

Intelligence Artificielle et Economie Environnementale: Enquête Bibliométrique

Mohamed Lamine BENDAOU D^{1,*}

¹ Université Kasdi Merbah, Ouargla (Algérie) (bendaoudmlamine@gmail.com)

Date de réception : 04/06/2023; Date de d'acceptation: 05/06/2023; Date de publication: 10/06/2023

Résumé : Cette recherche examine le rôle de l'intelligence artificielle (IA) dans les études en économie environnementale. En analysant 1642 articles, il est constaté que le nombre de publications dans ce domaine a considérablement augmenté ces dernières années. La revue "Sustainability (Switzerland)" est identifiée comme la source la plus pertinente. Les principaux domaines de recherche comprennent le développement durable, l'apprentissage automatique et la prise de décision avec l'IA. L'étude met en évidence le potentiel de l'IA dans la gestion des ressources environnementales. Dans l'ensemble, les résultats soulignent l'importance croissante de l'IA dans la formation du domaine de l'économie environnementale et son potentiel pour des solutions durables.

Mots-clés : Intelligence Artificielle ; Economie Environnementale ; Bibliometrix ; Analyse de Contenu ; Couplage Bibliographique.

Codes de classification Jel : O31, O32, O33.

Abstract: This research investigates the role of artificial intelligence (AI) in environmental economics studies. By analyzing 1642 articles, it is found that the number of publications in this field has significantly increased in recent years. The journal "Sustainability (Switzerland)" is identified as the most relevant source. Key research areas include sustainable development, machine learning, and decision-making with AI. The study highlights the potential of AI in environmental resource management. Overall, the findings emphasize the growing importance of AI in shaping the field of environmental economics and its potential for sustainable solutions.

Keywords: K Artificial Intelligence; Environmental Economics; Bibliometrics; Content Analysis; Bibliographic Coupling.

Jel Classification Codes: O31, O32, O33.

* Auteur correspondant.

I- Introduction :

Avec l'élargissement de l'utilisation l'intelligence artificielle (IA), le débat actuel se poursuit quant à savoir si elle a un impact ou des effets sur les études en économie environnemental. Cependant, il nous manque une visibilité sur le rôle que joue l'IA dans les études et les travaux de recherche scientifique dans l'économie environnemental. Nous proposons dans cet article, un travail de recherche et d'enquête sur les publications scientifiques traitant le domaine de l'économie environnemental en intersection avec l'intelligence artificielle. Cela concernera les travaux traitant cette combinaison ou ceux utilisant les méthodes de l'IA dans l'étude de la recherche. Pour cette démarche, nous adoptons une méthodologique originale en utilisant des outils d'analyse des métriques en suivant deux étapes. D'abord, avec une enquête quantitative, Nous allons analyser les 1642 articles dans la combinaison IA& Economie environnementale en utilisant Bibliometrix . Cette outil bibliométrique, nous permet de d'avoir une vision global sur les statistiques des publications grâce au métriques et algorithmes utilisées. En second étapes, Nous analysons qualitativement les contenues et les orientations thématiques. Pour cela, nous utilisons les algorithme de couplage bibliographique dans le domaine de l'IA et l'économie environnementale.

Méthodologie de la recherche

Afin d'avoir une vision globale et une compréhension approfondie sur les publications scientifiques en IA et économie environnementale. Nous avons, Opté pour une Méthodologie en deux étapes :

- La première approche s'agit de l'analyse quantitative qui utilise les statistiques et la science de la bibliométrie sur l'ensemble des articles publiés dans notre domaine scientifique.
- La seconde approche concerne l'analyse qualitative et descriptive de l'état de l'art sur la littérature existante traitant les sujets en Intelligence artificielle et l'économie environnementale. Le but de cette étape et de décrire les orientations de la recherche scientifiques des articles les plus citer sur ces sujets.

La collecte des fiches de la revue de littérature

La mise en œuvre d'une analyse bibliométrique peut nous permettre d'identifier la nature dynamique du champ de recherche en IA&DE (Qin, Wang, Xu, & Škare, 2021). Nous avons choisi une des bases de données les plus fiables, crédibles et les plus utilisées en recherche scientifique. Nous nous sommes référé à la collection SCOPUS.

Afin de récupérer le maximum de littérature possible, nous avons sélectionner un certain nombre de mots-clés pertinents et cohérents en relation directe avec notre étude. La combinaison de recherche concerne deux principale grand domaine. Le premier concerne l'intelligence artificielles avec les mots-clés suivant : ("Artificial Intelligence" OR "Machine learning" OR "Deep learning" OR "Intelligent agents" OR "Neural networks" OR "Data mining" OR "Natural language processing" OR "Pattern recognition"). Quant au second domaine on a pris les schamps suivants : ("Environmental economics" OR "Natural resource economics" OR "Sustainable development" OR "Economic valuation of the environment" OR "Environmental costs and benefits" OR "Environmental externalities" OR "Environmental policies" OR "Emission trading markets" OR "Circular economy" OR "Waste management" OR "Renewable energy" OR "Water economics" OR "Biodiversity and conservation" OR "Climate change and economics" OR "Ecosystem economics").

La langue utilisée pour la recherche est l'anglais. La période ciblée est entre l'année 1995 et 2022, le but étant de pouvoir faire une analyse annuel sur des années complètes. Et seules les articles scientifiques de revues universitaire ont été pris dans notre analyse. Au total, et après vérification manuelle sur les titres, les résumé et les mots-clés nous avons obtenues les fiches d'information concernant 1642 articles scientifiques.

On s'est basé sur la science de la bibliométrie pour effectuer notre analyse quantitative. Dans cet article, nous avons utilisé deux outils bibliométriques renommés, à savoir "Bibliometrix" et "VOS Viewer". Ces outils sont largement reconnus et crédibles au sein de la communauté scientifique.

Pour atteindre nos objectifs d'analyse quantitative et de visualisation des documents recueillis, il est essentiel d'adopter des outils bibliométriques avancés. La bibliométrie repose sur des méthodes quantitatives conçues pour identifier, décrire et évaluer les recherches publiées (Bretas & Alon, 2021). Elle utilise la cartographie scientifique et la représentation graphique de statistiques reproductibles pour réduire le biais subjectif des revues de littérature et surmonter les limitations liées à l'évaluation manuelle des résumés sujette aux erreurs (Su & Lee, 2010; Tariq, Hu, & Zayed, 2021; Van Eck & Waltman, 2010).

Les idées et les théories de la bibliométrie sont devenues une ressource inestimable pour de nombreux chercheurs qui souhaitent explorer et découvrir de nouvelles connaissances dans le domaine de la recherche universitaire (Qin, Xu, Wang, Škare, & Journal, 2021; C. Wang et al., 2020; Wang, Luo, Sari, Shao, & Change, 2020; Yang et al., 2022). En réponse à cette tendance, de nombreux algorithmes avancés et outils sophistiqués d'analyse visuelle ont été développés pour faciliter l'analyse bibliométrique rapide.

Dans cet article, nous avons appliqué deux outils bibliométriques, Bibliometrix et VOS Viewer, qui sont parmi les plus matures à ce jour. Bibliometrix est un puissant outil open-source développé par (Aria & Cuccurullo, 2017) qui offre un flux de travail recommandé pour réaliser une analyse bibliométrique complète, y compris la cartographie scientifique. En utilisant cet outil, nous avons pu réaliser la plupart des aspects bibliométriques de notre étude, tels que l'analyse des performances, la cartographie scientifique des enregistrements collectés, l'identification des tendances de publication, des sources pertinentes, des articles et auteurs influents, ainsi que l'analyse de la structure conceptuelle, intellectuelle et sociale.

En conclusion, l'utilisation de ces deux outils bibliométriques avancés, Bibliometrix et VOS Viewer, nous a fourni une base solide pour mener notre étude et présenter nos résultats de manière rigoureuse et précise.

