

Énergies renouvelables et alternatives : Prémisses et modèles d'utilisation des TIC

Renewable and alternative energy: Premises and models for the use of ICT

**Energías renovables y alternativas: Instalaciones y modelos para el uso de las
TIC**

Nelson Sylvestre¹

CRS-IUS d'Haïti

nelson.sylvestre@ius.education

Résumé

Plus d'un considère l'énergie renouvelable comme celle qui garantit un avenir plus sûr. L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC), depuis un temps déjà, est également devenue la clé pour la recherche de performance dans pratiquement toutes les activités utiles (même non utiles) de référence des humains. Dans ces conditions, les énergies renouvelables associées aux alternatives (ERA) et les TIC apparaissent comme les piliers pouvant contribuer à améliorer la qualité de l'environnement naturel et socio-économique des populations. Pas mal d'études ont cherché par l'usage, entre autres, de données et techniques de séries chronologiques pour analyser les effets et impacts tant immédiats que médiats de la relation ÉNERGIES -- TIC. Il en découle des résultats mitigés et négatifs, en considérant les pays qui ont eu à faire l'expérience de telle relation. En ce sens, l'exploration des stratégies relatives aux ERA et TIC semble n'être pas suffisante et que des études comme d'autres expérimentations sont à approfondir dans le but de pouvoir tirer parti de leur influence positive potentielle sur la qualité de l'existence des populations. Voilà qui justifie la réflexion développée dans cet article.

Mots clés : *Énergies - Énergies renouvelables - Énergies alternatives - TIC -Prémisses - Modèles.*

¹ Pour citer cet article : Sylvestre, N. (2026). Énergies renouvelables et alternatives : Prémisses et modèles d'utilisation des TIC. Revue Mathématiques, Systèmes énergétiques et TIC (MSTIC). Vol. 2, No. 1, pp. 37 – 59.

Abstract

Many views renewable energy as the key to a more secure future. For some time now, the use of information and communication technologies (ICT) has also become essential to achieving high performance across virtually all key human activities—whether essential or otherwise. In this context, renewable energy and associated alternatives (ERA) alongside ICT emerge as pillars capable of improving the natural and socio-economic environments of populations. Numerous studies have employed methods such as time-series analysis to examine the immediate and indirect effects and impacts of the relationship between energy and ICT. The results for countries that have experienced this dynamic have been mixed or negative. Consequently, current exploration of ERA and ICT strategies appears insufficient; further research and experimentation are needed to fully harness their potential to positively influence people's quality of life. This provides the rationale for the analysis presented in this article.

Keywords: *Energy - Renewable energy - Alternative energy - ICT - Premises - Models.*

Resumen

Muchos ven a la energía renovable como la que garantiza un futuro más seguro. El uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), desde hace algún tiempo, también se ha convertido en la clave para la búsqueda del rendimiento en prácticamente todas las actividades de referencia útiles (incluso no útiles) para los seres humanos. En estas condiciones, las energías renovables asociadas a alternativas (ERA) y las TIC parecen ser los pilares que pueden contribuir a mejorar la calidad del entorno natural y socioeconómico de las poblaciones. Varios estudios han intentado utilizar datos y técnicas de series temporales para analizar los efectos e impactos inmediatos e medianos de la relación entre ENERGIES y TIC. Los resultados son mixtos y negativos, teniendo en cuenta los países que han tenido que experimentar tal relación. En este sentido, la exploración de estrategias relacionadas con la ERA y las TIC no parece suficiente y es necesario profundizar en los estudios y otros experimentos para poder aprovechar su posible influencia positiva en la calidad de vida de las poblaciones. Esto justifica la reflexión desarrollada en este artículo.

Palabras clave: *Energía - Energía renovable - Energía alternativa - TIC - Locales - Modelos.*

I. Introduction

La problématique de l'énergie ne cesse d'être une préoccupation pour les États, quel que soit le niveau de leur développement. Elle est au cœur du problème du changement climatique, en même temps essentielle à sa résolution. Les études scientifiques montrent clairement que, pour éviter les conséquences les plus perverses dans ce domaine, il est une urgence de procéder à une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre qui enveloppe la Terre et retient la chaleur du soleil. En réalité, tout ceci est généré par la production d'énergie via la combustion d'énergies fossiles pour produire de l'électricité et de la chaleur. Ce qui, déjà, est suffisamment vu comme un casse-tête.

Des experts prônent l'abandon des énergies fossiles et l'investissement dans des sources alternatives d'énergie propres, accessibles, abordables, durables et fiables. Parallèlement, l'utilisation à grande échelle des sources renouvelables, déjà abondantes, est considérée comme la voie tracée dans la quête d'un environnement sans émission de polluants ou de gaz à effet de serre (GES). Il est donc d'une urgence nécessaire de passer rapidement **de** la transition énergétique actuelle (rapport de production énergétique via les combustibles fossiles contre production énergétique via énergies renouvelables et alternatives : environ 80% contre 20%) **au** choix définitif et non réversible de sources d'énergie les mieux adaptées.

La hausse constatée dans la consommation d'énergie a placé les préoccupations environnementales et énergétiques parmi les défis les plus urgents auxquels l'humanité est confrontée et les énergies renouvelables sont devenues irrévocablement une alternative populaire aux combustibles fossiles conventionnels. Des résultats de recherche et d'expérimentation suggèrent que les sources d'énergie renouvelables, notamment l'éolien, l'hydraulique, l'énergie volcanique, le solaire et les biocarburants, peuvent être utilisées pour réduire les émissions de CO₂, accroître l'efficacité énergétique, pallier les pénuries d'énergie et promouvoir le développement durable. Il est vrai que les obstacles majeurs à cela restent et demeurent les déficits en termes d'investissement et de connaissance assez avérée dans le domaine.

Cette réflexion examine les facteurs d'influence de la consommation d'énergies renouvelables et alternatives dans un souci de porter les États, le secteur de l'énergie, les entreprises et la communauté scientifique à faire des choix. À côté de cela, l'essor des TIC, les habitudes de

consommation et la mobilité technologique offrent de nouvelles perspectives de croissance pour les énergies, principalement renouvelables. Leur utilisation renvoie, conséquemment, aux techniques d'estimation par panel classiques qui seraient susceptibles de produire des estimations erronées. Les études réalisées à partir d'échantillon font apparaître une dispersion de la consommation médiane d'énergies renouvelables, ce qui recommande que la technique des équations structurelles soit éventuellement une option pour analyser son impact sur l'utilisation de celles-ci.

