

Analyse bibliométrique sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides, basée sur la base de données Scopus entre 1998 et 2022.

Gaétan Tohouégnon GBODJA^{1*} ;
Laurent Gbenato HOUËSSOU¹ ;
Marius Houénagnon. YETEIN¹,
Christine Nougbodé OUINSAVI²

Résumé

L'étendue des zones humides naturelles connaissent de nos jours un déclin constant. Cette étude vise à clarifier l'état actuel de la recherche dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides entre 1998 et 2022 dans la base de données Scopus et fournir des orientations pour des recherches futures. Pour y parvenir, une analyse bibliométrique a été réalisée avec le progiciel bibliometrix basé sur le langage R. Les résultats montrent qu'au cours des trois dernières décennies le volume de publications dans ce domaine a connu une évolution rapide. L'analyse identifie les trois principaux auteurs (Zhang Y., XU Z. et Liu L.), les trois principales institutions contributrices (l'université normale de Chine orientale, l'université de Lanzhou et l'université de Oklahoma) et les trois pays les plus productifs (Chine, les États-Unis et l'Allemagne). L'étude la plus influente avec le plus grand nombre de citations est celle de Jiapaer et al. (2015) et les revues les plus utilisées dans le domaine sont *Journal of hydrology* et *Remote sensing*. L'analyse de co-occurrence démontre que les études sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides peuvent être divisées en six groupes cadrés par des mots-clés *climate change / remote sensing / soil moisture / landsat / holocene / modis*. Au regard de cette recherche, des études futures pourraient combiner les résultats de la distribution spatiale et les critères de la Liste Rouge des Ecosystèmes afin d'évaluer le statut de conservation des écosystèmes.

Mots-clés : Dynamique spatio-temporelle, Zone humide, Écosystème, Bibliometrix, Biblioshiny

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, 03 BP 125, Parakou, Bénin.

² Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF), Faculté d'Agronomie, BP : 123, Parakou, Bénin

*Auteur correspondant : gaetangille@gmail.com ; Tél : +229 01 96 08 14 07

Bibliometric analysis of the spatial distribution of wetland ecosystems based on the Scopus database between 1998 and 2022.

Abstract

The extent of natural wetlands is in constantly decreasing. This study aims to clarify the current state of research in the field of the spatial distribution of wetland ecosystems between 1998 and 2022 in the Scopus database and to provide guidelines for future research. To achieve this, a bibliometric analysis was carried out using the bibliometrix software package based on the R language. The results show that the volume of publications in this field has grown rapidly over the last three decades. The analysis identifies the top three authors (Zhang Y., XU Z. et Liu L.), the top three contributing institutions (East China Normal University, Lanzhou University and the University of Oklahoma) and the three most productive countries (China, USA and Germany). The most influential study with the highest number of citations is Jiapaer et al. (2015), and the most widely used journals in the field are Journal of hydrology and Remote sensing. The co-occurrence analysis shows that studies on the spatial distribution of wetland ecosystems can be divided into six groups framed by the keyword's climate change / remote sensing / soil moisture / landsat / holocene / modis. Based on this research, future studies could combine the results of spatial distribution and Red List of Ecosystems criteria to assess the conservation status of ecosystems.

Keywords: Spatio-temporal dynamics, Wetland, Ecosystem, Bibliometrix, Biblioshiny

Introduction

Considérer comme une composante importante de la biosphère mondiale, les écosystèmes jouent un rôle essentiel dans le cycle mondial du carbone et de la biomasse (Wang et al., 2022). Ils regorgent d'importantes biodiversités et fournissent de nombreux services écosystémiques. Mais leur biodiversité est confrontée à de nombreuses menaces et continue de décliner malgré les nombreux efforts déployés pour contenir cette perte (Tanner-McAllister et al., 2014). Les facteurs induits par l'homme ont modifié les écosystèmes plus rapidement et plus largement qu'au cours de toute autre période comparable durant ces dernières années (Venter et al., 2016; G. Li et al., 2020). Dès lors, les aires protégées ont été mise en place comme des stratégies de conservation les plus fréquemment utilisées et devraient jouer un rôle dans le maintien des moyens de subsistance des communautés locales adjacentes (Amin et al., 2015; Duan et al., 2020). C'est ainsi qu'à l'échelle mondiale la demande de protection des forêts et des services écosystémiques par le biais des aires protégées est souvent générée, tout comme certains des avantages des efforts de conservation qui en

résultent (Amin et al., 2015). Elles constituent une stratégie vitale pour la conservation de la nature et l'adaptation aux changements climatiques (Jones et al., 2018; Mammides, 2020) et sont reconnues comme les pierres angulaires de la préservation de la biodiversité mondiale et de l'atténuation des menaces humaines (Jones et al., 2018; G. Li et al., 2020). Cependant, la réduction de la taille ou la dégradation des aires protégées est régulièrement signalée et 32,8 % des terres protégées mondiales sont soumises à une pression humaine intense (Weisser et al., 2017; Jones et al., 2018; Coad et al., 2019; Qin et al., 2019).

Les zones humides protégées ou non ne sont pas épargnées de cette situation. Elles représentent un milieu très particulier, un complexe d'écosystèmes dans lesquels les plantes se sont adaptées avec des structures et des mécanismes biologiques propres regroupant un ensemble de ressources naturelles interdépendantes dans l'espace et dans le temps (Y. Zhang et al., 2011; Agboola et al., 2016; Acero-Oliete et al., 2022; Arshad et al., 2023). Placer en deuxième position après les forêts tropicales sur le plan de la biodiversité et de la productivité naturelle, elles sont des écosystèmes les plus riches de la planète (Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018; Azonningbo et al., 2021; Requier-Desjardins et al., 2021; Zhai et al., 2021; Åhlén et al., 2022; Arshad et al., 2023). Mais malgré qu'elles occupent plus de 12,1 millions de km² avec 54% de zones inondées en permanence et 46% de façon saisonnière, les zones humides naturelles connaissent une réduction constante ces dernières années (Adhya & Banerjee, 2022; Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018; Requier-Desjardins et al., 2021; Zhai et al., 2021). De ce fait, depuis quelques années, les ressources et services fournis par les zones humides se sont accrues, faisant d'elles l'objet d'un intérêt croissant et elles sont donc considérées comme une composante importante des écosystèmes terrestres (Asadolahi et al., 2018; Baral et al., 2016; Camacho-Valdez et al., 2020; Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018; Requier-Desjardins et al., 2021). Entre 1970 et 2015, les zones humides (marines/côtières et intérieures) ont connu une régression de près de 35%, soit un déclin de plus de trois fois supérieur au taux de disparition des forêts (Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018).

