

Transition Énergétique, Digitalisation et Santé Publique dans la région MENA : Une analyse économétrique en données de panel

Energy Transition, Digitalization and Public Health in the MENA Region: An Econometric Analysis Using Panel Data

Ahmed BOUZIT^{a1}, Mohamed Reda ARARSA^b, Mariem LIOUAEDDINE^c et Saad EL OUARDIRHI^d

^{ac} Université Ibn Tofail de Kénitra, Maroc.

^{bd} Université Mohammed V de Rabat, Maroc.

Informations sur l'article	Résumé
Mots-Clés : Énergies renouvelables ; Espérance de vie ; Données de panel ; Politiques de santé ; Technologies digitales. JEL : C23, I15, O33, Q42, Q48.	Cette recherche examine dans quelle mesure les énergies renouvelables et les technologies digitales influencent l'espérance de vie dans 14 pays de la région MENA sur la période 2010-2023, à travers une analyse économétrique en données de panel. L'étude démontre que la transition énergétique et la diffusion des technologies de communication mobile constituent des déterminants significatifs de la santé des populations. Les résultats économétriques, issus d'un modèle à effets fixes doubles, indique qu'une augmentation de 1% de la consommation d'énergies renouvelables est associée à un accroissement de l'espérance de vie de 0,01% ($p < 0,05$), tandis qu'une progression équivalente de la téléphonie mobile génère une amélioration de 0,016% ($p < 0,05$). L'analyse révèle cependant une relation négative entre le développement d'Internet et l'espérance de vie (coefficient de -0,0027, $p < 0,01$), suggérant des effets complexes nécessitant une investigation plus approfondie. La non-significativité du PIB par habitant dans le modèle final ($p = 0,156$) souligne l'importance des politiques ciblées sur les déterminants concrets de la santé plutôt que sur la seule croissance économique. Ces résultats plaident en faveur d'une approche intégrée des politiques de développement combinant transition énergétique et déploiement stratégique des infrastructures numériques.
Article Info	Abstract
Keywords: Digital technologies; Panel data; Health policies; Life expectancy; Renewable energy. JEL : C23, I15, O33, Q42, Q48. Received: 01 April, 2026 Accepted: 15 June, 2026 Published: 27 September 2026	This research examines the extent to which renewable energies and digital technologies influence life expectancy in 14 MENA countries over the 2010–2023 period, using an econometric panel data analysis. The study demonstrates that the energy transition and the diffusion of mobile communication technologies constitute significant determinants of population health. The econometric results, derived from a two-way fixed effects model, indicate that a 1% increase in renewable energy consumption is associated with a 0.01% increase in life expectancy ($p < 0.05$), while an equivalent increase in mobile phone penetration generates an improvement of 0.016% ($p < 0.05$). However, the analysis reveals a negative relationship between Internet development and life expectancy (coefficient of -0.0027, $p < 0.01$), suggesting complex effects that require further investigation. The non-significance of GDP per capita in the final model ($p = 0.156$) highlights the importance of policies targeting concrete determinants of health rather than economic growth alone. These findings advocate for an integrated approach to development policies combining energy transition and strategic deployment of digital infrastructures.

Corresponding author. E-mail address: ahmed.bouzit@uit.ac.ma

DOI : <https://doi.org/10.23882/ijdam.26321>

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the IJDAM Review

This is an open access article under the license Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0.



1. INTRODUCTION

Le XXI^e siècle est marqué par deux transformations macro-économiques et sociétales majeures : la transition énergétique, impérative pour répondre à l'urgence climatique, et la révolution numérique, qui recompose l'ensemble des secteurs économiques et des interactions sociales.

Parallèlement, les systèmes de santé publique mondiaux sont soumis à des pressions sans précédent, exacerbées par les pandémies, le fardeau croissant des maladies chroniques et le vieillissement des populations, mettant en lumière leur vulnérabilité et la nécessité d'une profonde modernisation.

De manière critique, ces trois domaines – énergie, digital et santé – n'évoluent plus en silos distincts. Ils convergent pour créer un nexus complexe où chaque élément influence et est influencé par les autres, ouvrant la voie à des synergies puissantes mais aussi à des tensions nouvelles.

La digitalisation de la santé (e-santé, télémédecine, IA diagnostique, dossiers médicaux électroniques) repose fondamentalement sur une infrastructure numérique énergivore. Son déploiement à grande échelle entre donc en contradiction frontale avec les objectifs de sobriété carbone de la transition énergétique si cette dernière n'est pas achevée.

Inversement, une transition énergétique réussie, fondée sur les énergies renouvelables et des réseaux électriques intelligents (smart grids), offre la promesse d'alimenter une santé digitale décarbonée, résiliente et accessible, transformant ainsi une contrainte en opportunité.

L'étude de cette intersection triple est donc d'une importance capitale. Elle dépasse la simple innovation technologique pour toucher à la soutenabilité environnementale, à l'équité sociale, à la souveraineté technologique et à la résilience économique des nations.

Son utilité est immédiate : elle permet de concevoir des politiques publiques intégrées qui évitent les écueils d'une digitalisation climaticide ou d'une transition énergétique qui ignorerait les besoins essentiels des services publics comme la santé.

La région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) représente un terrain d'étude particulièrement pertinent et paradoxal pour analyser ce nexus. Historiquement dépendante des hydrocarbures, elle dispose d'un immense potentiel en énergies solaire et éolienne, mais sa transition effective reste inégale.

Simultanément, les pays de la MENA font face à des défis sanitaires structurels majeurs, incluant une prévalence élevée de maladies non transmissibles (diabète, maladies cardiovasculaires) et une pression démographique forte, qui appellent une modernisation urgente de leurs systèmes de santé.

La digitalisation y est perçue comme une solution clé, avec des investissements massifs dans des "smart cities" et des initiatives de e-gouvernement. Cependant, cette ambition se heurte à des défis spécifiques : stress hydrique, vulnérabilité au changement climatique, et fortes disparités socio-économiques.

La problématique centrale de cette recherche peut être formulée ainsi : Dans quelle mesure les énergies renouvelables et les technologies digitales (téléphonie mobile et Internet) influencent-elles l'espérance de vie dans les pays de la région MENA, et quel est le rôle respectif de ces déterminants dans l'amélioration de la santé des populations ?

Cette problématique soulève deux questions principales de recherche : Quel est l'impact de la consommation d'énergies renouvelables sur l'espérance de vie dans les pays de la région MENA ? Dans quelle mesure la diffusion des technologies digitales (téléphonie mobile et Internet) affecte-t-elle l'espérance de vie ?