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) et l'utilisation des énergies renouvelables ont rarement fait l'objet de recherches universitaires, et c'est la finalité dans la l'analyse présentée. En conséquence, la consommation d'énergie et la part des émissions de GES liées aux TIC ont augmenté dans des pays ayant des niveaux différents de développement. Les structures de type culturel dans ces pays s'orientent de plus en plus vers la technologie, ce qui permet l'application de réponses plus adaptées. Il devient donc essentiel de modifier le paradigme de conception des TIC afin de contrer la croissance rapide de la consommation énergétique dans ce secteur.

La mondialisation et la diffusion croissante des TIC dans de nombreux pays, géographiquement éloignés les uns des autres, offrent des opportunités pour parvenir à une croissance inclusive, pratique et durable sous diverses formes. Cependant, ces résultats en matière de développement dit durable méritent d'être conçus de manière à considérer de façon équilibrée les trois composantes essentielles du domaine : éco-financières, sociétales et environnementales. Par ailleurs, les politiques publiques élaborées et mises en place, sur la base des particularités de chaque cas, ne devraient sous aucun prétexte nier la réglementation en la matière. En conséquence, et selon les circonstances, les TIC peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la durabilité du processus de développement énergétique, dans la mesure où la probabilité d'avoir mathématiquement une parabole comme courbe est élevée.

Enfin, l'article examine l'effet global, voire l'impact, de l'utilisation d'énergies alternatives et renouvelables, détermine lequel des trois ordres régissant le lien entre les TIC et le développement dans leur application ainsi que faire valoir, au besoin, des modèles économétriques de mesurage des impacts de l'utilisation des mêmes TIC et des technologies renouvelables. La réflexion est structurée comme suit : le point II présente une revue de la littérature ; le III décrit la méthodologie et les sources de données, présente les résultats et leur

analyse ; enfin, le point IV propose les conclusions et leurs implications en termes de politiques publiques relatives au développement énergétique.

II. Aspects théoriques : Énergies pour un autre paradigme de développement

L'économie transnationale a connu une expansion rapide, les progrès technologiques ayant interconnecté la planète. Cependant, cette croissance économique est souvent liée à une augmentation de la consommation d'énergie et également l'utilisation des TIC. La demande énergétique mondiale a considérablement augmenté ces dernières décennies. Si les tendances actuelles se maintiennent, l'agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit une hausse de 1,2 % de la demande énergétique mondiale d'ici 2035.

Malgré un léger déclin de la consommation de combustibles fossiles conventionnels tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, ces derniers demeurent les principales sources d'énergie au monde. En 2016, le pétrole, le gaz naturel et le charbon représentaient près de 90 % de la production d'électricité. La prédominance des combustibles naturels sur le marché de l'électricité engendre inévitablement une faible efficacité et d'importants problèmes de développement, notamment les émissions de gaz à effet de serre.

1. Omniprésence, accessibilité, santé, emploi et énergies renouvelables

Près de 80 % de la population mondiale vit dans des pays importateurs nets de combustibles fossiles, ce qui signifie qu'environ 6 milliards de personnes dépendent de ces combustibles provenant d'autres pays et sont donc vulnérables aux crises et aux chocs géopolitiques. À l'inverse, chaque pays dispose de ressources en énergies renouvelables dont le potentiel reste encore largement non exploité.

L'agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) estime que 90% de l'électricité mondiale peuvent et devraient provenir de sources renouvelables d'ici 2050. Les énergies renouvelables offrent une solution à la dépendance aux importations, permettant aux pays de diversifier leurs économies et de se protéger des fluctuations non prévisibles des prix des combustibles fossiles, en favorisant une croissance économique inclusive, créant des emplois et réduisant les difficultés liées à la pauvreté.

Actuellement, l'énergie renouvelable, plus que l'énergie alternative, est l'option la plus abordable dans la plupart des régions du monde. Le prix des technologies d'énergies

renouvelables baisse rapidement. Le coût de l'électricité solaire a chuté d'environ 85 % entre 2010 et 2020. Les coûts liés à l'énergie éolienne terrestre ont quant à eux baissé d'environ 56 % et 48 %, respectivement. Cette baisse des prix rend les énergies renouvelables plus attractives partout, même dans les pays à revenu faible et intermédiaire, d'où proviendra la majeure partie de la demande supplémentaire d'électricité. La diminution des coûts offre une réelle opportunité de faire provenir la majeure partie de l'approvisionnement énergétique dans les années à venir.

Dès 2030, il est prévu que l'électricité issue de sources renouvelables et alternatives coûterait moins chère et représenterait 65 % de l'approvisionnement transnational dans ce secteur. D'ici à 2050, 90 % du secteur énergétique pourrait se débarrasser du carbone, entraînant ainsi une réduction massive des émissions de carbone et contribuant à atténuer les effets du changement climatique.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) confirme que près de 99 % de la population mondiale respirent un air de qualité non suffisante, ce qui met leur santé en danger. De plus, plus de 13 millions de décès par an dans le monde sont dus à des facteurs environnementaux évitables, comme la pollution atmosphérique. Les niveaux nocifs de particules fines et de dioxyde d'azote proviennent principalement de la combustion des énergies fossiles.

En 2018, la pollution due aux énergies fossiles a engendré des coûts économiques et sanitaires de 2900 milliards de dollars américains, soit quotidiennement près de 8 milliards de dollars américains. Le passage à des sources d'énergie propres, comme l'énergie solaire et éolienne, contribue indéniablement non seulement à lutter contre le changement climatique, mais aussi à prévenir la pollution atmosphérique, et donc à améliorer la santé publique.

Chaque dollar américain investi dans les énergies renouvelables peut créer trois fois plus d'emplois que dans le secteur des énergies fossiles. L'AIE prévoit que la transition vers la neutralité du carbone entraînera une forte augmentation de la demande de main-d'œuvre dans le secteur de l'énergie : d'une part, il est prévu une chute de près de 5 millions d'emplois liés à la production d'énergies fossiles d'ici à 2030 et à attendre, d'autre part, à la création de quelque 14 millions de nouveaux emplois dans la production d'énergies propres. Dans de pareils cas, l'arithmétique est simple : une perte dans l'augmentation.