Les changements climatiques, la croissance de la population humaine et le changement d'affectation des terres sont aujourd'hui encore les facteurs de changement globaux auxquels les écosystèmes humides protégés et leur biodiversité sont soumis (Camacho-Valdez et al., 2020; Adhya & Banerjee, 2022; Alí Santoro et al., 2023). La pression humaine

à l'intérieur des zones protégées est susceptible de compromettre les progrès nationaux en ce qui concerne les obligations de la Convention sur la diversité biologique. Ces dernières années, les visions statiques des cibles d'aires protégées ont été de plus en plus critiquées, avec des preuves largement répandues de la rétrogradation, de la réduction des aires protégées (De Vos et al., 2019). Aujourd'hui, les effets combinés des dommages humains directs ou indirects et des facteurs naturels accélèrent le taux de dégradation des terres à l'échelle mondiale. Le plus grand défi auxquels l'humanité est confrontée dans le monde d'aujourd'hui est la dégradation des écosystèmes. De ce fait, il urge pour les chercheurs de renforcer la recherche sur la dégradation des écosystèmes, de saisir rapidement l'état de la dégradation des écosystèmes, de restaurer et de reconstruire les écosystèmes dégradés, de protéger les ressources des écosystèmes dégradés, de développer et d'utiliser les écosystèmes dégradés (Xie et al., 2020). Un examen complet de ses progrès est essentiel, afin d'identifier et de jeter les bases des études futures sur les points chauds de la recherche existante. L'examen commun de la littérature est basé sur un dépistage délibéré, qui peuvent ne pas aborder pleinement les progrès réalisés dans un domaine de recherche spécifique (Zhao et al., 2020). Cette étude fournit un examen holistique des progrès de la recherche sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides protégées au cours de la période de 1998 à 2022 à l'aide d'une analyse bibliométrique.

La bibliométrie est une méthode statistique qui analyse quantitativement les articles de recherche concernés par un sujet particulier avec des moyens mathématiques (Aria & Cuccurullo, 2017; Xie et al., 2020). Il permet également d'accéder à la qualité des études, d'analyser les domaines clés des recherches et prédire l'orientation des études futures. La base de données en ligne Scopus comprend une documentation de recherche non négligeable mais importante et fournit également des outils d'analyses intégrés pour produire des chiffres représentatifs (Mongeon & Paul-Hus, 2016). De plus, les résultats de la recherche de Scopus pourraient être exportés vers un logiciel pour une analyse plus approfondie comme VOSviewer, biblioshiny for bibliometrix etc. Cependant, peu de recherches sont disponibles pour documenter l'évolution et l'état actuel de la recherche sur la distribution spatiale des écosystèmes humides. Par conséquent, notre étude a été réalisée en temps opportun afin de fournir une large compréhension des aires protégées des zones humides ainsi que sur des orientations de recherches futures.

I. Sources de données et méthodes de traitement

I.1. Sources de données

Les données de 1998 à 2022 ont été téléchargées à partir de Scopus pour une analyse basée sur la synthèse prédéfinie comme suit : (TITLE-ABS-KEY (dynamic AND spatiotemporal) OR TITLE-ABS-KEY (diachronic AND analysis) AND TITLE-ABS-KEY (wetland AND area) OR TITLE-ABS-KEY (lower AND valley) OR TITLE-ABS-KEY (biosphere AND reserve)) AND PUBYEAR > 1998 AND PUBYEAR < 2022 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "EART") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) avec exclusion des mots clés aberrants de la recherche. Les résultats de la recherche sont limités sur les articles et toutes les langues possibles ont été prises en compte dans Scopus. Aussi les articles sous presse devant sortir en janvier 2023 ont été pris en compte. La base Scopus (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>) lancée en novembre 2004 est une source de données neutre de résumés et de citations organisées par des experts en la matière (Mongeon & Paul-Hus, 2016; Meester, 2021; Ullah et al., 2022). Avec plus de 25100 titres de plus de 5000 éditeurs internationaux, Scopus livre une vue d'ensemble la plus complète de la recherche mondiale avec une production dans les domaines de la science, de la technologie, de la médecine et de l'art. A partir de la synthèse et après épuration des données il est obtenu 131 documents sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides couvrant la période 1998 à 2022 (Figure 1).



Figure 1 : Information principale sur les documents obtenus sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides.

I.2. Méthodes de traitement

Une analyse bibliométrique s'effectue suivant cinq étapes clés à savoir : la conception de l'étude, la collecte des données, l'analyse des données, la visualisation des données puis l'interprétation (Aria & Cuccurullo, 2017; Xie et al., 2020). L'analyse et la visualisation des données ont été réalisées avec le progiciel bibliometrix. Le progiciel bibliometrix est un progiciel bibliométrique développé par Aria & Cuccurullo (2017) basé sur le langage R (Derviş, 2020; Ullah et al., 2022). Il peut être utilisé pour l'analyse bibliométrique de l'ensemble du processus ainsi que pour l'affichage visuel. Ainsi, à partir de la tendance annuelle du volume de publications, les principaux auteurs, pays et institutions, les revues les plus utilisées, les études les plus touchées et le réseau de mots-clés ont été analysés.

II. Résultats

II.1. Evolution interannuelle de la tendance des publications

Une classification annuelle du nombre de document disponible reflète les tendances de la recherche de par le monde. L'analyse de l'évolution du développement peut être suivie année par année dans des séries chronologiques. Ainsi, de 1998 à 2022, malgré les légères fluctuations du nombre de documents de recherche publiés sur la dynamique des écosystèmes des zones humides, la tendance générale continue toujours par s'accroître. En effet, le stade précoce sur la dynamique, l'écologie et les statuts de conservation des écosystèmes sont peu documentés comparativement à la durée de la collection de littérature qui est grande. La période entre 1998 à 2006 est une période exploratoire avec une faible production scientifique et même néant de 1999 à 2004. Ainsi la période de 1998 à 2006 mettait en exergue les balbutiements sur la thématique. Ce qui indique que l'importance de la distribution spatiale des zones humides n'a probablement pas attiré l'attention des chercheurs dans le monde. Par contre depuis 2007 la vitesse croissante de dégradation des écosystèmes à l'échelle mondiale avait attiré l'attention des chercheurs du monde conduisant à une période d'expansion rapide de publication atteignant respectivement 05, 09, 16, 24 documents en 2011, 2017, 2020 et 2022 (Figure 2).