L'article est organisé comme suit. La première section présente le cadre théorique, mobilisant six approches complémentaires—la modernisation écologique, la soutenabilité forte, la diffusion des innovations, la justice énergétique, la perspective multi-niveaux des transitions socio-techniques et la résilience des systèmes de santé—pour analyser le nexus énergie-digital-santé. La deuxième section examine la littérature empirique existante, en mettant l'accent sur les preuves disponibles concernant les interactions entre énergie, digitalisation et santé, tout en identifiant les lacunes spécifiques à la région MENA. La troisième section expose la méthodologie économétrique,

décrivant le modèle en données de panel, les variables retenues, les sources des données et les tests de spécification utilisés (effets fixes, effets aléatoires, test de Hausman). La quatrième section présente les résultats empiriques, notamment les coefficients estimés et leur significativité statistique. La cinquième section discute ces résultats à la lumière des cadres théoriques mobilisés et propose des implications pour les politiques publiques. Enfin, la dernière section conclut en synthétisant les principaux enseignements et en suggérant des pistes pour des recherches futures.

2. REVUE DE LA LITTÉRATURE THEORIQUE

Cette section a pour objectif de synthétiser et d'analyser les cadres théoriques fondateurs qui éclairent la compréhension des interactions complexes entre la transition énergétique, la digitalisation et la santé publique. En nous appuyant sur des corpus théoriques établis et émergents, nous construirons un cadre d'analyse robuste pour examiner les dynamiques spécifiques à la région MENA.

Le concept d'« économie numérique » a été popularisé par Don Tapscott en 1996 pour désigner une économie dans laquelle la création de valeur, la production, les échanges et l'organisation des activités reposent de plus en plus sur les technologies numériques et les réseaux d'information. Au cours des dernières décennies, l'économie numérique a connu une expansion considérable et s'est progressivement imposée comme l'un des moteurs de la transformation structurelle, de la productivité et de la croissance économique mondiale (Idalfahim et al. (2025)).

La théorie de la modernisation écologique postule que la protection de l'environnement et le développement économique ne sont pas antagonistes mais peuvent se renforcer mutuellement grâce à l'innovation technologique et aux réformes institutionnelles. Appliquée à notre sujet, cette théorie suggère que la digitalisation du secteur de la santé, couplée à la transition énergétique, pourrait générer une "double dividend" : amélioration des outcomes de santé et réduction de l'empreinte environnementale. Les travaux de Mol et Spaargaren (2000) ont ouvert la voie à l'analyse des synergies entre innovation technologique et sustainability.

Contrairement à la modernisation écologique, l'approche de la soutenabilité forte (défendue par des auteurs comme Herman Daly) insiste sur la non-substituabilité du capital naturel. Ce cadre théorique nous invite à une analyse critique : la digitalisation de la santé, même alimentée par des énergies renouvelables, consomme des ressources naturelles rares (minéraux, terres, eau). Une application rigoureuse de ce cadre dans le contexte MENA, région soumise à un stress hydrique et écologique sévère, permet d'identifier les limites absolues et les trade-offs incontournables d'un modèle de santé hyper-digitalisé.

La réussite de l'implantation des technologies digitales en santé dépend fondamentalement de leur adoption par les usagers et les professionnels. La théorie de Rogers sur la diffusion de l'innovation (avantage relatif, compatibilité, complexité, observabilité, possibilité d'essai) fournit un cadre précieux pour anticiper les barrières à l'adoption dans des contextes culturels variés. Couplé au Technology Acceptance Model (TAM) de Davis, qui se concentre sur la perception d'utilité et de facilité d'utilisation, ce corpus théorique est indispensable pour analyser les freins culturels et comportementaux spécifiques à la région MENA.

Ce champ théorique, développé par Walker et Day (2012), dépasse les analyses purement technico-économiques pour intégrer les dimensions d'équité, de distribution et de reconnaissance. Il pose des questions cruciales : Qui a accès aux bénéfices de la santé digitale ? Les communautés marginalisées risquent-elles d'être exclues par la fracture numérique ? La charge des externalités négatives (déchets électroniques, extraction minière) est-elle équitablement répartie ? Pour la région MENA, marquée par des inégalités socio-économiques prononcées, ce cadre est essentiel pour évaluer le caractère inclusif ou excluant des politiques envisagées.

Le cadre MLP, développé par Geels (2002), analyse les transitions systémiques (comme celle vers un système santé-énergie-numérique durable) comme l'interaction entre trois niveaux : le paysage macro (megatrends comme le changement climatique), les régimes socio-techniques existants (le système de santé fossile et analogique) et les niches d'innovation (expérimentations

locales de e-santé solaire). Ce cadre est particulièrement heuristique pour comprendre la résistance au changement dans la région MENA, où le "régime" des hydrocarbures est très ancré, et pour identifier comment les "niches" innovantes peuvent gagner en influence.

Théorisée par Kruk et al., la résilience des systèmes de santé est leur capacité à se préparer, absorber, adapter et se transformer face aux chocs. La littérature récente explore le rôle de la digitalisation et de l'autonomie énergétique comme facteurs clés de résilience. Ce cadre permet d'évaluer comment la convergence de nos trois domaines peut renforcer la capacité des systèmes de santé MENA à faire face aux crises climatiques, sanitaires ou énergétiques.

Notre analyse s'appuiera sur une synthèse critique de ces cadres théoriques. Nous retenons de la modernisation écologique le potentiel de synergie ; de la soutenabilité forte, la nécessité de considérer les limites biophysiques ; des théories de la diffusion, l'importance des facteurs humains ; de la justice énergétique, l'impératif d'équité ; du MLP, la compréhension des dynamiques de transition ; et de la résilience, l'objectif final.

Le choix de ces cadres théoriques se justifie par leur complémentarité pour appréhender la complexité du nexus énergie-digital-santé dans la région MENA. Contrairement à la théorie des capacités d'Amartya Sen (1999), qui met l'accent sur les libertés individuelles, ou au cadre des Objectifs de Développement Durable, qui offre une matrice normative sans mécanismes explicatifs, les approches retenues fournissent une analyse opérationnelle des transformations systémiques à différents niveaux d'agrégation.