Par ailleurs, les secteurs énergétiques connexes continueront d'avoir besoin des millions de travailleurs supplémentaire. Par exemple, pour pourvoir les nouveaux postes dans la fabrication de véhicules électriques et d'appareils à haute efficacité énergétique, ou encore dans des

technologies innovantes ou novatrices comme l'utilisation de l'hydrogène. Cela signifie qu'au total, encore plus de millions d'autres emplois pourront être créés grâce aux énergies propres, à l'efficacité énergétique et aux technologies à faibles émissions. Garantir une telle transition énergétique, qui prenne en compte les besoins et les droits des populations comme fondement, sera essentiel à l'avenir.

2. Viabilité des énergies renouvelables

En 2020, près de 5900 milliards de dollars ont été consacrés aux subventions du secteur des énergies fossiles, incluant les aides directes, les allègements fiscaux et les dommages environnementaux et sanitaires non compensés par le coût de ces énergies. À titre de comparaison et jusqu'en 2030, il a été annuellement estimé à environ 4000 milliards de dollars l'investissement nécessaire dans les énergies renouvelables, notamment dans les technologies et les infrastructures, afin de se libérer presque complètement du carbone en 2050.

Ce coût initial peut s'avérer prétentieux pour de nombreux pays aux ressources limitées et mal utilisées, et beaucoup auront besoin d'une assistance financière et technique pour opérer cette transition. Cependant, les investissements dans les énergies renouvelables seront de toute évidence rentables. La réduction de la pollution et des effets négatifs sur le climat pourrait à elle seule permettre d'économiser annuellement des milliards de dollars. De plus, des technologies renouvelables plus efficaces et fiables arrivent à mettre en place un système moins vulnérable aux fluctuations du marché et améliorer la résilience et la sécurité énergétiques en diversifiant les sources d'approvisionnement. Mais les scientifiques comprennent que le plus important dans tout cela, c'est la préservation de la planète. Celle-ci "n'est pas une cause lointaine ou abstraite ; c'est plutôt un appel urgent à lutter pour l'existence même, pour la continuité de la vie dans toute sa diversité et sa complexité" du point de vue de Funes.

Aujourd'hui, plus que jamais, des défis urgents s'imposent à l'humanité et la surexploitation des systèmes énergétiques encore et potentiellement dépendants des sources non renouvelables est la cause principale de la dégradation de l'environnement, au même titre qu'elle constitue un frein à l'atteinte d'un niveau plus appréciable de développement. La science a documenté les effets du changement climatique, la perte de biodiversité et l'épuisement des ressources, mais « il ne s'agit pas seulement de reconnaître le diagnostic, mais d'assumer collectivement la responsabilité d'agir », souligne Funes. Il est vrai que la responsabilité collective concerne au premier rang celle des décideurs de politiques publiques.

Au Mexique, lors de la réunion sur l'ingénierie durable : opportunités et défis, une collaboration entre l'UNAM, le gouvernement et l'industrie pour le développement des énergies renouvelables, l'auteure insiste sur le fait que la connexion et le transfert des connaissances du monde universitaire aux secteurs productif, social et gouvernemental sont non seulement nécessaires, mais impératifs. Les solutions ne peuvent émerger d'un seul domaine ; des liens entre les disciplines, les institutions, les entreprises, les communautés et les pouvoirs publics doivent exister pour espérer que les réflexions dans le domaine donnent des résultats. Il demeure entendu que l'université a la capacité et le devoir d'être un carrefour pour de tels liens.

En Haïti et à l'Université d'État d'Haïti (UEH) en partenariat avec le Bureau des Mines et de l'Énergie (BME) et l'Électricité d'Haïti (EDH), un effort a été fait pour amorcer la recherche collaborative dans ce domaine. Grâce à la création en 2005 de COMENAR, la production de connaissances de pointe sur les énergies alternatives et renouvelables cherchait à ce que les recherches entreprises se traduisent par des actions concrètes, des technologies appropriées et des modèles durables qui répondent aux défis actuels sans compromettre le bien-être des générations futures. Adopter une perspective de développement durable implique également de repenser la conception du développement. Il ne suffit plus de rechercher d'un point de vue macro la croissance économique ; mais il est bien de se demander comment y parvenir en préservant les territoires, en respectant la diversité biologique et culturelle et en réduisant les écarts sociaux.

Vázquez demeure « convaincu de l'importance de jouer un rôle de premier plan » aux côtés des secteurs susmentionnés et de la société civile, afin que, grâce au développement scientifique, technologique, humaniste et social, ils puissent contribuer à l'élaboration de solutions pour le développement des énergies renouvelables au Mexique, en privilégiant l'innovation. Certes, les énergies renouvelables jouent un rôle crucial dans la production d'électricité et la transition vers un avenir plus durable. Le pays dispose d'un fort potentiel en la matière, grâce à ses ressources éoliennes et à son ensoleillement. Celui-ci concerne également Haïti, même lorsqu'il manque à côté de tout cela un institut de géophysique, d'ingénierie et d'énergies alternatives et renouvelables.

Ces dernières années, les universités se sont impliquées pour relever les défis posés dans le secteur des énergies. Plusieurs universitaires ont notamment participé à des projets d'innovation en énergie géothermique, par exemple. Silva explique que, selon l'agence internationale de l'énergie, si les emplois liés aux énergies fossiles ont diminué entre 2019 et 2023, ceux liés aux

énergies propres ont augmenté de près de 15 %. Entre 2020 et 2024, les investissements mondiaux dans les énergies propres ont progressé de 50 %, stimulant ainsi l'emploi dans ce secteur.

Par ailleurs, Herrera souligne que les sources d'énergie ne produisent pas seulement de l'électricité, mais aussi de la souveraineté, de la justice sociale et un potentiel de transformation. Les énergies renouvelables couvrent 32 % de la demande ; cependant, les 68 % restants sont encore produits à partir de combustibles conventionnels, tels que le gaz naturel et les dérivés du pétrole. De plus, des émissions record de CO₂ ont été enregistrées. Ce qui laisse entrevoir que le défi du génie électrique moderne est de concevoir un système énergétique dont l'empreinte environnementale axée sur le développement soit toujours plus réduite.