Expertise qualitatif sur la revue de la littérature

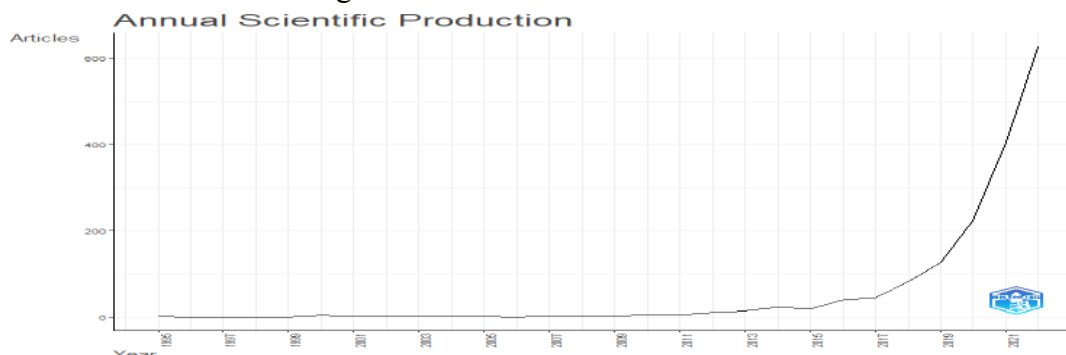
Dans la partie précédente, nous avons utilisé l'analyse quantitative (bibliométrique) pour récupérer une première ébauche de compréhension générale de la structure interne et de la réussite des réalisations extrinsèque du domaine de l'IA & l'économie environnementale. Les statistiques obtenue nos montrent clairement un épouvantail très élargis des liens existant entre différents attributs obtenus. A ce stade on ne peut pas en tirer des conclusions concrètes, Une analyse qualitatif plus poussées s'impose.

Pour atteindre ce but, Nous avons examiné les groupes formés par les flux de connaissances de base du réseau bibliographique basés sur les articles publier en AI et l'économie environnementale. Cette expertise qualitatif et manuelle nous permet de résumer les éléments forts sur les connaissances actuelles sur les différents sujets.

I.1. Analyse des performances:

Nous nous référents dans cette analyse sur plusieurs indicateurs clés bibliométriques de performance pour avoir des information les plus importantes sur le domaine de l'IA et l'économie environnementale. Commençons par la tendances des publications, les sources les plus intéressantes et les articles ainsi que les auteurs qui ont le plus d'impact .

Concernant la tendance des publications, nos 1642 articles constituant les données final de l'étude nos montre l'évolution de la production scientifique annuelles dans le domaine de l'IA et l'économie environnementales Fig1 suivantes :



L'impact de l'IA dans l'amélioration de la compréhension des phénomènes économiques liées aux études environnementales nous parait comme une piste de recherche fondamental dans les années à venir. De multiple études et publications ces dernières années confirment cette tendance. Nous trouvons par exemple les travaux de (Nishant, Kennedy, & Corbett, 2020) qui affirme que l'IA peut soutenir la dérivation de processus organisationnels et de pratiques individuelles culturellement appropriés pour réduire les besoins en ressources naturelles et en énergie des activités humaines. Selon (Ahmad et al., 2021) l'IA jouera un rôle essentiel et à le potentiel de modifier radicalement notre approvisionnement, nos échanges et notre consommation d'énergie. Les nouveaux modèles de numérisation sont largement alimentés par la technologie de l'intelligence artificielle (IA), et avec l'émergence des smart cities on assiste selon (Allam & Dhunny, 2019) a une prise de conscience de l'importance de la combinaison Big Data & IA sur la durabilité et la qualité de vie urbaines ; qui sont essentiels à la construction d'environnements plus inclusifs et sûrs dans le cadre de respect des principes de l'environnement durable.

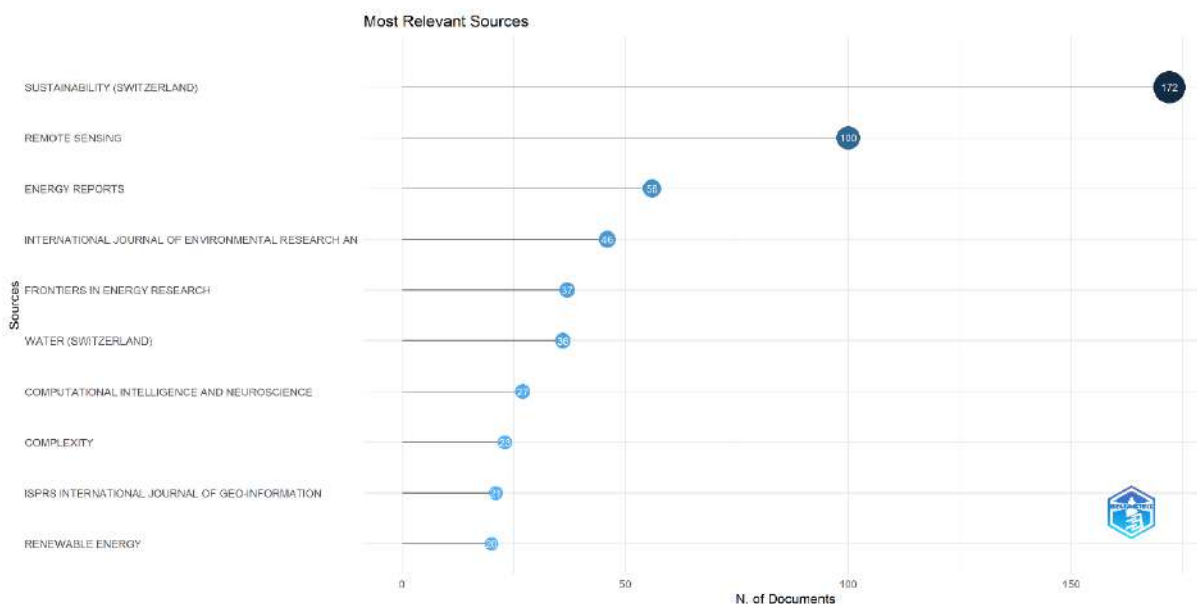
La premières étude de notre sélection des articles sur l'IA et l'économie environnementale commence en 1995, lorsque (Calvert et al., 1995) ont publié un travail interdisciplinaire dans lequel le contrôle de différents indicateur de la qualité de l'environnement tel que le taux du CO2 dans les phases de développement économiques des pays doit nécessairement passe par l'utilisation des modèles de prédiction plus performant et plus complexe. Bien que la recherche n'a pas eu assez d'attention de la part de la communauté scientifique, elle annonce néanmoins l'importance de l'utilisation des modèles de prédiction performantes pour mener une stratégie de contrôle. Les études publiées sur l'IA & l'économie augmente à partir de l'an 2000 ou plusieurs publications commence à voir les jours avec un meilleur intérêt de la communauté scientifique et cela jusqu' à 2016. Entre 2017 et 2022 on observe une explosion du nombre d'articles .

Le schéma de croissance exponentielle du domaine ces dernières années suggère deux faits. L'application extensive de l'IA a l'économie environnementale et aux domaines subjacent liées. D'autre part, il existe un engouement important dans la recherche quant à l'utilisation de l'IA dans le contexte de recherche en économie environnementale. Selon les observations retenues sur la Fig il y'a une réelle tendance qui commence à prendre de l'importance. Avec la performance et l'innovation permanente des technologies de l'IA, nous pouvons clairement prédire une augmentation exponentielle dans les années à venir dans les recherches utilisant l'IA dans le domaine de l'économie environnementale.

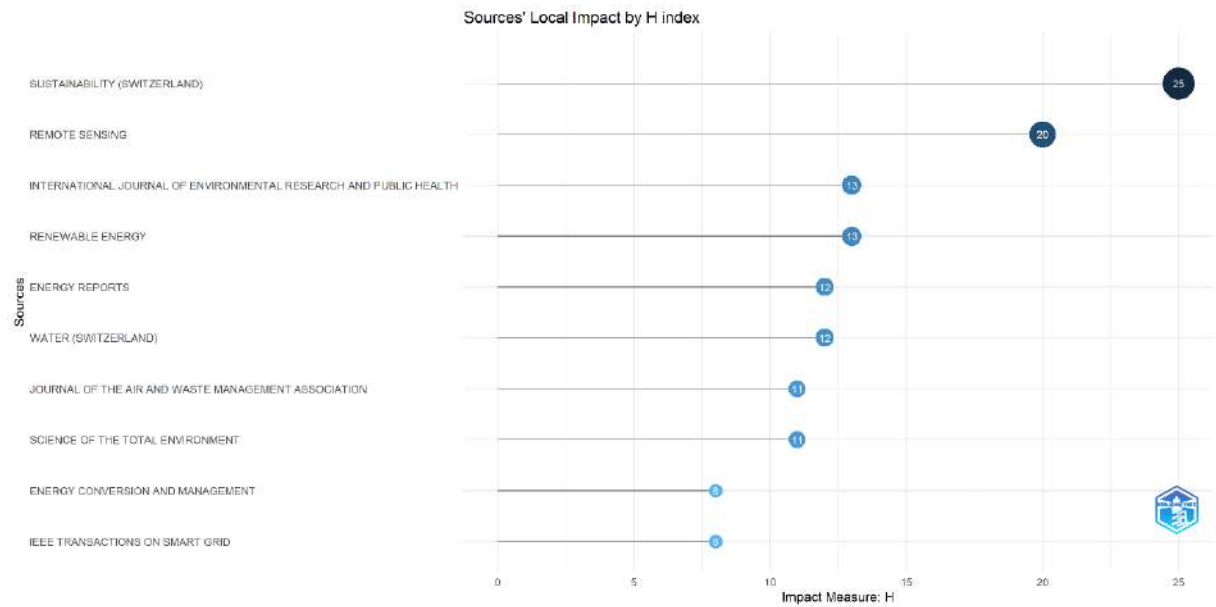
II- Méthodes et Matériels :