Chaque cadre a directement orienté le choix des variables incluses dans le modèle économétrique, établissant une chaîne de cohérence entre conceptualisation et opérationnalisation. La modernisation écologique (Mol & Spaargaren, 2000) justifie l'inclusion de la consommation d'énergies renouvelables (ENG) comme proxy des transformations structurelles du système énergétique, postulant que la réduction des externalités négatives (pollution atmosphérique) génère des bénéfices sanitaires mesurables. Le cadre de la soutenabilité forte (Daly) a conduit à retenir la part des renouvelables dans le mix énergétique plutôt que leur volume absolu, reflétant la contrainte de non-substituabilité du capital naturel. La diffusion de l'innovation (Rogers, 2003) et le Technology Acceptance Model (Davis, 1989) ont guidé le choix des indicateurs de digitalisation : la pénétration de la téléphonie mobile (GSM) a été privilégiée comme innovation à diffusion rapide et inclusive, tandis que le taux d'utilisation d'Internet (INTERNET) capture une adoption plus avancée mais potentiellement inégalitaire. Cette distinction permet de tester l'hypothèse selon laquelle les technologies à faible barrière d'entrée (GSM) auraient des effets sanitaires plus immédiats que les technologies nécessitant des compétences spécifiques (Internet). La justice énergétique (Walker & Day, 2012) et la résilience des systèmes de santé (Kruk et al., 2018), bien que moins directement opérationnalisables dans un modèle quantitatif, informent l'interprétation des résultats en attirant l'attention sur les dimensions distributives et adaptatives. Le PIB par habitant a été inclus comme variable de contrôle conformément à la Perspective Multi-Niveaux (Geels, 2002), qui considère le régime socio-technique existant comme un contexte structurant dont les effets doivent être neutralisés pour isoler l'impact spécifique des innovations de niche. L'espérance de vie à la naissance est un indicateur synthétique particulièrement pertinent dans ce contexte, car elle reflète l'état de santé général d'une population et sa capacité à bénéficier des progrès économiques, sociaux et sanitaires (Idalfahim et Elouardighi, 2026).

Cette revue révèle que si la littérature aborde chacun de ces domaines séparément, il existe un déficit théorique concernant l'analyse intégrée de leur intersection, en particulier dans des contextes régionaux spécifiques comme la MENA. Notre recherche contribuera à combler cette lacune en appliquant et en croisant ces cadres théoriques pour construire une grille de lecture originale et pertinente des défis et opportunités de la région.

3.REVUE DE LA LITTERATURE EMPIRIQUE

Cette section examine les études empiriques et les données factuelles relatives aux interactions entre la transition énergétique, la digitalisation et la santé publique. Alors que la littérature théorique fournit les principaux cadres conceptuels permettant d'expliquer ces relations, les travaux

empiriques contribuent à les vérifier, à les illustrer et à en quantifier les effets. Ils permettent également de mettre en évidence les réussites, les limites et les résultats mesurables observés dans différents contextes géographiques et institutionnels.

Plusieurs études de cas mettent en évidence l'impact positif des énergies renouvelables sur la prestation des services de santé. L'électrification de centres de santé primaires ruraux par des systèmes solaires photovoltaïques en Afrique subsaharienne a notamment favorisé une augmentation du nombre de consultations, une amélioration de la conservation des vaccins grâce à la sécurisation de la chaîne du froid et une extension des heures d'ouverture des établissements sanitaires (Adair-Rohani et al., 2013). Bien que peu de recherches portent spécifiquement sur les pays de la région MENA, les résultats observés dans des contextes présentant des contraintes énergétiques et territoriales comparables suggèrent l'existence d'un potentiel similaire, notamment dans les zones rurales, isolées ou périphériques.

La littérature empirique fournit également de nombreuses preuves des bénéfices associés à la digitalisation du secteur de la santé. Une méta-analyse consacrée aux projets de télémédecine dans les pays à revenu intermédiaire a montré que ces dispositifs peuvent réduire les coûts de transport supportés par les patients et améliorer l'accès aux médecins spécialistes (Fatehi et al., 2020). De même, l'adoption des dossiers de santé électroniques a été associée à une réduction des erreurs médicales, à une meilleure circulation de l'information et à une coordination plus efficace des soins entre les différents professionnels et établissements de santé (Kruse et al., 2018). Ces résultats montrent toutefois que les bénéfices de la digitalisation demeurent fortement conditionnés par la disponibilité, la qualité et la fiabilité des infrastructures énergétiques et numériques sous-jacentes.

Au-delà de ses effets directs sur les services de santé, la digitalisation peut également contribuer à accélérer la transition énergétique. À ce titre, Idalfahim et al. (2025) examinent l'effet de la digitalisation sur la transition énergétique dans 18 pays de la région MENA sur la période 2000–2023, à partir d'un panel équilibré comprenant 432 observations, avec ($N=18$) pays et ($T=24$) années. Les auteurs construisent un indice composite de digitalisation fondé sur les abonnements à la téléphonie mobile, la pénétration d'Internet et les abonnements au haut débit fixe. Ils estiment ensuite des modèles de données de panel à effets fixes individuels et temporels, avec des erreurs-types robustes de Driscoll–Kraay. Des modèles à effets aléatoires ainsi qu'un test de Hausman sont également mobilisés afin de vérifier la robustesse des résultats.

Les estimations d'Idalfahim et al. (2025) montrent qu'une intensification de la digitalisation est associée, toutes choses égales par ailleurs, à une augmentation statistiquement significative de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie. Ce résultat met en évidence le rôle potentiel des technologies numériques dans l'accompagnement de la transition énergétique des économies de la région MENA. La digitalisation peut notamment faciliter l'intégration des énergies renouvelables, améliorer la gestion des réseaux électriques, optimiser la consommation d'énergie, renforcer la collecte de données et soutenir la diffusion de solutions énergétiques décentralisées.

Cette relation présente une importance particulière pour le secteur de la santé. En favorisant le développement d'un système énergétique plus propre, plus intelligent et plus résilient, la digitalisation peut indirectement contribuer à sécuriser l'approvisionnement énergétique des hôpitaux et des centres de santé. Elle peut ainsi soutenir le fonctionnement des systèmes de télémédecine, des dossiers médicaux électroniques, des équipements de diagnostic connectés et des dispositifs de conservation des médicaments et des vaccins. L'étude d'Idalfahim et al. (2025) apporte donc un élément empirique important à la compréhension du nexus étudié : la digitalisation ne représente pas uniquement une transformation interne des services de santé, mais peut également agir comme un facteur facilitant la transition énergétique dont dépend le fonctionnement durable de ces services.

Toutefois, la littérature récente attire également l'attention sur le coût environnemental croissant de la santé digitale. Selon Health Care Without Harm (2019), le secteur de la santé serait responsable d'environ 4,4 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. L'expansion des centres de données, des appareils électroniques, des infrastructures de télécommunication et des réseaux

numériques contribue progressivement à cette empreinte environnementale. Une tension apparaît ainsi entre les bénéfices sanitaires de la digitalisation et les externalités environnementales associées à sa consommation énergétique. En l'absence d'une décarbonation suffisante du mix énergétique, le développement de la santé numérique pourrait accroître les émissions du secteur et contribuer indirectement aux risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique et au changement climatique. Cette tension confirme la nécessité d'envisager conjointement la digitalisation et la transition énergétique. Les résultats d'Idalfahim et al. (2025) suggèrent que la digitalisation peut soutenir le développement des énergies renouvelables dans la région MENA. Cependant, cette contribution dépend de la capacité des pays à orienter les investissements numériques vers des infrastructures sobres en énergie et alimentées par des sources renouvelables. Le recours à des centres de données énergétiquement efficaces, à des réseaux intelligents et à des systèmes numériques alimentés par l'énergie solaire pourrait ainsi limiter l'effet rebond environnemental lié à l'augmentation des usages numériques.