Si de tel défi n'est pas relevé et avec la persistance dans le même modèle énergétique, les futures générations pourront se retrouver sur une planète moins et difficilement habitable, du point de vue humain. Une transformation est nécessaire tout au long de la chaîne : production - stockage - transport - distribution - consommation intelligente. Face à ce défi, les universités doivent être les piliers de cette transition énergétique.

III. Expérimentation : Pour une méthodologie et des stratégies

À chaque fois qu'il est question d'énergies renouvelables, une confusion s'installe parfois et la tendance veut à tort les utiliser comme synonyme d'énergies alternatives. En réalité, il s'agit de deux types différents d'énergies, mais évidemment les deux concourent à la neutralisation du carbone et de ses émissions à effets néfastes. Les énergies alternatives sont celles qui proviennent de sources autres que le pétrole. Les énergies renouvelables sont donc une catégorie d'énergies alternatives, parmi lesquelles l'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique et géothermique. En ce sens, la question est de savoir quelle en est la provenance : celles-là ne sont autres qu'une catégorie de celles-ci.

Ces types d'énergies représentent un défi en Haïti aussi bien pour pas mal d'autres endroits de la planète où les moyens manquent, mais également ils constituent une opportunité pour l'environnement et pour les professionnels actuels et futurs des sciences du développement. Pour une planète si fortement dégradée par l'impact des activités humaines, les professionnels du domaine peuvent contribuer à limiter les dégâts causés et garantir aux générations futures un monde plus durable. Dans cette perspective, il est nécessaire l'expression d'une volonté et

des efforts concertés entre les instances de politiques publiques, les entreprises, la société civile et les universités. Car cela implique une rupture avec les normes établies et l'énergie électrique a été longtemps fournie par l'énergie nucléaire et thermique, mais cette situation évolue très progressivement. Ce qui témoigne d'un changement de paradigme dans la manière dont l'énergie est produite et consommée.

La recommandation d'associer la question des énergies renouvelables et alternatives (ERA) à la technologie de l'information et de la communication (TIC) est pertinente. Il s'agit d'un jumelage obligé s'il faut maximiser la performance des résultats tant au niveau de la production et consommation énergétiques qu'à celui du développement à la fois qualitatif et quantitatif. Aujourd'hui, ces énergies sont de plus en plus utilisées pour préserver l'environnement. La transition vers ces énergies est lente mais constante. L'utilisation d'énergies propres peut contribuer à réduire la pollution due aux énergies fossiles, les émissions de gaz à effet de serre et les coûts pour les consommateurs.

L'idée derrière l'utilisation des énergies renouvelables et alternatives est de produire des formes d'énergie plus durables en utilisant des sources autres que le pétrole et des ressources renouvelables comme le soleil ou le vent au lieu de combustibles fossiles comme le charbon, qui produisent des gaz à effet de serre nocifs lors de leur combustion. La matrice ci-après sert de glossaire et d'expérimentation dans la définition d'une méthodologie d'approche et de stratégies.

Table 1. Matrice : Perspectives d'utilisation des options d'énergies renouvelables et alternatives

Types d'énergies	Portée	Méthodologie et Stratégies
Biomasse / Organique	Utilisation de matières organiques comme combustible. Le bois compressé ou broyé peut être utilisé comme biocombustible solide.	Renouvelable et durable. La matière organique utilisée peut être d'origine végétale ou animale et peut être obtenue naturellement ou par diverses transformations artificielles dans des centrales conçues à cet effet. Dans le cas d'Haïti, les stratégies devraient être définies avant d'adopter une méthodologie en raison des pratiques jusque-là existantes.

Cinétique	Proportionnelle au cube de la vitesse linéaire du vent, elle s'associe à l'énergie potentielle de celui-ci.	Limitée par l'énergie potentielle du vent, celle-ci qui exploite mieux les courants d'air dans l'énergie éolienne. Dans le cas d'Haïti, la méthodologie avant les stratégies en raison puisque tout doit partir de la pensée et des autorités successives.
Éolienne	Générée à partir de deux sources : l'énergie cinétique du vent et l'énergie potentielle liée au mouvement de l'air.	Sources d'énergie alternative dont la croissance est la plus rapide pour la production d'électricité. Est une ressource renouvelable, naturelle et durable la plus efficace. Dans le cas d'Haïti, identique que dans la cinétique.
Géothermique	Exploite les températures extrêmes de la croûte terrestre pour produire de l'énergie.	Ressource précieuse. Les réservoirs géothermiques atteignent des températures comprises entre 100 et 150°C. Dans le cas d'Haïti, même quand c'est compliqué, une combinaison de la méthodologie et des stratégies est simultanément nécessaire.
Hydroélectrique	Fournit une énergie économique et respectueuse de l'environnement, produite en faisant tourner des turbines grâce à la force de l'eau. Elle constitue une garantie du développement du secteur et par surcroît	Source d'énergie renouvelable et durable de production de l'électricité, représentant 16% d'électricité mondiale. Dans le cas d'Haïti, la méthodologie et les stratégies simultanément. En effet, les cours d'eau existants et le stockage des eaux de pluie, principalement et à travers des lacs artificiels dits colinéaires ou même des rétentions d'eau sont des atouts considérables.

	du développement intégral	
Types d'énergies	Portée	Méthodologie et Stratégies
Marémotrice	Obtenue grâce aux marées	Capacité de régénération grâce à l'immense quantité d'énergie des vagues.
Solaire	Exploite les rayons du soleil, qui fournissent toute la chaleur et la lumière nécessaires à la vie sur Terre. Grâce au mouvement des électrons (cinétique) dans les cellules photovoltaïques par l'usage de panneaux pour l'obtention de l'effet photoélectrique ou photovoltaïque.	La quantité d'énergie atteignant la Terre en une heure suffirait à l'alimenter pendant une année entière. Il est possible de capter cette énergie grâce à des panneaux solaires, qui convertissent la lumière du soleil en énergie électrique utilisable dans les maisons, les voitures ou tout appareil doté d'une prise électrique. Ce type d'énergie est une ressource propre et renouvelable ; elle ne produit aucune émission nocive et est inépuisable.