Sources les plus pertinentes

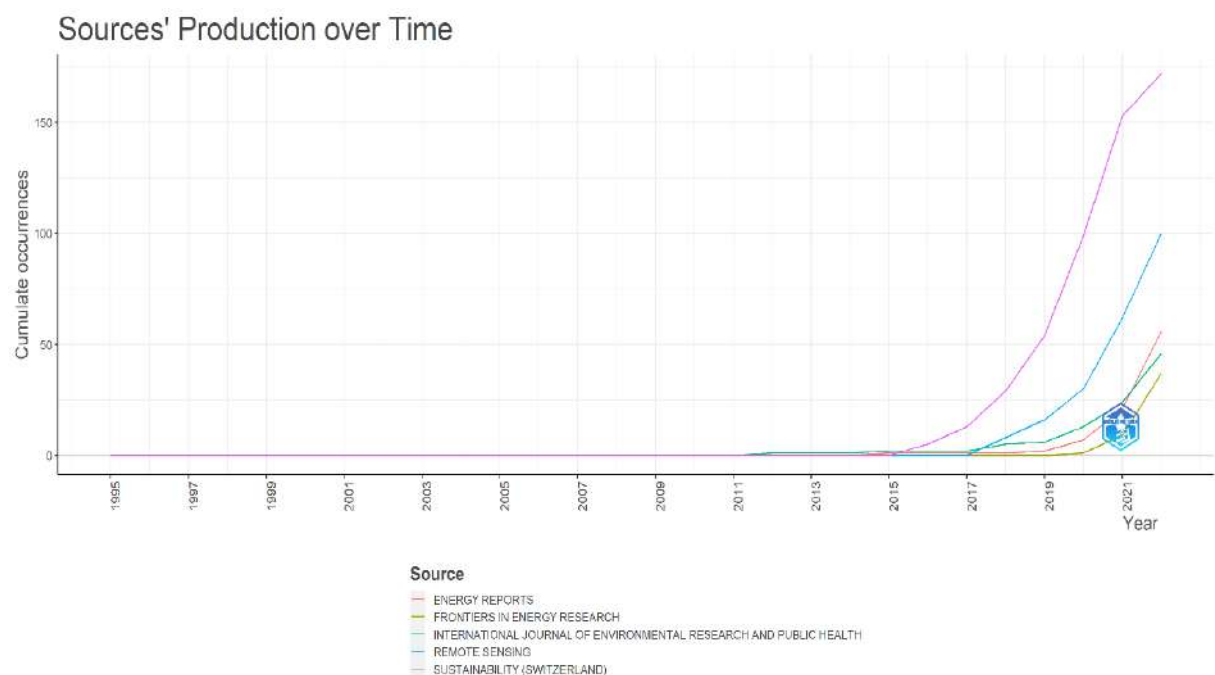
Nous avons au total 515 sources sur l'ensembles des 1642 Articles. La Figure 3 donnent une vision globale sur les 20 sources les plus pertinentes dans la combinaison IA et économie environnementale.



Dans ce cas, nous pourrions facilement trouver que la première source vient de « Sustainability (Switzerland) » avec un nombre total de 172 publications pendant la période. Le « Remote sensing » est en deuxième position avec 100 publications, suivi de "Energies reports" et ces 59 publications. Avec 46 publication « international journal of environmental research and public health » est en quatrième position. Il est vrai que ces sources jouissent d'une attention particulière quant à la qualité des recherches publiées dans ces ressources. En combinant, l'analyse avec le graphique de la Fig nous confirmons donc ce constat, avec la mesure H de l'impact local des ressources.



Parmi les 515 ressources on voit clairement que les Quatre ressources qui ont un indice d'impact le plus important sont celles qui ont le plus d'articles publiés. De plus, la majorité des revues sont diffusées selon la tendance croissante Fig :. . Notamment, ""Sustainability", "Remote sesing" , "International journal of environmental reseauch and public health" et <"energy reports " qui deviennent plus productifs a partir de 2017.



Mais on peut voir que « Sustainability" à une augmentation plus lente en 2022.ces dernières années.

Articles et auteurs les plus influents

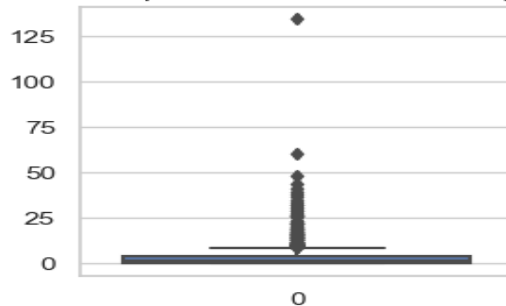
La manière la plus appropriée pour mesurer l'influence et l'impact d'un article est de voir le nombre de citations de ce dernier (C. Wang et al., 2020). Dans notre cas, les publications les plus cités sur la période de 1995 à 2022 dans le domaine de l'IA& économie environnementale sont classés, et les 10 publications les plus citées sont présentées dans le tableau 1.

Paper	Total Citations	TC per Year
WEISS M, 2020, REMOTE SENS ENVIRON	538	134,5
CHINE W, 2016, RENEW ENERGY	384	48
ADAMOWSKI J, 2012, WATER RESOUR RES	345	28,75
BATCHELOR TAA, 2019, JOULE	303	60,6
PAOLI C, 2010, SOL ENERGY	281	20,0714286
VU HQ, 2015, TOUR MANAGE	242	26,8888889
LEVA S, 2017, MATH COMPUT SIMUL	224	32
ATSUMI S, 2008, APPL ENVIRON MICROBIOL	206	12,875
ARDABILI SF, 2018, ENG APPL COMPUT FLUID MECH	175	29,1666667
HONG WT, 2016, J PHYS CHEM C	175	21,875

Pour avoir une meilleure analyse sur l'influence d'articles, le nombre total de citations (TC) comme seul paramètre ne suffit pas à lui seul pour déterminer objectivement la qualité d'un article. Il faut prendre en considération le facteur temps aussi. Le nombre moyen de citations reçues chaque année (TC/Y) est généralement utilisé comme une mesure efficace de l'impact d'un article. Tableau 1 répertorie les TC et TC/Y spécifiques parmi les 10 principaux documents.

