

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 : économie quantitative

### L'INTITULE DU MEMOIRE

**L'effet des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique.  
Cas : Algérie, Maroc, Tunisie**

Préparé par :

- M<sup>lle</sup> CHEKOUR Syla
- M. KHENNOUCHE Seifeddine

Dirigé par :

M. BOUZNIT Mohammed

### Jury :

Examineur 1 : M. MANAA Boumediene

Examineur 2 : Mme YOUNICI Karima

Rapporteur : M. BOUZNIT Mohammed

Année universitaire : 2019/2020

## *- Remerciements -*

Nos remerciements vont en premier lieu à notre encadreur M. BOUZNIT Mohammed pour la préciosité de ses conseils, son infinie disponibilité et son orientation qui ont constitué un apport considérable grâce auquel ce travail a pu être mené à bon port. Nous tenons à remercier chacun

des membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nos remerciements s'étendent à tous nos

enseignants et les membres du département SEGC de l'université ABDERRAHMANE MIRA.

Ainsi qu'à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

- *Dédicaces* -

A nos parents, pour leurs sacrifices déployés à notre égard, pour leur patience, leur amour et leur confiance. Qu'ils trouvent dans ce modeste travail, le témoignage de notre profonde affection et de notre attachement indéfectible ; nulle dédicace ne puisse exprimer ce qu'on leur doit.

A nos frères et soeurs et tous nos amis pour chaque mot reçu, chaque geste d'amitié, à chaque main tendue et pour toute attention témoignée.

# Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des abréviations	iv
Introduction générale	1
<b>1 Energie et croissance économique : revue de littérature</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction . . . . .	3
1.2 Revue de littérature . . . . .	3
1.2.1 Causalité unidirectionnelle . . . . .	3
1.2.2 Causalité bidirectionnelle . . . . .	7
1.2.3 Absence de relation de causalité . . . . .	10
1.3 Conclusion . . . . .	11
<b>2 Analyse descriptive de l'évolution de la consommation d'énergie et de la croissance économique au sein des trois pays Maghrébin</b>	<b>13</b>
2.1 Introduction . . . . .	13
2.2 Consommation d'énergie . . . . .	13
2.2.1 Au Maroc . . . . .	14
2.2.2 En Tunisie . . . . .	17
2.2.3 En Algérie . . . . .	22
2.3 La croissance économique . . . . .	24
2.3.1 Croissance économique au Maroc . . . . .	24
2.3.2 Croissance économique en Tunisie . . . . .	26
2.3.3 Croissance économique en Algérie . . . . .	27
2.4 Conclusion . . . . .	28
<b>3 modélisation économétrique de la relation entre consommation d'énergies renouvelables et non renouvelables et la croissance économique</b>	<b>30</b>
3.1 Introduction . . . . .	30

3.2	Données . . . . .	31
3.3	Résultats d'estimation et discussion . . . . .	32
3.4	Conclusion . . . . .	34
	<b>Conclusion générale et perspectives</b>	<b>35</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>37</b>

# Table des figures

2.1	Consommation d'électricité au Maroc en milliards de kWh. . . . .	16
2.2	Ressources d'Énergie Primaire en Tunisie . . . . .	17
2.3	Ressource et demande énergétique de la Tunisie . . . . .	18
2.4	Consommation d'électricité en Tunisie (KWh par habitant) . . . . .	20
2.5	Évolution du poids des ER dans le secteur électrique. . . . .	21
2.6	La consommation d'énergie par habitants en Algérie durant la période (1970- 2016). . . . .	23
2.7	Croissance annuelle du PIB EN % au Maroc . . . . .	25
2.8	PIB (Produit Intérieur Brut)- Tunisie . . . . .	26
2.9	PIB (Produit Intérieur Brut)- Algérie . . . . .	28
3.1	Estimation du modèle à effets fixes. . . . .	33
3.2	Estimation du modèle à effets aléatoire. . . . .	33
3.3	Test de spécification d'Hausman. . . . .	34

# Liste des tableaux

3.1	Définition des variables d'études . . . . .	31
3.2	Données utilisées . . . . .	32

# Liste des abréviations

<b>ARDL</b>	<b>AutoRegressive Distributed Lag</b>
<b>EKC</b>	<b>Courbe de Kuznets Environnementale</b>
<b>FMI</b>	<b>Fond Monétaire Internationale</b>
<b>FPEG</b>	<b>Forum des Pays Exportateurs de Gaz naturel</b>
<b>GIEC</b>	<b>Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat</b>
<b>GWh</b>	<b>GigaWatt Heure</b>
<b>INS</b>	<b>Institut National de la Statistique</b>
<b>Kg</b>	<b>KiloGramme</b>
<b>Km</b>	<b>KiloMètre</b>
<b>KTEP</b>	<b>KiloTonnes Equivalent Pétrole</b>
<b>KWh</b>	<b>KiloWatt Heure</b>
<b>MENA</b>	<b>Middle East and North Africa</b>
<b>MTEP</b>	<b>Mégatonnes Equivalent Pétrole</b>
<b>MW</b>	<b>MégaWatt</b>
<b>NRES</b>	<b>Sources d'Energies Non Renouvelables</b>
<b>OCDE</b>	<b>l'Organisation de Coopération et de Développement Economique</b>
<b>ONE</b>	<b>Office National de l'Economie</b>
<b>OPEP</b>	<b>l'Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole</b>
<b>PIB</b>	<b>Produit Intérieur Brut</b>
<b>SER</b>	<b>Sources d'Energies Renouvelables</b>
<b>SONELGAZ</b>	<b>Société Nationale de l'Electricité et du GAZ</b>
<b>STEG</b>	<b>Société Tunisienne d'Electricité et du G</b>
<b>TEP</b>	<b>Tonnes Equivalent Pétrole</b>
<b>TWh</b>	<b>TéraWatt Heure</b>
<b>UE</b>	<b>Union Européenne</b>
<b>VECM</b>	<b>Vector Error Correction Model</b>

# Introduction générale

Nous vivons dans un monde qui connaît l'apogée de la technologie et de l'exploitation industrielle, cet usage repose essentiellement sur la transformation de ressources naturelles en énergie pour en tirer la formation ou le consommable de machine de production, d'exploitation, de transport ou de transmission. Ceci dit, un tel usage est lié à la disponibilité durable de cette précieuse énergie. Le paysage énergétique des trois pays Maghrébins a connu une évolution rapide au cours des dernières décennies. La croissance démographique, l'industrialisation et la hausse du niveau de vie, qui se sont accompagnés d'une augmentation des taux d'accès à l'électricité, ainsi que de taux élevés d'exode rural, ont tous contribué à l'expansion des besoins énergétiques.

La question de relation entre la consommation d'énergie et la croissance a fait l'objet d'une multitude de travaux empiriques (Masih et Masih, 1996 ; Asafu-Adjaye, 2000 ; Morimoto et Hope, 2004 ; Lee et Chang 2007). Cette relation a été saisie sous deux angles différents : celui de la fonction de demande d'énergie et celui de la fonction de production globale. Les travaux du premier groupe, dont notamment *Masih et Masih (1998)*, *Asafu Adjaye (2000)*, *Fatai et al. (2004)* et *Oh et Lee (2004)* ont utilisé la fonction de demande d'énergie, avec trois variables, l'énergie, le PIB et le prix de l'énergie, mesuré par l'indice des prix à la consommation. Alors que le modèle utilisant la fonction de production prend en compte l'énergie, au même titre que les facteurs de production, capital et travail, révolutionnant par-là, le modèle de croissance traditionnel de Solow (*Yu et Choi (1985)*, *Masih et Masih (1996)*, *Glasure et Lee (1998)*, *Yang (2000)*, *Soytas et Sari (2003)*, *Shiu et Lam (2004)*, *Paul et Bhattacharya (2004)*, *Morimoto et Hope (2004)*).

Sous cet angle, la politique internationale est jalonnée de crises et de ligues dans la quête de contrôler l'énergie et ses sources. D'ailleurs, le monde d'aujourd'hui redoute de plus en plus l'épuisement des énergies non renouvelables et prospecte l'après hydrocarbures, c'est un sujet inquiétant et effrayant à la fois pour les pays rentiers, riches en matière de gaz et de pétrole, mais qui n'en font pas forcément bon usage, tel le nôtre, dont l'économie en dépend totalement des exportations d'hydrocarbures.

Dans ce travail, notre objectif consiste à étudier l'effet des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique en *Algérie*, *Tunisie* et au *Maroc* durant la période 1990-2014. Nous essayons de répondre à la question suivante : *quelle est l'effet des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique des pays Maghrébins ?*

Pour répondre à cette problématique, nous essayons de mener une analyse comparative entre l'Algérie, Tunisie et le Maroc afin d'étudier la relation croissance-énergie renouvelable et non renouvelable, en adoptant une méthodologie basée essentiellement sur la modélisation classique en données de panel (modèle à effet fixe et modèle à effet aléatoire), et le travail de recherche est restitué en trois chapitres. Le **premier chapitre** est consacré à une revue de la littérature relative à la relation de causalité entre consommation d'énergie et croissance économique. Dans le **deuxième chapitre** nous étudions l'évolution de la consommation d'énergie et de la croissance économique au sein des trois pays maghrébins. Le **troisième chapitre** consiste à modéliser économétriquement l'effet de l'utilisation des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique au sein des pays étudiés. Enfin, les principales conclusions sont reportées dans la conclusion générale.

# Chapitre 1

## Energie et croissance économique : revue de littérature

### 1.1 Introduction

De nombreuses études empiriques ont examiné la nature de la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique en utilisant diverses méthodologies, en majorité des techniques de séries temporelles pour étudier la cointégration et le lien causale entre ces deux variables pour différentes périodes de temps. En effet, ces études sont parvenues à des résultats mitigés et parfois contradictoires. Trois catégories de résultats peuvent être distinguées, une relation de causalité unidirectionnelle, une relation de causalité bidirectionnelle ou absence de relation de causalité.

### 1.2 Revue de littérature

#### 1.2.1 Causalité unidirectionnelle

Parmi les études réalisées qui ont prouvé un lien de causalité unidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique, on peut citer celle de :

- **Kraft et Kraft, (1978)** ont été les premiers à mettre en évidence l'existence d'une causalité unidirectionnelle aux Etats Unis, durant la période 1947-1974, en utilisant un modèle VAR. Il en ressort que le produit national brut qui cause la consommation d'énergie. Cette relation laisse supposer qu'il est possible d'envisager des politiques d'économie d'énergie sans effets négatifs sur la croissance de l'économie [29].
- **Engel et Granger, (1987)** ont pris en compte la non- stationnarité des données en vue d'effectuer une analyse de cointégration entre la croissance économique et la consommation d'énergie. Pour ce faire, les auteurs ont étudié des paires de variables pour vérifier la cointégration en première étape, tandis que des modèles de correction d'erreur estimés pour tester

la causalité de Granger ont été utilisés en deuxième étape. [22]

- **Yang, (2000a)** a trouvé une causalité unidirectionnelle allant de la consommation d'énergie (au niveau agrégé et désagrégé) par rapport au PIB. Il a constaté un impact positif de la consommation d'énergie et a trouvé une causalité unidirectionnelle allant du gaz naturel au PIB pour Taiwan. En outre, **Yang,(2000b)** a trouvé une causalité bidirectionnelle entre la consommation totale d'énergie et le PIB à Taiwan. De plus à la désagrégation des sources d'énergie, il a trouvé une causalité bidirectionnelle entre le PIB et le charbon, le PIB et la consommation d'électricité et le PIB et la consommation d'énergie totale [57].
- **Samuel A. et Christophe M, (2005)** ont étudié la causalité entre la croissance économique et la consommation d'énergie au Congo, le test de causalité de Granger a révélé l'existence d'une causalité unidirectionnelle du PIB vers la consommation d'énergie [12].
- **Wolde-Rufael,(2004)** a testé la relation à long terme et de causalité entre la consommation d'électricité par habitant et le produit intérieur brut (PIB) réel par habitant pour 17 pays africains pour la période 1971-2001 en utilisant un test de cointégration nouvellement développé proposé par **Pasaran et al,(2001)** ainsi que la version modifiée du test de causalité de **Granger de Toda et Yamamoto,(1995)**. Les études empiriques montrent qu'il y avait une relation de long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le PIB réel par habitant de seulement 9 pays et de la causalité de Granger pour 12 pays seulement. Pour 6 pays il y avait un lien de causalité unidirectionnelle positif allant du PIB réel par habitant de la consommation d'électricité par habitant, une causalité inverse pour 3 pays et la causalité bidirectionnelle pour les 3 pays restants [56].
- **Zamani, (2007)** a analysé la relation entre les activités économiques et la consommation de l'électricité en Iran durant la période 1967-2003 et il a trouvé qu'il existe une causalité unidirectionnelle entre la consommation d'électricité et le PIB [61].
- **Squalli (2007)** a examiné la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique pour l'OPEP membres. Les résultats de causalité suggèrent que la croissance économique dépend consommation d'électricité dans cinq pays, moins dépendante dans trois pays et indépendante dans trois autres des pays. Cela est dû aux différences politiques et économiques de ces pays [52].
- **Mehrara (2007)** a examiné la relation qui existe entre la consommation d'énergie par habitant et le produit intérieur brut par habitant dans un groupe de onze pays exportateurs du pétrole (y compris l'Iran, le Koweït, l'Arabie saoudite, le Bahreïn, Oman, l'Algérie, le Nigeria, le Mexique, le Venezuela et l'Équateur) par l'utilisation des tests de racine unitaire et des tests de Cointégration. Il a trouvé une causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique à la consommation d'énergie pour ces pays exportateurs du pétrole [33].

