

Évaluation et comparaison de la durabilité énergétique dans les pays du bassin méditerranéen

Assessment and comparison of energy sustainability in the countries of the Mediterranean basin

AZRI Khoukha^{1, *}, Abbas Hirzallah², Mekhmoukh Sakina³

¹ Université A-Mira, Bejaia (Algérie), khoukha.azri@univ-bejaia.dz

² Université A-Mira, Bejaia (Algérie), hirzallah.abbas@univ-bejaia.dz

³ Université A-Mira, Bejaia (Algérie), sakina.mekhmoukh@univ-bejaia.dz

Date de réception : 17/03/2023 ; **Date de révision :** 02/05/2023 ; **Date de publication:** 30/06/2023

Résumé : Le développement durable est devenu une référence majeure pour toutes les activités humaines. Au sein de cette quête de durabilité, la question de l'énergie reste majeure et décisive. Les outils d'évaluation sont recherchés pour apporter plus de précision dans la réalisation de durabilité énergétique. Il est primordial de savoir; quelles sont les performances des pays méditerranéens en matière de durabilité énergétique? La méthodologie suivie repose sur une approche mixite. Un aperçu théorique sur les notions du progrès et de durabilité est essentiel pour comprendre l'apport des outils d'évaluation. Des séries de données statistiques quantitatives sont collectées et traitées afin de saisir les progrès réalisés par chaque pays méditerranéen durant la décennie 2010. L'objectif de cet article est d'évaluer la durabilité énergétique d'un échantillon de pays méditerranéens en utilisant un indice composite afin de comprendre l'évolution de la durabilité dans la région. Les résultats dévoilent que les pays de la rive nord ne sont pas assez avancés que ceux de la rive sud.

Mots-clés : Progrès ; Durabilité Énergétique ; Énergie ; Indice Composite ; Méditerranée.

Codes de classification Jel : Q430 ; Q480.

Abstract: Sustainable development has become a major reference for all human activities. In this pursuit of sustainability, the issue of energy remains significant and decisive. Evaluation tools are sought to bring more precision in achieving energy sustainability objectives. It is highly essential to determine the performance of Mediterranean countries in terms of energy sustainability. The methodology employed in this study relies on a mixed approach. A theoretical overview of the concepts of progress and sustainability is essential to comprehend the contribution of evaluation tools. Quantitative statistical data series are collected and processed to capture the progress achieved by each Mediterranean country during the decade of 2010. The objective of this study is to assess the energy sustainability of a sample of Mediterranean countries using a composite index to understand the evolution of sustainability in the region. The results reveal that countries on the northern shore are not as advanced as those on the southern shore.

Keywords: Progress; Energy Sustainability; Energy; Composite Index; Mediterranean.

Jel Classification Codes : Q430 ; Q480.

I- Introduction :

Depuis une trentaine d'années, le développement durable (DD) est devenu une référence majeure pour toutes les activités humaines. Les dirigeants, les scientifiques, les citoyens et même les hommes d'affaires participent, chacun à son niveau, dans cette tendance pour assurer une trajectoire durable à notre société. En effet, la mise en application du DD a pour objectif de rendre les actions de l'homme durables.

Les activités humaines, notamment celles liées à l'énergie, ont profondément bouleversé les conditions de vie, ce qui indique que notre planète est sur une trajectoire insoutenable. Assurer le développement énergétique durable (DED) est devenue le défi le plus marquant du XXI^e siècle. Ainsi, il n'est pas surprenant que la durabilité énergétique soit devenue un mot à la mode dans les milieux publics et un défi dans les milieux académiques. Pour relever ce défi, des métriques de durabilité énergétique sont indispensables. Elles nous permettront de localiser la situation d'un pays par rapport aux autres et aussi par rapport aux conditions qui prévalaient dans le passé et pour encadrer des actions pour l'avenir. Pour cela, les indices composites (IC) peuvent se révéler judicieux, à condition toutefois d'en maîtriser la construction,

La mesure de la durabilité des systèmes énergétiques (DSE) à l'aide d'IC est au centre de la plupart des projets sur la durabilité, puisque le système énergétique (SE) d'un pays reste et restera un enjeu important. Ces indices synthétisent numériquement les conditions environnementales, sociales et économiques d'un pays. Ce sont des outils pratiques pour l'évaluation des stratégies énergétiques nationales. La région méditerranéenne, comme les autres régions du monde à fortes disparités entre pays, est au centre d'étude pour comprendre les progrès réalisés par chaque pays en matière de développement durable en général et en matière de durabilité énergétique en particulier. Il est primordial de savoir; quelles sont les performances des pays méditerranéens en matière de durabilité énergétique? Quels renseignements pertinents pouvons-nous saisir par l'évaluation indiciaire de la durabilité des systèmes énergétiques méditerranéens ?

Les progrès réalisés par les pays méditerranéens, en matière de durabilité énergétique, sont fortement liés aux progrès économiques et sociaux. Les disparités économiques entre ces pays explicitent les disparités dans le domaine de durabilité. Les pays de la rive nord méditerranée sont mieux avancés que les pays de la rive sud.

L'objectif de cet article est de faire un petit aperçu sur la construction de l'indice composite dénommé IDSE puis d'étudier l'évolution et la comparaison des niveaux de durabilité du système énergétique de onze (11) pays du bassin méditerranéen durant la décennie des années 2010.