II.2. Analyse historique des documents de recherche les plus cités

La revue a regroupé 131 documents sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides (Figure 3). Il ressort de l'analyse de la figure 2 que l'article de Jiapaer et al. (2015) sur la dynamique de la

végétation et réponses au changement climatique a obtenu le meilleur score de citation globale soit 153 citations dans le monde. Ces auteurs ont examiné les caractéristiques spatio-temporelles et les interrelations de la dynamique de la végétation et de la variabilité climatique dans la province du Xinjiang en utilisant l'indice de surface foliaire (LAI) et un ensemble de données météorologiques maillées pour la période 1982-2012. Ils ont également réalisé une analyse plus approfondie concentrée sur la discrimination entre le changement climatique et les effets induits par l'Homme sur la dynamique de la végétation et plusieurs conclusions ont été tirées.

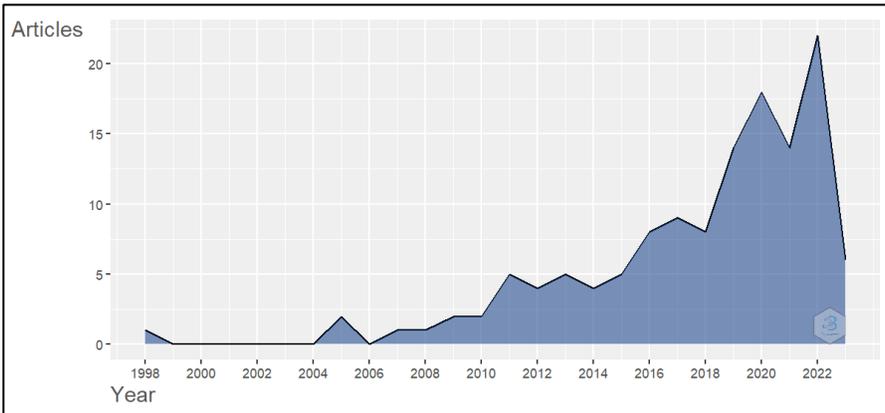


Figure 2 : Evolution interannuelle de la tendance des publications

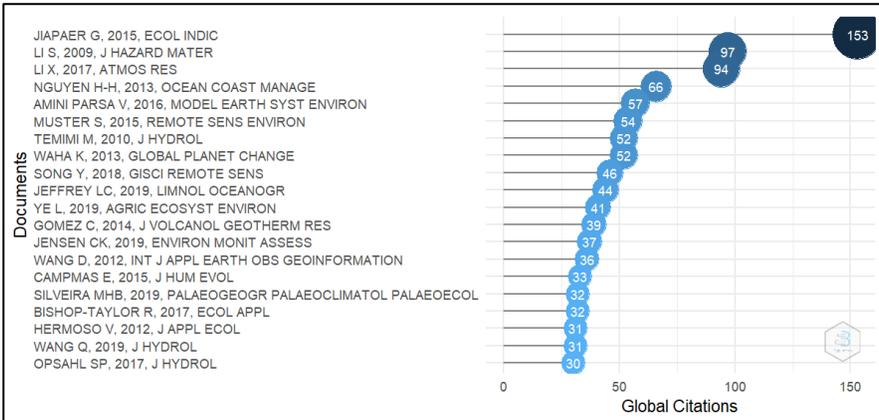


Figure 3 : Documents de recherche les plus cités sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

Li et al. (2009) ont publié un article sur la dynamique spatio-temporelle des nutriments dans le bassin supérieur du fleuve Han en Chine avec un score de 97 citations globale. Les auteurs ont analysé la qualité de l'eau

dans le réseau fluvial du bassin supérieur du fleuve Han en effectuant une analyse typologique (AC), une analyse de variance (ANOVA) et des modèles linéaires généraux (GLM) pour explorer la variation spatio-temporelle des éléments nutritifs, y compris l'azote inorganique dissous (DIN), le $\text{NO}_3^- - \text{N}$, le $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ et le phosphore dissous (DP) dans le bassin supérieur du fleuve Han.

L'article de Li et al. (2017) a obtenu 94 citations dans le monde sur la thématique analyses temporelles et spatiales de la matière particulaire (PM 10 et PM 2,5) et sa relation avec les paramètres météorologiques sur une ville urbaine du nord-est de la Chine. Les auteurs ont examiné les caractéristiques temporelles et spatiales des particules atmosphériques (PM 10 et PM 2,5) et leur relation avec la météorologie au-dessus de Shenyang, une ville du nord-est de la Chine. Ils ont réalisé les analyses à l'aide des moyennes horaires quotidiennes des concentrations massiques de PM mesurées à 11 endroits et des paramètres météorologiques de surface, à partir de Janvier 2014 à mai 2016.

II.3. Analyse du chercheur principal

Au total, les documents collectés ont impliqué 569 auteurs du monde dont 1 seul auteur dispose de 7 articles, 6 auteurs ont 4 articles, 12 auteurs ont 3 articles, et 28 auteurs ont 2 articles chacun (Figure 4). En ce qui concerne le top cinq des principaux auteurs qui ont publié de documents sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides, Zhang Y. se classe premier avec 7 documents publiés. Ces valeurs h-index, g-index et total citation sont respectivement 2, 2, 166. Depuis les années 2011 Zhang Y. s'est focalisé sur la dynamique spatiotemporelle de l'évolution des actions anthropiques sur les zones humides.

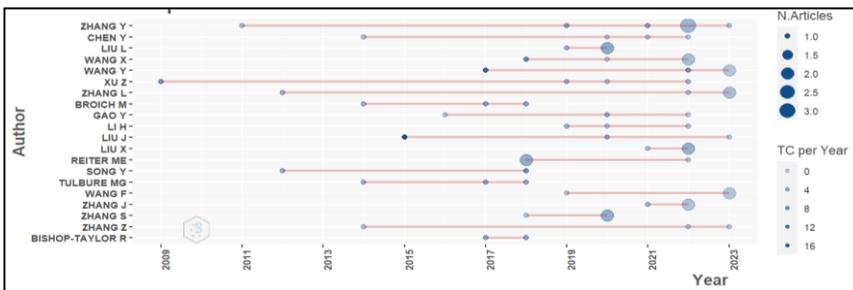


Figure 4 : Production des auteurs au fil du temps dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

S'agissant des deux autres auteurs suivants qui ont quatre articles, on peut énumérer XU Z. avec une valeurs h-index, g-index et citation total respectivement de 3, 4, 118. XU Z. depuis les années 2009 a fait son apparition et se focalise sur la conservation des eaux en image grand format combinant algorithme E-YOLO et contrainte NDWI. Il est suivi par Liu L. avec une valeurs h-index, g-index et citation total respectivement de 3, 4, 42. Il a fait son apparition en 2019 et depuis se focalise sur la dynamique de la végétation des zones humides en réponse aux régimes climatiques (tableau I).