- **Sari et al, (2008)** ont trouvé une causalité unidirectionnelle en utilisant l'approche du retard distribué autorégressif (ARDL) pour les Etats- Unis qu'à long terme ,la production industrielle et l'emploi étaient les principaux déterminants des énergies fossiles, consommation d'énergie, d'énergie hydraulique ,solaire ,de déchets et d'énergie éolienne, mais n'a pas eu consommation de gaz naturel [49].
- **Sadorsky, (2009a)** a utilisé un modèle de données de panel pour estimer l'impact des SER (qui comprend la géothermie ,l'énergie éolienne et solaire ,les déchets et le bois) sur croissance économique et émissions de CO<sub>2</sub> par habitant et prix du pétrole pour les pays du G7<sup>1</sup>. L'auteur a constaté qu'à long terme ,le PIB réel par habitant et les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant étaient les principaux moteurs de la consommation d'énergie renouvelable par habitant. Les prix du pétrole ont eu un effet moindre et négatif sur la consommation d'énergie renouvelable.
- **Sadorsky, (2009b)** a étudié la relation entre les SER (énergie éolienne, solaire et géothermique, bois et déchets) et la croissance économique et a constaté que l'augmentation du PIB réel avait un effet positif et statistiquement significatif sur la consommation d'énergie renouvelable par habitant dans un cadre de panel de 18 économies émergentes pour la période 1994-2003 [48].
- **Rahman et al, (2010)** ont analysé le lien entre croissance et énergie sous quatre différentes hypothèses .Premièrement, l'hypothèse de croissance considère que la hausse de la consommation d'énergie stimule la croissance économique, et l'énergie est donc un intrant important pour la production. Deuxièmement, l'hypothèse de la servative affirme qu'il existe une causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique à la consommation d'énergie et par conséquent, la politique de réduction de la consommation d'énergie ne doit pas affecter la croissance économique. Troisièmement, l'hypothèse de rétroaction considère que la consommation d'énergie et la croissance économique sont co-dépendantes, et il existe une causalité bidirectionnelle entre les deux variables. Quatrièmement, l'hypothèse de neutralité suppose qu'il n'existe pas de causalité entre les deux, entre l'utilisation de l'énergie et la croissance économique, et toute politique n'affectera pas l'autre [47].
- **Yoo et Kwak, (2010)** ont examiné les données dès 1975-2006. Ces auteurs ont conclu une relation de causalité unidirectionnelle entre le PIB et la consommation d'électricité pour l'Equateur, Brésil, Chili, Colombie par contre une causalité bidirectionnelle est constatée pour le Pérou [59].
- **Apergis et Payne (2011)** ont cherché a trouvé la relation qui existe entre la croissance économique, l'énergie renouvelable et non renouvelable pour 16 pays émergents en employant une cointégration et une causalité au sens de Granger sur une période (1990-2007). Ces au-

---

1. Groupe informel de pays ayant les économies les plus avancées dans le monde en 1975

teurs ont déduit qu'il existe une causalité unidirectionnelle allant de PIB à la consommation d'énergie renouvelable dans le court-terme ,ils ont trouvé aussi qu'il avait une causalité bidirectionnelle entre PIB et la consommation d'énergie non renouvelable dans le court et le long- terme [13].

- **L'étude de Souhila et Kourbali(2012)** a examiné le lien entre la consommation d'énergie et croissance économique en Algérie entre 1965 et 2008.Une causalité unidirectionnelle s'étendant du PIB à l'énergie consommation a été approuvée. Les résultats de la recherche soutiennent alors fortement la perspective néoclassique selon laquelle la consommation d'énergie n'est pas un facteur limitant de la croissance économique en Algérie [51].
- **Abanda et al, (2012)** ont examiné la corrélation entre la production des énergies renouvelables et la croissance économique dans plusieurs blocs du continent africain. Ils ont remarqué l'existence d'une corrélation positive entre les deux variables étudiées, sauf pour le bloc de l'Afrique australe où la corrélation est négative [8].
- **Liew et al (2012)** ont trouvé que c'est la consommation d'électricité qui a tiré la croissance de la production agricole au Pakistan. Par contre, ni le secteur tertiaire, ni le secteur secondaire n'étaient influencés par la consommation de l'électricité. Ils concluent que le Gouvernement du Pakistan pouvait introduire des mesures de conservation d'énergie sans nuire à la croissance de la production des services ou de l'industrie [40].
- **S.Ouedraogo, (2013)** à étudier la relation de long terme entre l'accès à l'énergie et la croissance économique dans quinze pays africaines de 1980 à 2008 en utilisant des techniques de cointégration de panel récemment développés. Elles confirment une causalité à long terme et à court terme unidirectionnelle. La causalité est exécutée à partir du PIB à la consommation d'énergie dans le court terme, et de la consommation d'énergie au PIB à long terme. Cette étude apporte ainsi la preuve empirique des relations à long terme et de causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique de notre échantillon de quinze pays [44].
- **Mensah (2014)** montre dans son étude que la consommation d'énergie détermine de manière unidirectionnelle la croissance économique au Kenya, alors que pour le Ghana cette relation existe mais dans le sens opposé [35].
- **Creutzig et al, (2014)** se sont intéressés aux énergies renouvelables en Europe. Ils considèrent que la transition vers un système énergétique basé sur les énergies renouvelables peut atténuer, le changement climatique et la crise de dette de la zone euro. Ainsi, la transition vers ce système n'est pas seulement bénéfique pour la stabilité climatique mais aussi c'est un moyen de réaliser des avantages socio-économiques [20].

- **Jebli et Ben Youssef, (2015)** ont examiné le cas de la Tunisie et détectent la présence d'une causalité unidirectionnelle à court terme en cours des exportations, des importations, de la croissance économique, des émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation d'énergie renouvelable [16].
- **Alper et O. Oguz,(2016)** ont utilisé la méthode ARDL et la causalité asymétrique pour trouver la relation qui existe entre les énergies renouvelables et la croissance économique pour le cas de 8 pays européens sur la période d'étude 1990-2009. Les variables étaient les énergies combustibles et déchets renouvelables ,PIB réel, capital fixe et main d'œuvre. Ils ont trouvé qu'il existe une causalité unidirectionnelle allant de PIB à la variable des énergies renouvelables pour le cas de République Tchèque et une causalité unidirectionnelle allant de la variable des énergies renouvelables à PIB pour le cas de Bulgarie. Toutefois ils ont trouvé qu'il n'existe pas une relation de causalité pour le cas de Hongrie, Pologne, Slovénie [11].

### 1.2.2 Causalité bidirectionnelle

Cependant, les études empiriques dont les résultats confirment un lien de causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique sont énumérées ci-dessous :

- **Masih et Masih(1996)** ont constaté une cointégration entre l'énergie et le PIB en Inde, au Pakistan et en Indonésie, mais pas en Malaisie, à Singapour et aux Philippines. La causalité de Granger va de l'énergie au PIB en Inde, mais dans le sens inverse dans les deux autres pays [32].
- **O.Ebohen, (1996)** a étudié la relation entre la croissance économique et la consommation d'énergie pour la Tanzanie et le Nigeria en utilisant le test de causalité de Granger. Les résultats obtenus montrent un lien de causalité bidirectionnelle entre les deux variables [21].
- **Babusiaux,(2001)** a trouvé une élasticité qui est supérieure ou égale à 1 entre la consommation d'énergie et le PIB dans la plupart des pays en développement, alors qu'elle est inférieure à 1 dans les pays industrialisés .Cette différence revient à la part croissante des activités tertiaires peu énergivores, dans le PIB et du progrès technique favorisant l'amélioration du rendement énergétique. L'élasticité aux prix reste très faible à court terme et la consommation est fortement dépendante des équipements. C'est-à-dire des investissements réalisés dans l'économie [15].
- Wang et al, (2009) proposent une revue des critères théoriques et empiriques d'évaluation de la performance multidimensionnelle des sources primaires de production d'énergie renouvelable. Sur le plan technique, les critères les plus utilisés dans la littérature englobent : l'efficacité référant à la quantité d'énergie qu'on peut tirer de la source primaire, l'exergie mesurée la qualité thermodynamique de l'énergie produite, le ratio énergie primaire mesurée

par la quantité d'énergie fossile économisée, la sécurité référant aux conditions de travail sur la centrale d'exploitation et de respect des normes environnementales garantissant la sécurité publique la fiabilité de la technologie définie par la capacité à assurer la fonction defourniture d'énergie (fréquence de panne technique) et à produire le maximum d'énergie sur une période donnée par rapport à la capacité installée et maturité mesurant le degré de diffusion de la technologie d'exploitation au niveau régional, national ou international [54].

- **Ciarreta et Zarraga, (2010)** ont appliqué la récente méthodologie des panels pour analyser la relation de long terme et de causalité entre la consommation d'électricité et le PIB réel pour un ensemble de 12 pays européens en utilisant des données annuelles pour la période 1970-2007. Les résultats montrent des signes d'une relation d'équilibre de long terme entre les trois séries et une forte négative causalité à court terme de la consommation d'électricité à GDP. As attendus, il existe une causalité bidirectionnelle entre les prix de l'énergie et du PIB et des preuves plus faible entre la consommation d'électricité et d'énergie prix. Ces résultats soutiennent les politiques mises en œuvre à la création d'un marché commun européen de l'électricité [18].
- **Apergis et Payne, (2010)** ont tenté d'étudier la relation entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique pour 20 pays de l'OCDE sur la période 1985-2005 dans un cadre de fonction de production par incorporation de capital et de travail dans l'analyse et ont trouvé une relation d'équilibre à long terme entre le PIB réel, la consommation d'énergie renouvelable, la formation brute de capital et la population active. De plus, leurs résultats de causalité de Granger indiquent une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique dans les deux à court et à long terme [13].
- **Yildirim et al, (2012)** ont étudié la relation entre l'énergie renouvelable et le PIB pour le cas d'USA sur la période 1949-2010 en utilisant la méthode de Toda-Yamamoto et la causalité de bootstrap-corrected. Les variables étaient la formation brute de capital fixe, le PIB réel, la consommation des énergies renouvelables (biomasse, hydroélectrique, les déchets du bois et géothermique). Les résultats dégagés confirment la présence d'une seule causalité bidirectionnelle entre la consommation des déchets du bois (la biomasse) et le PIB, et qu'il n'y avait pas une relation de causalité entre les autres dérivés des énergies renouvelables [58].
- **Coers and Sanders, (2013)** ont utilisé un panel de 30 pays de l'OCDE au cours des 40 dernières années, à l'aide des racines unitaires et les tests de cointégration en panel et spécifie un modèle à correction d'erreur approprié pour analyser le lien entre le revenu et la consommation d'énergie. Leurs résultats montrent des preuves que la causalité bidirectionnelle existe dans le très court terme. Leurs résultats montrent également une forte causalité unidirectionnelle du PIB à la consommation d'énergie dans le long terme. Les auteurs suggèrent que les politiques visant à réduire la consommation d'énergie et la promotion de l'efficacité

énergétique ne sont pas susceptibles d'avoir un effet négatif sur la croissance économique, sauf dans le très court terme [19].

- **Omri, (2013)** a examiné le lien entre les émissions de CO<sub>2</sub>, la consommation d'énergie et la croissance économique à l'aide de modèles à équations simultanées avec des données de panel de 14 pays de la région MENA au cours de la période 1990-2011. Les résultats empiriques montrent qu'il existe une relation causale bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique [42].
- **Shahbaz et al, (2014)** examinent le cas de la Tunisie afin d'étudier l'hypothèse de la courbe de Kuznets environnementale (EKC) et l'hypothèse des relations de cause à effet entre les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant, la croissance économique, la consommation d'énergie et l'ouverture commerciale. Une entre ces variables est évaluée, et une relation inversée. La forme en U de l'EKC a été vérifiée de manière analytique. **Halicioglu, (2009)** établit la présence d'une causalité bidirectionnelle à court et à long terme entre la croissance économique, et des cautions bidirectionnelles à court terme entre les émissions et la consommation d'énergie en Turquie [50].
- **Ohler Adrienne et Fetters Ian, (2014)** ont étudié la relation causale entre la croissance économique et la production d'électricité à partir de sources renouvelables dans 20 pays de l'OCDE entre 1990 et 2008 en utilisant un modèle de correction d'erreur de panel. Ils ont trouvé comme résultat principale l'existence d'une relation de causalité bidirectionnelle entre la production renouvelable globale et le PIB réel [41].
- **Chang et Al, (2015)**, *Kahia et Al, (2016)*, *Amri, (2017)* Malgré les différences de méthodes, de période d'échantillonnage et de panel des pays étudiés. Ces auteurs ont trouvé une relation bidirectionnelle entre le consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique. pour leurs positions **Chang et Al, (2015)**, ont employé une causalité de Granger pour panel de pays du G7 avec une période d'échantillonnage entre 1990 et 2011 [17].
- **Kahia et Al, (2016)**, ont utilisé une méthode de correction d'erreurs pour une période d'échantillonnage de 1980 à 2012 pour les pays exportateurs de pétrole de la région MENA. **Amri, (2017)**, a utilisé une équation dynamique simultanée avec une période d'échantillonnage 1990-2012 pour un groupe de 72 pays sur la base de leur niveau de développement [28].
- **Rafindadi et I. Ozturk (2017)** ont cherché à trouver la relation qui existe entre la croissance et la consommation d'énergie renouvelable en utilisant deux méthodes la première était ARDL et la deuxième était VECM (le vecteur de correction d'erreur). Ils ont employé ces deux techniques sur la période 1970 à 2013 et sur le PIB par habitant, la consommation d'énergie renouvelable par habitant, le capital réel par habitant et la main d'œuvre par habitant. A long-terme avec la méthode ARDL lorsque la consommation d'énergie renouvelable

augmente (positivement), la croissance économique accroit aussi (même signe), les mêmes résultats positifs avec la méthode de VECM. Enfin ils ont conclu qu'il existe une relation bidirectionnelle entre le PIB et la consommation d'énergie renouvelable [46].