Plusieurs projets pilotes offrent également des enseignements utiles. En Inde, certaines initiatives ont associé l'alimentation solaire des centres de santé au développement de services de télémedecine, contribuant à améliorer l'accès aux soins maternels et infantiles (Singh et al., 2021). Dans la région MENA, des expériences de plus petite échelle, telles que l'utilisation de réfrigérateurs solaires pour la conservation des vaccins en Jordanie ou le déploiement de cliniques mobiles connectées dans certains pays du Golfe, commencent également à fournir des indications encourageantes. Toutefois, ces expériences restent encore insuffisamment documentées et font rarement l'objet d'évaluations quantitatives rigoureuses permettant de mesurer leurs effets sanitaires, économiques et environnementaux.

La littérature empirique identifie plusieurs facteurs récurrents de réussite. Ceux-ci comprennent notamment l'existence d'un leadership institutionnel fort, la disponibilité d'un financement durable, l'implication des communautés locales, la formation continue du personnel et la mise en place de dispositifs efficaces d'entretien des infrastructures. À l'inverse, les principales barrières relevées concernent le manque d'interopérabilité entre les systèmes numériques, l'obsolescence de certaines réglementations, l'insuffisance des budgets consacrés à la maintenance des installations renouvelables ainsi que la faible littératie numérique de certaines populations rurales ou âgées. Ces difficultés peuvent être accentuées dans les pays confrontés à la fragilité institutionnelle, à l'instabilité politique ou aux conflits, ce qui concerne plusieurs économies de la région MENA.

Un autre constat majeur concerne le manque d'études empiriques robustes et de données quantitatives consacrées spécifiquement à l'intégration de la transition énergétique, de la digitalisation et de la santé dans la région MENA. Des études telles que celle d'Idalfahim et al. (2025) apportent des résultats importants sur la relation entre la digitalisation et la transition énergétique au niveau macroéconomique. Toutefois, les analyses reliant directement ces transformations aux performances des systèmes de santé restent rares. La majorité des informations disponibles proviennent de projets pilotes, d'études de cas ou de rapports institutionnels qui ne font pas toujours l'objet d'une évaluation par les pairs.

Ce déficit de données empêche la réalisation d'analyses comparatives approfondies et limite la généralisation des résultats. Il peut notamment refléter une faible transparence dans la collecte et la diffusion des données, l'absence d'indicateurs harmonisés ou une priorisation encore insuffisante de ce nexus dans les programmes de recherche nationaux. Les futures études devraient ainsi mobiliser des indicateurs standardisés, tels que le taux de disponibilité des systèmes solaires dans les établissements de santé, la réduction des émissions par téléconsultation, la consommation énergétique des infrastructures numériques, le nombre d'interruptions électriques évitées ou encore l'évolution de l'accès aux soins dans les zones rurales électrifiées.

La synthèse des résultats empiriques confirme donc le potentiel de complémentarité entre transition énergétique, digitalisation et santé publique, tout en révélant des tensions importantes. Les preuves sont relativement solides concernant les bénéfices indépendants des énergies renouvelables et de la digitalisation pour le fonctionnement des services de santé. Les résultats d'Idalfahim et al. (2025) renforcent cette littérature en montrant que la digitalisation peut également

favoriser la transition énergétique dans les pays de la région MENA. Toutefois, les preuves relatives à l'intégration simultanée et mesurable de ces trois dimensions à grande échelle demeurent fragmentaires, en particulier dans les contextes caractérisés par un stress hydrique élevé, des températures extrêmes et de fortes disparités territoriales.

En définitive, la littérature empirique existante valide la pertinence de la problématique étudiée, mais montre que la concrétisation des synergies n'est pas automatique. Elle dépend de la capacité des pays à surmonter des barrières techniques, financières, institutionnelles et réglementaires. La digitalisation peut faciliter la transition énergétique et améliorer les services de santé, mais elle doit être accompagnée d'une décarbonation du système énergétique afin d'éviter que l'expansion des usages numériques n'accroisse l'empreinte environnementale du secteur. Cette revue souligne ainsi la nécessité de mener des évaluations rigoureuses des projets existants dans la région MENA, afin de fonder les futures politiques publiques sur des preuves solides et d'éviter la reproduction des échecs observés dans d'autres contextes.

4.METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Cette section décrit la stratégie méthodologique employée pour investiguer empiriquement la relation entre la digitalisation, la transition énergétique et les résultats de santé publique dans 14 région MENA. Les pays inclus sont : Algérie, Djibouti, Égypte, Émirats Arabes Unis, Irak, Jordanie, Koweït, Liban, Maroc, Mauritanie, Oman, Syrie, Tunisie, Yémen. La période de l'étude s'étale de 2010 à 2023. Cette analyse repose sur quatre indicateurs clés : l'espérance de vie, qui représente le nombre moyen d'années qu'un nouveau-né peut espérer vivre si les conditions de mortalité actuelles persistent, le nombre d'abonnements au service de téléphonie mobile cellulaire pour 100 personnes, le pourcentage de la population utilisant l'internet et la part des énergies renouvelables (solaire, éolien, géothermie, biomasse) dans la consommation totale d'énergie finale.

Pour analyser l'impact des variables explicatives sur l'espérance de vie, l'ensemble des estimations économétriques a été réalisé à l'aide du logiciel R (Version 4.5.1 ; R Core Team, 2025) au sein de l'environnement de développement intégré RStudio (Version 2025.09.0 Build 387 ; Posit Team, 2025), ainsi le modèle économétrique suivant est proposé :

$$EV_{it} = \alpha GSM_{it} + \beta INTERNET_{it} + \gamma ENG_{it} + \delta PIB_{it} + \varepsilon_{it}$$

Où : EV : est l'espérance de vie à la naissance (en années) pour le pays i à l'année t , GSM : est le nombre d'abonnements mobiles pour 100 habitants, $INTERNET$: est le pourcentage de la population utilisant Internet, ENG : est la consommation d'énergies renouvelables en % de la consommation totale d'énergie, PIB : est le produit intérieur brut par habitant, ε_{it} : est le terme d'erreur.