Tableau I : Top 10 des auteurs influents dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

Éléments	h_inde x	g_inde x	m_inde x	TC	N P	PY_star t
ZHANG Y.	3	7	0,231	74	7	2011
XU Z.	3	4	0,2	118	4	2009
LIU L.	3	4	0,6	42	4	2019
SONG Y.	3	3	0,25	128	3	2012
BROICH M.	3	3	0,3	87	3	2014
TULBURE MG.	3	3	0,3	87	3	2014
WANG X.	2	3	0,333	49	3	2018
ZHANG L.	2	3	0,167	39	3	2012
REITER ME.	2	3	0,333	21	3	2018
LI H.	2	3	0,4	18	3	2019

II.4. Pays de publications

La publication d'article dans différents pays peut refléter l'importance et l'influence du pays dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides dans une certaine mesure (Zhao et al., 2020). Au total, 45 pays ont publié des travaux de recherche liés à la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides dans la base Scopus entre 1998 et 2022 (Figure 5). La Chine se classe au premier rang, les États-Unis en deuxième position, suivie de la Germany, de l'Australie, de la France, du Canada, de l'Inde, de l'Uk, du Mexico, de l'Afrique du Sud et de l'Espagne. Le nombre de documents en Chine dépasse largement celui des autres pays, représentant 43,26% des 43 pays. La raison peut être liée à l'industrialisation poussée de la Chine et ses ambitions de connaître la dynamique spatiotemporelle des écosystèmes des zones humides.

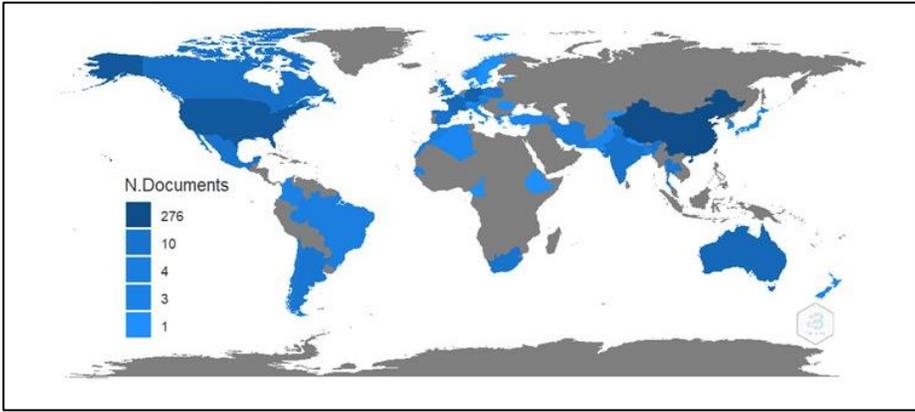


Figure 5 : Répartition de la production scientifique par pays dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

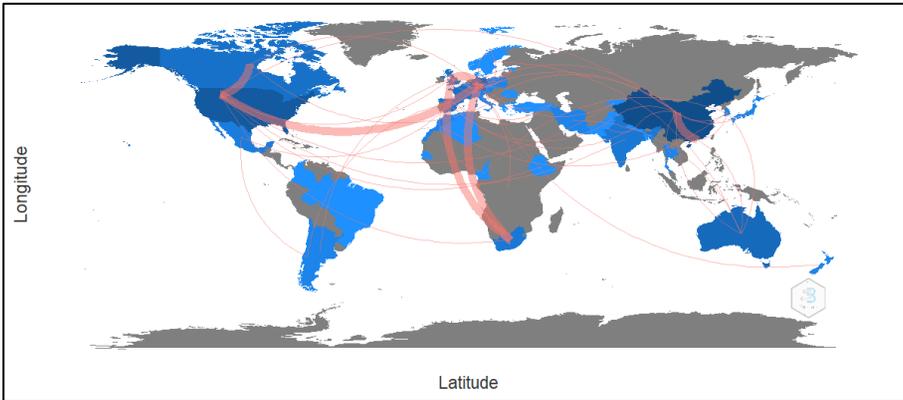


Figure 6 : Carte de collaboration entre pays dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

La collaboration nationale offre une nouvelle perspective pour évaluer l’impact académique des pays dans les études liées à la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides. La figure 6 montre le réseau de collaboration nationale, dans lequel l’épaisseur de chaque courbe représente le degré de collaboration entre pays. La Germanie et l’Afrique du sud ont collaboré sur deux articles sur la thématique. Il en est de même entre la Germanie et les Royaumes Unis ainsi qu’entre les Royaumes Unis et l’Afrique du sud.

II.5. Analyse des mots-clés

Les mots-clés, constituent un élément central et offrent une forme très résumée du contenu d’un article au lecteur (Duan et al., 2020). L’interprétation de la figure 7 montre qu’il y a eu 52 mots-clés sur la

availability ». Les mots-clés de ce groupe sont associés à des études sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides et les changements climatiques à l'aide des données satellites. Le groupe coloré en rouge avec les mots clés « remote sensing » et « topography » : Ils sont associés à des études topographiques à l'aide de la télédétection ; Le groupe de mots-clés en violet mené par « landscape connectivity », « surface-water dynamics », « graph theory » : Ce groupe traite des relations entre la dynamique paysagère ainsi que des eaux de surface. Le dernier groupe de mots-clés coloré en vert est mené par les mots « MODIS » et « land cover ». Ce groupe est lié à l'analyse de l'occupation du sol avec le capteur MODIS.