Sources : conception de l'auteur

La matrice met en évidence des perspectives d'énergies, non sans des désavantages auxquels il faudra prendre en considération. Tout au moins dans les trois aspects à savoir l'espace, la situation géographique et le coût ; il y aura lieu d'envisager la mise à profit de vastes superficies nécessaires à leur développement, de procéder à l'identification des ressources naturelles plus

ou moins adaptées à ces différentes sources d'énergie et de calculer le montant des coûts financiers de l'investissement initial.

En outre, et malheureusement, ces énergies présentent plusieurs autres inconvénients. Le principal désavantage de l'éolienne en particulier est son caractère intermittent et discontinu, puisqu'elle dépend entièrement du vent : son intensité et sa direction varient constamment. Aussi, elle représente un danger pour les oiseaux migrateurs à cause des pales. L'impact visuel sur le paysage ou « effet disco », où les rayons du soleil frappent les pales et projettent des ombres intermittentes sur les maisons, les cultures ou les routes, ce qui peut être source de stress ou distraction nuisible pour les riverains et les chauffeurs de transport. Enfin, l'énergie produite par l'éolienne doit être consommée immédiatement, car elle ne peut être stockée et en ce sens elle n'est pas adaptée à tous les endroits.

Fort heureusement, avec les progrès technologiques, de plus en plus d'appareils alimentés par ces types d'énergies dans leur ensemble sont et seront disponibles, comme les chauffe-eaux solaires. Ceux-ci convertissent l'énergie solaire en chaleur pour chauffer un fluide. L'énergie solaire est directement transformée en chaleur sur une surface sombre qui, au contact du fluide, le réchauffe. Leur utilisation la plus courante concerne les lave-vaisselles, les restaurants et les douches. Ce sont des utilitaires qui cadrent bien et mieux avec le progrès dans la séquence du développement, pour le moins quantitatif.

Bien entendu, ces types d'énergies utilisées pour alimenter les foyers en électricité, exigent des utilisateurs d'avoir en mémoire des gestes simples - comme éteindre les lumières inutiles, débrancher les appareils électriques lorsqu'ils ne sont pas en usage, bien fermer la porte du réfrigérateur, faire tourner la machine à laver à pleine charge plutôt qu'avec seulement quelques vêtements, et fermer les portes et les fenêtres lorsque la climatisation est en marche -; lesquels contribuent à une consommation d'énergie plus efficace, permettant ainsi d'économiser de l'électricité et du même coup réduire la pollution. Qu'en est-il du lien avec les TIC ?

Selon l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK), les économies avancées sont plus préoccupées par l'impact de leur expansion économique sur l'environnement que les pays en développement. Cependant, les pays émergents semblent négliger d'atteindre un rythme de développement souhaitable. Par conséquent, les plus fragiles et les plus vulnérables risquent d'être les plus durement touchés. C'est pourquoi ces préoccupations transfrontalières pourraient bénéficier d'une collaboration transnationale. De nombreuses études ont été menées sur ce sujet.

Pas mal de recherches préconisent diverses méthodologies économétriques pour déterminer les liens à court et à long terme entre des variables ainsi que des relations dynamiques entre les TIC et les énergies renouvelables en termes de durabilité et de développement. Le modèle autorégressif à retards distribués introduit par Pesaran et Shin est utilisé pour examiner de telles approches. La Statistique, par ailleurs, démontre que les TIC peuvent avoir des effets positifs et négatifs selon la région et son rapport à l'environnement. Les TIC agissent comme catalyseurs de la croissance économique en améliorant la communication dans les domaines de la finance, du commerce, etc. Cependant, les TIC et les technologies connexes se sont également intégrées à l'utilisation des énergies renouvelables et alternatives, même s'il est difficile de quantifier l'impact des TIC sur différents secteurs industriels et climats en raison de la variabilité de leurs effets.

Aux lecteurs.trices intéressé.es: Réunissez-vous en famille ou en groupe dans votre communauté pour réfléchir et répondre aux réactifs ci-dessous:

- Impact personnel et social des énergies renouvelables
- Énergies renouvelables comme synonymes d'énergie propre
- Existence de sources d'énergie renouvelables sans aucun inconvénient
- Désavantages des énergies renouvelables plus importants que celles non renouvelables
- Affiche sur l'utilisation et les avantages des énergies renouvelables ou infographie sur l'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique ou toute autre source d'énergie renouvelable connue et/ou utilisée.

L'expérience en Haïti, en fait, n'est pas une boussole dans le domaine des énergies renouvelables et alternatives ainsi que l'usage des TIC. L'importance accordée aux ERA et TIC est récente, la connaissance disponible est faible et les recherches réalisées ont peu de couverture et non diffusées. Cet état de fait met en cul-de-sac toute velléité de faire avancer les réflexions autour de la nécessité non seulement d'aborder la problématique de leur relation, mais également d'orienter le peu d'attention manifeste de la part de quelques couches isolées de la population. L'état de l'État actuel, et de toujours, ne facilite en rien la tâche qui incombe auxdits responsables de s'y pencher.

À l'Université d'État d'Haïti (UEH) et au Bureau des Mines et de l'Énergie (BME), le Comité Mixte des Énergies Alternatives et Renouvelables (COMENAR)[#] a constitué en 2005 un élan de responsabilité, de devoir et de volonté visant à diagnostiquer et définir les lignes à tracer dans ce secteur. Il est indiqué ci-après quelques repères utiles qui puissent au besoin permettre de relancer à la fois les débats et les actions.

1. Le COMENAR et ses activités

Il était question d'un Comité résultant d'un partenariat UEH-BME afin de constituer un levier susceptible de faciliter l'implication de tous les partenaires nationaux et transnationaux, universitaires, chercheurs et investisseurs intervenant dans le développement des énergies alternatives et renouvelables comme porteuses d'options capables de contribuer à l'atteinte des Objectifs de Développement du Millénaire (ODM) ; 2026 en constitue déjà le quart.

Mises à part la formation et composition du partenariat, les observations faites à l'époque (davantage aujourd'hui), et comme toute économie en mal développement importatrice nette de produits pétroliers, montrent qu'Haïti est sujette aux aléas des marchés internationaux et a donc intérêt à :

- (i) Rejoindre le groupe de pays engagés dans la recherche de substituts énergétiques pour imprimer à son développement (dont les bases ne sont pas encore jetées) un rythme durable ;
- (ii) Faire en sorte de bénéficier des expériences des autres, et surtout
- (iii) Se mettre en mesure de répliquer les modèles qui ont fait leurs preuves ailleurs.