	Total Citations	TC per Year	Normalized TC
count	1642.000000	1642.000000	1642.000000
mean	14.358100	3.382476	1.000000
std	30.972157	6.151885	1.633121
min	0.000000	0.000000	0.000000
25%	2.000000	0.500000	0.197926
50%	5.000000	1.666667	0.569482
75%	14.750000	3.833333	1.138965
max	538.000000	134.500000	24.605004

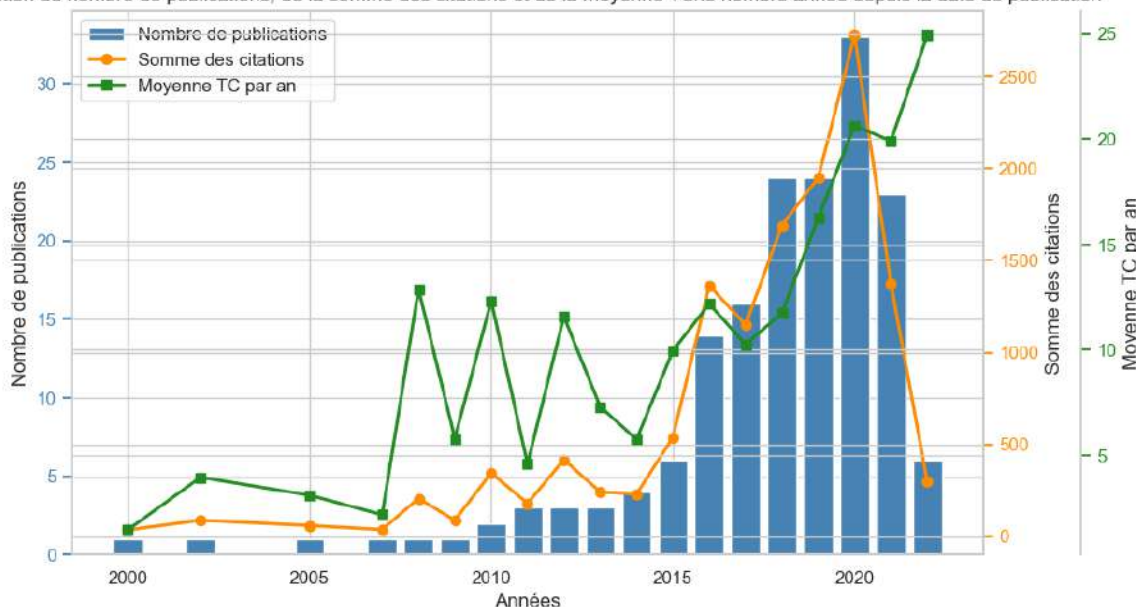
Box Plots pour le Total des citations par an



L'examen du boxplot (Fig ..) et la consultation du tableau 2 révèlent que plus de la moitié des publications ont été citées plus de 5 fois au total. De plus, l'analyse des valeurs aberrantes (outliers) dans notre étude met en évidence les articles qui se distinguent et ont un impact significatif par rapport aux autres .

Parmi les 515 ressources on voit clairement que les Quatre ressources qui ont un indice d'impact le plus important sont celles qui ont le plus d'articles publiés. De plus, la majorité des revues sont diffusées selon la tendance croissante Fig :. . Notamment, ""Sustainability", "Remote sesing" , "International journal of environmental reseauch and public health" et «"energy reports " qui deviennent plus productifs à partir de 2017.

Évolution du nombre de publications, de la somme des citations et de la moyenne TC/le nombre année depuis la date de publication



L'analyse bibliométrique menée sur les articles outliers sur la combinaison de l'intelligence artificielle (IA) et de l'économie environnementale a permis de visualiser l'évolution de la recherche dans ce domaine au fil des années. Le graphique présente trois mesures clés : le nombre de publications, la somme des citations et la moyenne des citations divisé par le nombre d'année depuis la date de publication.

Le nombre de publications a connu une augmentation significative au cours des dernières années, avec une croissance régulière jusqu'en 2020, où il atteint un pic de 33 publications. Cela témoigne de l'intérêt croissant des chercheurs pour l'exploration de l'IA dans le contexte de l'économie environnementale. En revanche, on observe également des années avec un nombre relativement faible d'articles publiés. Par exemple, les années 2008, 2009, 2002, 2005, 2007 et 2000 comptent chacune seulement un article publié. Ces années pourraient indiquer des périodes de moindre activité de recherche et/ou une attention portée sur d'autres aspects de la science. En analysant cette évolution, il est important de prendre en compte le contexte scientifique et les facteurs externes qui peuvent influencer le nombre d'articles publiés. Parmi ces facteurs, on peut citer l'évolution des politiques de financement de la recherche, les tendances technologiques, les collaborations internationales, ainsi que les événements mondiaux ou les découvertes majeures qui peuvent susciter un intérêt accru pour la recherche dans certains domaines spécifiques.

La somme des citations, qui représente l'impact et la reconnaissance des travaux de recherche, suit une tendance similaire. Elle augmente progressivement, avec des valeurs élevées à partir de 2019. Cela indique que les publications traitant de l'IA et de l'économie environnementale suscitent un intérêt considérable au sein de la communauté scientifique et sont largement référencées dans d'autres travaux. Concernant, les années antérieures ont également contribué à la somme totale des citations, mais avec des valeurs relativement plus faibles.

En ce qui concerne la moyenne des citations totale divisé par le nombre d'année depuis l'an de la publication, nous observons des fluctuations d'une année à l'autre. Cependant, la tendance globale est à la hausse, atteignant son niveau le plus élevé en 2022 avec une moyenne de près de 25 citations totale divisé par le nombre d'année depuis l'an de la publication du document. Cela suggère que les travaux de recherche dans ce domaine ont un impact significatif récent et sont reconnus par leurs pairs. Il est possible que ces articles aient abordé des sujets novateurs ou apporté des contributions importantes à la recherche existante.

Ces résultats mettent en évidence l'importance croissante de l'IA dans le contexte de l'économie environnementale. Les chercheurs s'engagent activement dans des études explorant les synergies entre ces deux domaines, en utilisant l'IA pour aborder les défis environnementaux et

trouver des solutions innovantes. Ces résultats contribuent à la création d'une base de connaissances solide et à l'avancement des connaissances dans ce domaine interdisciplinaire.

Il convient de noter que cette analyse bibliométrique repose sur un échantillon de publications spécifique (outliers), et d'autres analyse sur l'ensemble du dataset peut également contribuer à l'analyse bibliométrique du domaine de notre étude. Cependant, les résultats présentés ici fournissent un aperçu précieux de l'activité de recherche dans le domaine de l'IA et de l'économie environnementale, soulignant son dynamisme et son impact potentiel dans la la recherche et la résolution des problèmes environnementaux grâce à l'utilisation de l'IA.

I. 2. Cartographie scientifique

Pour l'analyse de la cartographie scientifique dans le domaine de l'IA et de l'économie environnementale, diverses méthodes bibliométriques sont utilisées afin de mettre en évidence les structures conceptuelles, intellectuelles et sociales qui se cachent derrière ces questions.

Structure conceptuelle

Les mots-clés représentent une forme abstraite et générale du contenu de recherche d'un article, ce qui permet aux chercheurs de comprendre le sujet de recherche et d'identifier les tendances potentielles (L. Wang et al., 2020; Zheng, Le, Chan, Hu, & Li, 2016). Dans le développement d'un domaine de recherche spécifique, plusieurs thèmes dominants émergent généralement. À cet égard, Bibliometrix propose une fonction de diagramme stratégique qui permet d'identifier les thèmes présents à différentes étapes, en se basant sur la centralité et le classement de densité

Une carte stratégique de recherche sur l'IA et l'économie environnementale peut être utilisée pour identifier et visualiser les différentes dimensions de recherche et les connexions entre les articles dans ce domaine. Cela peut nous aider à mieux comprendre les tendances et les opportunités de recherche dans cette intersection entre l'IA et l'économie environnementale.

La carte est créée en regroupant les articles en clusters basés sur leur similarité thématique. Cela signifie que les articles qui sont similaires en termes de sujets, de méthodologies ou d'applications sont regroupés ensemble. La carte montre ensuite les différents clusters qui sont apparus, suggérant l'existence de différentes dimensions de recherche dans ce domaine.

Certains clusters peuvent se concentrer sur l'application de l'IA dans la modélisation économique environnementale, en mettant l'accent sur la prédiction des impacts environnementaux et la prise de décision éclairée. D'autres clusters peuvent explorer les aspects éthiques et juridiques de l'utilisation de l'IA dans le contexte de l'économie environnementale.

En étudiant les relations entre les clusters, il est également possible d'identifier des liens croisés entre différents domaines de recherche. Par exemple, il peut y avoir des liens entre l'IA et les politiques environnementales, indiquant des opportunités de collaboration entre les chercheurs travaillant dans ces domaines.

En résumé, une carte stratégique de recherche sur l'IA et l'économie environnementale peut être un outil précieux pour les chercheurs intéressés par ce domaine. Elle peut les aider à identifier les tendances, les opportunités de recherche et les collaborateurs potentiels.