Le tableau suivant décrit les variables :

Tableau 1 : la source des variables

Variables	Source	Unité de mesure	Notation
Espérance de vie	Banque Mondiale	Unité	EV
Abonnements mobiles	Banque Mondiale	Pourcentage	GSM
Utilisation d'Internet	Banque Mondiale	Unité	INTERNET
Consommation d'énergies renouvelables	Banque Mondiale	Pourcentage	ENG
PIB par habitant	Banque Mondiale	Unité	PIB

Source : Élaboré par nos soins

Modèle à effets fixes (FE) : Le modèle à effets fixes est particulièrement adapté pour capturer l'hétérogénéité inobservable spécifique à chaque pays et constante dans le temps. Cette approche permet de contrôler les caractéristiques invariantes telles que la culture, la géographie, l'histoire institutionnelle, ou les facteurs climatiques structurels qui pourraient influencer à la fois les variables

explicatives et l'espérance de vie. En éliminant ces effets individuels non observés, le modèle à effets fixes fournit des estimateurs non biaisés sous l'hypothèse que les variables omises sont corrélées avec les régresseurs. Cette méthode est donc idéale pour identifier des relations causales dans des contextes où existent des différences structurelles importantes entre les pays.

Modèle à effets aléatoires (RE) : Le modèle à effets aléatoires suppose que les effets individuels μ_i ne sont pas corrélés avec les variables explicatives. Cette approche est statistiquement plus efficace que le modèle à effets fixes car elle permet d'exploiter à la fois la variation inter-pays et intra-pays. Cependant, cette efficacité dépend crucialement de la validité de l'hypothèse de non-corrélation. Si cette hypothèse est violée, les estimateurs du modèle à effets aléatoires deviennent biaisés et inconsistants. Le modèle RE est particulièrement utile lorsque l'on souhaite inclure des variables invariantes dans le temps ou lorsque le nombre de périodes est limité par rapport au nombre d'individus.

Le test de Hausman est employé pour choisir entre le modèle à effets fixes (FE) et à effets aléatoires (RE). Ce test compare systématiquement les estimateurs des deux modèles sous l'hypothèse nulle que les deux estimateurs sont consistants, mais que l'estimateur RE est plus efficace. Une statistique de test significative ($p\text{-value} < 0,05$) conduit au rejet de l'hypothèse nulle et à la sélection du modèle à effets fixes, indiquant ainsi la présence de corrélation entre les effets individuels et les variables explicatives.

Le test de Hausman vise à déterminer si les effets individuels sont corrélés avec les variables explicatives. L'hypothèse nulle (H_0) postule une absence de corrélation, rendant les estimateurs à effets aléatoires (RE) à la fois consistants et efficaces. L'hypothèse alternative (H_1) suppose l'existence d'une telle corrélation, ce qui invalide la consistance de l'estimateur RE et impose l'utilisation de l'estimateur à effets fixes (FE).

Le test est basé sur la différence quadratique entre les estimateurs des deux modèles, suivant une distribution chi-carré. La décision finale du modèle approprié sera basée sur le résultat de ce test formel.

5. RESULTATS EMPIRIQUES

Nous avons effectué premièrement une analyse statistique descriptive à nos données. D'après le tableau 2, l'examen des indicateurs de santé et de développement dans les 13 pays de la région MENA sur la période 2010-2023 révèle des disparités substantielles entre les pays. L'espérance de vie moyenne s'élève à 73,038 ans, avec des écarts allant de 60,743 ans à Djibouti à 83,188 ans au Koweït, l'écart type de 5,473 ans confirmant une hétérogénéité notable des conditions sanitaires. La distribution des infrastructures numériques présente une asymétrie marquée : le nombre moyen d'abonnements à la téléphonie mobile est de 104,906 pour 100 habitants (écart type de 45,230), variant de 17,803 à Djibouti à 220,412 aux Émirats Arabes Unis. L'utilisation d'Internet affiche une moyenne de 52,975% avec un écart type de 28,336, allant de 2,500% en Irak à 100% aux Émirats Arabes Unis, soulignant une fracture numérique profonde. La transition énergétique, mesurée par la part des énergies renouvelables, présente la disparité la plus marquée avec une moyenne de 7,202% (écart type de 9,279), allant de 0,000% au Koweït à 35,100% en Mauritanie. Enfin, le PIB par habitant affiche une moyenne de 10 182,577 dollars avec un écart type de 14 090,281 (138% de la moyenne), s'étendant de 426,354 dollars au Yémen à 52 155,223 dollars au Koweït, illustrant des disparités économiques extrêmes avec un rapport de 1 à 122 entre les pays les plus pauvres et les plus riches. L'évolution temporelle révèle une progression de l'espérance de vie jusqu'en 2019 suivie d'un recul lié à la pandémie, une saturation de la téléphonie mobile, une croissance exponentielle d'Internet, une augmentation des énergies renouvelables dans les pays pionniers, et des fluctuations du PIB influencées par les prix du pétrole et les crises politiques. Cette hétérogénéité considérable justifie le recours à un modèle à effets fixes pour contrôler les différences structurelles spécifiques à chaque pays.

Tableau 2: Les statistiques descriptives

Variable	Observations	EV	GSM	INTERNET	ENG	PIB
Min	196	60,743	17,803	2,500	0,000	426,354
Moyenne	196	73,038	104,906	52,975	7,202	10182,577
Médiane	196	73,863	98,820	55,450	3,100	4018,494
Max	196	83,188	220,412	100,000	35,100	52155,223
Écart type	196	5,473	45,230	28,336	9,279	14090,281

Source : Élaboré par nos soins

L'estimation par effets fixes doubles révèle des relations contrastées entre les indicateurs de développement et l'espérance de vie. Concernant les *énergies renouvelables*, le coefficient positif de 0,0103, significatif au seuil de 5 %, indique qu'une augmentation de 1 % de la consommation d'énergies renouvelables est associée à une hausse de 0,01 % de l'espérance de vie. D'un point de vue économique, cette relation modeste mais positive s'explique par les externalités sanitaires liées à la réduction de la pollution atmosphérique, particulièrement la diminution des émissions de particules fines et de gaz nocifs provenant des combustibles fossiles, qui affectent la santé respiratoire et cardiovasculaire des populations.

Pour ce qui est de la *téléphonie mobile*, l'effet positif (coefficient de 0,0157) et significatif suggère qu'une expansion de 1 % de la pénétration du GSM se traduit par une amélioration de 0,016 % de l'espérance de vie. Économiquement, cet impact peut être attribué au rôle facilitateur de la mobilité numérique dans l'accès aux services de santé, à la diffusion rapide de l'information médicale et à une meilleure coordination des soins, notamment dans les régions isolées.