Aujourd'hui encore, les énergies renouvelables et alternatives constituent un atout majeur pour les petites économies caractérisées par l'étroitesse du marché, l'isolement des consommateurs, la faiblesse des pouvoirs d'achat, et donc un besoin très important d'amélioration du niveau de vie et de développement *éco-social*. Contrairement aux énergies fossiles foncièrement concentrées dans certaines parties du monde, les énergies renouvelables sont plus ou moins équitablement réparties à travers le monde et sont donc supposées plus facilement accessibles aux populations. Elles sont également de nature à faciliter un développement éthiquement acceptable, centré sur l'homme placé dans son environnement immédiat.

Certainement, ces sources d'énergie, appelées également énergies propres, représentent l'une des meilleures options sur lesquelles les regards sont tournés pour adresser les problèmes de réchauffement de la planète. Haïti gagnerait à s'engager dans l'exploitation massive de ces sources. Sa position dans le groupe des îles fragiles lui confère le privilège de pouvoir s'en servir au niveau des négociations transnationales et tirer un certain nombre d'avantages offerts par la communauté scientifique mondiale et les milieux d'affaires si ses ressources sont bien identifiées et ses besoins définis. Or, une appréciation/évaluation des ressources est une fonction étroitement liée au stade du développement de la technologie.

Il était donc important de susciter un débat autour de ces sources d'énergie en y faisant intervenir toute la chaîne du système énergétique. Dans cette perspective, le BME et l'UEH avaient projeté la réalisation d'un colloque thématique « *La Problématique des Énergies Alternatives et Renouvelables en Haïti : Enjeux et Perspectives* ». Ce projet était l'occasion pour le COMENAR d'induire un effet multiplicateur dans l'alimentation d'une réflexion constante autour du développement harmonieux du système énergétique en Haïti, comme axe porteur d'une possible quête de développement durable. En effet, la définition de politique énergétique, la mise en place d'outils de planification et d'exécution indispensable à la gestion efficace des ressources, la contribution des différents acteurs dans la stratégie à proposer et les démarches à entreprendre et l'identification des axes et thèmes de recherche comparative approfondie sur les problèmes énergétiques continuent d'être le menu à desservir.

2. Résultats et constats : Zéro évolution depuis

L'idée sous-jacente en posant le problème de l'énergie associée à l'utilisation des TIC intervient comme un nécessité d'adopter des outils de planification et d'exécution dans le secteur des énergies en général et des énergies renouvelables en particulier. Tout ceci à être consigné dans un document de renforcement du PNDSE² qui mettrait en relief l'électrification par des sources d'énergies renouvelables, l'importance de la mise en place d'outils de planification et d'exécution, les barrières et mesures incitatives au développement des ERA et la question de

² Plan de Développement du Secteur Énergie en collaboration avec AIEA.

Un remerciement spécial à Bétonus Pierre, Yves-André Compas (parti malheureusement lors du tremblement de terre de 2010), Jean-Robert Altidor, Dieuseul Anglade, Alix Richemond, Lesly Dumond, Wilfrid Saint-Jean, Dominique Boisson, René Jean-Jumeau, Fritz Deshommes, Julon Pochette et Johann Napoléon.

l'investissement y relatif en Haïti. Le bilan dans le domaine fait ressortir que depuis le début des années 2000, la demande énergétique totale du pays tourne autour de 1.6 à 1.9 millions de tonne d'équivalent de pétrole (TEP) par an ou environ 209 kgep³/pers/an, soit le taux le plus faible dans le monde occidental mais aussi dans la caraïbe. À titre comparatif et pour les mêmes années, le taux est de 626 kgep pour la République Dominicaine d'Haïti, 876 kgep à la Jamaïque et 806 kgep à Cuba, par exemple.

En termes de couverture en électricité, seulement moins de 15% de la population totale de la République d'Haïti de la même île pays y accède avec une consommation *per capita* de l'ordre de 75 KWh². En fait d'efficacité, l'économie se place parmi les moins profitables d'énergie dans la Caraïbe également avec comme indicateur 570 kgep/1000 dollars américains en 2001 pour la République d'Haïti, 403 pour Cuba, 306 pour la République Dominicaine et 431 pour la Jamaïque. Des 1.9 millions de TEP annuel susmentionnés, 75% proviennent de combustibles ligneux avec ses multiples conséquences néfastes pour le milieu ambiant, 22% des importations pétrolières que consomment plus de 50% de la capacité d'importation totale du pays et l'électricité (3%)

La demande par secteur de l'économie indique une structure propre aux pays en mal développement ou demeurés sous-développés. En effet, 60% de l'énergie vont au secteur résidence pour satisfaire principalement la demande de chaleur pour la cuisson, 20% seulement vont aux industries supposées être porteuses de création de richesses, 15% au secteur transport et le reste, 5%, au secteur service. En termes d'électricité, la demande n'est jamais satisfaite en milieu urbain et est pratiquement ignorée en milieu non urbain. Mêmes les plans d'électrification (dans ce dernier) les plus récents ne prévoient que des réseaux isolés non capables de desservir toute la population. De fait, les trois réseaux isolés qui figurent dans les plans de développement de ce sous-secteur relieraient, en Haïti, l'Ouest et l'Artibonite au Grand Nord en desservant seulement les villes situées sur leur passage.

Par ailleurs, la forte dépendance du système énergétique des combustibles ligneux (75% de la demande) entraîne des conséquences extrêmement sévères sur l'environnement et le développement. La dégradation est telle que la destruction des infrastructures économiques et

³ Kgep= kilogramme d'équivalent de pétrole, KWh=Kilowatt-heure

sociales de l'ensemble du pays demeure une menace constante à laquelle des actions d'envergure et urgentes, notamment en matière énergétique, sont indispensables.

Du point de vue institutionnel, l'unique compagnie nationale de service public en électricité n'arrive plus à fournir, même en milieu urbain, une couverture électrique adéquate. Elle est bien obligée, depuis un temps, d'acquiescer à prix fort d'ailleurs de l'énergie électrique du secteur privé des affaires pour fournir avec beaucoup de peine un service minimum. Aujourd'hui encore, l'offre reste nettement inférieure à la demande. Les règles de base valables pour tous et susceptibles de favoriser le développement du sous-secteur en protégeant les intérêts de tout un chacun (investisseurs et consommateurs) font encore défaut, de sorte que parfois le fait se retrouve dans des situations presque chaotiques.