L'approche mixte se montre comme un choix méthodologique approprié pour ce projet de recherche. L'approche qualitative sera primordiale pour guider une recherche descriptive de l'évolution historique des deux notions, progrès et durabilité, afin de saisir la contingence de leur mesure. L'approche quantitative prendra le relai pour concevoir un outil d'évaluation indiciaire de durabilité des systèmes énergétiques. Proposer un indice composite de durabilité de système énergétique (IDSE) est une étape essentielle puisqu'il sera un outil essentiel pour agréger les séries de données statistiques quantitatives relatives aux indicateurs de durabilité énergétique. Ces données seront issues des rapports annuels des organisations internationales comme AIE, BP, Banque Mondiale.

Pour cette évaluation, il est nécessaire de définir et de recenser des indicateurs énergétiques spécifiques. Pour regrouper les indicateurs multidimensionnels de durabilité en un indice unique représentant le niveau de durabilité de systèmes énergétiques, il faut suivre un processus en plusieurs étapes dans lesquelles plusieurs choix de méthodes et de démarches sont possibles. Ces étapes de construction ne sont pas séparées et doivent défendre une certaine cohérence liée à l'objectivité, échelle et approches de durabilité.

I.1. La durabilité comme mesure du progrès

À travers la mise en œuvre du développement durable (DD), la communauté internationale vise plutôt à renforcer la durabilité de nos sociétés qu'à accroître exclusivement la richesse matérielle. Ainsi, la durabilité est la nouvelle conception de la notion du progrès qui vise à la fois de satisfaire de manière appropriée les besoins fondamentaux de l'humanité et d'atténuer les externalités négatives de la manière dont elle les satisfait.

En effet, en suivant l'échafaudage de l'évolution historique de la notion du progrès, nous pouvons affirmer que la durabilité est la nouvelle héritière des anciennes formes de progrès (Abbas, 2018). La notion du progrès évolue graduellement en étapes en passant du volume de la production industrielle, à la croissance économique puis au développement et enfin à la durabilité. Si avant les années 1930, le progrès est assimilé au volume de la production industrielle des nations, à la fin de la Deuxième Guerre mondiale, la définition et la mesure du progrès s'élargit en prenant en compte la quantité de production de toutes les formes de richesses matérielles, le progrès sera assimilé à la croissance économique. Quelques années après la Deuxième Guerre mondiale, une nouvelle notion du progrès vient se substituer à cette conception du progrès représenté par la croissance économique, le développement économique. La notion du développement a introduit une nouvelle façon de concevoir et de mesurer la notion du progrès en proposant une vision bidimensionnelle du progrès ; économique et sociale. Le développement s'intéresse de près à la qualité et à la quantité des richesses matérielles et immatérielles. La mesure du progrès par le développement devient plus complexe, puisqu'il devient laborieux d'intégrer un nombre important de richesses sociales difficilement chiffrables.

Après le deuxième sommet de la Terre en 1992, le développement durable devient progressivement la norme. Puisque, à partir de cette année, les théoriciens du progrès l'adoptent pour proposer la nouvelle version du progrès, la durabilité. Avec la durabilité, la notion du progrès devient multidimensionnelle. Elle se voit élargie à la dimension environnementale en plus des dimensions économique et sociale. La durabilité est une notion nouvelle qui reste jusqu'à présent en chantier puisqu'il n'y a pas de consensus scientifique sur sa mise en œuvre et sur sa mesure. En effet, il s'avère complexe de proposer une métrique unique de durabilité qui prendra de manière exhaustive les richesses liées aux trois dimensions de durabilité.

Devant le défi de mettre en œuvre le concept de durabilité, depuis environ une décennie, de nombreux chercheurs et organisations internationales se lancent dans les projets de mesure et d'évaluation de la durabilité.

La mesure de la durabilité a pour objectif de faire en sorte que «les plans et les activités apportent une contribution optimale au DD» (Verheem, 2002). Elle exprime l'état des territoires dans différents domaines. Elle aide également à mesurer les conséquences des décisions prises et éclairer les choix politiques (Cardebat & Sionneau, 2012). D'après (Ness, Urbel-Piirsalu, Anderberg, & Olsson, 2007) « l'objectif de l'évaluation de la durabilité est de fournir aux décideurs une évaluation à court et à long terme des systèmes globaux locaux intégrés de la nature et de la société, afin de les aider à déterminer quelles actions doivent ou non être entreprises pour tenter de rendre la société durable ».

I.2. Durabilité énergétique

Lors de la neuvième session de la Commission du développement durable (CDD-9) en 2001, des organisations internationales et nationales telles que l'AIEA, le DAESNU, l'AIE... confirment que l'énergie est un sujet majeur pour un DD. En 2015, les NU ont adopté un nouvel ensemble de 17 objectifs du DD. Cet ensemble constitue un nouvel agenda de DD dans lequel l'énergie occupe une place prépondérante.

Dans cet ensemble d'objectifs, à l'objectif 7, figure la durabilité énergétique pour le DD. Cet objectif vise à « *Assurer l'accès à des services énergétiques abordables, fiables, durables et modernes pour tous* ».

La durabilité énergétique est définie, selon (Nations Unies, 2002), comme « un système énergétique fournissant des services énergétiques abordables, accessibles et fiables qui répondent aux besoins économiques, sociaux et environnementaux dans le contexte général du développement de la société à laquelle les services sont destinés, tout en reconnaissant qu'une distribution équitable répond à ces besoins ».

Pour être considéré comme durable, selon (Dinçer & Acar, 2017), le système énergétique « *...doit utiliser des technologies et des ressources adéquates, propres, fiables et d'un coût abordable* ». Par conséquent, les systèmes d'énergie sont évalués en fonction de leur efficacité, de leur performance environnementale et de leurs sources d'énergie et de matériaux.