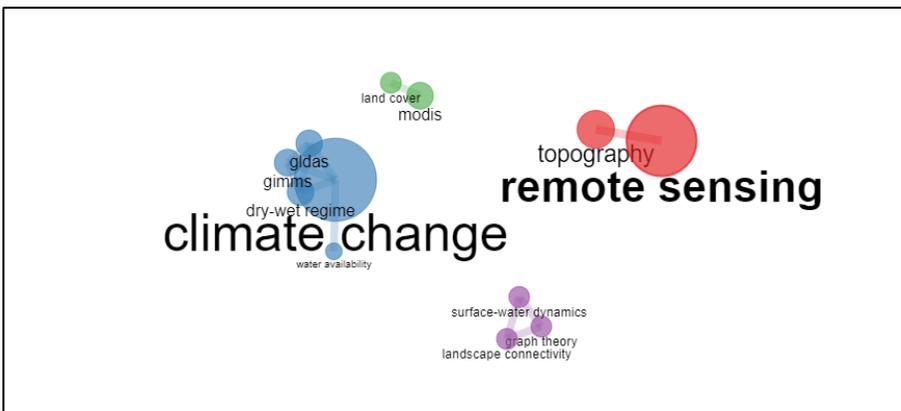


Figure 8 : Co-occurrence des Mots-clés dans la recherche sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides

II.6. Analyse en grappes et analyse de correspondance multiple de mots-clés à haute fréquence

Afin d'analyser les grappes et les mots clés qui font de plus en plus d'objet de recherche dans le monde, une Analyse de correspondance multiple (MCA) de mots clés à haute fréquence dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides a été réalisée. L'analyse de correspondance multiple (MCA) est une approche sociologique couramment utilisée qui compresse de grandes données avec plusieurs variables dans un espace de faible dimension pour former un graphique intuitif bidimensionnel (ou tridimensionnel) qui utilise la distance plane pour refléter la similitude entre les mots-clés (Xie et al., 2020). Plus les mots-clés s'approchent du point central (Dim 1 et Dim 2), ils indiquent qu'ils ont reçu une grande attention ces dernières années. Plus la bordure est proche, plus le thème de l'étude est étroit ou passe à d'autres thèmes (Xie et al., 2020). Dans le cadre de

al., 2015; H. Liu et al., 2022; Song et al., 2011). Elles sont suivies étroitement par *Oklahoma University* qui a publié 9 articles dans le domaine avec un focus sur l'étude de la cartographie des réseaux fluviaux dynamiques ainsi que la modélisation de l'impact de la dynamique spatio-temporelle de la végétation sur la recharge des eaux souterraines (Anurag et al., 2021; Belmaker & O'Brien, 2018; J. Gao et al., 2017; S. Gao et al., 2021; Z. Gao et al., 2009).

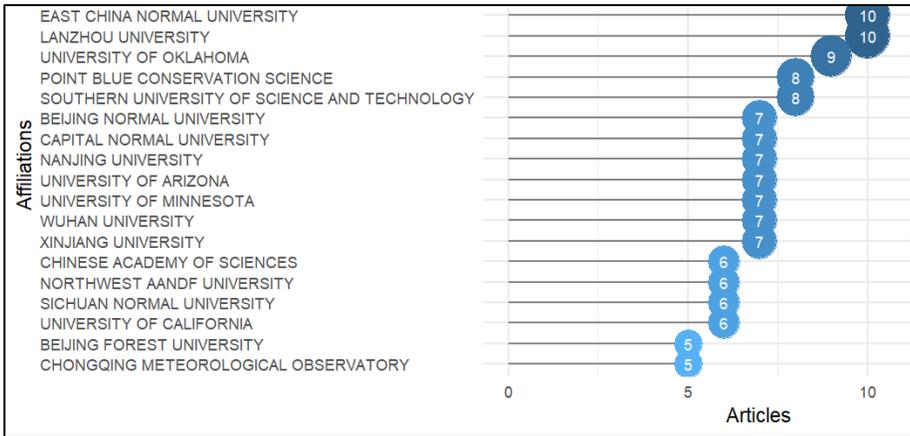


Figure 10 : Institution ayant le plus de publications

La recherche a trouvé 88 revues dans lesquelles sont publiées des études dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides. Le tableau II montre les 10 premières revues dans lesquelles 41 articles sont publiés, ce qui représente environ 31,29%. La plupart des revues proviennent de l'éditeur *Elsevier*. *Journal of hydrology* est mis en évidence par le nombre maximal de publications avec le facteur d'impact le plus élevé ainsi que le plus grand nombre de citations. Elle est suivie étroitement par la revue *Remote sensing* avec un facteur d'impact et un nombre total de citation également élevé malgré qu'elle ait commencé par publier dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides il y a 4 ans.

Tableau II : Les 10 revues avec le plus d'articles publiés

Elément	h_inde x	g_inde x	m_index	TC	N P	PY_star t
<i>Journal of hydrology</i>	6	9	0,42	18 0	9	2010
<i>Remote sensing</i>	6	6	1,2	91	6	2019
<i>Shengtai xuebao</i>	2	5	0,25	30	5	2016
<i>Science of the total environment</i>	2	4	0,5	42	4	2020
<i>Advances in meteorology</i>	2	3	0,25	13	3	2016
<i>Ecological applications</i>	3	3	0,42	57	3	2017
<i>Ecological indicators</i>	3	3	0,33	19 9	3	2015
<i>Hydrology and earth system sciences</i>	2	3	0,15	44	3	2011
<i>Landscape ecology</i>	2	3	0,33	19	3	2018
<i>Environmental earth sciences</i>	2	2	0,28	15	2	2017

III. Discussion et perspectives

Cette étude a utilisé la base Scopus pour intégrer de manière centralisée la littérature liée à la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides en tant que source de données tout en intégrant pleinement les avantages de la visualisation bibliométrique du progiciel bibliometrix sur la période de 1998 à 2022. Elle souligne la nécessité de rendre plus claires les informations sur la dynamique spatiotemporelle des écosystèmes des zones humides en introduisant une analyse des co-citations et de la dynamique des grappes. Les résultats ont montré que le volume des publications dans le domaine a connu une évolution en flèche sur une période de 27 ans. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Duan et al. (2020) et Xie et al. (2020) qui ont trouvé qu'au cours des deux dernières décennies, le nombre d'articles sur la dégradation des terres et sur la surveillance des aires protégées a considérablement augmenté.

L'analyse des résultats montre également que les auteurs Zhang, Chen Y, Liu L, sont les trois principaux auteurs sur la thématique. L'université normale de Chine orientale, l'université de Lanzhou, l'université de Oklahoma sont les quatre principales institutions contributrices, tandis que la Chine, les États-Unis, la Germany,

l’Australie, la France, le Canada, l’Inde, l’Uk, le Mexico, l’Afrique du sud, l’Espagne sont les pays les plus productifs pour les centres de recherche sur la dynamique des écosystèmes des zones humides. Les études phares dans le domaine sont celles de Jiapaer et al. (2015), Li et al. (2009) et Li et al. (2017) qui ont étudié la dynamique des écosystèmes des zones humides associant plusieurs méthodes. La plupart des revues sur la thématique proviennent de l’éditeur Elsevier avec comme revue influente *Journal of hydrology* et *Remote sensing* qui sont les plus utilisées. L’analyse de co-occurrence démontre que les études sur la dynamique ou la distribution spatiale des écosystèmes en général se concentrent sur six aspects comme l’indiquent respectivement les mots-clés décelés comme suit : *climat change / remote sensing / soil moisture / landsat / holocene / modis* étant donné que les effets des changements climatiques sur la dégradation des écosystèmes ont considérablement augmenté ces dernières années. Toutefois, les Changements climatiques uniquement ne constituent par les seules menaces sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides : les perturbations d’origines anthropiques et naturelles contribuent fortement aussi à la perturbation de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides. Ainsi, comme l’effet des changements climatiques sur la distribution spatiale des écosystèmes ont été bien étudié dans les pays bien développés, tel que les États-Unis, la Germany, la Chine l’Australie, la France, le Canada mais aussi dans des pays les plus peuplés comme l’Inde, des études similaires dans les pays sous-développés d’Afrique sur la dynamique des écosystèmes des zones humides devraient être menées pour lutter contre la destruction de ses dernières.