Ces dernières années, les rapports présentant des scénarios 100 % renouvelables à l'horizon 2050 se multiplient (e.g. *Jacobson et Delucchi, (2011)*, *Jacobson et al, (2017)*, et *négaWatt, (2017)*). Les scénarios présentés, qui postulent tous une poursuite de la croissance économique, peuvent être classés en deux catégories : ceux qui supposent simultanément une augmentation de la consommation d'énergie, et ceux qui visent à entrer dans une ère de découplage absolu, c'est-à-dire décroissance de la consommation d'énergie concomitante avec une hausse du PIB [26] [27].

Ces scénarios supposent que la substitution totale des énergies fossiles par des alternatives renouvelables est technologiquement et économiquement possible. *Jacobson et Delucchi (2011)* montrent, dans une étude largement référencée dans la littérature, comment satisfaire tous les besoins énergétiques mondiaux avec les énergies éolienne, solaire et hydraulique, et ce à un coût similaire au prix actuel de l'énergie. Selon eux, les barrières à la transition énergétique seraient donc uniquement politiques et sociales. Le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) conclut également qu'il y a suffisamment d'énergie renouvelable et de potentiel de développement technologique pour construire un système énergétique sans carbone, et il propose donc des solutions politiques [26].

### 1.2.3 Absence de relation de causalité

Enfin, certaines études empiriques s'accordent sur une relation neutre entre la consommation d'énergie et la croissance économique, telles que : *Stern, (1993)* a examiné la relation entre la consommation d'énergie et le PIB pour les États-Unis, en utilisant un modèle de Cointégration multivarié mais il n'a pas pu trouver de relation entre les deux variables.

- **Rayne, (2009)** a fourni une analyse causale comparative de la relation entre les SER et les NRES et le PIB réel pour les États-Unis au cours de la période 1949-2006 et n'a trouvé aucune causalité de Granger entre les énergies renouvelables et consommation d'énergie non renouvelable et PIB réel [45].
- **Patrice. O, (2009)** a analysé la relation qui existe entre la consommation d'énergie électrique et le PIB au Cameroun. Les résultats montrent qu'au niveau global et dans le secteur primaire, il n'existe pas de causalité entre le PIB (valeur ajoutée) et la consommation d'énergie. Dans le secteur secondaire, la causalité va de la performance vers la consommation d'énergie. Dans le secteur tertiaire, c'est plutôt la consommation d'énergie qui cause la croissance de la production dans les services [43].

- **Menegaki,(2011)** a examiné le lien de causalité relation entre la croissance économique et les énergies renouvelables pour 27 pays européens dans un cadre de panel multivarié sur la période 1997-2007 en utilisant un modèle à effets aléatoires et compris la consommation finale d'énergie ,les émissions de gaz à effet de serre et l'emploi comme variable indépendante dans le modèle. L'auteur n'a trouvé aucune preuve de causalité entre la consommation d'énergie renouvelable et PIB [34].
- **M.S.B Aïssa et al (2014)**ont exploré la relation qu'il y a entre la consommation des énergies renouvelable, commerce et la production économique pour le cas de 11 pays africain sur la période de 1980 à 2008. Ils ont utilisé la méthode de panel cointegration pour les variables du PIB, la consommation des énergies renouvelable (consommation d'électricité à partir de source renouvelable), exportation et l'importation, le stock de capital (la formation brute de capital fixe) et la main-d'œuvre. Ils ont conclu dans le court-terme, qu'il n'y avait pas une causalité entre ces variables [9].
- **A. Fethi(2017)** a examiné la relation qu'il y a entre les énergies renouvelable, non renouvelables et le PIB pour le cas de l'Algérie sur la période de 1980 jusqu'à 2012 en utilisant la méthode ARDL et la causalité au sens de Granger pour les variables de PIB, stock de capital, la population, la consommation totale des énergies électrique renouvelable et non renouvelable. Il a trouvé qu'il n'y a pas de relation entre les énergies renouvelables et le développement économique en Algérie. Ces résultats confirment que ce pays n'a pas encore atteint le seuil d'énergie renouvelable qui lui permet de contribuer à l'amélioration positive du PIB [60].
- **D.S. Armeanu et al (2017)** ont mené une étude sur la relation des énergies renouvelables et le développement économique durable. Cette étude s'était basée sur le cas de 28 pays européens et les auteurs ont utilisé la méthode de panel cointegration et la causalité au sens de Granger sur la période de 2003 jusqu'à 2014. Les variables d'étude étaient le PIB par habitant, la production d'énergie renouvelable (l'hydroélectricité, éolien, géothermique...), la dépendance énergétique, l'émission du gaz à effet de serre, l'émission du gaz nitrogène, les dépenses sur le secteur de la recherche et développement et la main d'œuvre. Ils ont conclu, qu'il y avait une influence positive des énergies renouvelables sur le développement économique et aussi, ils ont trouvé qu'il y avait une relation unidirectionnelle allant de PIB à la production d'énergie renouvelable [14].

### 1.3 Conclusion

En conclusion, de nombreuses économistes ont réalisés des études sur le lien qui existe entre la consommation d'énergie et la croissance économique pour des pays différents au cours des dernières années, en utilisant des techniques de séries temporelles différentes.

A partir de cette revue de littérature nous observons les résultats de chaque auteur, l'existence d'une relation unidirectionnelle, bidirectionnelle ou absence de relation entre la croissance et la consommation et sa direction varie en fonction des pays

# Chapitre 2

## Analyse descriptive de l'évolution de la consommation d'énergie et de la croissance économique au sein des trois pays Maghrébin

### 2.1 Introduction

Dans notre travail, le principal objectif est de définir la relation entre la croissance économique et les énergies (renouvelables et non renouvelables), pour cela, il est nécessaire d'avoir une idée générale sur l'économie et les énergies de chacun des trois pays maghrébins (Algérie, Maroc, Tunisie).

Alors, dans ce chapitre nous allons parler sur les énergies et l'évolution de leur consommation, nous allons aussi aborder la croissance économique ainsi que le PIB par tête, et cela pour chacun de pays déjà cité en haut. A la fin nous allons faire une analyse descriptive avec le capital physique et humain.

### 2.2 Consommation d'énergie

La consommation d'énergie, durant le siècle dernier, a considérablement augmenté à cause de l'industrialisation massive ; Les prévisions des besoins en énergie pour les années à venir ne font que confirmer, voire amplifier, cette tendance, notamment compte tenu de l'évolution démographique et du développement de certaines zones géographiques. Et pour fournir une énergie propre, sûre et compétitive, la tendance va vers l'utilisation des sources d'énergies de différentes natures en termes de concept et source d'énergie notamment énergies renouvelables [30].

## 2.2.1 Au Maroc

### A) Le secteur énergétique marocain

Le secteur énergétique Marocain est un levier incontournable de l'économie publique. A titre indicatif, en 2015, ce secteur assurait près de 3,1% du PIB et employait environ 0,4 % de la population du pays. Connaissant une escalade de son rythme de consommation (7 à 8 % par an) le secteur énergétique est surtout condamné par une dépendance accrue aux énergies fossiles importées (96% des consommations énergétiques sont d'origine étrangère et représentent 13,3% des importations totales, propulsant le Maroc au rang du plus grand importateur d'énergie dans la région du MENA. Comme ce secteur est libéralisé, il est monopolisé par les plus lourds cartels internationaux, qui profitent pleinement des avantages d'investissement dans ce pays [30].

Bien que peu nanti en ressources énergétiques, le royaume du Maroc dépend pratiquement de l'importation pour son approvisionnement en sources d'énergies modernes, afin de satisfaire sa consommation qui garanti son essor économique et son expansion démographique. Toutefois, cette dépendance énergétique surélevée, culminant les 96% en 2008, s'est sensiblement réduite en 2009, suite à l'entrée en exploitation des énergies renouvelables, pour reculer à 94,6% puis en 2010 à 93% et 95,6 % en 2011 [37].

En effet, l'indice de la demande en énergie primaire vacillait en moyenne de 6 à 8% par an, la moyenne annuelle de consommation locale d'énergie est passée de 0,31 tonnes en équivalent pétrole (TEP) par habitant en 1997 à 0,539 TEP par habitant en 2011. Par ailleurs, cette consommation reste bien inférieure à la moyenne mondiale qui elle atteint 1,7 TEP par habitant, en rappelant que le Royaume est peu nanti en ressources énergétiques propres et reste sensiblement dépendant de l'approvisionnement extérieur (95% de l'énergie exploitée vient des importations)[37].

Suite à une légère baisse en 2008 et 2009, où le niveau de la consommation nationale en énergie primaire avait atteint un taux de 2.5% en consommant 15.1 millions TEP. Par contre, celle-ci a quand même augmenté de 6% ces dernières années, en enregistrant un pic de progression de 16.1 millions MTEP (mégatonne équivalent pétrole) en 2010, soit un accroissement de 6,7 %, une escalade qui s'est encore confirmée en 2011 avec 17,3 MTEP, soit une amplification de 6,9% [37].

Les dérivés pétrochimiques demeurent importants, quoique leur ration dans la consommation énergétique se soit reculée de 83 % en 1980 jusqu'à 60,1 % en 2009, puis à 61,4 % en 2010 et 61,9% en 2011 [38].

En parallèle, la ration du charbon a augmenté, après un taux de 8% en 1980, elle a atteint

23% en 2009 puis 21,7% en 2010 et 22,5% en 2011, à cause de son usage accru dans la génération électrique. En effet, le charbon couvre plus de 40 % de la production d'électricité du Maroc, il reste le plus important vivier pour l'approvisionnement du pays. Le gouvernement royal a préconisé la pérennité d'exploitation de cette source d'énergie. A défaut de ressources locales, le charbon utilisé au Maroc est totalement importé. L'aptitude nette de génération d'électricité à base de charbon s'accroît de 170% entre 2013 et 2017 (grâce à l'apport de la nouvelle centrale de Safi qui produit deux fois 700 MW, extensions de Jorf Lasfar et de Jeralda).

Si en 1980, la ration du gaz naturel n'a été que de 1%, elle a grimpé jusqu'à 3,9% en 2010, pour atteindre les 4,6% en 2011, en contre partie du paiement en nature de la redevance due au passage par le Gazoduc Maghreb Europe. Par contre, sa consommation s'est amplifié pour atteindre les 8% entre 2009 et 2010 jusqu'à 25,6% entre 2010 et 2011, pour grimper de 586.000 TEP jusqu'à 633.000 TEP, avant d'atteindre 795.000 TEP en 2011, en raison de l'entrée en exploitation de la centrale Aïn Beni Mathar [38].

La demande publique en énergie électrique a considérablement augmenté lors de la première tranche de la décade (2000/2010), jusqu'à atteindre la moyenne des 7,5% par an. Puis, le rythme de cette demande a fléchi, entre 2005 et 2009, enregistrant un taux annuel de croissance de 4,2%. Alors qu'en 2010, la demande électrique a consommé 26 531 GWh, enregistrant une augmentation de 6,1 par rapport à 2009. En 2011, cette demande a grimpé jusqu'à 8,4%, pour une consommation de 28.752 GWh [38].

A partir du début décembre 2015, le gouvernement marocain a décidé de libéraliser le secteur des produits pétroliers permettant ainsi aux distributeurs de carburants (grossistes et détaillants) de fixer désormais eux-mêmes leur propre marge bénéficiaire sur les prix du détail. Cet accord est intervenu dans un contexte de décompensation totale opérée sur l'essence et le mazout en février 2014 puis sur le gasoil à partir de janvier 2015.

## **B) Evolution de la consommation d'énergie au Maroc**

Les énergies fossiles, presque entièrement importées, dominent le secteur énergétique marocain et couvrent une grande part de la consommation d'énergie primaire du pays avec un pourcentage de 88.7% en 2017 dont : 62% en pétrole, 21.7% en charbon, et 5% en gaz ; les énergies renouvelables contribuent pour 8,8% (surtout biomasse : 6,5%) et les importations d'électricité pour 2,5%. Ces dernières années, le Maroc a lancé un nouveau programme énergétique qui est celui de l'énergie renouvelable qui peut relancer l'économie Marocaine et réduire sa dépendance aux hydrocarbures [55].