La durabilité marque ainsi un changement de paradigme puisque la politique énergétique à l'ère du DD n'est plus seulement la sécurité énergétique, approvisionnement physique (quantitatif), comme dans le passé, mais aussi un accès qualitatif. La durabilité énergétique englobe tous les aspects de la chaîne énergétique, de l'approvisionnement en énergie primaire jusqu'à l'utilisation finale. Elle est simplifiée de manière holistique en tant que «concept à 3S» (Source-System-Service), tout au long de système énergétique, tous les principes de durabilité énergétique (cités précédemment) doivent être satisfaits (Dinçer & Acar, 2015). Il faut choisir la source d'énergie de manière appropriée selon des critères, tels que l'abondance, la disponibilité locale l'abordabilité, la fiabilité, la sécurité et le respect de l'environnement et enfin l'équité sociale.

Pour renforcer la durabilité, trois objectifs globaux sont indissociables : maintenir l'intégrité de l'environnement, assurer l'équité sociale, convoiter l'efficacité économique.

I.3. Mesure et évaluation de la durabilité énergétique

L'évaluation de la durabilité est un cadre récent d'évaluation du progrès conformément aux principes du développement durable. C'est un nouveau cadre d'évaluation du progrès, d'impacts, de prise de décision. Elle est une méthode d'évaluation très complexe qui exige la maîtrise et l'intégration d'un nombre important d'éléments. À l'ère de la bonne gouvernance, l'évaluation de la durabilité est généralement utilisée pour appuyer la prise de décision et l'élaboration de politiques dans un contexte large. En effet, ces dernières années, l'évaluation de la durabilité (EDD) devient de plus en plus une pratique courante dans les évaluations de produits, de politiques et d'institutions (Pope, Bond, & Angus, 2017). L'EDD c'est comme tout processus ayant pour objectif d'orienter vers la durabilité (Angus, Pope, Bond, & Retief, 2014). Ces derniers la définissent comme «*un processus incorporant explicitement une articulation claire du concept de durabilité, au minimum, incluant les trois dimensions de développement durable*».

Un projet d'EDD doit remplir au moins trois caractéristiques principales de la science de la durabilité:

- Transdisciplinarité;
- Perception holistique de la réalité,
- Évaluation intégrée et collaboration dans la recherche scientifique.

Globalement, la durabilité énergétique consiste à maîtriser, à étudier et à résoudre de manière durable les multiples problèmes liés à l'énergie de manière durable. Par transposition à la définition Brundtland, la durabilité énergétique est « *un système énergétique qui répond aux besoins énergétiques des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins* » (Abbas, 2021). La durabilité énergétique nous donne des cibles facilement mesurables et spécifiques à rechercher pour quantifier la durabilité des systèmes énergétiques. Ces cibles peuvent être résumées par la recherche: efficacité et rentabilité accrue,

utilisation plus rationnelle des ressources, conception et analyse améliorées, meilleure sécurité énergétique et meilleur environnement.

Pour renforcer la durabilité, il est fondamental de veiller à un certain équilibre dynamique entre les dimensions de durabilité en assurant de préserver un niveau de performance minimal dans chacune de ces dimensions. La contrainte de chercher un équilibre en combinant à la fois l'efficacité économique et la gestion rationnelle et prudente de l'environnement et du tissu social dans un souci d'équité intergénérationnelle.

En résumé, la durabilité incite de veiller à:

- Équilibrer entre les besoins et les moyens,
- Équilibrer le rythme de consommation et celui de la production des ressources,
- Maintenir un certain niveau stable de ressources,
- Éviter l'épuisement du capital en garantissant un niveau minimal dans les trois types,
- Garantir un niveau moyen de performances dans chaque dimension,
- Adopter une approche systémique pour mesurer le DD,
- Adopter une approche intégrée pour mettre en œuvre le DD.

I.4. L'indice composite comme métrique de durabilité énergétique

Les activités humaines, notamment celles liées à l'énergie, ont profondément bouleversé les conditions de vie. Cela indique que notre monde est sur une trajectoire insoutenable. Assurer le développement énergétique durable (DED) est devenue le défi le plus marquant du XXI^e siècle. Ainsi, il n'est pas surprenant que la durabilité énergétique soit devenue un défi dans les milieux académiques. Pour relever ce défi, des métriques de durabilité énergétique sont indispensables. Elles nous permettront de localiser la situation d'un pays par rapport aux autres pays du monde et aussi par rapport aux conditions qui prévalaient dans le passé et, pourquoi pas, pour encadrer des actions pour l'avenir. Pour cela, les indices composites (IC) peuvent se révéler judicieux.

La mesure de la durabilité énergétique à l'aide d'indice composite est au centre de la plupart des projets sur la durabilité. Ces indices synthétisent numériquement les conditions environnementales, sociales et économiques d'un pays. Ce sont des outils pratiques pour l'évaluation des stratégies énergétiques nationales. La construction d'indice composite consiste à regrouper des indicateurs multidimensionnels en un indice unique représentant le niveau de durabilité du système énergétique d'un pays. Pour cela, il faut suivre un processus rigoureux en plusieurs étapes cohérentes. Notre objectif est de mesurer la durabilité énergétique de 11 pays méditerranéens choisis par proximité géographique à l'Algérie par l'indice composite de durabilité énergétique dénommée IDSE développé par (Abbas, 2021).

Un nombre timide d'indices composites de durabilité énergétique sont construits. Le hic est que la grande majorité d'entre eux ne sont pas conçus spécifiquement pour évaluer tous les aspects de la durabilité énergétique. Ces indices ne sont pas conçus dans une perception holistique de la réalité du système énergétique et sont à grande distance de viser une évaluation intégrée de la durabilité énergétique. Ils ne sont pas complets et présentent certaines limites incommodes. Ainsi, notre objectif est de proposer un nouvel indice plus amélioré et plus complet que ceux déjà existants. La mise au point d'outils permettant de surveiller et de rendre compte des progrès accomplis par les pays en vue d'un système énergétique durable est donc essentielle.