Mais ces aspects devraient être correctement abordés avec la conception et le développement de nouvelle méthode d’estimation de la distribution spatiale et ou avec des images satellites de bonne résolution telle que Spot. Des études futures sont recommandées pour évaluer les écosystèmes des zones humides suivant les critères de la Liste Rouges des Écosystèmes (LRE) de l’UICN (Bland et al., 2016). Les études antérieures sont généralement basées sur des analyses diachroniques sur les écosystèmes montrant les changements d’affectation du sol et ou la dynamique des flux de carbones entre les différents types d’écosystème (De Vos et al., 2019; Dzialak et al., 2013; M. Li et al., 2022; Salomon et al., 2021). Il est souhaitable de développer une modélisation fonctionnelle structurale contenant à la fois la réduction de la distribution spatiale des écosystèmes, l’analyse de la limite la

distribution spatiale des écosystèmes, la dégradation de l'environnement, la perturbation biotique dans les écosystèmes et l'analyse quantitative qui estime que la probabilité d'effondrement des écosystèmes (Rodríguez et al., 2011; Keith et al., 2015; Rodríguez et al., 2015). Ainsi, la présente étude aidera les chercheurs à clarifier l'état actuel de la recherche dans le domaine de la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides.

Conclusion

Les publications sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides entre 1998 et 2022 ont été récupérées dans la base de données Scopus et les progiciels bibliométriques et biblioshiny ont été utilisés pour l'exploration et l'analyse des données. L'analyse des résultats présente les caractéristiques et la discipline diverses. En effet, le nombre de documents sur la distribution spatiale des écosystèmes des zones humides s'accroît de manière grandissante, surtout depuis les années 2007. Ainsi, la distribution temporelle des publications sur le domaine peut être divisée en trois périodes : une période exploratoire à faible production scientifique et même néant de 1999 à 2004, une période de germination de développement et une période d'expansion rapide de publication sur les années 2011, 2017, 2020 et 2022. Les institutions East China Normal University (ECNU), Lanzhou University, Oklahoma University ont été identifiées comme celles qui ont un volume élevé de document sur la thématique. (3). Les mots-clés les plus fréquents dans le domaine « *climat change* », « *remote sensing* », « *soil moisture* », « *landsat* », « *holocene* », « *modis* » signalent que les recherches passées détectent les changements de la couverture et de l'utilisation des terres causés par la déforestation afin de déceler les impacts du changement climatique sur les écosystèmes des zones humides. Au regard des résultats observés des études futures sont recommandées pour évaluer les écosystèmes des zones humides suivant les critères de la Liste Rouges des Écosystèmes de l'UICN.

Remerciements

Les auteurs remercient très profondément le projet GMES et Afrique, dirigé par l'Université du Ghana (UG-GMES Postgraduate Grant) pour le soutien financier apporté à ce travail.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs

Tous les auteurs ont contribué à la rédaction du manuscrit soumis à votre journal pour publication.

Références bibliographiques

- ACERO-OLIETE, A., LOPEZ-JULIAN, P. L., RUSSO, B., & RUIZ-LOZANO, O. (2022). Comparative Efficiency of Two Different Constructed Wetlands for Wastewater Treatment of Small Populations in Mediterranean Continental Climate. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su14116511>
- ADHYA, T., & BANERJEE, S. (2022). Impact of Wetland Development and Degradation on the Livelihoods of Wetland-dependent Communities: A Case Study from the Lower Gangetic Floodplains. *Wetlands*, 42(7). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01588-w>
- AGBOOLA, J. I., NDIMELE, P. E., ODUNUGA, S., AKANNI, A., KOSEMANI, B., & AHOVE, M. A. (2016). Ecological health status of the Lagos wetland ecosystems: Implications for coastal risk reduction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183, 73-81. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.019>
- ÅHLÉN, I., THORSLUND, J., HAMBÄCK, P., DESTOUNI, G., & JARSJÖ, J. (2022). Wetland position in the landscape: Impact on water storage and flood buffering. *Ecohydrology*, 15(7). Scopus. <https://doi.org/10.1002/eco.2458>
- ALÍ SANTORO, V., CAROL, E., & KANDUS, P. (2023). Vegetation changes in coastal wetlands of the outer estuary of the Río de la Plata as a result of anthropic-induced hydrological modifications. *Science of the Total Environment*, 866. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161325>
- AMIN, A., ZAEHRINGER, J. G., SCHWILCH, G., & KONÉ, I. (2015). People, protected areas and ecosystem services: A qualitative and quantitative analysis of local people's perception and preferences in Côte d' Ivoire. *Natural Resources Forum*, 39(2), 97-109. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12069>
- ANURAG, H., NG, G. H. C., TIPPING, R., & TOKOS, K. (2021). Modelling the impact of spatiotemporal vegetation dynamics on

groundwater recharge. *Journal of Hydrology*, 601. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126584>

ARIA, M., & CUCCURULLO, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

ARSHAD, K., AQEEL, M., NOMAN, A., NAZIR, A., MAHMOOD, A., RIZVI, Z. F., SARFRAZ, W., HYDER, S., ZAKA, S., & KHALID, N. (2023). Ecological health risk assessment of microplastics and heavy metals in sediments, water, hydrophytes (*Alternanthera philoxeroides*, *Typha latifolia*, and *Ipomoea carnea*), and fish (*Labeo rohita*) in Marala wetlands in Sialkot, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25142-1>

ASADOLAH, Z., SALMANMAHINY, A., SAKIEH, Y., MIRKARIMI, S. H., BARAL, H., & AZIMI, M. (2018). Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: Towards putting ecosystem services into planning in Iran. *Ecological Complexity*, 36, 250-260. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2018.09.003>