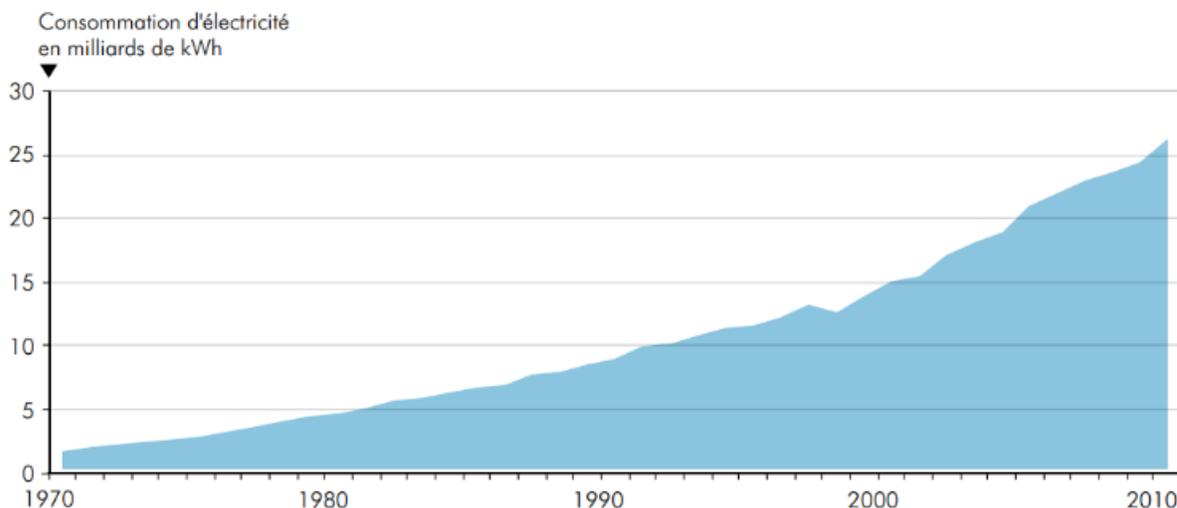


FIGURE 2.1 – Consommation d'électricité au Maroc en milliards de kWh.

Comme le montre la figure 2.1<sup>1</sup>, le Maroc a connu un accroissement considérable de sa demande en électricité. La consommation énergétique a augmenté en moyenne de 5,7% entre 2002 et 2011. Ceci est dû en partie par la croissance économique, par l'accroissement démographique et par la hausse de la consommation énergétique par tête. Cette élévation de la consommation s'explique aussi par l'intensification des investissements en projets d'électricité qui ont permis au pays d'atteindre une couverture d'accès à l'électricité de 97% en 2009 (contrairement à 18% en 1995). Une telle croissance de la consommation énergétique dans un pays entièrement dépendant des importations en combustibles est effectivement un facteur critique à ne pas négliger pour le développement économique du pays. Sans compter que ces énergies fossiles sont épuisables [5] [3].

### C) Les énergies renouvelables au Maroc

*L'énergie éolienne* : Le Maroc compte sur un potentiel éolien assez riche, pouvant l'assister pour atteindre tout objectif qu'il voudra se fixer. Contrairement aux combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole) ou fissiles (uranium) exploités dans les centrales thermiques ou nucléaires, l'éolien est plutôt une source d'énergie propre, impérissable et surtout à moindre coût. Cette source d'énergie abondante peut concourir à libérer énergétiquement le Maroc de toute emprise des pays producteurs de pétrole et de gaz.

Dans le cadre de la production privée d'électricité, le Maroc a réalisé le parc éolien de Abdelkhalek Torres, situé dans le nord du Royaume, dans la région de Tétouan, c'est le premier parc réalisé dans le pays, dont la mise en service a eu lieu en 2000, ce parc est doté d'une puissance installée de 50,4 MW.

---

1. Bank Data, 2014.

Après cette première expérience, d'autres projets ont été lancés : le parc éolien Amougoul à Essaouira de 60 MW et mis en service en 2007, le parc éolien de Tanger de 140 MW inauguré en 2010, le second parc éolien de Tétouan à 32 MW et qui a été réalisé en 2009, le parc de Laâyoune (programme d'autoproduction électrique) de 5 MW a été réalisé en 2011. Aussi, dans le cadre de la Loi 13-09 sur les énergies renouvelables, trois autres parcs éoliens additionnant une capacité installée de 200 MW ont été lancés à Haouma (50 MW), Akhefenir (100 MW) et Laâyoune (50 MW). Par conséquent, la capacité éolienne installée au Maroc atteint les 492.5 MW en 2013, représentant 7,4% de la puissance totale installée.

*L'énergie solaire* : Le Maroc dispose d'un gisement solaire considérable de 3000 heures d'ensoleillement par an, lui permettant d'atteindre tous les objectifs qu'il voudra se fixer dans l'exploitation de cette source d'énergie. Dans ce sens, le Maroc a inauguré la plus grande centrale solaire au monde en janvier 2016 à Ouarzazate en plein désert, contenant des milliers de panneaux solaires, étalés sur 480 hectares ; soit, l'équivalent de 600 terrains de foot. Cette immense centrale solaire construite dans le cadre de la stratégie énergétique marocaine qui vise à porter la part des énergies renouvelables dans le mix électrique national à plus de 52% à l'horizon 2030 [31].

## 2.2.2 En Tunisie

### A) Le secteur énergétique tunisien

Les ressources énergétiques de la Tunisie sont essentiellement composées d'énergies fossiles (pétrole et gaz naturel). A partir de l'année 2010, ces ressources d'énergie primaire enregistrent une baisse significative et continue, la figure 2.2<sup>2</sup> en illustre.

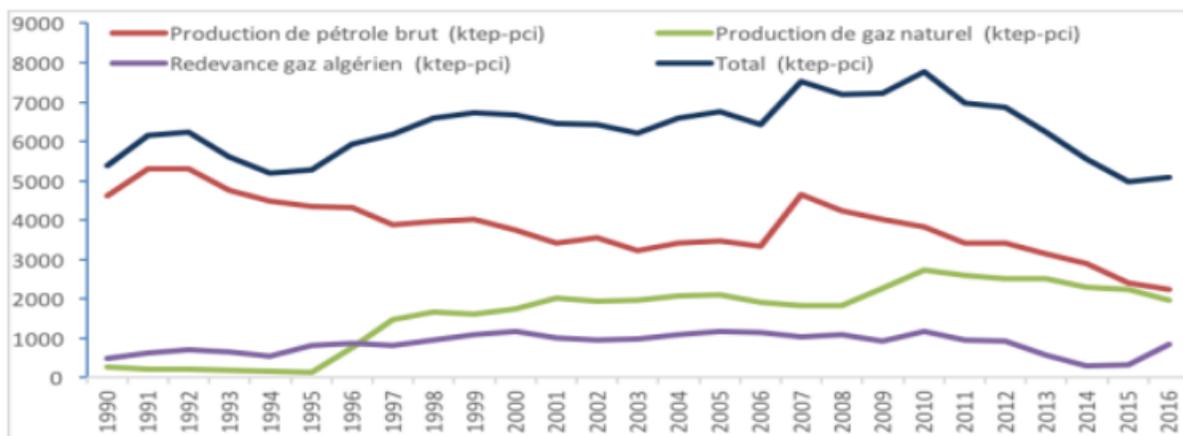


FIGURE 2.2 – Ressources d'Énergie Primaire en Tunisie

Selon le bilan énergétique tunisien, le secteur d'énergie a connu jusqu'au milieu des années 80

une situation énergétique favorable, ensuite il est passé vers une situation d'équilibre entre 1994 et 2000, puis vers une situation déficitaire depuis 2001

En effet, en 1980, le secteur énergétique a joué un rôle de premier plan dans la croissance économique de la Tunisie en représentant environ 13% du PIB du pays et 16% des exportations nationales. Néanmoins, cette contribution est en baisse depuis 1986, en 2001 elle était inférieure à 5% du PIB du pays et en 2006 elle n'était que de 6,4%. En fait, durant cette période la balance énergétique est passée d'un solde excédentaire d'environ 2600 ktep à un léger déficit en 2001 jusqu'à atteindre un solde déficitaire d'environ 460 ktep en 2010 et 1670 ktep en 2012 (voir la figure 2.3<sup>3</sup>). La Tunisie est désormais contrainte de faire face à l'importation d'une partie de ses besoins énergétiques [2].

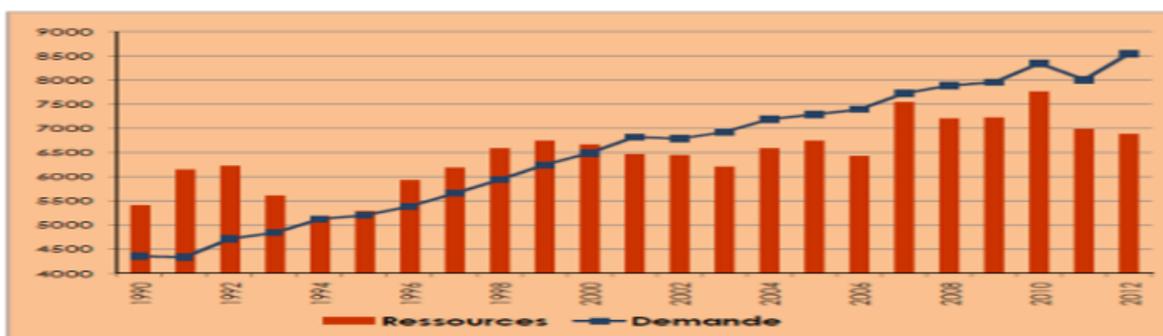


FIGURE 2.3 – Ressource et demande énergétique de la Tunisie

Les ressources énergétiques qui, ont abondamment contribué à la croissance de l'économie du pays surtout au cours des années 80 se transforment aussitôt en un lourd fardeau pour cette économie, en particulier dans l'actuelle situation de flambée des prix du pétrole qui est appelée à perdurer.

Afin de faire face à cette situation, le gouvernement tunisien a adopté une politique énergétique compatible avec un développement viable du pays et qui est basée essentiellement sur trois composantes qui sont :

- l'intensification et la consolidation des efforts afin de développer des ressources d'hydrocarbures du pays (la découverte de nouveaux gisements pétroliers qui permettront de compenser le déclin de la production des anciens champs).
- L'offre d'énergie à prix relativement accessibles ; faciliter d'accès à l'énergie pour tous.
- la mise en place d'une stratégie énergétique viable, volontariste et vigoureuse basée sur l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. Cette politique

---

3. Banque mondiale

a fait que l'intensité énergétique du pays baisse d'environ 1% par an et Cela principalement grâce au développement des secteurs moins énergivores ainsi que l'utilisation rationnelle de l'énergie [10].

## **B) Evolution de la consommation d'énergie en Tunisie**

Entre 1970 et 1980, l'évolution de la consommation d'énergie primaire a été très soutenue, enregistrant un triplement puis s'est considérablement ralentie au début des années 80 puisqu'elle a augmenté à raison de 5% par an, passant de 3000 ktep en 1982 à 4700 ktep en 1992.

La production d'énergie primaire a connu un taux annuel moyen de 5,4% entre 1994 et 1999. Cette tendance s'est ensuite inversée à partir de l'an 2000. Entre 1999 et 2003, la production a ralenti à un taux annuel moyen de 2%, pour reprendre entre 2003 et 2007 avec un rythme annuel moyen de 5%. Cette tendance s'est inversée durant la période 2010-2015, associée à une reprise en 2016 [23].

La production nationale des produits pétroliers garantit 40% de la consommation d'énergie primaire contre 60% découlant de l'importation. La consommation totale des produits pétroliers se partage à 56% pour le secteur des transports contre 44% pour l'industrie, le bâtiment et l'agriculture. Le secteur des transports est fortement dépendant des produits pétroliers qui représentent 99% de sa consommation d'énergie [4].

Pour le secteur de l'électricité, le marché tunisien est caractérisé par une structure de monopole où l'opérateur dominant est la STEG (Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz) depuis 1962 de point de vue de la production, du transport et de la distribution. Quant à l'évolution de la demande électrique, la demande nationale a augmenté en moyenne de 6,5% par an durant la décennie 1990-2000 et de 4% durant les années 2000. Sur les 5 dernières années, le taux de croissance de la demande électrique est passé à moins de 4%. En fait, les ventes d'électricité de l'année 2002 ont atteint 9 078 GWh pour atteindre environ 15000 GWh en 2012 [6].

L'accroissement de la demande énergétique aussi bien que l'accroissement de la consommation de l'électricité en Tunisie comme le montre la figure 2.4)<sup>4</sup>, ne fait que creuser le déficit et augmente notre dépendance envers les importations énergétiques.