Le résultat pour *Internet* présente un paradoxe : bien que le coefficient soit très faible (-0,0027) et négatif, il est néanmoins significatif. Statistiquement, cela indique une relation inverse faible mais robuste. D'un point de vue économique, ce résultat contre-intuitif pourrait s'expliquer par des effets de composition ou de substitution. Il est possible que dans le contexte étudié, le déploiement d'Internet soit corrélé à des modes de vie urbains sédentaires ou à une industrialisation accrue, dont les effets négatifs sur la santé (pollution, stress) contrebalanceraient les bénéfices escomptés de la connectivité.

Enfin, le *PIB* par habitant montre un coefficient positif (0,0121) mais non significatif (p-value de 0,156). Statistiquement, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle d'une absence d'effet. Économiquement, cela suggère que, dans ce modèle et pour cet échantillon, le niveau de richesse nationale n'est pas un déterminant direct et autonome de l'espérance de vie une fois pris en compte les autres variables, notamment l'accès aux technologies et à l'énergie. L'effet du revenu est probablement médiatisé par ces canaux.

Tableau 3: Résultats de la régression en panel à effets fixes doubles

Variable	Coefficient	P-value	Significativité
<i>Énergies Renouv.</i>	0.0103	0.018	**
<i>Téléphonie mobile</i>	0.0157	0.022	**
<i>Internet</i>	-0.0027	0.007	***
<i>PIB par habitant</i>	0.0121	0.156	
<i>Test de Fisher</i>	4.11	0.0036	***
<i>Test de Hausman</i>	78.453	0.000	***
<i>Nombre d'observations</i>	196		

Source : Élaboré par nos soins à partir du logiciel R

Le modèle à effets fixes doubles (pays et année) examinant les déterminants de l'espérance de vie présente une qualité statistique acceptable mais modérée. La statistique F globale de 4.11 (p -value = 0.0036) indique que le modèle dans son ensemble est statistiquement significatif.

Le test de Hausman produit une p -value extrêmement faible (0.000), ce qui conduit au rejet de l'hypothèse nulle. Cette situation indique une différence systématique et significative entre les estimateurs des modèles à effets fixes et à effets aléatoires. D'un point de vue économétrique, ce résultat valide pleinement l'utilisation du modèle à effets fixes, car les effets individuels non observés sont corrélés avec les variables explicatives du modèle.

Tableau 4 : Les coefficients de déterminations

Indicateur	Valeur
R² within	0,4387
R² between	0,7348
R² overall	0,7042

Source : Élaboré par nos soins à partir du logiciel R

Le R^2 within de 0,4387 signifie que le modèle explique environ 43,87 % des variations de l'espérance de vie à l'intérieur d'un même pays au cours du temps, en tenant compte des effets temporels.

Le R^2 between de 0,7348 indique que le modèle explique environ 73,48 % des différences moyennes d'espérance de vie entre les pays.

Le R^2 overall de 0,7042 montre que le modèle explique environ 70,42 % de la variation totale de l'espérance de vie, en combinant les dimensions individuelle et temporelle.

6. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats économétriques obtenus appellent une mise en perspective avec la littérature existante, permettant d'enrichir l'interprétation des relations observées entre transition énergétique, digitalisation et espérance de vie dans la région MENA.

L'effet positif et significatif des énergies renouvelables sur l'espérance de vie (coefficient de 0,0103, $p < 0,05$) confirme les travaux antérieurs documentant les bénéfices sanitaires de la réduction de la pollution atmosphérique. Les recherches menées dans la région MENA par Lelieveld et ses collaborateurs démontrent que plus de 90% des particules fines nocives pour la santé proviennent de sources anthropiques, principalement de la production et de l'utilisation des combustibles fossiles. L'étude quantifie le coût sanitaire de cette pollution : le taux de mortalité excédentaire attribuable à la pollution atmosphérique dans la région atteint 745 personnes pour 100 000 habitants, un niveau comparable à d'autres facteurs de risque majeurs tels que le tabagisme et l'hypercholestérolémie. La substitution des énergies fossiles par des sources renouvelables réduit l'exposition aux particules fines (PM_{2.5}) et aux oxydes d'azote, dont les effets délétères sur les systèmes respiratoire et cardiovasculaire sont bien établis. Les travaux de Nussbaumer sur les systèmes solaires photovoltaïques dans les centres de santé en Afrique subsaharienne avaient déjà souligné le potentiel des énergies renouvelables pour améliorer la prestation des services de santé, en particulier dans les zones rurales mal desservies. Notre étude apporte une validation quantitative de cette relation à l'échelle macro-économique pour la région MENA.

L'effet positif de la téléphonie mobile sur l'espérance de vie (coefficient de 0,0157, $p < 0,05$) corrobore les analyses d'Aker et Mbiti (2010) sur le rôle transformateur des téléphones mobiles dans les pays en développement. Selon ces auteurs, la téléphonie mobile réduit les coûts de recherche d'information, facilite la coordination des échanges économiques et améliore la prestation des services publics, notamment dans les domaines de la santé et de l'agriculture. Dans le secteur sanitaire, les applications mobiles permettent le suivi des épidémies, la télémédecine et la diffusion d'informations préventives, réduisant ainsi les délais de prise en charge et favorisant l'accès aux soins dans les zones reculées. La pénétration élevée de la téléphonie mobile dans la région MENA (moyenne de 104,9 abonnements pour 100 habitants) en fait un vecteur privilégié de l'information sanitaire et de la coordination des soins.

En revanche, l'effet négatif d'Internet sur l'espérance de vie (coefficient de -0,0027, $p < 0,01$) invite à une lecture nuancée des bénéfices de la connectivité numérique. Ce résultat contre-intuitif rejoint les travaux documentant les effets sanitaires délétères de l'usage excessif d'Internet. Shukla et al. (2023) identifient les problèmes de santé couramment associés à la dépendance à Internet, incluant la fatigue oculaire numérique, les douleurs musculo-squelettiques, l'obésité, l'insomnie, l'anxiété et la dépression, autant de facteurs contribuant à la réduction de l'espérance de vie. Une étude menée au Bangladesh durant la pandémie de COVID-19 a montré que la prévalence de la dépendance à Internet atteignait 29,4% chez les adultes, avec des taux encore plus élevés chez les moins de 20 ans (34,7%). Dans le contexte de la région MENA, où l'utilisation d'Internet a connu une croissance exponentielle (passant de 52,9% en moyenne sur la période à près de 100% dans certains pays du Golfe), les effets négatifs des modes de vie sédentaires et de la sédentarité numérique pourraient contrebalancer les bénéfices informationnels de la connectivité. Il convient également de noter que l'adoption massive d'Internet s'accompagne souvent d'une augmentation de la pollution numérique (data centers, équipements électroniques), dont les externalités environnementales et sanitaires sont encore mal mesurées.