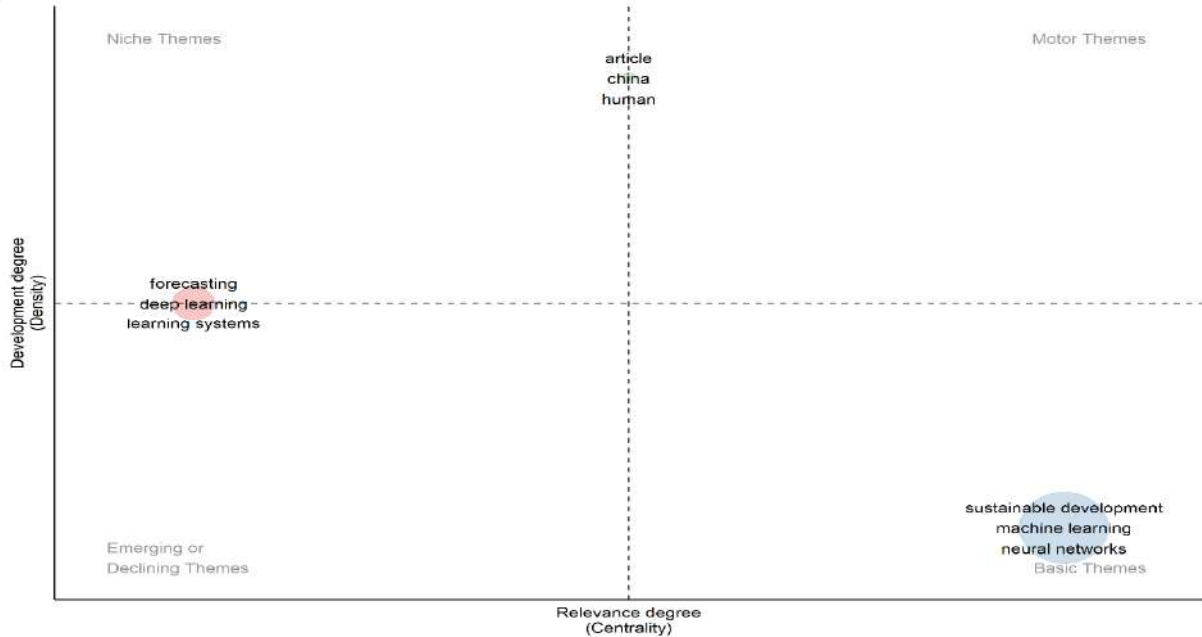
La carte peut être utilisée pour identifier les lacunes dans la recherche. Par exemple, s'il n'y a pas de clusters liés à un sujet particulier, cela suggère qu'il existe une opportunité pour de nouvelles recherches dans ce domaine.

La carte peut être utilisée pour identifier les tendances émergentes dans la recherche. Par exemple, si un nouveau cluster émerge au fil du temps, cela suggère un intérêt croissant dans ce domaine.

La carte peut être utilisée pour identifier des collaborateurs potentiels. Par exemple, si deux clusters sont étroitement liés, cela suggère que les chercheurs travaillant dans ces domaines pourraient bénéficier d'une collaboration.

La lecture de la carte selon, l'axe X (centralité) et l'axe Y (densité) divisent l'espace bidimensionnel en quatre régions différentes (c'est-à-dire des quadrants). Dans ce cadre, quatre types de thèmes aux significations différentes sont clairement distingués (Cobo, López-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2011). La centralité mesure le niveau d'interaction inter-cluster, tandis

que la densité mesure le niveau de cohésion intra-cluster (Forliano, De Bernardi, Yahiaoui, & Change, 2021). Plus précisément, les thèmes qui relèvent du premier quadrant (quadrant supérieur droit) sont généralement bien développés et sont importants pour façonner le domaine d'étude. Ils ont des valeurs de centralité et de densité élevées et sont généralement appelés thèmes moteurs. Un thème se caractérise par une faible centralité et des valeurs de haute densité, qui se positionne dans le deuxième quadrant (quadrant supérieur gauche) comme un thème très développé et isolé. Diamétralement opposés aux caractéristiques thématiques du premier quadrant, les thèmes du troisième quadrant (quadrant inférieur gauche) sont non seulement de faible centralité mais aussi de faible densité, avec des thèmes en voie de disparition ou émergents se regroupant ici. Enfin, les thèmes de base et transversaux se situent généralement dans le quatrième quadrant (quadrant inférieur droit) avec des valeurs de centralité élevée et de faible densité (Lam-Gordillo, Baring, & Dittmann, 2020). Il est visible ici que chaque groupe de thèmes est composé d'un certain nombre de mots-clés et que son nom est déterminé par le mot-clé le plus fréquent. De plus, plus la fréquence des mots-clés par thème est élevée, plus la surface du cercle sera grande en conséquence.



Sur la base de l'analyse des cooccurrences des mots-clés des auteurs, une carte stratégique de la recherche en intelligence artificielle (IA) et en économie environnementale de 1995 à 2022 a été élaborée, telle que présentée dans la Figure 1. Cette carte stratégique a révélé trois thèmes prédominants : (1) la recherche sur la Chine et l'humain, (2) la recherche sur les problématiques de prédiction, et (3) la recherche sur le développement durable, l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones.

Le premier thème, la recherche sur la Chine et l'humain, est caractérisé par une grande quantité mais une faible densité. Cela suggère que la recherche sur ces sujets domine en termes de quantité mais constitue un cluster isolé et spécifique. Il est important de noter que les fréquences des mots-clés pour ce thème ne sont pas aussi significatives que dans les autres thèmes.

Par exemple, une étude menée par (Liu, Wang, & society, 2022) a met en évidence l'importance de développer des outils de prise de décision pour évaluer la durabilité des bâtiments sur les campus universitaires écoénergétiques. En utilisant le cadre Green BIM (Building Information Modeling) et une norme d'évaluation des bâtiments écologiques, l'étude propose une méthode d'analyse des performances basée sur l'architecture BIM. Les résultats montrent qu'une optimisation basée sur des critères écologiques permet de réduire les charges énergétiques annuelles des bâtiments universitaires, avec une réduction significative de la consommation d'énergie. De plus, l'exploitation des données des modèles permet d'identifier des possibilités d'amélioration continue de la performance écologique des bâtiments existants et des systèmes énergétiques, contribuant ainsi à la réalisation de campus à faible émission de carbone.

Le deuxième thème, la recherche sur les problématiques de prédiction, est caractérisée par une faible quantité et une faible densité. Cela suggère que la recherche sur ces sujets est relativement nouvelle et peu développée. Cependant, il est important de noter que ces études pourraient être considérées comme des thèmes en voie de disparition ou émergents, ce qui préfigure dans une certaine mesure les futures frontières de la recherche.

Par exemple, une étude menée par (Kisvari, Lin, & Liu, 2021) présente une nouvelle approche basée sur l'apprentissage profond est proposée pour la prévision de l'énergie éolienne en utilisant des modèles de réseaux de neurones récurrents à portes. Cette approche intègre plusieurs étapes telles que la préparation des données, la détection des anomalies, l'ingénierie des caractéristiques et l'optimisation des hyperparamètres. Un réseau neuronal est développé et comparé à d'autres algorithmes. Douze caractéristiques, dont les vitesses du vent et les températures, sont utilisées pour le modèle prédictif. Les résultats de simulation montrent que cette approche offre une précision élevée à moindre coût de calcul. Le GRU présente une meilleure précision prédictive que le LSTM, avec une plus grande rapidité d'apprentissage et une moindre sensibilité au bruit des données. L'étude a conclu que l'IA peut être utilisée pour améliorer des prévisions de production d'énergie éolienne grâce à l'utilisation des réseaux de neurones artificiels.

Le troisième thème, la recherche sur le développement durable, l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones, est caractérisé par une grande quantité et une grande densité. Cela suggère que la recherche sur ces sujets est bien développée et joue un rôle important dans la formation du domaine d'étude. Il est important de noter que ce thème est le thème global et largement étudié dans le domaine de l'IA et de l'économie environnementale.

Par exemple, une étude menée par (Chen, Zhang, & Zhou, 2020) a utilisé l'apprentissage automatique (ML) en tant que nouveau paradigme de recherche pour révolutionner la découverte de matériaux pour les technologies d'énergie renouvelable. Dans cette revue, l'auteur introduit brièvement la procédure de base de l'apprentissage automatique et les algorithmes courants en science des matériaux, en mettant particulièrement l'accent sur les derniers progrès réalisés dans l'application de l'apprentissage automatique à la prédiction des propriétés et au développement de matériaux pour les domaines liés à l'énergie. L'étude a conclu sur l'importance de la contribution de l'apprentissage automatique et de l'IA en science des matériaux pour les technologies d'énergie renouvelable.