Concernant la consommation d'électricité par secteur, l'industrie représente la part la plus importante de la consommation (46%) en 2010, suivie des secteurs résidentiel et tertiaire (respectivement 25% et 22%). En effet, la consommation d'électricité en industrie a indiqué une évolution moyenne annuelle sur les dix dernières années de 4,2%, qui a ralenti à 3,8% pendant les 5 dernières années. En 2009, la demande nationale d'électricité des deux secteurs

---

4. Office National de l'économie

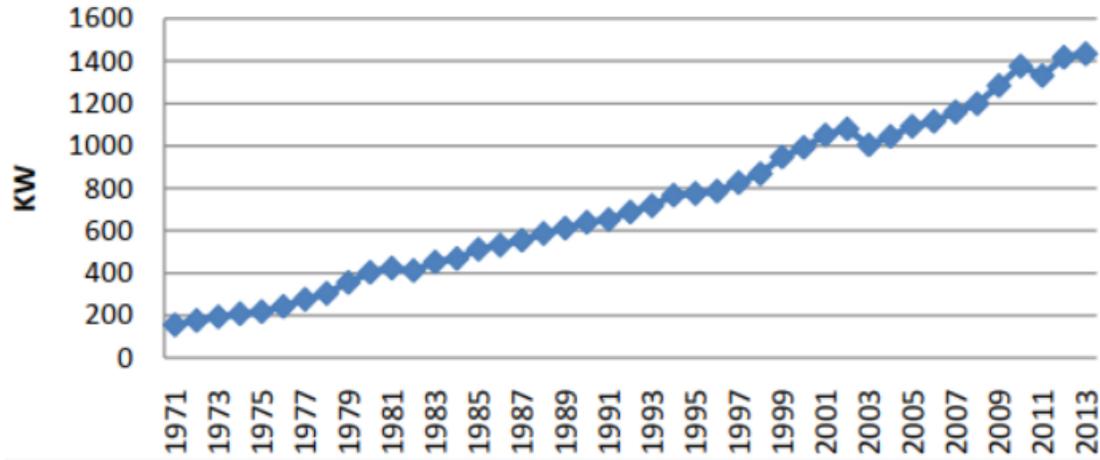


FIGURE 2.4 – Consommation d'électricité en Tunisie (KWh par habitant)

des services et résidentiel s'est élevée à environ 3,3 TWh pour chaque secteur, représentant respectivement 22% et 25% de la demande globale et en croissance de plus de 4,2% en moyenne annuelle sur la période décennale 2000-2009.

En raison de la faible demande d'électricité et du lent développement des lignes électrifiées en Tunisie, le secteur des transports, qui fait actuellement partie du secteur des services, perd de son importance.

La consommation d'énergie en Tunisie est liée au développement économique et a toujours suivie une tendance haussière. La règle générale dit qu'en raison de l'industrialisation et du développement humain, pour chaque augmentation de 1% de la croissance économique, la consommation d'énergie, en particulier la consommation d'électricité, augmentera de 2%.

### C) Les énergies renouvelables en Tunisie

*L'énergie éolienne* : La Tunisie dispose d'un potentiel de production d'énergie éolienne exploitable de 8 GW sur 1 600 km<sup>2</sup>, Depuis les années 2000, la Tunisie a choisi de produire de l'électricité à partir de l'énergie éolienne, ce choix a immédiatement conduit à la construction et à la mise en service d'un parc éolien de 55 mégawatts à Sidi Daoud, à environ 50 kilomètres de la Tunis, par la Société tunisienne d'électricité et de gaz naturel. Cette station est constituée d'une quarantaine d'éoliennes fournissant 2% de la consommation énergétique du pays [53].

En 2012, la Société tunisienne d'électricité et de gaz naturel (STEG) a officiellement inauguré une centrale éolienne à El Alia (à 19 kilomètres de Bizerte), qui a la capacité de produire 50 MW d'électricité à partir de 37 éoliennes. Grâce à l'intégration de cette nouvelle centrale,

la capacité de production a atteint 120 MW, de sorte que la production d'énergie éolienne de la Tunisie représente 5% de la production totale d'électricité, et a continué à économiser de l'énergie pendant de nombreuses années, en réduisant la consommation de combustibles fossiles et en atténuant l'effet de serre. Permettant également aux investisseurs de mener des activités dans la production et l'exportation d'énergie éolienne.

*L'énergie solaire* : La Tunisie dispose d'un taux d'ensoleillement dépassant les 3000 heures par an, lui permettant de mettre en place des projets de parcs photovoltaïques visant sur 30% solaire. Sachant qu'à l'heure actuelle, cette part n'est que de 3%.

Une première station d'une superficie de 20 hectares a été inaugurée en novembre 2018 à Tozeur, dans le sud du pays, près de la frontière algérienne. Dotée de panneaux photovoltaïques fournissant une puissance de 10 mégawatts (MW) et espère atteindre les 70 MW d'ici 2021. Des appels d'offre sont en cours sur cinq autres sites pour une capacité totale de 500 MW [7].

Cette toute nouvelle infrastructure permettra la production d'une part d'environ 14% de la consommation annuelle en électricité de la région, et devra être également source de revenus pour le pays grâce à la collaboration des investisseurs privés aux appels d'offre et l'exportation l'énergie produite [7].

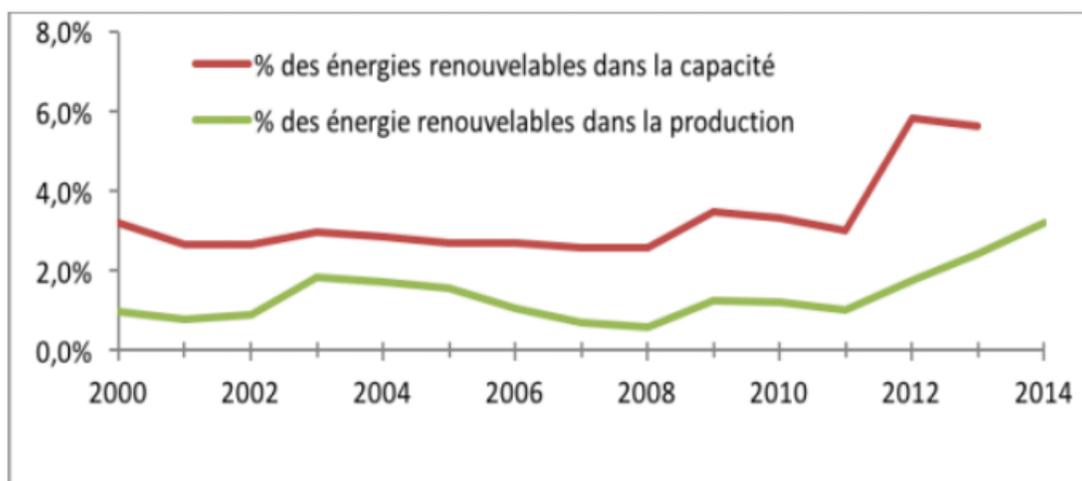


FIGURE 2.5 – Évolution du poids des ER dans le secteur électrique.

En examinant les courbes d'évolution du poids des énergies renouvelables, dans la production de l'électricité (voir le figure 2.5<sup>5</sup>), on déduit que la production de l'énergie électrique à partir des énergies renouvelables, ne représente que 3,2% de la production totale d'électricité en 2014, contre 0,9% en 2000.

5. Ministère de l'Énergie, des Mines et de la Transition Énergétique

### **2.2.3 En Algérie**

#### **A) Le secteur énergétique algérien**

Les énergies en Algérie, y compris dans le secteur de l'électricité, sont tirées des hydrocarbures à plus de 99%, étant membre de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), et du Forum des pays exportateurs de gaz naturel (FPEG). Aujourd'hui, l'Algérie demeure le 18e producteur mondial de pétrole (le 3e en Afrique). Et l'un des 10 premiers exportateurs de gaz naturel [36].

Le pétrole, appelé aussi l'or noir, lui seul représente presque 50% du PIB algérien, avec une production totale d'environ 1.1 millions de barils/jour. Ainsi, le gaz naturel qui est considéré comme l'énergie primaire la plus propre par rapport aux autres ressources fossiles, représente près de 99% de la production d'électricité en Algérie [39].

Actuellement, presque soixante ans après l'indépendance, 65% des recettes fiscales de l'État et plus de 90% des recettes d'exportations du pays sont issus des hydrocarbures. Le modèle rentier, « une malédiction », a atteint ses limites poussant le pays à tout importer, c'est comme si l'agriculture, les services, le tourisme, l'industrie n'existaient pas, ou à peine.

Par la suite, l'Algérie s'est intéressée aux énergies renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne, dont les gisements sont disponibles en abondance dans le sud du pays et considère notamment ce type d'énergie comme une opportunité et un pilier du développement socio-économique, pour une industrie créatrice de richesses et d'emplois.

#### **B) Evolution de la consommation d'énergie en Algérie**

Le secteur des hydrocarbures est par excellence le levier de l'économie algérienne et représente à lui seul près de la moitié du PIB. En effet, l'Algérie possède environ 1% du total des réserves mondiales de pétrole et 3% de gaz [23].

Selon la figure 2.6<sup>6</sup> on remarque que, la consommation d'énergie en Algérie prend son envol depuis les années 70. Cette consommation est due aux évolutions des secteurs consommateurs d'énergie (le secteur de l'industrie, du bâtiment et des travaux publics, le secteur des transports; et enfin le secteur des ménages et autres consommateurs). Selon ce même graphique on remarque une hausse considérable de la consommation d'énergie par habitant en Algérie sur la période allant de 2010 à 2016. Elle devrait, selon les prévisions du secteur de l'énergie et si le rythme de consommation se poursuit, doubler à l'horizon 2030, voir tripler à l'horizon

---

6. Banque mondiale.

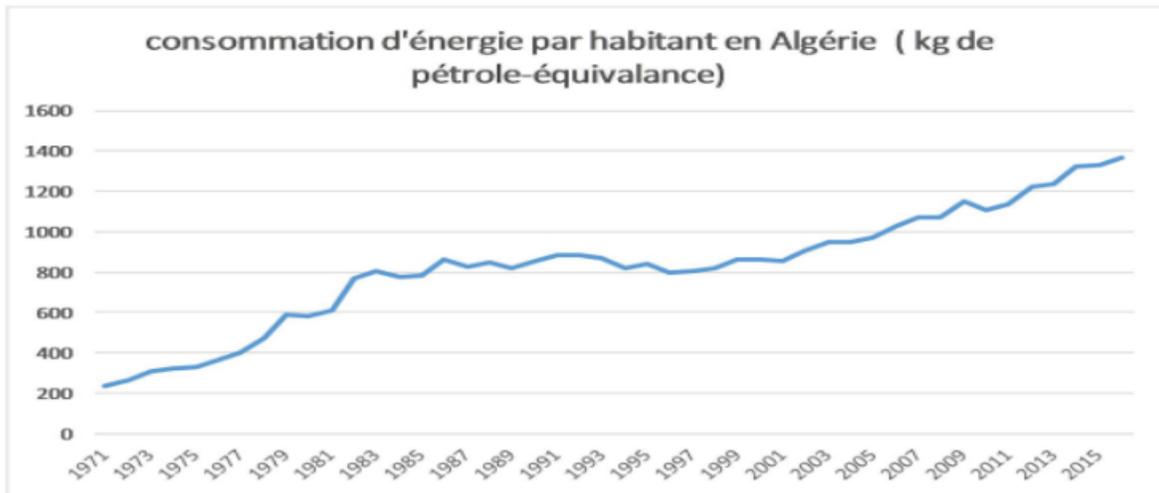


FIGURE 2.6 – La consommation d'énergie par habitants en Algérie durant la période (1970- 2016).

2040, ce qui est très inquiétant.

L'Algérie a enregistré une évolution de 76.26% de consommation d'électricité durant la période allant de 1999 à 2009 ; La consommation du gaz naturel est passée de 1404 KTEP en 1999 à 1555 KTEP en 2003, pour qu'elle atteigne 2471 KTEP en 2009 ; Alors que les produits pétroliers ont évalué à un rythme léger passant de 558 KTEP en 1999 à 1154 KTEP en 2007 [1].

### C) Les énergies renouvelables en Algérie

- **L'énergie solaire**

L'Algérie dispose d'un potentiel solaire assez important, lui permettant de se lancer dans la production d'électricité depuis l'énergie renouvelable solaire qui est propre et non épuisable. En effet la durée d'ensoleillement est égale respectivement à 2650 heures par an au Nord et à 3500 heures par an au Sud.

Le pays a mis en place sa première centrale solaire en 2011 à HassiR'Mel construite par la SONELGAZ (Société nationale de l'électricité et du gaz, qui est une compagnie chargée de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz en Algérie). La centrale est hybride, solaire-gaz, d'une puissance de 150 MW dont 25 MW solaire [25].

«L'Algérie, qui a réalisé sa première centrale solaire en 2011, a acquis l'expérience nécessaire, ainsi que les moyens requis pour développer ce domaine d'autant qu'actuellement le pays totalise 22 centrales de production d'électricité à base d'énergie solaire avec une capacité de 400 mégawatts», a affirmé Mohamed Arkab, ministre de l'Énergie, lors d'une

visite de travail dans la wilaya (région) d'Annaba le 20 août 2019<sup>7</sup>. Les autorités ont, depuis l'année 2015, lancé un large programme visant d'ici 2030, d'atteindre près de 4% de la production nationale d'électricité de sources renouvelables. La concentration solaire représente à elle seule deux tiers de la puissance à installer, dont 7200 MW en solaire thermique, et 2800 MW en photovoltaïque<sup>8</sup>.

- **L'énergie éolienne**

Une première ferme éolienne en Algérie d'une puissance de 10 MW a été installée à Adrar et mise en service en juin 2014. Cette dernière est composée de 12 éoliennes de 850 KW de puissance implantées sur une superficie de 30 hectares [24].

Suite à la révision du programme national en 2015, l'énergie éolienne occupe désormais la seconde place derrière le photovoltaïque, loin devant les autres filières. En effet, a été augmentée de 2000 MW à 5010 MW [?].

L'importance accordée à l'éolien est clairement due à la considérable amélioration des coûts moyens du kilowatt/heure (KWh) qui sont, après ceux de la géothermie, les plus bas du renouvelable.