La non-significativité du PIB par habitant ($p = 0,156$) confirme les travaux fondateurs de Preston (1975) sur la dissociation relative entre croissance économique et gains d'espérance de vie. Preston avait montré que les augmentations du revenu par habitant n'expliquaient qu'une proportion mineure de l'augmentation de l'espérance de vie, les facteurs non-matérielles – en particulier la diffusion des progrès médicaux – jouant un rôle prépondérant. Nos résultats suggèrent que, dans la région MENA, une fois contrôlés les effets des infrastructures énergétiques et numériques, l'effet direct du revenu national sur la longévité s'estompe. Ce constat rejoint les observations de Prados de la Escosura (2023) sur la courbe de Preston, qui souligne que la relation entre espérance de vie et revenu par habitant a évolué dans le temps, avec un déplacement vers l'extérieur de la courbe indiquant que des gains de longévité sont désormais possibles indépendamment de la croissance économique. Les travaux récents sur la "crise de mortalité américaine" montrent même qu'un découplage entre revenu et espérance de vie peut survenir, les augmentations de richesse ne se traduisant plus systématiquement par des gains de longévité. Cette évolution souligne l'importance des politiques ciblées sur les déterminants structurels de la santé – systèmes de soins, prévention, éducation sanitaire, infrastructures – plutôt que sur la seule croissance du PIB.

7.CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'examiner l'influence des énergies renouvelables et des technologies digitales sur l'espérance de vie dans 14 pays de la région MENA sur la période 2010-2023, à travers une analyse économétrique en données de panel. Trois questions de recherche guidaient cette investigation : (i) Quel est l'impact de la consommation d'énergies renouvelables sur l'espérance de vie dans les pays de la région MENA ? (ii) Dans quelle mesure la diffusion des technologies digitales (téléphonie mobile et Internet) affecte-t-elle l'espérance de vie ? (iii) La relation entre le niveau de richesse nationale et l'espérance de vie persiste-t-elle une fois contrôlés les effets des technologies et de l'énergie ?

Les résultats économétriques, issus d'un modèle à effets fixes doubles, apportent des réponses empiriques à ces interrogations. Premièrement, la transition énergétique, mesurée par la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, exerce un effet positif et statistiquement significatif sur l'espérance de vie (coefficient de 0,0103, $p < 0,05$), confirmant que la substitution des combustibles fossiles par des sources d'énergie propres génère des bénéfices sanitaires mesurables à travers la réduction de la pollution atmosphérique. Deuxièmement, la diffusion des technologies digitales produit des effets contrastés : si la pénétration de la téléphonie mobile améliore significativement la longévité (coefficient de 0,0157, $p < 0,05$) en facilitant l'accès aux soins et la circulation de l'information sanitaire, l'utilisation d'Internet présente une relation négative surprenante (coefficient de -0,0027, $p < 0,01$), suggérant que les effets délétères des modes de vie sédentaires et de la pollution numérique pourraient contrebalancer les bénéfices

informationnels de la connectivité. Troisièmement, la non-significativité du PIB par habitant ($p=0,156$) indique qu'une fois contrôlés les effets des infrastructures énergétiques et numériques, le niveau de richesse nationale n'apparaît plus comme un déterminant direct et autonome de l'espérance de vie, soulignant l'importance des politiques ciblées sur les canaux concrets de la santé plutôt que sur la seule croissance économique.

La validation empirique de la problématique centrale – l'influence des énergies renouvelables et des technologies digitales sur l'espérance de vie – ouvre des perspectives pour les politiques publiques dans la région MENA. La relation positive entre énergies renouvelables et espérance de vie justifie le renforcement des politiques de transition énergétique, avec des subventions ciblées pour le développement des énergies solaire et éolienne, une fiscalité environnementale dissuasive sur les énergies fossiles, et des investissements publics dans les réseaux électriques intelligents. Le rôle bénéfique de la téléphonie mobile appelle à des politiques de développement des infrastructures numériques inclusives, en particulier dans les zones rurales et périurbaines, ainsi qu'à des partenariats public-privé pour développer des applications de santé mobile (téléconsultation, suivi des maladies chroniques, rappels vaccinaux). La relation complexe observée avec Internet nécessite une approche nuancée : les politiques numériques doivent dépasser la simple connectivité pour promouvoir des usages vertueux d'Internet en matière de santé, via des campagnes d'éducation numérique et la régulation des impacts environnementaux du numérique. Enfin, l'absence d'effet significatif du PIB suggère une redirection des ressources nationales vers des investissements ciblés dans la prévention sanitaire, l'accès aux soins primaires et la réduction des inégalités sociales de santé.

Cette recherche présente plusieurs limites qu'il convient de reconnaître pour une interprétation prudente des résultats et pour orienter les travaux futurs.

Premièrement, la taille limitée de l'échantillon (14 pays, 196 observations) contraint la généralisation des résultats. Bien que comparable à d'autres études en données de panel sur la région MENA, cet échantillon ne permet pas de capturer toute la diversité des dynamiques nationales. Les pays de la région sont caractérisés par une hétérogénéité considérable en termes de structures économiques (économies rentières versus économies diversifiées), de régimes politiques, de systèmes de santé et de contextes géopolitiques. Des études futures pourraient élargir l'échantillon temporel ou spatial, en incluant des pays supplémentaires de la région MENA ou en adoptant une approche comparative avec d'autres régions en développement.

Deuxièmement, l'absence de variables institutionnelles et de gouvernance dans le modèle constitue une lacune importante. La qualité des systèmes de santé, l'efficacité des politiques publiques, le niveau de corruption, l'état de droit et la stabilité politique sont des déterminants majeurs de la santé des populations qui n'ont pu être inclus en raison des contraintes de disponibilité des données. Des recherches futures pourraient intégrer des indicateurs de gouvernance (indices de la Banque mondiale, indicateurs de fragilité des États) pour mieux isoler l'effet des infrastructures technologiques et énergétiques des effets institutionnels.

Troisièmement, la présence dans l'échantillon de pays en situation de conflit ou d'instabilité institutionnelle majeure (Syrie depuis 2011, Yémen depuis 2015, Liban depuis 2019) est susceptible d'introduire des biais dans les estimations. Si l'analyse de robustesse menée en excluant ces pays a confirmé la stabilité des coefficients, l'instabilité politique demeure un facteur de confusion potentiel que les effets fixes temporels ne capturent qu'imparfaitement. Des recherches futures pourraient intégrer des variables de contrôle spécifiques aux conflits (indices de violence politique, nombre de victimes, flux de réfugiés) ou adopter une approche par pays pour analyser les trajectoires différenciées.

Quatrièmement, la nature des données disponibles limite la précision des indicateurs utilisés. La part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, bien que standardisée, ne rend pas compte de la répartition géographique des infrastructures ni de leur fiabilité. La pénétration de la téléphonie mobile et d'Internet mesure l'accès aux infrastructures mais pas la qualité de l'usage ni la littératie numérique des populations. Des études futures pourraient mobiliser

des données désagrégées au niveau régional ou des enquêtes auprès des ménages pour affiner l'analyse des mécanismes de transmission entre technologies et santé.