Dans l'ensemble, la carte stratégique de la recherche en IA et en économie environnementale suggère que ce domaine connaît une croissance et une évolution rapides. La montée en puissance de l'IA a le potentiel de révolutionner l'économie environnementale et développement durable, mais il est important de considérer attentivement les défis éthiques et politiques associés à cette technologie

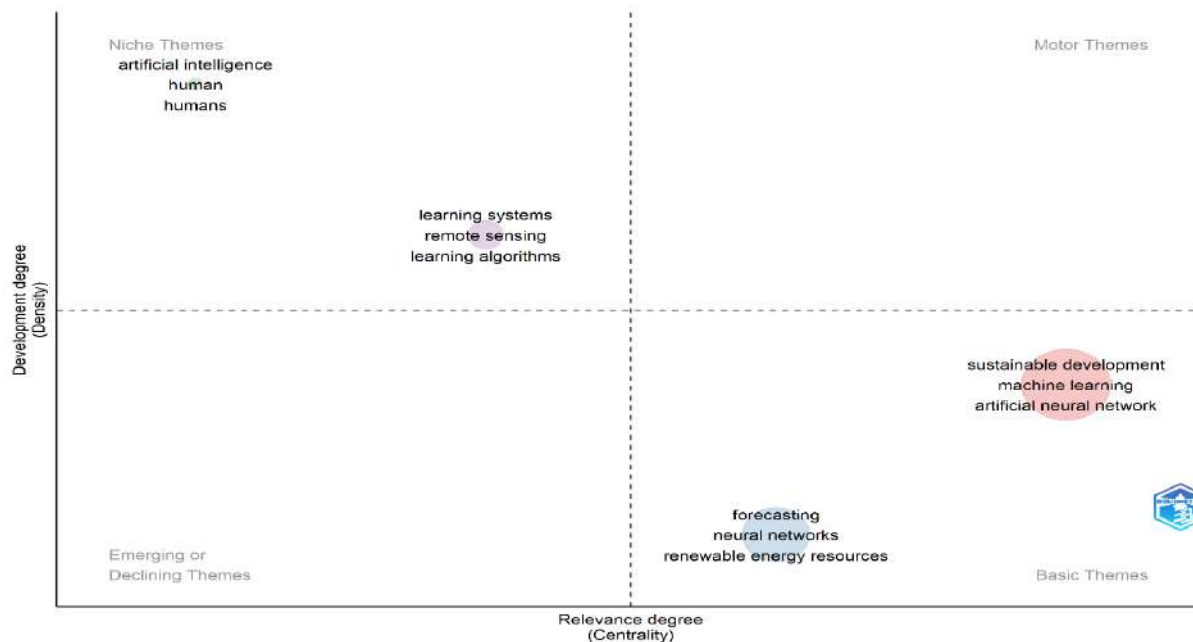
Structure conceptuelle appliquée aux articles les plus impactants (uniquement les valeurs atypiques)

Cette sous-partie vise à analyser les thématiques de recherche les plus pertinentes dans les domaines de l'intelligence artificielle (IA) et de l'économie environnementale en se concentrant sur les articles les plus cités. En considérant ces articles comme des indicateurs d'impact, nous souhaitons obtenir une vision réaliste des sujets qui suscitent le plus d'intérêt au sein de la communauté scientifique. En utilisant une approche complémentaire, nous identifions les valeurs aberrantes de notre ensemble de données afin de nous concentrer sur les publications ayant un impact significatif. Cette approche nous permet de mettre de côté les sujets de niche ou les îlots spécifiques, et de traiter ces domaines de recherche de manière plus globale. Les résultats de cette analyse fourniront des informations précieuses pour orienter les futures recherches en IA et économie environnementale en mettant en évidence les thématiques clés qui méritent une attention particulière.

Entrez ici la méthode et les outils utilisés dans la même mise en forme approuvée (police, taille, Interligne), l'auteur de l'article montre dans cette section, clairement, comment la sélection de l'échantillon, a eu lieu, déterminer les variables et la façon dont elles sont mesurées, la méthode de collecte de données et décrire comment résumer les données (la médiane, le pourcentage, ...), des outils standards statistiques utilisés dans l'analyse des données et de vérification des hypothèses et déterminer la signification de ces statistiques, il peut parfois être nécessaire de mentionner le

programme statistique utilisé dans le calcul³. Lors de l'utilisation d'une méthode déjà utilisée et publiée dans d'autres recherches, on peut citer dans la marge cette méthode, sans la décrire encore une autre fois, s'il y a des modifications dans la méthode, ceux-ci doivent être expliqués et justifiés.

Ces méthodes et outils doivent être présentés avec précision et clarté sans exagération afin que d'autres chercheurs puissent les réexaminer ou les vérifier. L'auteur peut décrire les outils et méthodes utilisés sous la forme d'un schéma, d'un tableau ou d'un graphe, pour expliquer les méthodes utilisées, uniquement dans le cas de la complexité de ces données⁴ et dans le but de simplifier ; Cette section peut être divisée en sous-sections, où son contenu, varie en fonction de l'objet de l'article.



L'analyse de la cartographie des thèmes dans le domaine de l'IA et de l'économie environnementale révèle quatre grandes thématiques, dont deux sont très développées et distinctes, tandis que les deux autres sont des thèmes de base et transversaux. La première thématique, largement explorée, concerne l'intelligence artificielle et son interaction avec l'humain. Dans une étude de (Pirouz, Shaffiee Haghshenas, Shaffiee Haghshenas, & Piro, 2020), l'impact des paramètres météorologiques sur la propagation du COVID-19 a été examiné en utilisant un modèle de classification binaire basé sur la méthode GMDH. Les résultats ont souligné l'influence de l'humidité relative et de la température maximale sur la propagation de la maladie.

La deuxième thématique, également bien développée et isolée, concerne la recherche sur les systèmes d'apprentissage, les capteurs sensoriels et les algorithmes d'apprentissage. Un exemple notable est l'article de (Chine et al., 2016), qui présente une technique de diagnostic des défauts pour les systèmes photovoltaïques basée sur les réseaux de neurones artificiels (ANN). Cette méthode a démontré une précision élevée dans la détection des défauts et a été implémentée avec succès dans un FPGA.

La troisième thématique aborde les prédictions, les réseaux de neurones et les sources d'énergie renouvelable. Un exemple pertinent est l'article de (Tang et al., 2018), où un modèle de prévision de génération d'énergie solaire basé sur le LASSO est proposé. Les résultats ont montré que l'algorithme basé sur le LASSO offre une précision considérablement plus élevée par rapport aux méthodes existantes, tout en utilisant moins de données d'entraînement.

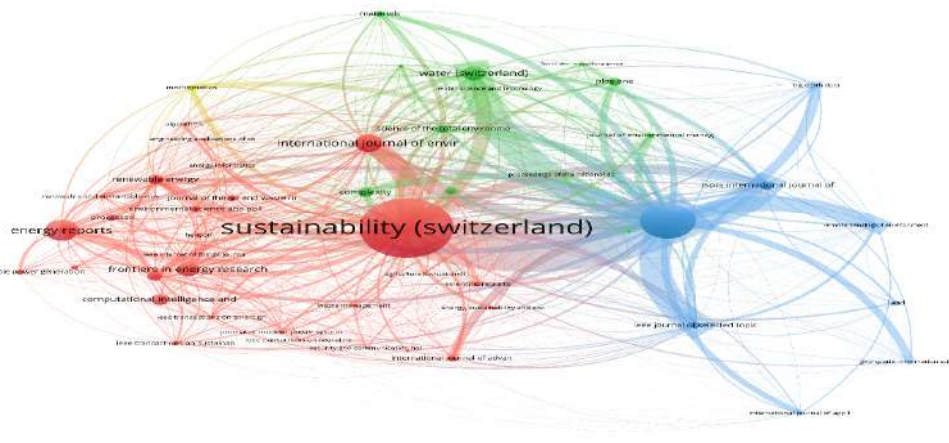
Enfin, la quatrième thématique de recherche explore le développement durable, l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones artificiels. (Praticò, Solano, Di Fazio, & Modica, 2021) ont étudié l'utilisation de la télédétection et de l'imagerie composite temporelle avec la plateforme GEE pour la classification des ressources naturelles. Des algorithmes tels que la forêt aléatoire (RF) et la machine à vecteurs de support (SVM) ont été utilisés, et les résultats ont montré que GEE est une plateforme fiable. L'utilisation de RF avec l'image composite de l'été et trois indices de végétation a donné les meilleurs résultats.