## **2.3 La croissance économique**

D'une manière générale, la croissance économique est mesurée par la variation du produit intérieur brut (PIB), en volume, entre deux années successives. Pour mieux tenir compte de l'importance démographique d'un pays, afin de mieux comprendre les comparaisons internationales, c'est la croissance du PIB par habitant qui est le plus souvent retenue comme principal indicateur de croissance.

### **2.3.1 Croissance économique au Maroc**

La croissance économique au royaume du Maroc a connu une instabilité importante générée par le changement fréquent de stratégies politiques résultant de la forte variété des objectifs intermédiaires, depuis l'Indépendance jusqu'à aujourd'hui, sous l'égide de l'objectif majeur qui est la recherche d'une certaine indépendance énergétique.

Depuis 1960, l'économie marocaine a connu une croissance volatile, fortement dépendante de son agriculture. (Voir la figure 2.7<sup>9</sup>)

---

7. Algérie Presse Service (APS)

8. MINISTERE DE L'ENERGIE, ALGERIE

9. Banque mondiale

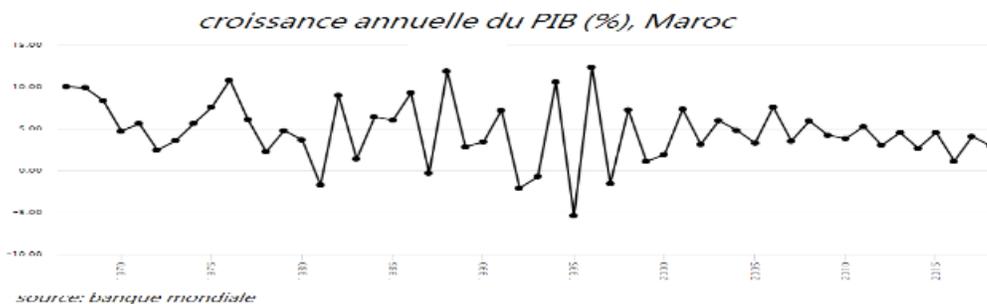


FIGURE 2.7 – Croissance annuelle du PIB EN % au Maroc

**1967-1974** : Relance et austérité, cette ère a connu le lancement des Plans de développement économique et social qui visent la consolidation du tissu économique et l'accompagnement des différentes mutations sociales du pays. Deux phases distinctes ont marqué cette période ; une première phase d'expansion allant de 1967 à 1971, pendant laquelle le rythme de croissance a atteint une moyenne de 7,1%, la seconde est celle du ralentissement (3,7% de croissance moyenne) allant de 1972 à 1974 et traduite par l'austérité budgétaire.

**1975-1981** : Un État interventionniste, cette ère est caractérisée par une longue période de sécheresse et par une baisse aigüe des prix des phosphates (réduction de moitié entre 1975 et 1978). En effet cette ère a révélé des déséquilibres des finances publiques et a imposé un endettement extérieur. En conséquence, l'économie nationale a enregistré un taux de croissance de 4,6% en moyenne annuelle.

**1982-1987** : Ajustement structurel et libéralisation de l'économie, durant la période 1981-1983, le taux de croissance économique a stagné autour des 2%, en 1983 le Maroc a entamé un processus de stabilisation et d'ajustement structurel sous l'impulsion du FMI et de la Banque Mondiale, en vue de redresser les déséquilibres, tout en ciblant une croissance économique forte et soutenue. La croissance économique réelle a affiché un taux de 4,1% en moyenne annuelle entre 1982 et 1987, provenant principalement du secteur agricole.

**1988-1995** : Ancrage du Maroc dans l'économie mondiale et volatilité du PIB, Cette phase fut caractérisée par une forte volatilité de la croissance économique comparativement à la phase précédente, à cause ; des fréquentes sécheresses, du ralentissement de l'investissement et de la décelération de la demande étrangère. Au niveau sectoriel, l'économie marocaine s'est diversifiée à partir du début de la décennie 90 grâce au développement de l'industrie touristique, du secteur textile et des services financiers.

**1996-2003** : la stabilité de la croissance, Depuis 1996, le Maroc procéda à l'application d'un nouveau régime de croissance, moins inflationniste qu'auparavant. Un régime qui se traduit par la reprise des investissements public et privé, par l'ancrage du PIB hors agriculture et par un perfec-

tionnement des équilibres extérieurs. En conséquence, le pays a obtenu une croissance économique moyenne de 4%.

**Entre 2000 et 2008**, l'économie marocaine a réalisé des taux de croissance qui vacillent autour de 4,8% en moyenne, contre une moyenne de 3,7% pour la décennie précédente. Ce changement entraîna une légère diminution de la dépendance de l'économie nationale envers la production agricole qui est soumise à l'influence des aléas climatiques.

Malgré la grave crise mondiale de 2008 et le printemps arabe de 2011, deux événements majeurs qui ont marqué la dernière décennie de 2007 à 2017, la croissance économique au Maroc a fait preuve de résilience notable face à cette conjoncture mouvementée, assurant un taux annuel moyen de 4%.

Une vérification des indicateurs macroéconomiques de ces trois dernières années confirme que le Maroc a vécu une croissance économique de 4,1% en 2017, 3% en 2018, et de 2,9% en 2019.

Actuellement, sous l'effet de la sécheresse et de la pandémie, l'économie nationale devrait connaître une récession pour l'année cette année 2020, la première depuis plus de deux décennies.

### 2.3.2 Croissance économique en Tunisie

Durant la décennie post indépendance de la Tunisie, illustrée par la fondation de l'État tunisien moderne, le taux de croissance public était marqué par un haut niveau de volatilité. Par contre, au début des années 1970, principalement les quatre premières années, cette volatilité s'est empirée, frôlant les 17.74% en 1972 (le pic de la période d'étude), avant de baisser considérablement en 1973. Cette période verra le gouvernement changer la politique de collectivisation par la privatisation de l'économie, à cause du cuisant échec de l'expérience socialiste à la fin des années 1960.

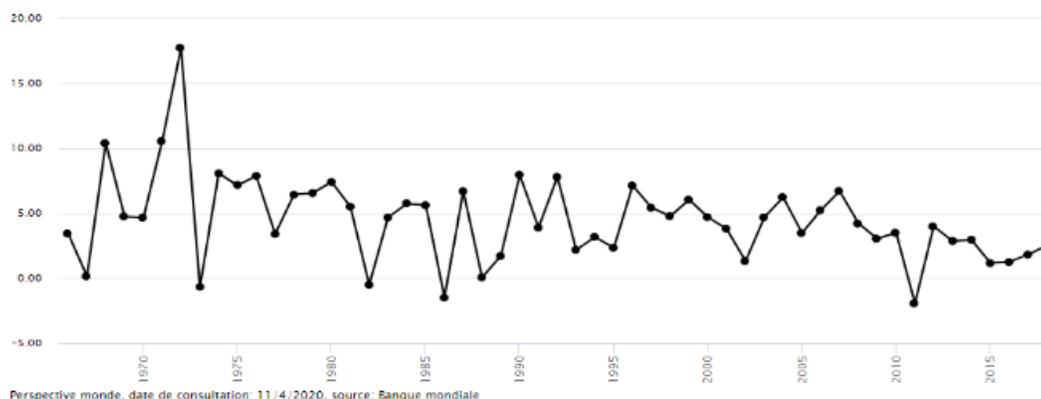


FIGURE 2.8 – PIB (Produit Intérieur Brut)- Tunisie

Pour la période 1988-1997, l'économie tunisienne a subi les répercussions de la crise de la Libye et celle de son partenaire économique l'UE qui a enregistré un faible rythme de croissance,

en parallèle, le taux de croissance du PIB par tête a été en moyenne de 4,17.

En 2003, en dépit d'un contexte régional marqué par les conflits voisins, le pays a noté une croissance de 4,93% résultat d'une campagne agricole (oléiculture) record en 2003-2004, malgré la faiblesse des exportations traditionnelles.

Les répercussions de la crise de 2008 n'ont été qu'éphémères sur l'économie et sur le marché du travail et ont été essentiellement ressentis de façon intermédiaire sur le commerce et l'économie. La croissance économique a fléchi de 4,5 pour cent en 2008 jusqu'à 3,1 pour cent en 2009, mais une reprise satisfaisante commença dès 2010.

La transition (la période post-révolution) marquée par un ralentissement de l'investissement et de la productivité générée par les troubles sociaux et sécuritaires, engendrant une baisse de la croissance du PIB qui était de -1.8% en 2011, avant de connaître une légère évolution économique de 3,7% en 2012. La bonne croissance économique en 2014 résulte de l'excellente performance du secteur de l'agriculture et de la pêche, contre une régression de -4% en 2013, la valeur ajoutée du secteur a augmenté de +2,8% en 2014.

L'insécurité et la vague d'attentats meurtrière qui ont frappé le pays en 2015 ont provoqué une chute des recettes touristiques de 33% entre 2014 et 2015 générant une baisse de la croissance économique (1.19%), qui se redressa néanmoins légèrement de 1.26% en 2016, avant de prendre une trajectoire progressive de 2,5% en 2018, contre 2% en 2017, essentiellement engendrée par le secteur de l'agriculture et celui des services (particulièrement le service du tourisme qui a connu un essor fulgurant), mais aussi celui de l'industrie électromécanique.

Par contre, la Tunisie a enregistré un taux de croissance économique de 1% en 2019, selon les évaluations de l'Institut National de la Statistique (INS), ce fléchissement est le résultat des revers des industries manufacturières et celles énergétiques, un résultat qui a été partiellement amorti par les performances encourageantes des services marchands, l'activité agricole et la pêche.

### **2.3.3 Croissance économique en Algérie**

Après son indépendance, l'Algérie a traversé une phase de forte croissance (1963-1985), caractérisée par un taux moyen élevé de croissance du PIB par habitant avec une ligne de croissance annuelle de +2.68%. Puis, vient la période de récession (1986-1994), cette période connut une sévère crise économique avec un taux d'intérêt annuel moyen négatif de -2.35%. La chute drastique des prix du pétrole, en 1986, a enclenché une terrible crise économique, engendrant une faible croissance économique de 0.2% durant cette même période.

Ensuite, l'Algérie connut une phase de croissance très lente (1995-2012), bien qu'une importante quantité d'investissements ait été injectée dans l'économie durant cette période, le taux de

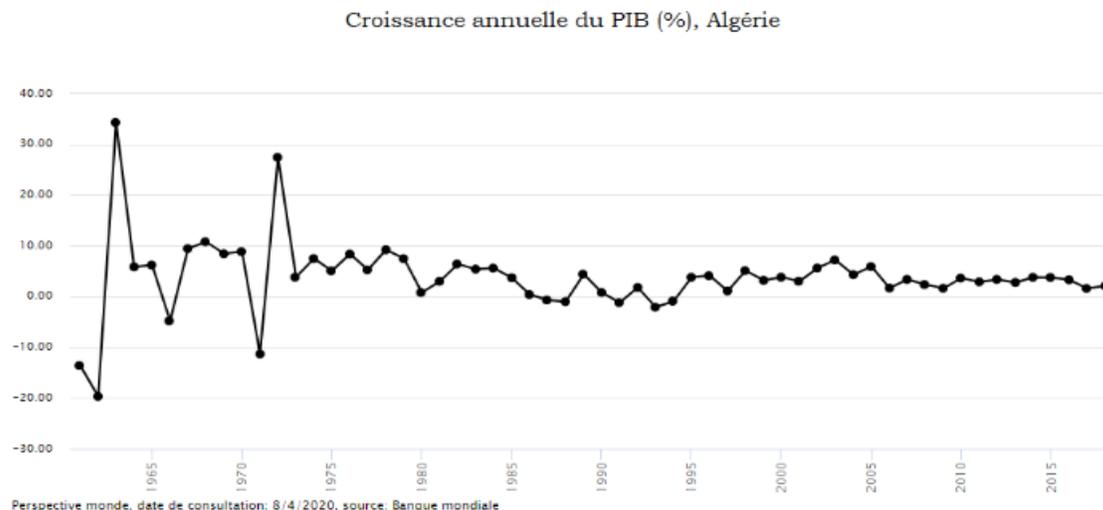


FIGURE 2.9 – PIB (Produit Intérieur Brut)- Algérie

croissance annuel moyen du PIB / habitants était de + 1,95%. Sur la période de 2010-2014, l'Algérie subit une situation économique instable. En effet, l'année 2014 a été marquée par la chute brutale des cours du pétrole qui ont perdu 40% de leur valeur marchande en moins de six mois. Malgré cette chute des prix du baril, le taux de croissance avait quand même évolué pour atteindre les 3.8%, en comparaison avec l'exercice 2013 (2.8%).

Entre 2014 et 2016, la croissance du PIB est restée presque stable malgré la constance de la baisse du prix du baril, enregistrant respectivement les taux de 3.8%, 3.7% et 3.2% pour les années 2014, 2015 et 2016. En 2017, suite au rééquilibrage des finances publiques, le pays a connu un ralentissement de l'économie avec un taux de croissance de 1.3%, suivi par une légère augmentation à 1.4 % en 2018. Par contre, en 2019 la croissance a baissé jusqu'à 0,8%.

A l'heure actuelle, l'Algérie fait face à des chocs sociaux-économiques majeurs qui découlent de la baisse drastique des prix du pétrole, de la crise de santé publique et les conséquences des turbulences économiques mondiales dues à la pandémie du COVID-19.