AZONNINGBO, S. H. W., ADJAKPA, J. B., & AGBANGBA, E. C. (2021). Organisation spatio-temporelle des peuplements d'oiseaux de la zone humide d'importance internationale du Sud-Ouest du Bénin (Site Ramsar 1017). *International Journal of Environmental Studies*, 78(1), 117-139. <https://doi.org/10.1080/00207233.2020.1778259>

BARAL, S., BASNYAT, B., KHANAL, R., & GAULI, K. (2016). A Total Economic Valuation of Wetland Ecosystem Services: An Evidence from Jagadishpur Ramsar Site, Nepal. *The Scientific World JOURNAL*, 2016, 2605609. <https://doi.org/10.1155/2016/2605609>

BELMAKER, M., & O'BRIEN, H. D. (2018). Mesowear study of ungulates from the early Pleistocene site of 'Ubeidiya (Israel) and the implications for early Homo dispersal from Africa. *Quaternary International*, 480, 66-77. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.052>

BLAND, L. M., KEITH, D. A., MILLER, R. M., MURRAY, N. J., & RODR, J. P. (2016). *Lignes directrices pour l'application des critères et catégories de la Liste Rouge des Écosystèmes de l'UICN version 1.0*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.RLE.1.fr>

- CAMACHO-VALDEZ, V., SAENZ-ARROYO, A., GHERMANDI, A., NAVARRETE-GUTIÉRREZ, D. A., & RODILES-HERNÁNDEZ, R. (2020). Spatial analysis, local people's perception and economic valuation of wetland ecosystem services in the Usumacinta floodplain, Southern Mexico. *PeerJ*, 8, e8395. <https://doi.org/10.7717/peerj.8395>
- CHEN, Y., GUO, L., CUI, J., & XIONG, S. (2022). Spatiotemporal variation of well-dated soil organic carbon pool in Northeast China during the Holocene. *Quaternary Sciences*, 42(5), 1311-1327. Scopus. <https://doi.org/10.11928/j.issn.1001-7410.2022.05.07>
- COAD, L., WATSON, J. E., GELDMANN, J., BURGESS, N. D., LEVERINGTON, F., HOCKINGS, M., KNIGHTS, K., & DI MARCO, M. (2019). Widespread shortfalls in protected area resourcing undermine efforts to conserve biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 259-264. <https://doi.org/10.1002/fee.2042>
- CONVENTION DE RAMSAR SUR LES ZONES HUMIDES. (2018). *Convention de RAMSAR sur les zones humides « Perspectives mondiales des zones humides : État des zones humides à l'échelle mondiale et des services qu'elles fournissent à l'humanité »*,.
- DE VOS, A., CLEMENTS, H. S., BIGGS, D., & CUMMING, G. S. (2019). The dynamics of proclaimed privately protected areas in South Africa over 83 years. *Conservation Letters*, 12(6), e12644. <https://doi.org/10.1111/conl.12644>
- DERVIŞ, H. (2020). Bibliometric Analysis using Bibliometrix an R Package. *Journal of Scientometric Research*, 8(3), 156-160. <https://doi.org/10.5530/jscires.8.3.32>
- DUAN, P., WANG, Y., & YIN, P. (2020). Remote Sensing Applications in Monitoring of Protected Areas: A Bibliometric Analysis. *Remote Sensing*, 12(5), 772. <https://doi.org/10.3390/rs12050772>
- DZIALAK, M. R., HOUCHEM, D. J., HARJU, S. M., MUDD, J. P., WONDZELL, J. J., WEBB, S. L., GOULD, N. P., HESS, J. E., & WINSTEAD, J. B. (2013). Ecosystem-level dynamics of soil-vegetation features, with implications for conserving a narrowly endemic reptile. *Landscape Ecology*, 28(7), 1371-1385. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9888-7>
- GAO, J., LI, F., GAO, H., ZHOU, C., & ZHANG, X. (2017). The impact of land-use changes on water-related ecosystem services: A

study of the Guishui River Basin, Beijing, China. *Journal of Cleaner Production*, 163, S148-S155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.049>

GAO, S., CHEN, M., LI, Z., COOK, S., ALLEN, D., NEESON, T., YANG, T., YAMI, T., & HONG, Y. (2021). Mapping dynamic non-perennial stream networks using high-resolution distributed hydrologic simulation: A case study in the upper blue river basin. *Journal of Hydrology*, 600. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126522>

Gao, Z., Zhang, W., Gao, W., & Chang, N.-B. (2009). Modeling the land surface heat exchange process with the aid of moderate resolution imaging spectroradiometer images. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3(1). Scopus. <https://doi.org/10.1117/1.3290811>

JIAPAER, G., LIANG, S., YI, Q., & LIU, J. (2015). Vegetation dynamics and responses to recent climate change in Xinjiang using leaf area index as an indicator. *Ecological Indicators*, 58, 64-76. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.036>

JONES, K. R., VENTER, O., FULLER, R. A., ALLAN, J. R., MAXWELL, S. L., NEGRET, P. J., & WATSON, J. E. M. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, 360(6390), 788-791. <https://doi.org/10.1126/science.aap9565>

KEITH, D. A., RODRÍGUEZ, J. P., BROOKS, T. M., BURGMAN, M. A., BARROW, E. G., BLAND, L., COMER, P. J., FRANKLIN, J., LINK, J., MCCARTHY, M. A., MILLER, R. M., MURRAY, N. J., NEL, J., NICHOLSON, E., OLIVEIRA-MIRANDA, M. A., REGAN, T. J., RODRÍGUEZ-CLARK, K. M., ROUGET, M., & SPALDING, M. D. (2015). The IUCN Red List of Ecosystems: Motivations, Challenges, and Applications: Design of red list criteria for ecosystems. *Conservation Letters*, 8(3), 214-226. <https://doi.org/10.1111/conl.12167>

LI, G., GAO, J., LI, L., & HOU, P. (2020). Human pressure dynamics in protected areas of China based on nighttime light. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01222. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01222>

LI, M., YIN, P., DUAN, X., DONG, C., CAO, K., YANG, L., & CHEN, X. (2022). Land use change and ecosystem effect in typical coastal zone of Yangtze River Delta in the last 20 years. *Geology in China*, 49(4), 1114-1126. Scopus. <https://doi.org/10.12029/gc20220406>