Les indices composites synthétisent numériquement les conditions de durabilité ; environnementales, sociales et économiques d'un pays. Ils sont des outils pratiques pour l'évaluation de la durabilité énergétique nationale. La mise au point de mesures quantitatives peut aider à clarifier et à affiner les concepts liés à la durabilité, à améliorer notre compréhension des relations complexes entre les composantes de la durabilité de manière pratique et à promouvoir ainsi la science et la pratique du DD.

Leur construction (IC) suit un processus en plusieurs étapes dans lesquelles plusieurs choix de méthodes et de démarches sont possibles.

La définition des variables pertinentes devait orienter la mobilisation des données statistiques. Rappelons-nous que l'objectif et le sens du concept de durabilité sont de faire en sorte que les choix souhaitables (capacité, progrès...) de la société, au moins, ne diminueront pas avec le temps, et qu'un niveau minimum donné de sortie désirable (satisfaction, consommation, bien-être...) est toujours obtenu. Dans le domaine de l'énergie, la durabilité consiste à garantir une capacité de production d'énergie inaltérable tout en assurant un certain niveau du progrès permanent.

II- Méthodes et Matériels :

Aujourd'hui, il n'existe pas de règle standard ou consensuelle pour la construction d'indices composite (IC) dans le domaine de la durabilité. Ainsi, la première étape de la construction de l'indice est de distinguer des méthodes significatives et adéquates aux principes d'évaluation de durabilité énergétique. L'indice de durabilité du système énergétique (IDSE) est un indice composite qui se base sur le cadre conceptuel de l'économie de l'environnement développé par les néoclassiques et qui préconise l'approche de durabilité faible. Ainsi les niveaux de durabilité qui résulteront vont évidemment être intimement liés la position anthropocentrique de modèle conceptuel de durabilité faible, notamment en ce qui concerne la forte compensation entre les dimensions de durabilité ; la substituabilité et le volume agrégé de capital.

Dans la chaîne énergétique, des substitutions et des modifications peuvent se produire et le système énergétique peut changer avec le temps pour refléter les progrès des besoins des générations. La condition est que les générations futures ne devraient pas avoir moins d'options (énergétique ou non) que les présentes.

Ces progrès et ces conditions énergétiques pour un développement énergétique durable doivent être représentés dans un système d'indicateurs représentatif des performances énergétiques de chaque pays. Le choix de ces indicateurs permettra d'identifier les éléments clés du système énergétique et de définir des indicateurs associés à la durabilité énergétique. Proposer une liste d'indicateur de durabilité énergétique revient à donner un portrait objectif et global de concept du développement durable appliqué dans le domaine énergétique. Un indice composite est une représentation imagée simplifiée de la réalité d'un pays donnée.

L'IDSE consiste alors à classer les différents systèmes énergétiques dans le monde sur la base d'une approche multicritères par agrégation des différents objectifs, le tout en cherchant de faire ressortir le pays qui s'approche le plus de l'objectif de durabilité énergétique recherchée que les autres pays.

L'objectif de l'IDSE est de mesurer la durabilité énergétique pour un pays donné. Il est censé mesurer les performances d'un pays en matière de durabilité énergétique et surtout d'en faciliter la comparaison internationale et, si possible, d'anticiper les conditions et les tendances futures des progrès énergétiques durables.

Selon (ONU, 2015), ces objectifs pour un développement énergétique durable peuvent être résumés et regroupés en 5 objectifs génériques:

1. Réduire l'impact sur l'environnement,
2. Accroître l'utilisation de sources d'énergie propre,
3. Accroître l'efficacité énergétique,
4. Garantir l'accès à l'énergie,
5. Encourager la planification de la durabilité énergétique.

Pour l'IDSE, la sélection des critères et des objectifs de durabilité énergétique est représentée sous forme d'arborescence (voir le tableau 1). Le concept de durabilité énergétique

constituant le tronc de l'arbre et chacune de ses trois dimensions est représentée par une branche, elle-même pouvant se décomposer en sous-branches représentatives d'objectifs spécifiques à atteindre pour renforcer cette durabilité énergétique. Ces objectifs spécifiques finiront par les feuilles représentant les sous objectifs directement représentés par les indicateurs de durabilité énergétique.

Un ensemble d'objectifs à atteindre ou de critères à prendre en compte (par exemple, la sobriété énergétique, limiter le réchauffement climatique, équité énergétique, etc.); et un ensemble fini de moyens alternatifs pour atteindre l'évaluation des systèmes énergétiques et déceler les niveaux de leur durabilité.

Dans ce présent article, l'intérêt est orienté vers l'utilisation de données des rapports annuels publiés par des organisations internationales telles que: AIE, AIEA, Banque Mondiale, BP. Ces rapports annuels de sources fiables sont excellents pour un indice temporel, comme dans le cas de l'IDSE. Ainsi, les scores et les rangs des pays seront mesurés annuellement afin d'apprécier les évolutions dans le temps de chaque pays du monde.

Les indicateurs sélectionnés sont des indicateurs dont les données sont publiées dans les rapports annuels des organisations internationales citées précédemment. Ainsi, la sélection des indicateurs suit une approche bottom-up ; la disponibilité et la fiabilité des données limiteront et détermineront le choix d'indicateurs.

Ces différentes données sont normalisées par la méthode Min-Max. Une méthode largement utilisée, ce qui nous permettra de comparer les résultats obtenus par l'IDSE aux autres indices composites de durabilité énergétique déjà existants.