## 2.4 Conclusion

De ce qui précède, on remarque que les trois pays du Maghreb ne disposent pas de ressources énergétiques identiques, si l'Algérie repose sur des richesses naturelles pharamineuses (énergie renouvelable/ énergie non renouvelable), il se trouve que la majeure partie de ces ressources connaît une activité dérisoire ou presque mise en jachère, pour ne se concentrer que sur l'extraction et l'exportation d'hydrocarbure (économie essentiellement rentière).

Malgré les tentatives des gouvernements successifs d'entreprendre une diversification de l'écono-

mie nationale, l'instabilité chronique des dits gouvernements a annihilé toute velléité versant dans l'indépendance économique à la rente pétrolière. Par contre, soit la Tunisie ou le Maroc, bien que peu nantis en ressources naturelles, comparativement à l'Algérie, les résultats de leur croissance économique confirment l'efficacité de leurs politiques économiques.

Si les trois pays récoltent distinctement les fruits des réformes qu'ils ont accomplies, ces réformes dégagent néanmoins une volonté publique claire dans la prospection continue de stratégies et/ou politiques économiques et financières saines et efficaces. Les dites réformes, au-delà de la divergence des facteurs économiques spécifiques à chaque pays, convergent vers la fondation d'une économie locale diversifiée, indépendante de l'importation et/ou de l'assistance publique et surtout prospère.

# Chapitre 3

## modélisation économétrique de la relation entre consommation d'énergies renouvelables et non renouvelables et la croissance économique

### 3.1 Introduction

Ce chapitre vise à modéliser la relation entre la consommation d'énergie, renouvelable et non renouvelable, et la croissance économique pour le cas des trois pays Maghrébins ; Algérie, Maroc et Tunisie, et durant la période 1990-2014.

L'Algérie est l'un des pays, les plus énergivores, la consommation d'énergie est d'environ 1,2 tonnes équivalent pétrole TEP par an et par habitant), du point de vue de l'affectation de cette consommation d'énergie, l'essentiel est utilisé par les ménages (40%) et le transport (36%) sans retour de plus-value ou de richesse quelconque, alors que le secteur de l'industrie consomme moins de 20% du bilan énergétique national. En outre, si le rythme de consommation interne d'énergie se poursuit à la même tendance, il risque de doubler à l'horizon 2030, voire triplé à l'horizon 2040. Avec un scénario laisser-faire. Pour le Maroc, il est loin d'être un grand consommateur d'énergie, avec un taux moyen d'utilisation de l'énergie par habitant (une mesure de l'énergie consommée) d'environ 560 kg d'équivalent pétrole, Mais n'empêche que le pays ne néglige pas l'importance de la maîtrise de la consommation énergétique qui est sans cesse croissante, ainsi que l'orientation vers d'autres sources, le développement de l'énergie d'origine solaire, éolienne et hydroélectrique.

La consommation d'énergies en Tunisie a toujours enregistré une augmentation régulière, corrélée au développement économique réalisé. Une règle générale dit que pour chaque 1% de croissance économique, il y a 2% d'augmentation sur la consommation énergétique, notamment d'électricité, du fait de l'industrialisation et le développement humain. Sinon, pour le cas de la Tunisie, le transport et l'industrie restent les consommateurs principaux, justement suivis par les ménages et le

secteur public (routes, administrations, hôpitaux, écoles...).

## 3.2 Données

Les données utilisées dans cette étude empirique ont été tirées de deux bases de données ; à savoir World Development Indicators de Banque Mondiale et World Penn Table, version 9.1. Ces données concernent trois pays magrébins : Algérie, Maroc et Tunisie durant la période de 1990 à 2014. De ce fait, la variables à expliquer sera produit intérieur brut par tête, cependant les variables explicatives sont en nombre de quatre ; la consommation par tête d'énergie non renouvelable (energie fossil), la consommation par tête de l'énergierenouvelable, la formation brute du capital fixe par tête et le capital humain. Le tableau ci-dessous donne la définition des variables étudiées.

Variable	Symbole	Mesure	Base données
Produit intérieur brut par tête	GDPC	GDP par tête à prix constant (at constant \$ 2010)	World Development Indicators
énergie non renouvelable	NRE	mutilation des énergies non renouvelable par tête (kg of oil equivalent per capita)	World Development Indicators
Energie renouvelable	RE	L'utilisation des énergies renouvelables par tête (kg of oil equivalent per capita)	World Development Indicators
Capital physique	kc	formation brute du capital fixe par tête	World Development Indicators
Capital humain	h	Indice de capital humain, basé sur les années de scolarité et le rendement de l'éducation	World Penn Table 9.1

TABLE 3.1 – Définition des variables d'études

En outre, les données utilisées dans l'analyse empirique sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Dans ce tableau ci-dessus nous remarquons que la variable explicative qui possède la valeur la plus importante est "NRE" les énergies non renouvelables d'une valeur de 7963152, qui est aussi la proche de la variable à expliquer "gdpc" : 9.957644, et donc nous pouvons dire que c'est celle qui l'explique le plus. Contrairement à la variable explicative "H" Indice de capital humain, qui a la valeur la plus faible 0.5825746 et la moins proche de la variable PIB par tête et par conséquent celle qui l'explique le moins.

Variable	Obs.	Moyenne	Ecart type	Min	Max
LNRE	75	6,409	0,45	5,51	7,19
LRE	75	7,963	1,59	4,51	9,54
LGDP	75	9,957	1,35	8,06	11,87
LKC	75	6,629	0,40	5,93	7,55
Lh	75	0,582	0,14	0,28	0,89

TABLE 3.2 – Données utilisées

Nous remarquons également que la moyenne d'énergie utilisée pour l'Algérie, le Maroc et la Tunisie est de 6.521789 (en Kg équivalent pétrole par habitant), et que le type d'énergie le plus utilisé est l'énergies renouvelables d'une moyenne de 7.963152 (en Kg équivalent pétrole par habitant) qui est supérieur à la moyenne du total des énergies ainsi qu'à la moyenne des énergies non renouvelables  $7.963152 > 6.521789 > 6.409955$ .

### 3.3 Résultats d'estimation et discussion

En vue de mesurer les effets des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique, en tenant compte deux formes fonctionnelles, il s'agit d'un modèle à effet fixe et un modèle à effet aléatoire. Le modèle le plus approprié est identifié en utilisant le test de Hausman.

#### Le modèle à effet fixe

$$LGDP_{it} = v_i + \alpha_1 + \alpha_2 LNRE_{it} + \alpha_3 LRE_{it} + \alpha_4 LKC_{it} + \alpha_5 Lh_{it} + \epsilon_{it} \quad (3.1)$$

où  $v_i$  est un effet fixe spécifique à chaque pays.

#### Le modèle à effet aléatoire

$$LGDP_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 LNRE_{it} + \alpha_3 LRE_{it} + \alpha_4 LKC_{it} + \alpha_5 Lh_{it} + (v_{it} + u_{it}) \quad (3.2)$$

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

Les résultats des estimations relatifs à l'équation (3.1) et (3.1), reportés dans le tableau 3 et 4, 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 expliquer la relation entre la consommation d'énergie renouvelable et non renouvelable et la croissance économique des trois pays étudiés. Pour ce faire, l'hypothèse  $H_0$ , où le modèle à effet aléatoire est le plus adéquat, contre l'hypothèse alternative  $H_1$  qui stipule que le modèle à effet fixe est le plus approprié, sera testée.

En effet, le tableau dans la figure 3.1 rapporte les résultats d'estimation du modèle à effet fixe, tandis que le tableau dans la figure 3.2 comporte ceux du modèle à effet aléatoire. La valeur du test

de Housman est égale à 2754,73, et la probabilité de rejeter H0 est inférieure à 5% (0,000) (voir le tableau dans la figure 3.3). Par conséquent, nous rejetons l'hypothèse nulle, alors le modèle retenu est celui à effet fixe. Ce dernier modèle montre que le produit intérieur brut par tête au sein des pays Maghrébins sont fortement influencées et de façon positive par la consommation d'énergie renouvelable et non renouvelable et le niveau de croissance économique, car les coefficients associés aux LRE et LNRE sont positifs et statistiquement très significatifs (seuil de signification 1%).

l gdp	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnre	.5319632	.1010672	5.26	0.000	.3302869	.7336396
lre	.0763785	.0203407	3.75	0.000	.0357894	.1169677
lkc	.1434089	.0604985	2.37	0.021	.022686	.2641318
lh	.4297347	.1182536	3.63	0.001	.1937634	.665706
_cons	4.738463	.4422215	10.72	0.000	3.856023	5.620902
sigma_u	1.6422215					
sigma_e	.04059703					
rho	.99938926	(fraction of variance due to u_i)				

Fixed-effects (within) regression  
Group variable: id  
Number of obs = 75  
Number of groups = 3  
R-sq: within = 0.9579  
between = 0.0041  
overall = 0.0186  
Obs per group: min = 25  
avg = 25.0  
max = 25  
corr(u\_i, Xb) = -0.0770  
F(4, 68) = 386.62  
Prob > F = 0.0000

F test that all u\_i=0: F(2, 68) = 2083.89 Prob > F = 0.0000

FIGURE 3.1 – Estimation du modèle à effets fixes.

l gdp	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lnre	-1.919881	.2795374	-6.87	0.000	-2.467765	-1.371998
lre	-.9019069	.0668266	-13.50	0.000	-1.032885	-.7709292
lkc	1.356643	.2274782	5.96	0.000	.9107937	1.802492
lh	1.268523	.9136158	1.39	0.165	-.5221307	3.059178
_cons	19.71283	2.702358	7.29	0.000	14.4163	25.00935
sigma_u	0					
sigma_e	.04059703					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

Random effects GLS regression  
Group variable: id  
Number of obs = 75  
Number of groups = 3  
R-sq: within = 0.1779  
between = 0.9989  
overall = 0.9489  
Obs per group: min = 25  
avg = 25.0  
max = 25  
Random effects u\_i ~ Gaussian  
corr(u\_i, X) = 0 (assumed)  
Wald chi2(4) = 1300.68  
Prob > chi2 = 0.0000

FIGURE 3.2 – Estimation du modèle à effets aléatoire.

Le tableau dans la figure 3.1 montre que les coefficients des variables LNRE et LRE sont respectivement 0,53 et 0,07 indiquant que si la consommation des énergies non renouvelable augmente de 1%, le PIB augmente de 0,53%, cependant une augmentation de 1% dans la consommation

```

. hausman F1 .
-----+-----
                Coefficients
                (b)          (B)
-----+-----+-----+-----
                F1          R1          Difference          sqrt(diag(V_b-V_B))
                S.E.
-----+-----+-----+-----
INRE            .5319632    -1.919881         2.451844             .
IRE             .0763785    -.9019069        .9782854             .
Ikc            -1.1434089     1.356643        -1.213234             .
Ih             -1.4297347     1.268523        -.8387888             .
-----+-----+-----+-----
                b = consistent under H0 and H1; obtained from xtreg
                B = inconsistent under H0, efficient under H1; obtained from xtreg

Test: H0: difference in coefficients not systematic
        chi2(4) = (b-B)' [(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
                =          2754.73
        Prob>chi2 =          0.0000
        (V_b-V_B is not positive definite)
    
```

FIGURE 3.3 – Test de spécification d’Hausman.

des énergies renouvelables, induit une augmentation de 0,07% dans le PIB par tête. En outre, le capital physique et le capital humain impactent négativement le PIB par tête. L’élasticité associée au capital physique est estimée à 0,14, tandis que celle du capital humain est égale à 0,42. Cela veut dire que l’effet du capital humain sur la croissance du PIB par tête est trois fois plus à celui du capital (physique).

### 3.4 Conclusion

L’objectif de cette recherche consiste à analyser la nature de la relation entre la consommation d’énergie renouvelable et non renouvelable et la croissance économique en Algérie, Tunisie et Maroc. Pour ce faire, une étude économétrique sur des données panel pour le cas des trois pays Maghrébins et pour 1990-2014. Après avoir estimé les deux formes fonctionnelles, modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire, le test d’Hausman montre que le modèle retenu est le modèle à effet fixe. Nous avons conclu que influencé la consommation d’énergie renouvelable, énergie non renouvelable, capital humain et capital physique influent positivement le PIB par tête. Toutefois, et l’effet du capital humain sur la croissance économique égale trois fois plus à celui du capital physique.

# Conclusion générale et perspectives

Ce travail explore la question du lien dynamique entre la consommation des énergies renouvelables et non renouvelables et de la croissance économique. Il s'inscrit, par ce biais, dans la lignée d'un ensemble de travaux engagés par Yi (2013), Farooq et al. (2013), Jaraité et al. (2015), Ito, (2017), Kahia et al. (2017). Notre objectif est d'analyser la relation entre la croissance économique et la consommation d'énergie renouvelable et non renouvelable en Algérie, Tunisie et au Maroc durant la période allant de 1990 jusqu'à 2014.

**Un premier chapitre** de la littérature montre que cette relation peut être définie avec l'utilisation des techniques différentes. La direction de la relation de causalité, peut prendre plusieurs formes à savoir unidirectionnelle (de la consommation d'énergie à la croissance économique ou de la croissance économique vers la consommation d'énergie), bidirectionnelle et qui peut être à long terme ou à court terme, ou bien une relation neutre (absence de relation de causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique).