Ces différentes thématiques illustrent les avancées dans le domaine de l'IA et de l'économie environnementale, mettant en évidence par ces quatre exemple l'importance de prendre en compte les paramètres météorologiques, d'exploiter les capacités des réseaux de neurones et d'utiliser des méthodes de prédiction pour une gestion plus efficace des épidémies, des systèmes énergétiques et des ressources naturelles. Ces quatre thématiques sont représentatives et significatives des sujets d'intérêt au sein de la communauté scientifique, en raison de leur fréquence élevée dans les articles les plus cités par rapport à la distribution de notre ensemble de données d'articles sélectionnés, qui comprend 1642 articles.

III-Résultats et Discussion :

Structure intellectuelle et sociale

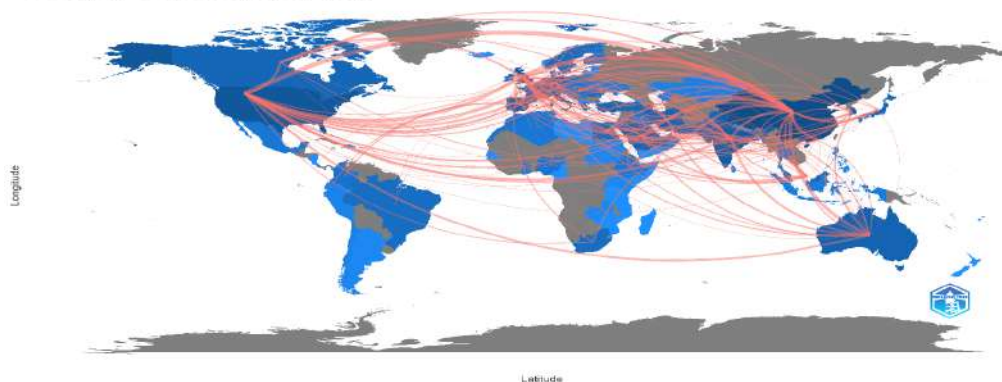
Après une analyse approfondie de la structure conceptuelle dans le domaine de l'intelligence artificielle et de l'économie environnementale, nous abordons maintenant la dimension intellectuelle et sociale de cette étude. Plus précisément, nous nous concentrons sur la visualisation du réseau de co-citations et de la cartographie des collaborations entre pays dans le domaine de l'intelligence artificielle et de l'économie environnementale. L'analyse des co-citations est utilisée pour examiner les sources citées, ce qui nous permet d'identifier rapidement les principales communautés de sources.



De manière similaire, la Figure X présente les quatre groupes de sources parmi les 50 sources les plus influentes. Le premier cluster (représenté en rouge) est composé de 29 sources, parmi lesquelles figurent des revues de qualité telles que "International Journal of Environment", "Energy Reports" et "Sustainability (Switzerland)". Le deuxième groupe, le plus grand avec 12 sources (indiqué en vert), inclut des sources représentatives telles que "Water (Switzerland)", "Science of the Total Environment" et "Journal of Environmental Management".

Dans le troisième groupe (représenté en bleu), les 8 sources sont plus dispersées dans la figure, avec les revues "Remote Sensing of Environment" et "Remote Sensing" occupant une position centrale dans le diagramme. Quant au dernier groupe (représenté en jaune), il ne contient qu'un seul élément, à savoir "Mathematics".

Country Collaboration Map



Étant donné l'importance de la coopération et des liens entre auteurs de différentes régions ou pays, une évaluation de la coopération internationale basée sur la collaboration a été entreprise. En utilisant la fonction "Collaboration World Map" dans Bibliometrix avec une limite minimale de trois coauteurs, la Figure 8 met en évidence la structure sociale au sein du domaine AI&ECONOMIE ENVIRONNEMENTALE. Au total, 1407 paires de coopération entre pays/régions clés sont identifiées sur cette carte. Dans le même temps, la couleur plus foncée d'un pays ou d'une région reflète une plus grande productivité, tandis que les lignes de connexion indiquent la présence de collaborations, et plus la ligne est épaisse, plus le niveau de collaboration est élevé. L'évaluation révèle que la Chine, les États-Unis et la Grande-Bretagne sont des leaders mondiaux en termes de contributions nationales ou régionales individuelles. Une autre découverte intéressante est la forte collaboration entre les chercheurs américains et chinois, qui ont établi des liens solides avec leurs homologues du monde entier. En fait, le taux de collaboration le plus élevé est maintenu entre les chercheurs américains et chinois.

IV- Conclusion: et limites

Dans cette enquête, l'objectif est de fournir un examen synthétisé des études existantes spécialisées dans l'application de la technologie de l'IA dans l'économie environnementale. Répondre à ce problème critique nécessite des connaissances détaillées qui surmontent la fonctionnalité fragmentée du débat scientifique dans ce domaine. Ainsi, nous combinons des techniques bibliométriques avancées avec une revue de littérature qualitative traditionnelle pour équilibrer la qualité et la quantité de cette discussion. Plus précisément, un total de 1642 articles publiés dans la base de données Scopus ont été collectés pour une analyse bibliométrique et une étude de la littérature. Résumé À l'aide de l'outil bibliométrique Bibliometrix, nous avons effectué une analyse de la performance et une analyse cartographique scientifique des publications afin de visualiser le paysage et l'évolution du domaine de l'IA&ED et de capturer la trajectoire des thèmes au fil du temps. Les résultats intuitifs montrent que les articles sur l'IA& économie environnementale sont très récents, en particulier au cours depuis 2018, et font maintenant l'objet d'un grand intérêt scientifique. De plus, les sources de publication les plus pertinentes sont concentrées dans « Sustainability (switzerland) », « Energy reports », « Water (switzerland) » et « international journal of environmental research and public health ». En particulier, "Energy reports" a connu l'augmentation la plus significative du nombre de publications dans ce domaine au cours des dernières années. L'article le plus influent a été publié en 2020 par (Weiss, Jacob, & Duveiller, 2020) dans "Remote sensing for agricultural applications: A meta-review".

Au moment de la collecte des données, cet article a été cité plus de 538 fois et peut être considéré comme un travail extraordinaire dans le domaine. La cartographie scientifique dessine la structure conceptuelle, intellectuelle et sociale dans le domaine AI& économie environnementale. La répartition des sujets dans les quatre quadrants et l'évolution des sujets dans le temps donnent une image claire de la structure actuelle des connaissances et de l'orientation du domaine. Dans l'ensemble, les conversations étendues sur les « Réseaux des neurones », « modèles de prédiction » et « développement durable » sont encore des sujets d'actualité à ce stade. La recherche liée à la prédiction est un sujet persistant et largement discuté dans le domaine. Plus important encore, il existe un échange international étroit d'universitaires de différents pays/régions travaillant dans ce domaine.

D'autre part, avec le soutien de la fonction de couplage bibliographique intégrée dans le visualiseur VOS, nous identifions cinq domaines thématiques clés qui sont actuellement les plus populaires dans le cadre de la recherche sur l'IA& économie environnementale : l'IA et la prise de décision intelligente, l'IA et la développement durable, l'intelligence artificielle et son interaction avec l'humain et innovation, qui est également un résultat remarquable de cette étude. En réponse à ces sujets frontières, nous effectuons une revue systématique pour mieux comprendre chaque sous-domaine économique. Pour la sphère des praticiens, ce travail fournit une base théorique et des conseils aux personnes actuellement employées sur le terrain, leur permettant de saisir rapidement le potentiel illimité de l'IA dans l'économie environnementale. Néanmoins, pour les chercheurs travaillant dans ce domaine, nous décrivons le profil de chaque domaine thématique et les lacunes de la recherche, Limites et portée future de la recherche. Bien que la conception de l'étude de cet article assure la pertinence et la fiabilité des résultats finaux, la généralisation de ces résultats est encore soumise à certaines limites. Tout d'abord, pour la détermination des sources de données,

nous avons suivi la règle d'accès généralement observée au niveau international basée sur la plateforme de Scopus.

