaire	15
3.2 Le potentiel de l'énergie éolienne	15
3.3 Autre potentiel d'énergie renouvelable	15
4. Revue de littérature relative aux déterminants de l'émission de CO ₂	16
4.1 CO ₂ et croissance économique	16
4.2 IDE et émission du CO ₂	18
4.3 L'impact de l'ouverture commerciale sur l'émission de CO ₂	19
4.4 Relation énergies renouvelables et émission de CO ₂	20
4.5 Relation énergies renouvelables, croissance économique et émission de CO ₂	23
Conclusion	25
Chapitre 2 : Analyse descriptive comparative des grandeurs macroéconomiques des pays du	
« MENA »	
Introduction	27
1. Evolution de la population	27
2. Evolution du PIB par habitant	28
3. Evolution de la consommation des énergies fossiles	29
4. Evolution des émissions de CO ₂	31
4.1. Evolution des émissions de CO ₂ par tête	32
4.2. Evolution de la consommation des énergies renouvelables	33

5. Les mesures prises pour une transition vers les énergies renouvelables.....	35
5.1. L'accord de paris.....	35
5.2. Transition énergétique et promotion des énergies renouvelables dans cinq pays du MENA.....	36
✓ Algérie	36
✓ Egypte	38
✓ Maroc	39
✓ Turquie	40
✓ Iran	42
Conclusion.....	43
Chapitre 3 : Modélisation économétrique de la relation entre les énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO2.	
Introduction	45
1. Méthodologie	45
a. Test d'auto-corrélation des erreurs.....	46
b. Test de dépendance entre groupe d'individus	46
2. Résultats obtenus et interprétation	47
Conclusion.....	51
Conclusion générale	53
Bibliographie.	
Annexes.	