Tableau A.2 : IDSE, structure et pondération par arborescence égale

Dimension	Thème	Sous-thème	Indicateur	Source	Poids W_i
Économique (1/3)	Modes d'utilisation et de production (1/6)	Utilisation globale (1/24)	Énergie par habitant	AIE	1/24
		Productivité globale (1/24)	Énergie par unité de PIB	AIE	1/24
		Efficacité d'approvisionnement (1/24)	Pertes d'électricité	BP	1/24
			Production (1/24)	Rapport réserves/production des fossiles	BP*
				Combustibles renouvelables /production totale	BM
	Sécurité D'approvisionnement (1/6)	Importation (1/6)	Dépendance nette aux importations	BM	1/6
Environnementale (1/3)	Atmosphère (1/6)	Changement climatique (1/12)	Émissions de GES par habitant	AIE	1/24
			Émissions de GES par PIB	AIE	1/24
		Qualité de l'air (1/12)	Pollution atmosphérique aux particules fines	BM	1/12
Énergie très polluante (1/6)	Consommation du charbon (1/6)	Quantité du charbon consommée	BP	1/6	
Sociale (1/3)	Équité (1/6)	Accessibilité physique (1/18)	Part des ménages sans électricité ou énergie commerciale	BM	1/12
		Accessibilité économique (1/18)	Revenu des ménages consacré à l'énergie	AIE	1/12
	Promotion des ENR (1/6)	Consommation d'énergies renouvelables (1/6)	Part des ENR dans consommation totale d'énergie	BM	1/6

Source: (Abbas, 2021, p. 294). (Les chiffres entre parenthèses représentent la pondération des sous-indicateurs)

Les données d'indicateurs simples sont agrégées en optant pour la méthode de pondération égale selon l'arborescence d'IC, c'est-à-dire, selon la disposition dont les indicateurs sont répartis entre les dimensions et les catégories. Une pondération égale basée sur un processus de pondération en cascade des indicateurs selon l'arborescence respective dans l'indice, décrite précédemment. Ainsi, chaque indicateur simple se voit attribuer un coefficient de pondération en fonction de sa

position dans l'arborescence du système d'indicateurs de l'IDSE présentée dans le tableau précédent.

En se basant toujours sur l'approche de durabilité faible, l'IDSE mesurera les performances énergétiques d'un pays en privilégiant l'agrégation arithmétique des données d'indicateurs secondaires relatifs à chacun des critères de durabilité énergétique en indice unique par système énergétique comme le montre l'équation (1).

$$IDSE_p = \sum_i^n W_i I_{ip} \quad \rightarrow 0 < I_{ip} < 1, W_i > 0 \text{ et } \sum W_i = 1 \quad (1)$$

Par l'agrégation, les indicateurs composites (IC) tentent de rendre compte par un chiffre unique des performances économiques, sociales et environnementales d'un pays en agrégeant des données hétérogènes.

Un classement international des différents systèmes énergétiques sera rendu possible afin d'identifier ceux qui satisfont au mieux les exigences requises en termes du DD. L'IDSE permettra d'examiner les performances des différents pays en termes de durabilité énergétique.

L'IDSE peut être utilisé comme un outil dans différents domaines :

- Usage Scientifique ; vise à évaluer le niveau de durabilité énergétique des pays et d'en mesurer les progrès accomplis,
- Usage Politique ; identifier les priorités de la politique énergétique et mesurer ses performances,
- Usage Sociétale ; faciliter la communication et inciter à l'action pour une durabilité énergétique,
- Multiple ; faciliter la comparaison de durabilité des systèmes énergétiques des pays.

En raison des limitations de pagination, nous ne pouvons pas inclure tous les tableaux liés aux données primaires collectées que nous aurions souhaité présenter. En effet, la base de données que nous avons constituée pour calculer les niveaux de durabilité énergétique est volumineuse. Elle est constituée, en tout, de 20 tableaux. Voire ces contraintes, nous allons nous concentrer de présenter que les résultats des calculs que nous avons effectués.

III-Résultats et Discussion :

Après la collecte des données pour chaque indicateur sélectionné et pour chacun des onze pays méditerranéens et les calculs, les résultats obtenus sont simples et facilitent de suivre les tendances de durabilité énergétique dans le temps et dans l'espace. Une fois les calculs des niveaux de durabilité énergétique effectués et les classements des pays établis en fonction de ces scores, les informations contenues dans la base de données (matrices de données) seront rendues claires. Une seule donnée mesurant le niveau de durabilité énergétique. En effet, il serait facile d'avoir une idée à la fois simple et directe sur l'évaluation et l'évolution de la durabilité du système énergétique pour les 11 pays de bassin méditerranéen.

Comme le montre la figure 1, les résultats obtenus par l'IDSE rendent explicites les niveaux de durabilité en méditerranée puisque les performances énergétiques de chaque pays sont représentées par un seul chiffre significatif.