Les ressources alternatives et renouvelables dont dispose le pays peuvent largement contribuer à son développement durable, qu'il s'agisse du potentiel hydroélectrique jusque-là non développé (au minimum 153 MW, possiblement), qu'il s'agisse du potentiel éolien dans divers endroits du pays (50 MW au Lac Azuei, par exemple), du potentiel en bio-fuels, du potentiel solaire et même du potentiel d'économie d'énergie en modernisant les moyens de production, de transport et d'utilisation pour réduire le gaspillage et augmenter l'efficacité du système tout entier. Ainsi de nouvelles synergies sont-elles nécessaires pour développer des techniques et des stratégies susceptibles d'augmenter la capacité énergétique du pays par la diversification et la maîtrise de la demande.

Dans le même ordre d'idées, en 2014, un autre effort - visant à mettre en commun les actifs intellectuels pour venir en appui au pays qui semble avoir été confus (sans nul doute aujourd'hui davantage) par rapport à la voie à prendre vers son développement durable - a été déployé dans le but de mettre à profit d'appareils servant d'intrants à l'utilisation des énergies renouvelables, ceci à travers un projet dénommé "ZEWO BLAKAWOUT 2030". Le défi a été de concevoir et fabriquer un *inverter* (convertisseur) de 40 pouces-cube (dimensions 1x5x8 pouces). Avec quel résultat ? La conception théorique, 12 ans après.

IV. Conclusion

C'est un fait que la réflexion sur l'avenir de la relation entre l'exploitation des énergies renouvelables et l'utilisation des TIC arrive à un tournant décisif. Les progrès technologiques, les politiques en faveur du développement durable et l'évolution des mentalités des consommateurs offrent un paysage riche en opportunités ; toutefois, rien n'est pas à oublier

puisque les défis persistent. Qu'il s'agisse d'infrastructures obsolètes ou de résistances sociales, ces obstacles doivent être surmontés grâce à des efforts concertés, non seulement des gouvernements successifs, mais aussi des entreprises et de la société civile dans son ensemble.

L'avenir des énergies renouvelables se définit non seulement par la capacité à produire une énergie propre, mais aussi par la volonté collective d'adaptation et d'évolution. Les choix énergétiques aujourd'hui façonnent déjà la planète qui sera léguée aux générations futures. Si la voie du développement durable est semée d'embûches, ses possibles avantages sont indéniables. Ainsi, bâtir un avenir où les énergies renouvelables deviendront la norme est non seulement probable, mais essentiel. L'accès à l'énergie à l'échelle mondiale est devenu un enjeu crucial, car la grande majorité des pays, en mal développement, en développement comme industrialisés, sont confrontés à la demande croissante nécessaire à la réalisation de leurs objectifs sociaux et économiques.

Les ERA présentent notamment de nombreux avantages, tant économiques qu'écologiques. Dans cette réflexion, il est examiné l'impact de l'utilisation des TIC et des énergies renouvelables sur les émissions de CO₂ comme prémisses et modèles ; diverses approches sont mises en évidence afin de mieux comprendre les liens entre toutes les variables d'un système combiné des ERA et des TIC. Les résultats des estimations révèlent que toutes les variables sont extrêmement significatives, à l'exception de l'investissement direct dans certaines circonstances dans la mesure où la promotion de tout par des institutions intéressées devra être un mot de passe.

Ces dernières années, il est devenu évident que la production d'électricité doit évoluer, passant de sa dépendance actuelle aux hydrocarbures à des applications énergétiques plus diversifiées, ce qui implique de tirer parti de la variété des sources d'énergie renouvelables disponibles. Comme souligné tout au long de cette analyse, le soleil est une source non épuisable de ressources pour l'humanité ; propre, abondant et disponible sur la majeure partie de la surface terrestre, il peut ainsi libérer la planète des problèmes environnementaux engendrés par les combustibles conventionnels tels que le pétrole et d'autres énergies alternatives comme le nucléaire. Cependant, malgré les progrès technologiques de ces dernières décennies, le recours à cette option reste négligeable par rapport à la consommation énergétique mondiale.

La transition vers un avenir plus durable est l'une des préoccupations les plus urgentes de l'époque. Face à l'urgence climatique et à la raréfaction des ressources fossiles, l'intérêt pour les énergies renouvelables a considérablement augmenté. Malgré les défis importants qui

persistent, le temps est marqué par une forte adoption des technologies permettant de produire de l'énergie à partir de sources naturelles telles que le soleil, le vent, l'eau et la biomasse. Cet article se concentre sur les enseignements à tirer quant à l'avenir des énergies renouvelables et leur potentiel de transformation du paysage énergétique mondial. La réflexion aborde les tendances actuelles du secteur des énergies renouvelables, l'importance de l'innovation technologique, le rôle des politiques publiques et de la réglementation, et la manière dont ces interactions peuvent façonner un avenir où l'énergie propre est non seulement préférable, mais aussi essentielle. L'analyse de ces sujets révélera que, malgré les obstacles, le potentiel d'un avenir énergétique durable est véritablement prometteur.

Il ressort de ce qui précède que les avantages des énergies renouvelables et alternatives surpassent largement leurs inconvénients, et ceci de toute évidence. Il est donc indispensable de développer des technologies permettant d'optimiser l'utilisation de cette ressource et de mettre de côté l'aspect économique pour se concentrer sur le développement durable à projeter pour Haïti.

Concernant les applications et technologies spécifiques, les centrales solaires thermodynamiques sont appelées à jouer un rôle majeur dans la production d'électricité à grande échelle. Bien que les trois principales technologies de concentration solaire présentent des coûts de mise en œuvre initiaux différents, leurs coûts de production ultérieurs devraient être très similaires. Le choix de la technologie dépend principalement du type d'application et de la distribution de l'électricité produite, c'est une question de stratégies. Les mesures de soutien et l'aide des institutions sont motivées par la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la création d'emplois locaux et l'amélioration de la qualité de vie dans les zones géographiques où les centrales seront implantées.