- LI, S., LIU, W., GU, S., CHENG, X., XU, Z., & ZHANG, Q. (2009). Spatio-temporal dynamics of nutrients in the upper Han River basin, China. *Journal of Hazardous Materials*, 162(2-3), 1340-1346. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.06.059>
- LI, X., MA, Y., WANG, Y., LIU, N., & HONG, Y. (2017). Temporal and spatial analyses of particulate matter (PM10 and PM2.5) and its relationship with meteorological parameters over an urban city in northeast China. *Atmospheric Research*, 198, 185-193. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.08.023>
- LIU, H., ZHANG, J., LIAO, A., LIU, C., DU, M., HUANG, A., LIANG, C., SUN, Z., & GUO, J. (2022). Estimation of variability in soil water content in a forested critical-zone experimental catchment in Eastern China. *Journal of Contaminant Hydrology*, 248. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2022.104022>
- LIU, L., NIU, Q., HENG, J., LI, H., & XU, Z. (2020). Characteristics of dry and wet conversion and dynamic vegetation response in Yarlung Zangbo River basin. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 36(2), 175-184. Scopus. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2020.02.021>
- MAMMIDES, C. (2020). A global assessment of the human pressure on the world's lakes. *Global Environmental Change*, 63, 102084. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102084>
- MEESTER, W. (2021). *Scopus roadmap and new developments* [Image].
- MONGEON, P., & PAUL-HUS, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213-228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- QIN, S., GOLDEN KRONER, R. E., COOK, C., TESFAW, A. T., BRAYBROOK, R., RODRIGUEZ, C. M., POELKING, C., & MASCIA, M. B. (2019). Protected area downgrading, downsizing, and degazettement as a threat to iconic protected areas. *Conservation Biology*, 33(6), 1275-1285. <https://doi.org/10.1111/cobi.13365>
- REQUIER-DESJARDINS, M., CHAZÉE, L., KHECHIMI, W., ANOUGMAR, S., & GARRABÉ, M. (2021). Les services écosystémiques culturels rendus par les zones humides protégées en Méditerranée : Élaboration d'un indicateur de suivi. *Natures Sciences Sociétés*, 29(4), 423-438. <https://doi.org/10.1051/nss/2022007>

RODRÍGUEZ, J. P., KEITH, D. A., RODRÍGUEZ-CLARK, K. M., MURRAY, N. J., NICHOLSON, E., REGAN, T. J., MILLER, R. M., BARROW, E. G., BLAND, L. M., BOE, K., BROOKS, T. M., OLIVEIRA-MIRANDA, M. A., SPALDING, M., & WIT, P. (2015). A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1662), 1-9. Scopus. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0003>

RODRÍGUEZ, J. P., RODRÍGUEZ-CLARK, K. M., BAILLIE, J. E. M., ASH, N., BENSON, J., BOUCHER, T., BROWN, C., BURGESS, N. D., COLLEN, B., JENNINGS, M., KEITH, D. A., NICHOLSON, E., REVENGA, C., REYERS, B., ROUGET, M., SMITH, T., SPALDING, M., TABER, A., WALPOLE, M., ... ZAMIN, T. (2011). Establishing IUCN red list criteria for threatened ecosystems. *Conservation Biology*, 25(1), 21-29. Scopus. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01598.x>

SALOMON, W., SIKUZANI, Y. U., KOUAKOU, A. T. M., BARIMA, Y. S. S., JOSEPH, K. H., THEODAT, J. M., & BOGAERT, J. (2021). Dynamique paysagère du Parc National Naturel de la Forêt des Pins en Haïti (1973-2018). *Tropicultura*, 39(2), 1-27. Scopus. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.1831>

SONG, C.-Q., YOU, S.-C., KE, L.-H., LIU, G.-H., & ZHONG, X.-K. (2011). Spatiotemporal dynamics of land cover in Northern Tibetan Plateau with responses to climate change. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(8), 2091-2097. Scopus.

TANNER-MCALLISTER, S. L., RHODES, J. R., & HOCKINGS, M. (2014). Community and park manager's perceptions of protected area management: A southeast Queensland study. *Australasian Journal of Environmental Management*, 21(3), 320-336. <https://doi.org/10.1080/14486563.2014.932720>

ULLAH, R., ASGHAR, I., & GRIFFITHS, M. G. (2022). An Integrated Methodology for Bibliometric Analysis: A Case Study of Internet of Things in Healthcare Applications. *Sensors*, 23(1), 67. <https://doi.org/10.3390/s23010067>

VENTER, O., SANDERSON, E. W., MAGRACH, A., ALLAN, J. R., BEHER, J., JONES, K. R., POSSINGHAM, H. P., LAURANCE, W. F., WOOD, P., FEKETE, B. M., LEVY, M. A., & WATSON, J. E. M. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint

and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications*, 7(1), 12558. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>

WANG, J., HE, Z., WANG, C., FENG, M., PANG, Y., YU, T., & LI, X. (2022). Investigation of Long-Term Forest Dynamics in Protected Areas of Northeast China Using Landsat Data. *Remote Sensing*, 14(13), 2988. <https://doi.org/10.3390/rs14132988>

WEISSER, W. W., ROSCHER, C., MEYER, S. T., EBELING, A., LUO, G., ALLAN, E., BEßLER, H., BARNARD, R. L., BUCHMANN, N., BUSCOT, F., ENGELS, C., FISCHER, C., FISCHER, M., GESSLER, A., GLEIXNER, G., HALLE, S., HILDEBRANDT, A., HILLEBRAND, H., DE KROON, H., ... EISENHAUER, N. (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology*, 23, 1-73. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.06.002>

XIE, H., ZHANG, Y., WU, Z., & LV, T. (2020). A Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions. *Land*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.3390/land9010028>

ZHAI, T., WANG, J., FANG, Y., LIU, J., HUANG, L., CHEN, K., & ZHAO, C. (2021). Identification and Prediction of Wetland Ecological Risk in Key Cities of the Yangtze River Economic Belt: From the Perspective of Land Development. *Sustainability*, 13(1), 411. <https://doi.org/10.3390/su13010411>

ZHANG, Y., WANG, G., & WANG, Y. (2011). Changes in alpine wetland ecosystems of the Qinghai–Tibetan plateau from 1967 to 2004. *Environmental Monitoring and Assessment*, 180(1-4), 189-199. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1781-0>

ZHANG, Z., LIU, X., & WRIGHT, W. (2022). Spatiotemporal water dynamic modelling of Ramsar-listed lakes on the Victorian Volcanic Plains using Landsat, ICESat-2 and airborne LiDAR data. *Ecological Informatics*, 71. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101789>

ZHAO, R., WU, D., & PATTI, S. (2020). A Bibliometric Analysis of Carbon Labeling Schemes in the Period 2007–2019. *Energies*, 13(16), 4233. <https://doi.org/10.3390/en13164233>