**Le deuxième chapitre**, montre que l'évolution de la consommation d'énergie a connu une forte tendance à la hausse que ce soit en Algérie, Tunisie ou au Maroc, tandis que la croissance économique a connu des évolutions mitigées, tantôt à la hausse et tantôt à la baisse.

**Le troisième chapitre** avait comme objet de modéliser les effets des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique de l'Algérie, Tunisie et du Maroc durant la période 1990-2014. Les résultats obtenus montrent que la consommation d'énergie renouvelable, énergie non renouvelable, capital humain et capital physique impactent positivement le PIB par tête, toutefois l'effet du capital humain égale trois fois l'effet du capital physique.

Par ailleurs, le capital humain permet au secteur énergétique de fournir des solutions efficaces, fiables et rentables afin de favoriser l'accès à l'énergie et assurer le développement économique durable. L'approche consiste à :

- Diversifier le marché des énergies renouvelables en s'orienter vers d'autres sources d'énergies renouvelables et inciter le commerce à faciliter la création d'un avantage concurrentiel.
- Assurer le transfert des compétences et des connaissances permettant la création à long terme

des marchés des énergies renouvelables entre les trois pays Maghrébins.

- Mener le renforcement des capacités et l'innovation pour renforcer les compétences fondées sur l'expertise et le savoir-faire des trois pays.

Ainsi, l'impact positif des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique ont de fortes implications politiques. Il est par conséquent essentiel pour les économies de continuer à promouvoir ce secteur pour mieux tirer parti de son impact positif sur le développement à long terme, par conséquent, les trois pays Maghrébins devraient orienter leurs investissements essentiellement sur les énergies renouvelables.

Toutefois, certains de ces pays seront confrontés à plusieurs contraintes et défis qui sont principalement dus au manque d'investissements. 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. Toutefois, ces pays restent fortement dépendants des ressources pétrolières et la réorientation du soutien aux producteurs d'énergie renouvelable pour accroître la part d'énergie renouvelable dans le mix énergétique total est loin d'être automatique.

# Bibliographie

- [1] Bilan energetique national. *Ministère de l'énergie ALGERIE*, 2015.
- [2] L'economie tunisienne post-revolution, bilan economique, boattour fatma. *BIS Economics*, 29 Mars 2017.
- [3] Agence nationale pour le développement des energies renouvelables et de l'efficacité énergétique. *ATLAS ÉOLIEN GLOBAL NUMÉRIQUE DU MAROC*, page 1ère édition, Décembre 2013.
- [4] Strategie nationale de maitrise de l'energie : objectifs, moyens et enjeux, agence nationale pour la maitrise de l'énergie. *ministère de l'industrie, de l'énergie et des mines*, page 10, juin 2014.
- [5] 100% energies renouvelables : Renforcer le développement au maroc. *WFC*, page 06, Mars 2015.
- [6] Une vision strategique pour le secteur tunisien : réflexion sur des thèmes prioritaires. *es-map.org*, novembre 2014.
- [7] A toseur : La premiere centrale solaire en tunisie, article partenaire-enedis. *LA TRIBUNE AFRIQUE*, septembre 2019.
- [8] F. Abanda, A. Ng'ombe, R. Keivani, and J. Tah. The link between renewable energy production and gross domestic product in africa : A comparative study between 1980 and 2008. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4) :2147–2153, 2012.
- [9] M. S. B. Aïssa, M. B. Jebli, and S. B. Youssef. Output, renewable energy consumption and trade in africa. *Energy Policy*, 66 :11–18, 2014.
- [10] H. B. J. Allal. Energie et ecodeveloppement en tunisie, observation de la viabilité énergétique 2005/2006. *Hello International*, 2013.
- [11] A. Alper and O. Oguz. The role of renewable energy consumption in economic growth : Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 :953–959, 2016.
- [12] S. Ambapour and C. Massamba. Croissance économique et consommation d'énergie au congo : une analyse en termes de causalité. *Document de Travail DT*, 12 :2005, 2005.
- [13] N. Apergis and J. E. Payne. Renewable energy consumption and economic growth : evidence from a panel of oecd countries. *Energy policy*, 38(1) :656–660, 2010.

- [14] D. Ş. Armeanu, G. Vintilă, and Ş. C. Gherghina. Does renewable energy drive sustainable economic growth? multivariate panel data evidence for eu-28 countries. *Energies*, 10(3) :381, 2017.
- [15] D. Babusiaux and A. Pierru. Capital budgeting, investment project valuation and financing mix : methodological proposals. *European Journal of Operational Research*, 135(2) :326–337, 2001.
- [16] M. Ben Jebli, S. Ben Youssef, and I. Ozturk. The role of renewable energy consumption and trade : Environmental kuznets curve analysis for sub-saharan africa countries. *African Development Review*, 27(3) :288–300, 2015.
- [17] T. Chang, R. Gupta, R. Inglesi-Lotz, B. Simo-Kengne, D. Smithers, and A. Trembling. Renewable energy and growth : Evidence from heterogeneous panel of g7 countries using granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52 :1405–1412, 2015.
- [18] A. Ciarreta and A. Zarraga. Economic growth-electricity consumption causality in 12 european countries : A dynamic panel data approach. *Energy Policy*, 38(7) :3790–3796, 2010.
- [19] R. Coers and M. Sanders. The energy–gdp nexus ; addressing an old question with new methods. *Energy Economics*, 36 :708–715, 2013.
- [20] F. Creutzig, J. C. Goldschmidt, P. Lehmann, E. Schmid, F. von Blücher, C. Breyer, B. Fernandez, M. Jakob, B. Knopf, S. Lohrey, et al. Catching two european birds with one renewable stone : Mitigating climate change and eurozone crisis by an energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38 :1015–1028, 2014.
- [21] O. J. Ebohon. Energy, economic growth and causality in developing countries : a case study of tanzania and nigeria. *Energy policy*, 24(5) :447–453, 1996.
- [22] R. F. Engle and C. W. Granger. Co-integration and error correction : representation, estimation, and testing. *Econometrica : journal of the Econometric Society*, pages 251–276, 1987.
- [23] C. Fatma. Politique energetique en tunisie. *Notes et analyses de l'ITCEQ, Institut tunisien de la compétitivité et des études quantitatives*, N 55, Mai 2017.
- [24] D. N. Hafida. L'énergie eolienne en algerie. *Bulletin des énergies renouvelables* N 46, 2018.
- [25] A. HAMIDAT. Le solaire thetmique en algerie : Histoire et perspectives. *bulletin des ER* N22, 2012.
- [26] M. Z. Jacobson and M. A. Delucchi. Providing all global energy with wind, water, and solar power, part i : Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy policy*, 39(3) :1154–1169, 2011.
- [27] M. Z. Jacobson, M. A. Delucchi, Z. A. Bauer, S. C. Goodman, W. E. Chapman, M. A. Cameron, C. Bozonnat, L. Chobadi, H. A. Clonts, P. Enevoldsen, et al. 100% clean and renewable wind, water, and sunlight all-sector energy roadmaps for 139 countries of the world. *Joule*, 1(1) :108–121, 2017.

- [28] M. Kahia, M. S. B. Aïssa, and L. Charfeddine. Impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth : New evidence from the mena net oil exporting countries (noecs). *Energy*, 116 :102–115, 2016.
- [29] J. Kraft and A. Kraft. On the relationship between energy and gnp. *The Journal of Energy and Development*, pages 401–403, 1978.
- [30] Maroc. Aperçu des risques d’intégrité dans les secteurs de l’énergie, des transports et de la santé. *OCDE*, page 21, 2018.
- [31] L. P. G. C. S. A. M. S. T. A. MAROC. [www.Fournisseur-Energie.com](http://www.Fournisseur-Energie.com) consulté le 07 juillet 2020.
- [32] A. M. Masih and R. Masih. Energy consumption, real income and temporal causality : results from a multi-country study based on cointegration and error-correction modelling techniques. *Energy economics*, 18(3) :165–183, 1996.
- [33] M. Mehrara. Energy consumption and economic growth : the case of oil exporting countries. *Energy policy*, 35(5) :2939–2945, 2007.
- [34] A. N. Menegaki. Growth and renewable energy in europe : a random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy economics*, 33(2) :257–263, 2011.
- [35] J. T. Mensah. Carbon emissions, energy consumption and output : a threshold analysis on the causal dynamics in emerging african economies. *Energy Policy*, 70 :172–182, 2014.
- [36] A. MINISTERE DE L’ENERGIE. <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=cooperation-multilaterale> consulté le 07 juillet 2020.
- [37] ministère de l’énergie du Royaume Marocain. La nouvelle stratégie énergétique nationale bilan d’étape, direction de l’observation et de la programmation. page 06.
- [38] ministère de l’énergie du Royaume Marocain. La nouvelle stratégie énergétique nationale bilan d’étape, direction de l’observation et de la programmation. page 07.
- [39] L. B. MONDIALE. <https://www.banquemondiale.org/fr/country/algeria/publication/economic-brief-july-2016> consulté le 07 juillet 2020.
- [40] T. murugan Nathan, W.-k. Wong, et al. Are sectoral outputs in pakistan led by energy consumption? *Economics Bulletin*, 32(3) :2326–2331, 2012.
- [41] A. Ohler and I. Fetters. The causal relationship between renewable electricity generation and gdp growth : A study of energy sources. *Energy economics*, 43 :125–139, 2014.
- [42] A. Omri. Co2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in mena countries : Evidence from simultaneous equations models. *Energy economics*, 40 :657–664, 2013.
- [43] P. Ongono. Consommation d’énergie et performances économiques au cameroun. 2009.
- [44] N. S. Ouedraogo. Energy consumption and human development : Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy*, 63 :28–41, 2013.
- [45] J. E. Payne. On the dynamics of energy consumption and output in the us. *Applied energy*, 86(4) :575–577, 2009.

- [46] A. A. Rafindadi and I. Ozturk. Impacts of renewable energy consumption on the german economic growth : Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75 :1130–1141, 2017.
- [47] M. M. Rahman and S. A. K. Mamun. Energy use, international trade and economic growth nexus in australia : New evidence from an extended growth model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64 :806–816, 2016.
- [48] P. Sadorsky. Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy policy*, 37(10) :4021–4028, 2009.
- [49] R. Sari, B. T. Ewing, and U. Soytas. The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the united states : an ardl approach. *Energy Economics*, 30(5) :2302–2313, 2008.
- [50] M. Shahbaz, N. Khraief, G. S. Uddin, and I. Ozturk. Environmental kuznets curve in an open economy : a bounds testing and causality analysis for tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34 :325–336, 2014.
- [51] C. Souhila and B. Kourbali. Energy consumption and economic growth in algeria : Cointegration and causality analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(4) :238, 2012.
- [52] J. Squalli. Electricity consumption and economic growth : Bounds and causality analyses of opec members. *Energy Economics*, 29(6) :1192–1205, 2007.
- [53] J. A. c. e. f. TUNISIE : la ruée vers les énergies solaire et éolienne, DAHMANI Farida. <https://www.jeuneafrique.com/mag/678337/economie/tunisie-la-ruée-vers-les-énergies-solaire-et-eolienne/> consulté le 07 juillet 2020.
- [54] J.-J. Wang, Y.-Y. Jing, C.-F. Zhang, and J.-H. Zhao. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(9) :2263–2278, 2009.
- [55] Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_au\\_Maroc](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_au_Maroc) consulté le 07 juillet 2020.
- [56] Y. Wolde-Rufael. Disaggregated industrial energy consumption and gdp : the case of shanghai, 1952–1999. *Energy economics*, 26(1) :69–75, 2004.
- [57] H.-Y. Yang. A note on the causal relationship between energy and gdp in taiwan. *Energy economics*, 22(3) :309–317, 2000.
- [58] E. Yildirim, Ş. Saraç, and A. Aslan. Energy consumption and economic growth in the usa : Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9) :6770–6774, 2012.
- [59] S.-H. Yoo and S.-Y. Kwak. Electricity consumption and economic growth in seven south american countries. *Energy Policy*, 38(1) :181–188, 2010.

- [60] B. Zacchello, E. Oko, M. Wang, and A. Fethi. Process simulation and analysis of carbon capture with an aqueous mixture of ionic liquid and monoethanolamine solvent. *International Journal of Coal Science & Technology*, 4(1) :25–32, 2017.
- [61] M. Zamani. Energy consumption and economic activities in iran. *Energy economics*, 29(6) :1135–1140, 2007.

## RÉSUMÉ

L'objet de notre présent mémoire est analyser empiriquement les effets des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique des trois pays magrébins ; l'Algérie, la Tunisie et le Maroc, sur la période allant de 1990 à 2014. Les résultats d'estimation montrent que les énergies renouvelables et non-renouvelables, le capital humain et le capital physique influencent positivement la croissance économique. Toutefois, l'effet des énergies renouvelables est sept fois plus élevé que celui des énergies renouvelables.

**Mots clés :** Energie renouvelable, énergie non renouvelable, croissance économique, capital humain et capital physique.

## ABSTRACT

This study aims to empirically analyse the effect of renewable and non renewable energy on economic growth of Algeria, Tunisia and Morocco over the period 1990-2014. The obtained results show that renewable energy, non-renewable energy, human capital and physical capital positively affect economic growth. However, the effect of non-renewable energy is seven times more than that of renewable energy.

**Key words :** Renewable energy, non-renewable energy, economic growth, human capital and physical capital.