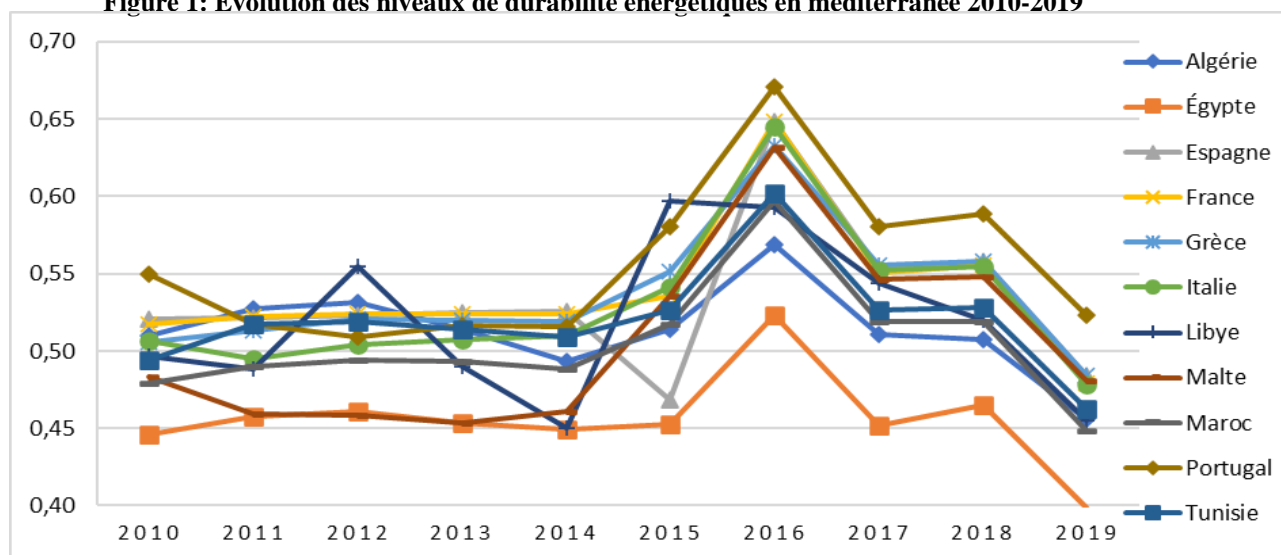
Les pays européens de la rive nord-méditerranéenne occupent les premières places de classement avec des niveaux de durabilité énergétiques supérieurs à ceux de l'Afrique du Nord, notamment à partir 2014. Les pays de l'Afrique du Nord obtiennent des scores légèrement supérieurs à la moyenne (0,5) sauf pour l'Égypte qui présente de faibles performances puisque son score moyen est de 0,46 durant la période. Malte, en tant que petite île, est désavantagée par

l'absence de production d'énergie locale, notamment en énergie non renouvelable, ce qui réduit la consommation d'énergie par habitant.

La figure 1 montre une sorte de conglomérat. Globalement, il n'y a pas de fortes disparités entre les onze pays du bassin méditerranéen. En effet, les niveaux de durabilité sont relativement proches. Les niveaux de durabilité énergétiques de l'échantillon varient dans une fourchette à amplitude de 0,2 seulement, dans l'intervalle [0,45, 0,65].

Ce constat nous laisse avancer que, globalement, en plus de partager le même espace géographique, les pays méditerranéens partagent beaucoup de points communs dans le domaine énergétique. Cela ne veut pas dire que ces pays ont des systèmes énergétiques identiques, mais seulement que les pays partagent certaines caractéristiques économique, sociales et environnementales. Au niveau des indicateurs simples, les données montrent qu'il y a énormément de différences, même des disparités dans certains cas, entre les pays de l'échantillon notamment en ce qui concerne les réserves et les importations d'énergie, la consommation d'énergie par habitant et la pollution urbaine. Chaque pays a ses propres points forts, ses points de faiblesse en fonction de ses capacités et selon les priorités de sa politique énergétique. Suite à l'effet compensatoire de l'agrégation arithmétique, les niveaux de durabilité énergétique calculés par l'IDSE tiennent compte que de la tendance centrale des données d'indicateurs simples. Le principe de l'indice composite est de tracer la tendance centrale des performances énergétiques variées dans chaque indicateur pour donner une idée simple et explicite de la voie de durabilité.

Figure 1: Évolution des niveaux de durabilité énergétiques en méditerranée 2010-2019



Source: Réalisé par les auteurs selon les résultats de calculs

En suivant l'évolution des niveaux de durabilité énergétique de la région, deux périodes se distinguent facilement.

Durant les cinq premières années de l'étude (2010-2014), les niveaux de durabilité énergétique sont relativement stables pour tout l'échantillon de pays. De faibles variations, il n'y a que la Libye qui enregistre de fortes variations à la hausse et à baisse de son niveau de durabilité énergétique. Ces variations peuvent être expliquées par la fragilité politique et sécuritaire de la Libye contrairement aux autres pays de la région.

Après l'année 2014, la situation se métamorphose complètement. Nous enregistrons de fortes variations à la hausse puis une forte tendance à la baisse à partir de 2016 jusqu'à 2019. Cette baisse, tellement forte au point qu'à la fin de la période en 2019, tous les pays retrouvent les niveaux de durabilité de départ en 2010, même légèrement inférieurs. Durant la décennie 2010, la durabilité énergétique ne s'améliore pas en méditerranée. Les tendances individuelles des pays

suivent la même orientation durant la période, chaque pays évolue parallèlement à l'évolution des autres pays. Au fil des années 2010, les niveaux de durabilité énergétiques augmentent ensemble et baissent ensemble. Une forte corrélation dans l'évolution historique des niveaux de durabilité des pays méditerranéens.

Cette évolution désordonnée à partir de 2014 peut être expliquée par deux facteurs majeurs ; les prix de l'énergie et la croissance économique mondiale. En partie, elle peut être expliquée par la récession économique mondiale brutale qui a commencé au milieu de 2014 et qui a duré jusqu'à la moitié de 2016 (voir la figure 2). Rappelons-nous que la période 2010-2014 correspond à la période de reprise économique qui a suivi la crise de 2008. Cette récession économique qui a commencé au milieu de 2014 a eu un impact dévastateur sur les prix mondiaux de l'énergie suite à la baisse de la demande. À partir de milieu de l'année 2014, le marché mondial entre dans une tendance à baisse de la demande énergétique due à la baisse de la consommation de l'énergie dans l'industrie et les ménages ce qui a fait baisser les prix au-dessous de 30 dollars le baril. C'est la période durant laquelle l'Algérie a adopté une politique d'austérité budgétaire stricte. Cette baisse des prix de l'énergie est accentuée par l'augmentation de la production et des exportations américaines en gaz de schiste.