Bien que la qualité de la littérature ait été assurée, une petite quantité de littérature de valeur était encore cachée dans d'autres bases de données, ce qui, dans une certaine mesure, rend douteuse l'intégrité de l'échantillon. Par conséquent, l'élargissement des canaux de collecte de données fiables dans les recherches futures est un moyen réalisable d'améliorer notre étude. Deuxièmement, pour des besoins de recherche, nous n'avons considéré que la plupart de la littérature dans la cartographie du réseau de couplage bibliographique au lieu de toute la littérature, ce qui peut entraîner un certain biais dans les résultats finaux du regroupement. Pour avoir une vision plus large des pôles de recherche dans ce domaine, nous encourageons les futurs chercheurs à considérer davantage d'informations dans la littérature pour obtenir des informations plus générales et plus délicates. Enfin, si l'utilisation des techniques bibliométriques dans l'article révèle ses avantages d'exhaustivité, elle présente aussi ses défauts de ne pas pouvoir prendre en compte de nombreux détails. Pour l'heure, on ne peut compter que sur l'amélioration future de la discipline pour remédier à cette carence. Malgré ces limitations, ce travail offre des informations précieuses pour le futur boom dans le domaine de l'IA& Economie environnementale. Nous ne pouvons compter que sur l'amélioration future de la discipline pour remédier à cette carence. Malgré ces limitations, ce travail offre des informations précieuses pour le futur boom dans le domaine de l'IA& économies environnementale. Nous ne pouvons compter que sur l'amélioration future de la discipline pour remédier à cette carence. Malgré ces limitations, ce travail offre des informations précieuses pour le futur boom dans le domaine de l'IA& économie environnementale.

L'objectif de cette enquête est d'examiner de manière synthétique les études existantes sur l'application de l'IA dans l'économie environnementale. Pour atteindre cet objectif, nous avons combiné des techniques bibliométriques avancées avec une revue de littérature qualitative. Un total de 1642 articles a été collectés dans la base de données Scopus pour une analyse bibliométrique et une étude de la littérature. L'analyse de la performance et la cartographie scientifique ont été réalisées à l'aide de l'outil bibliométrique Bibliometrix, révélant que les articles sur l'IA et l'économie environnementale suscitent un intérêt scientifique croissant. Les sources de publication les plus pertinentes comprennent des revues telles que "Sustainability (Switzerland)", "Energy Reports", "Water (Switzerland)" et "International Journal of Environmental Research and Public Health". L'article le plus influent a été publié en 2020 (Weiss et al., 2020). dans "Remote Sensing for Agricultural Applications: A Meta-Review".

La cartographie scientifique a permis de dégager les principaux thèmes de recherche, tels que les "Réseaux de neurones", les "Modèles de prédiction" et le "Développement durable". L'analyse de la collaboration internationale a révélé une étroite collaboration entre chercheurs de différents pays/régions. De plus, cinq domaines thématiques clés ont été identifiés, notamment l'IA et la prise de décision intelligente, l'IA et le développement durable, et l'interaction entre l'IA et l'humain. Les résultats de cette étude fournissent des bases théoriques et des conseils pour les praticiens et soulignent les lacunes et les limites de la recherche. Malgré certaines limitations, ce travail offre des informations précieuses pour le futur développement de l'IA dans l'économie environnementale.

-Références:

- Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. J. J. o. C. P. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. 289, 125834.
- Allam, Z., & Dhunny, Z. A. J. C. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. 89, 80-91.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. J. J. o. i. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. 11(4), 959-975.
- Bretas, V. P., & Alon, I. J. J. o. B. R. (2021). Franchising research on emerging markets: Bibliometric and content analyses. 133, 51-65.
- Calvert, J., Bai, Y., Slanina, J., Brown, R., Li, S., Tsujino, Y., . . . Chemistry, A. (1995). Local air pollution in fast developing countries (Technical Report). 67(8-9), 1407-1410.
- Chen, A., Zhang, X., & Zhou, Z. J. I. (2020). Machine learning: accelerating materials development for energy storage and conversion. 2(3), 553-576.

- Chine, W., Mellit, A., Lughi, V., Malek, A., Sulligoi, G., & Pavan, A. M. J. R. E. (2016). A novel fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural networks. *90*, 501-512.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. J. J. o. i. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *5*(1), 146-166.
- Forliano, C., De Bernardi, P., Yahiaoui, D. J. T. F., & Change, S. (2021). Entrepreneurial universities: A bibliometric analysis within the business and management domains. *165*, 120522.
- Kisvari, A., Lin, Z., & Liu, X. J. R. E. (2021). Wind power forecasting—A data-driven method along with gated recurrent neural network. *163*, 1895-1909.
- Lam-Gordillo, O., Baring, R., & Dittmann, S. J. E. I. (2020). Ecosystem functioning and functional approaches on marine macrobenthic fauna: A research synthesis towards a global consensus. *115*, 106379.
- Liu, Q., Wang, Z. J. E., sustainability, & society. (2022). Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China. *12*(1), 12.
- Nishant, R., Kennedy, M., & Corbett, J. J. I. J. o. I. M. (2020). Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *53*, 102104.
- Pirouz, B., Shaffiee Haghshenas, S., Shaffiee Haghshenas, S., & Piro, P. J. S. (2020). Investigating a serious challenge in the sustainable development process: analysis of confirmed cases of COVID-19 (new type of coronavirus) through a binary classification using artificial intelligence and regression analysis. *12*(6), 2427.
- Praticò, S., Solano, F., Di Fazio, S., & Modica, G. J. R. S. (2021). Machine learning classification of mediterranean forest habitats in google earth engine based on seasonal sentinel-2 time-series and input image composition optimisation. *13*(4), 586.
- Qin, Y., Wang, X., Xu, Z., & Škare, M. J. E. R.-E. I. (2021). The impact of poverty cycles on economic research: evidence from econometric analysis. *34*(1), 152-171.
- Qin, Y., Xu, Z., Wang, X., Škare, M. J. I. E., & Journal, M. (2021). Are family firms in the eyes of economic policy? , *17*, 1233-1259.
- Su, H.-N., & Lee, P.-C. J. s. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: A first look at journal papers in Technology Foresight. *85*(1), 65-79.
- Tang, Z., Shen, Y., Li, Y., Zhang, X., Wen, J., Qian, C. a., . . . Yi, N. J. B. (2018). Group spike-and-slab lasso generalized linear models for disease prediction and associated genes detection by incorporating pathway information. *34*(6), 901-910.
- Tariq, S., Hu, Z., & Zayed, T. J. J. o. C. P. (2021). Micro-electromechanical systems-based technologies for leak detection and localization in water supply networks: A bibliometric and systematic review. *289*, 125751.
- Van Eck, N., & Waltman, L. J. s. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *84*(2), 523-538.
- Wang, C., Lim, M. K., Zhao, L., Tseng, M.-L., Chien, C.-F., & Lev, B. J. O. (2020). The evolution of Omega-The International Journal of Management Science over the past 40 years: A bibliometric overview. *93*, 102098.
- Wang, L., Luo, G.-l., Sari, A., Shao, X.-F. J. T. F., & Change, S. (2020). What nurtures fourth industrial revolution? An investigation of economic and social determinants of technological innovation in advanced economies. *161*, 120305.
- Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. J. R. s. o. e. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *236*, 111402.
- Yang, F., Hegh, D., Song, D., Zhang, J., Usman, K. A. S., Liu, C., . . . Qin, S. J. M. R. E. (2022). Synthesis of nitrogen-sulfur co-doped Ti₃C₂T_x MXene with enhanced electrochemical properties. *2*(1), 100079.
- Zheng, X., Le, Y., Chan, A. P., Hu, Y., & Li, Y. J. I. j. o. p. m. (2016). Review of the application of social network analysis (SNA) in construction project management research. *34*(7), 1214-1225.

Comment citer cet article par la méthode APA:

Mohamed Lamine BENDAOU (2023), **Intelligence Artificielle et Economie Environnementale : Enquête Bibliométrique**, Journal Of Quantitative Economics Stadies, Volume 09 (numéro 01), Algérie : Université Kasdi Marbah Ouargla, PP. 451-466.



Les droits d'auteur de tous les articles publiés dans cette revue sont conservés par les auteurs concernés conformément à la licence **Creative Commons Paternité-Pas d'utilisation commerciale - Pas de dérivation 4.0 International** (CC BY-NC 4.0).
Journal Of Quantitative Economics Stadies sous licence **Creative Commons Creative Commons Attribution – Pas d'utilisation commerciale - Prevention de derivation 4.0 International** (CC BY-NC 4.0).



The copyrights of all papers published in this journal are retained by the respective authors as per the **Creative Commons Attribution License**.
Journal Of Quantitative Economics Stadies is licensed under a **Creative Commons Attribution-Non Commercial license** (CC BY-NC 4.0).