Enfin, la faible variance expliquée par le modèle (R^2 overall de 0,251) souligne la nécessité d'intégrer des dimensions qualitatives pour une compréhension plus complète des déterminants de la santé dans la région MENA. Les facteurs culturels, comportementaux et environnementaux – habitudes alimentaires, activité physique, exposition à la chaleur extrême, stress lié aux transitions économiques – constituent des canaux de transmission essentiels qui échappent aux analyses macro-économétriques. Des approches mixtes, combinant analyses quantitatives et études qualitatives de cas, pourraient offrir une compréhension plus fine des mécanismes sous-jacents.

Malgré ces limites, cette étude apporte une contribution empirique originale à la littérature sur les déterminants de la santé dans la région MENA. En analysant simultanément l'impact des énergies renouvelables et des technologies digitales sur l'espérance de vie, elle offre une base pour l'élaboration de politiques intégrées combinant transition énergétique, déploiement stratégique des infrastructures numériques et investissements ciblés dans les systèmes de santé. Des recherches futures pourraient approfondir ces relations en investiguant les mécanismes de transmission précis entre énergies renouvelables, technologies digitales et santé publique, en élargissant l'analyse à d'autres déterminants institutionnels et sociaux de la longévité, et en mobilisant des approches méthodologiques complémentaires pour renforcer la robustesse des inférences causales.

REFERENCES

- Abid, M. (2026). Determinants of life expectancy in the GCC countries: A panel data analysis. *Journal of Health Economics*.
- Adair-Rohani, H., Zukor, K., Bonjour, S., Wilburn, S., Kuesel, A. C., Hebert, R., & Fletcher, E. R. (2013). Limited electricity access in health facilities of sub-Saharan Africa: a systematic review of data on electricity access, sources, and reliability. *Global Health: Science and Practice*, 1(2), 249-261.
- Aker, J. C., & Mbiti, I. M. (2010). Mobile phones and economic development in Africa. *Journal of Economic Perspectives*, 24(3), 207-232. <https://doi.org/10.1257/jep.24.3.207>
- Alharthi, M., Hanif, I., & Alamoudi, H. (2022). Impact of environmental pollution on human health and financial status of households in MENA countries: Future of using renewable energy to eliminate the environmental pollution. *Renewable Energy*, 190, 338-346.
- Balcilar, M., & Ozdemir, Z. A. (2023). Renewable energy, health and economic growth nexus in emerging economies. *Energy Economics*, 120, 106591. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106591>
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A. (2015). Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123-132. <https://doi.org/10.7326/M14-1651>
- Dam, M. M., Kaya, F., & Bekun, F. V. (2023). How does renewable energy consumption and environmental sustainability affect life expectancy? Evidence from BRICS-T countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 43285-43298.
- Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Energy Institute. (2023). Statistical Review of World Energy. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- Fatehi, F., Menon, A., & Bird, D. (2018). Diabetes Care in the Digital Era: A Synoptic Overview. *Current Diabetes Reports*, 18(7), 38. <https://doi.org/10.1007/s11892-018-1013-5>.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274.
- Health Care Without Harm. (2019). Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf (Consulté le 15 juin 2024).

- IDALFAHIM, M., EL BETTIOUI, R., & ELOUARDIRHI, S. (2025). Digitalisation et transition énergétique dans la région MENA: quelles dynamiques?. *IJDAM• International Journal of Digitalization and Applied Management*, 2(2), 181-197.
- IDALFAHIM, M., EL BETTIOUI, R., ELGADROURI, R., & ELOUARDIRHI, S. (2025). L'impact de l'économie numérique sur la croissance économique dans la région MENA: une exploration empirique. *IJDAM• International Journal of Digitalization and Applied Management*, 2(2), 1-12.
- Idalfahim, M., & Elouardirhi, S. (2026). Impact of carbon dioxide emissions on life expectancy in Morocco: An ARDL model approach. *World Development Sustainability*, 100305.
- International Energy Agency (IEA). (2023). World Energy Balances. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances> (Consulté le 15 juin 2024).
- International Telecommunication Union (ITU). (2023). World Telecommunication/ICT Indicators Database. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx> (Consulté le 15 juin 2024).
- IRENA. (2023). Renewable Energy Benefits: Measuring the Economics. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications>
- Kruk, M. E., Gage, A. D., Arsenault, C., Jordan, K., Leslie, H. H., Roder-DeWan, S., ... & Pate, M. (2018). High-quality health systems in the Sustainable Development Goals era: time for a revolution. *The Lancet Global Health*, 6(11), e1196-e1252.
- Kruse, C. S., Stein, A., Thomas, H., & Kaur, H. (2018). The use of electronic health records to support population health: a systematic review of the literature. *Journal of Medical Systems*, 42(11), 1-16.
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal*, 40(20), 1590-1596. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.
- Mol, A. P., & Spaargaren, G. (2000). Ecological modernisation theory in debate: A review. *Environmental Politics*, 9(1), 17-49.
- Nussbaumer, P., Bazilian, M., & Modi, V. (2011). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 231-243. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.150>.
- OMS/EMRO. (2022). Digital Health Strategy for the Eastern Mediterranean Region 2021–2025. World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean. <https://www.emro.who.int/>
- Prados de la Escosura, L. (2023). The Preston curve 50 years on: A reassessment. *Journal of Economic Growth*, 28(2), 125-162. <https://doi.org/10.1007/s10887-023-09225-9>.
- Preston, S. H. (1975). The changing relation between mortality and level of economic development. *Population Studies*, 29(2), 231-248.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Shukla, C. A., Giri, S., & Basu, R. (2023). Impact of internet addiction on health and well-being: A systematic review. *Journal of Health and Social Sciences*, 8(2), 145-162.
- Singh, A., & Vellakkal, S. (2021). Impact of public health programs on maternal and child health services and health outcomes in India: A systematic review. *Social science & medicine*, 274, 113795.
- Touitou, M., & Waleed, A. (2025). The relationship between public health expenditure and air pollutants: An empirical analysis for MENA countries for the period 2000-2021. *Polish Journal of Environmental Studies*, 34(3), 3285-3295.
- Vellakkal, S., & Singh, A. (2021). Impact of public health programs on maternal and child health services and health outcomes in India: A systematic review. *Social Science & Medicine*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.113795>.
- Walker, G., & Day, R. (2012). Fuel poverty as injustice: Integrating distribution, recognition and procedure in the struggle for affordable warmth. *Energy Policy*, 49, 69-75.
- World Bank Group. (2023). World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Consulté le 15 juin 2024).