Figure 2 : Évolution de prix de baril de pétrole en dollar US



Source : <https://prixdubaril.com/>

La baisse des prix de l'énergie a un impact négatif sur les pays exportateurs de l'énergie de la rive sud de la méditerranée, Algérie, Lybie et Égypte. La grande partie leurs revenus sont issus de l'exploitation et l'exportation de l'énergie fossile. Ainsi, la baisse de la demande mondiale en énergie réduit leurs revenus et cela aura un effet direct sur la situation économique et sociale de ces pays. Sachant que la baisse conséquente de prix de l'énergie a des impacts majeurs sur la durabilité. Elle s'accompagne souvent par des comportements gaspilleurs d'énergie et par des baisses de production et consommation d'énergie renouvelable ce qui aggrave les niveaux de pollution liée à l'énergie. La baisse de prix de l'énergie augmente aussi l'accès financier des ménages à l'énergie. Ainsi, indirectement et selon les circonstances des pays, leurs niveaux de durabilité énergétique changent en conséquence.

La décroissance économique a le même effet sur les pays de la rive nord de la méditerranée. La décroissance économique réduit les revenus et créer des situations de "précarité" énergétique. La décroissance ralentit les ambitions de la transition énergétique durable en diminuant les mesures incitatives à l'efficacité énergétique et en abandonnant les mesures de dépollution.

Rappelant qu'après les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 et l'envolée du prix du baril, la surproduction de pétrole due au ralentissement de l'économie a entraîné une baisse brutale du prix du brut dans la première moitié des années 1980, c'est le contre-choc pétrolier. Cette période a vu le prix du baril de pétrole atteindre un minimum de 10 dollars en 1986 durant laquelle les pays occidentaux ont abandonné les projets de promotion des énergies renouvelables et ont mis fin à la sensibilisation de l'opinion publique aux économies d'énergie.

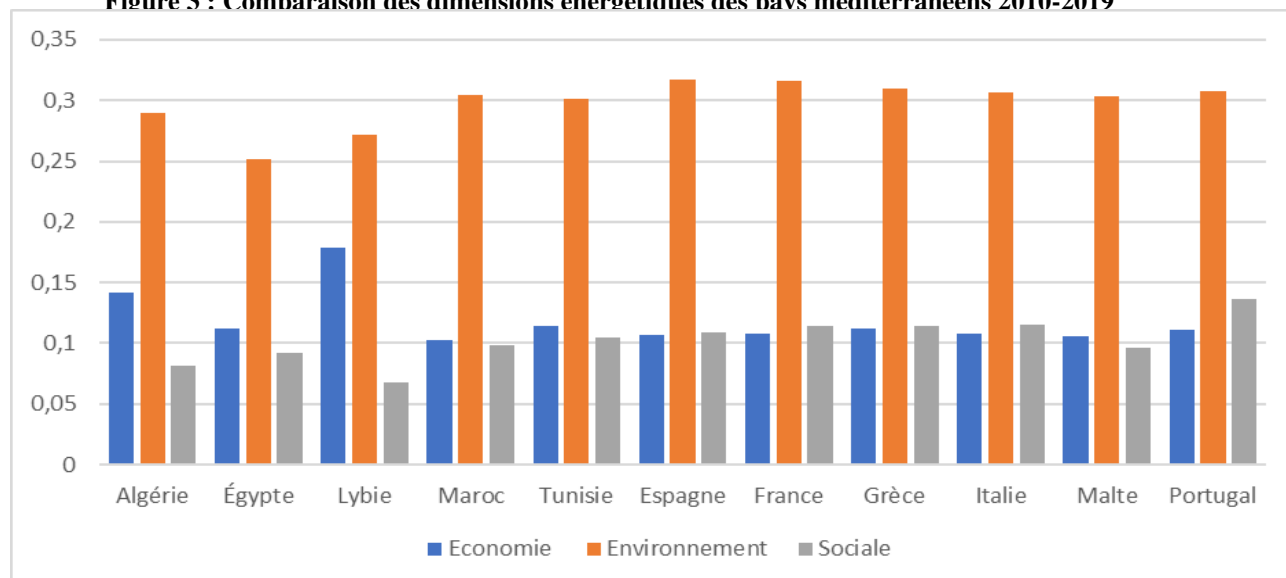
Ainsi, nous pouvons affirmer que la durabilité énergétique a de forte corrélation avec les niveaux de croissance économique et une forte corrélation inversée avec les prix de l'énergie. Cela est une évidence, puisque la récession économique réduit, à la fois, les performances des pays dans les deux dimensions économique et sociale. La baisse des prix de l'énergie réduit davantage les performances des pays de la rive sud-méditerranéenne exportateurs d'énergie comme l'Algérie, la Lybie et l'Égypte.

La rive nord de la méditerranée, importatrice nette d'énergie fossile, présente des performances très élevées par rapport à la rive sud de la méditerranée, exportatrice nette d'énergie fossile. Une façon de rappeler que la durabilité énergétique, multidimensionnelle et multicritère, ne peut être assurée ou consolidée uniquement par la présence de réserves locales remarquables en énergies fossiles. La tendance générale, durant les dix années d'étude, est que les pays de la rive nord méditerranéenne présentent de légères tendances à la hausse des scores de durabilité énergétique, contrairement aux pays de la rive sud, où la tendance est légèrement à la baisse, notamment pour l'Égypte.