Il est estimé par exemple qu'une centrale solaire thermique peut éviter l'émission d'environ 2000 tonnes de CO₂ par an et par MW installé, soit, en d'autres termes, que chaque GWh produit par une centrale solaire permet d'éviter l'émission de 700 à 1 000 tonnes de CO₂. Par conséquent, ils sont idéaux pour contribuer significativement à la réduction des émissions polluantes. Les développements technologiques doivent améliorer l'efficacité des différents systèmes solaires thermiques, trouver des schémas optimaux pour le cycle thermodynamique, réduire les coûts et accroître leur fiabilité et leur durabilité. Dans le cas des capteurs paraboliques cylindriques, il existe une limitation technologique importante liée à la température de fonctionnement

maximale est de 400°C. À cela s'ajoutent les pertes d'efficacité et les coûts liés à l'utilisation d'huile thermique comme fluide caloporteur entre le récepteur solaire et le générateur de vapeur. C'est pourquoi les efforts de développement technologique se concentrent sur la recherche de meilleurs fluides caloporteurs pour remplacer l'huile. Un autre problème réside dans le manque de solutions efficaces et économiques pour le stockage de l'énergie thermique, ce qui limite fortement les facteurs de capacité. De plus, il est nécessaire d'améliorer la durabilité des tubes absorbeurs. Pour les centrales solaires thermiques à tour, le premier objectif majeur est de démontrer, dans les premières installations commerciales, les facteurs de capacité et les rendements prévus à partir de l'expérience acquise lors des essais pilotes. De même, les objectifs de coûts fixés pour les composants solaires, et en particulier pour les héliostats, doivent être vérifiés, car il n'existe actuellement aucune expérience de production en série. Tout compte fait, les prémisses sont vraies, les modèles conformes et le passage aux énergies renouvelables et alternatives essentiel et possible, il y a lieu de continuer à débattre et agir.

Références bibliographiques

1. Andraca, R. M. S. (2025). Cambio climático y Seguridad nacional dans “Clima, Bosques y Seguridad Nacional ...”, Foro. CDMX, POLEA, juillet.
2. Bai, Y. et al. (2018). [Evaluating the management of U.S. Strategic Petroleum Reserve during oil disruptions](#). *Energy Pol.*
3. Bonal, J. et Rossetti, P. (2007 et 2011): Énergies alternatives, technologies, environnement et société. Paris, ed. Omniscience, ISBN-10: 2916097023 / ISBN-13: 978-2916097312
4. Copena, D. et Simón, X. (2018). «Wind farms and payments to landowners: opportunities for rural development for the case of Galicia». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **95**: 38-47. doi:10.1016/j.rser.2018.06.043.
5. Cuevas V. J. F. (2025). Expansión con visión: CFE y el impulso a la infraestructura eléctrica nacional con contenido mexicano. CDMX, CFE dans Caname.
6. [Energía renovable](#), p. 165, en [Google Libros](#)
7. Fleta-Asín, J. et Muñoz, F. (2021). «Renewable energy public-private partnerships in developing countries: Determinants of private investment». *Sustainable Development*. doi:10.1002/sd.2165.

8. Funes A. S. (2025). La renovable, el lado más caliente del enfriamiento. Mexico, IER-UNAM, Année 3, Num. 3, janvier-avril.
9. Genc, T.S. (2017). [OPEC and demand response to crude oil prices](#). Energy Econ.
10. Herrera-Revilla, I. (2025). Ingenierías sostenibles: Oportunidades y retos. CDMX, UPE-UNAM, CFE y Pemex, Juin
11. IRENA (2021). [Majority of New Renewables Undercut Cheapest Fossil Fuel on Cost](#). *IRENA.org*. International Renewable Energy Agency. 22 juin 2021. Archivé à partir de [l'original](#) le 22 juin 2021. • [Infographic](#) (with numerical data) and [archive thereof](#)
12. JCP (2024). [Do energy efficiency R&D investments and information and communication technologies promote environmental sustainability in Sweden? A quantile-on-quantile KRLS investigation](#). Journal of Cleaner Production
13. Mathis P. (2004) : Les energies renouvelables ont-elles un avenir? Paris, ed. Le Pommier, col. Les petites pommes du savoir (n° 49), ISBN: 978-2746501706 (ou 2746501708)
14. Norouzi, N. et al. (2020). [Black gold falls, black plague arise - an Opec crude oil price forecast using a gray prediction model](#). Upstream Oil Gas Technol
15. Pesaran, M.H et Shin, Y. (1999). An autoregressive distributed lag modeling approach to cointegration analysis, dans “Econometric and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium. Cambridge, CUP, ed S. Strom, pp371-413
16. Qamar, D. et Hind, E. (1961): Analysis of the Kuznets Hypotheses on the relationship between CO₂ emissions and GPD growth in Morocco dans “IJSMES”, ISSN: 2791-299X, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7977414>
17. Ramos, J. V. (Coord. 2025). Energías renovables, cruciales para un futuro sustentable. CDMX, Gaceta-UNAM, CVTT
18. RE (2023). [Machine learning assessment under the development of green technology innovation: A perspective of energy transition](#). Renewable Energy
19. _____. [Drivers of renewable energy transition: The role of ICT, human development, financialization, and R&D investment in China](#)
20. Ritchie, Hannah; Roser, Max; Rosado, Pablo (11 mars 2024). «[Renewable Energy](#)». *Our World in Data*. Consulté le 13 juin 2024

21. RP (2023). [Exploring the nexus between monetary uncertainty and volatility in global crude oil: A contemporary approach of regime-switching](#). *Resources Policy*
22. _____. [Financing efficiency in natural resource markets mobilizing private and public capital for a green recovery](#)
23. Secretariat, REN21 (14 juin 2019). «[REN21 Renewables Global Status Report](#)». *REN21* (en anglais). Consulté le 13 juin 2024
24. Sharma, H.B. et al. (2021). [Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: solutions for post-COVID recovery](#). *Sci. Total Environ.*
25. [Solar Thermal vs. Photovoltaic \(PV\) – Which Should You Choose?](#). Archivé à partir de [l'original](#) le 8 juillet 2013. Consulté le 15 décembre 2022
26. [Solar Thermal vs. Photovoltaic](#). Archive à partir de [l'original](#) le 25 mai 2013. Consulté le 15 décembre 2022.
27. World in data (2024). [Share of electricity production from renewables](#). *Our World in Data*. Consulté le 13 juin 2024
28. [Zertifizierung Green Hydrogen - Grüner Wasserstoff](#)