Il est clair que le système énergétique algérien se montre partiellement fragile puisqu'il est moins performant que ceux des pays de la région, Maroc, Tunisie et Libye. L'Algérie se voit défavoriser par l'inexistence de production et de consommation d'énergies renouvelables sur son territoire. L'Algérie est aussi pénalisée par l'importance des pertes en électricité. Contrairement aux idées reçues, l'Algérie enregistre un faible accès financier des ménages à l'électricité commerciale (SOC2).

Globalement, la rive nord de la méditerranée présente des systèmes énergétiques relativement plus durables que ceux de la rive sud. Si nous concentrons sur les performances en fonction des dimensions de durabilité énergétique, nous pouvons voir que les pays méditerranéens partagent les mêmes performances dimensionnelles comme le montre la figure 3.

Figure 3 : Comparaison des dimensions énergétiques des pays méditerranéens 2010-2019



Source : Réalisé par les auteurs selon les résultats de calculs

Pour tous les pays de l'échantillon, la dimension environnementale représente de loin la dimension la plus performante relativement aux dimensions économique et sociale. Un résultat qui témoigne du grand déséquilibre entre les trois dimensions de durabilité énergétique.

Comparativement aux pays de la rive sud-méditerranéenne, les pays de la rive nord présentent des performances élevées dans les trois dimensions de la durabilité énergétique à quelque exception dans la dimension économique. En effet, les pays exportateurs d'énergie, Algérie, Égypte et Lybie présentent des performances supérieures aux autres pays de l'échantillon dans la dimension économique. Cela peut être expliqué par la très forte sécurité énergétique et le niveau très abordable des prix nationaux d'énergie qui facilitent l'accès des ménages et des entreprises à l'énergie.

IV- Conclusion:

Nous pouvons conclure que l'IDSE peut être utilisé comme un outil efficace pour une comparaison ordinale (classement) des performances en matière de durabilité énergétique des pays. Dans certaines mesures, l'IDSE peut représenter un mécanisme de surveillance national qui souligne les forces et les faiblesses d'un pays en matière de durabilité énergétique.

L'IDSE révèle la durabilité du système énergétique et peut apporter des solutions pour accroître la durabilité énergétique d'un pays en améliorant les indicateurs d'impact positif et en atténuant les indicateurs d'impact négatif. Le niveau de la durabilité énergétique et l'importance de celle-ci ne sont pas identiques pour chaque pays. À cet égard, construire les indices composites de durabilité est une nécessité, premièrement, pour atteindre cette durabilité et, deuxièmement, pour comparer les performances de chaque pays dans ce domaine. En outre, la construction d'IC efficace est nécessaire pour inciter les pays à améliorer et à renforcer les conditions de durabilité énergétique.

Les pays méditerranéens présentent une certaine particularité en matière de durabilité énergétique. Durant la période 2010-2019, une forte corrélation entre les niveaux de durabilité existe. Les pays de l'échantillon partagent beaucoup de points communs au point que l'évolution de leurs niveaux de durabilité suit la même tendance à la hausse qu'à la baisse. Les pays de la rive nord montrent des niveaux de durabilité énergétique supérieurs à ceux des pays de la rive sud.

Une certaine corrélation existe entre le niveau de durabilité énergétique avec le niveau de croissance économique mondiale. Nous avons aussi constaté une forte corrélation inversée avec les prix de l'énergie fossile.

Références

- Abbas, H. (2018). Paradigme du progrès : De la croissance économique au développement durable. *revue les cahiers du POIDEX*, N06(V10). Récupéré sur <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/195/7/2/70880>
- Abbas, H. (2021). *La problématique énergétique à l'ère du développement durable : Essai de construction d'un Indice de Durabilité du Système Énergétique*. Sétif, : Université Ferhat ABBAS de Sétif. Algérie, Récupéré sur <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/3784>
- Angus, M.-S., Pope, J., Bond, A., & Retief, F. (2014). Towards a follow-up to the sustainability assessment. *Review of the environmental impact assessment*, N45, pp. 38-45.
- Banque mondiale. (2023). *Les données ouvertes de la Banque mondiale*. Récupéré sur <https://donnees.banquemondiale.org/>
- BP. (2020). *Statistical Review of World Energy. 69th edition*.
- Cardebat, J.-M., & Sionneau, B. (2012). Quelle évaluation de la durabilité des territoires : enjeux et pistes de proposition. *Marché et organisations*, N16(V2), pp. 21-52.

- Dinçer, I., & Acar, C. (2015). A review on clean energy solutions for better sustainability. *International Journal of Energy Research*, N39(V5), pp. 585-606.
- Dinçer, I., & Acar, C. (2017). Intelligent energy systems for a sustainable future. *Energie Appliquée*, 194, pp. 225-235.
- Nations Unies. (2002). *Rapport du Sommet mondial pour le développement durable*. La 9e session de la Commission du développement durable (CDD-9), ONU, Johannesburg.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorization of tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, N60, pp. 498-508.
- ONU. (2015). Agenda for Sustainable Development. *Transforming Our World: The 2030*. NU.
- Pope, J., Bond, A. H., & Angus, M.-S. (2017). Reconceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, N62, pp. 205-215.
- The International Energy Agency (IEA). (2022). Key world energy statistics.
- Verheem, R. (2002). Recommendations for Sustainability Assessment in the Netherlands, Environmental Impact Assessment in the Netherlands. *Views of the Commission on the Environmental Impact Assessment*,.

Comment citer cet article par la méthode APA:

AZRI Khoukha , Abbas Hirzallah et Mekhmoukh Sakina (2023), **Évaluation et comparaison de durabilité énergétique dans les pays du bassin méditerranéen** , Revue du développement économique, Volume 08 (numéro 01), Algérie : Université Eloued, pp. 449-461

