



Régimes d'irrigation et rendement du riz (*Oryza sativa* L) au niveau de l'aménagement hydro-agricole du Centre de Développement de Diffa, Niger: Analyse bibliométrique

MAMANE NAHANDE IBRAHIM Mamane Kabirou* et ABDOU Laouali

Faculté des Sciences Agronomique et Écologiques, Université de Diffa, Diffa, Niger

*E-mail : nahandemamanekabirou@gmail.com +227 96109325

Submitted 21/04/2026, Published online on 31/07/2026 in the <https://www.m.elewa.org/journals/journal-of-applied-biosciences-about-jab/> <https://doi.org/10.35759/JABs.222.2>

RESUME

Objectif : Cette étude analyse l'évolution des publications scientifiques sur les régimes d'irrigation et leur impact sur le rendement du riz (*Oryza sativa* L) au niveau de l'aménagement hydro-agricole du Centre de Développement de Diffa, Niger.

Méthodologie et Résultats : Un total de 4986 articles (1995–2025) a été collecté via OpenAlex, Google Scholar et Scopus. L'analyse distingue trois phases : 1995–2004, centrée sur la productivité ; 2005–2014, axée sur l'efficacité hydrique ; et 2015–2025, marquée par la durabilité et la résilience climatique. Les méthodes incluent l'évolution quantitative, la co-occurrence des mots-clés (VOSviewer), le couplage bibliographique et l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Les résultats révèlent une croissance soutenue des publications, passant de 5 articles en 1995 à 720 en 2025, et un glissement progressif des approches purement agronomiques vers des stratégies intégrées combinant agroécologie, sciences du sol, hydrologie et génétique du riz. Les réseaux institutionnels sont dominés par l'International Rice Research Institute et la Chinese Academy of Sciences, tandis que les pays leaders sont les États-Unis, la Chine et l'Inde, avec l'émergence du Niger comme acteur régional. L'AFC explique 88,3 % de la variance, distinguant la gestion opérationnelle des approches systémiques.

Conclusion et application des résultats : Les résultats de cette étude ne constituent pas seulement un état des lieux de l'évolution scientifique du domaine, mais fournissent également une base stratégique pour orienter les politiques agricoles et hydriques vers une riziculture sahélienne plus productive, durable et résiliente face aux changements climatiques.

Mots-clés : Régimes d'irrigation, Rendement du riz, *Oryza sativa*, Diffa, Niger.

Irrigation regimes and rice (*Oryza sativa* L) yield in hydro-agricultural systems of DCA Diffa, Niger: Bibliometric analysis

ABSTRACT

Objective: This study analyzes the evolution of scientific publications on irrigation regimes and their impact on rice (*Oryza sativa* L) yield at the level of the hydro-agricultural development of the Diffa Development Centre, Niger.

Methodology and Results: A total of 4,986 articles (1995–2025) were collected via OpenAlex, Google Scholar, and Scopus. The analysis distinguishes three phases: 1995–2004, focused on productivity; 2005–2014, focused on water efficiency; and 2015–2025, marked by sustainability and climate resilience. Methods included quantitative analysis, keyword co-occurrence analysis (VOSviewer), bibliographic linkage, and correspondence analysis (CA). The results reveal sustained growth in publications, increasing from 5 articles in 1995 to 720 in 2025, and a gradual shift from purely agronomic approaches to integrated strategies combining agroecology, soil science, hydrology, and rice genetics. Institutional networks are dominated by the International Rice Research Institute and the Chinese Academy of Sciences, while the leading countries are the United States, China, and India, with Niger emerging as a regional player. Correspondence analysis (CA) explains 88.3% of the variance, distinguishing operational management from systemic approaches.

Conclusion and application of results: The results of this study not only provide an overview of the scientific evolution of the field but also offer a strategic basis for guiding agricultural and water policies toward more productive, sustainable, and climate-resilient Sahelian rice farming.

Keywords: Irrigation regimes, Rice yield, *Oryza sativa*, Diffa, Niger.

INTRODUCTION

Dans le contexte sahélien, le Niger fait face à des défis majeurs liés à la gestion durable des ressources naturelles, au changement climatique et à la sécurité alimentaire. Les changements climatiques et les activités anthropiques constituent aujourd'hui des facteurs déterminants de la dynamique des paysages et des écosystèmes (Boureima *et al.*, 2019). Le pays se caractérise par un climat tropical semi-aride marqué par des précipitations faibles, irrégulières et mal réparties dans le temps et dans l'espace (Faye *et al.*, 2015). Depuis les années 1970, la diminution des précipitations au Sahel, combinée à une forte pression démographique et à la dégradation progressive des ressources naturelles, notamment la baisse de fertilité des sols, a contribué à une réduction significative de la production agricole pluviale (Saley *et al.*, 2024). Dans ce contexte, l'agriculture irriguée apparaît comme une alternative

stratégique pour améliorer la productivité agricole et renforcer la sécurité alimentaire (Barbier *et al.*, 2018 ; Doğru *et al.*, 2020). Parmi les cultures irriguées, le riz (*Oryza sativa* L) occupe une place essentielle en raison de son importance nutritionnelle et économique. Les systèmes rizicoles représentent une source majeure de calories pour plus de la moitié de la population mondiale (Carrijo *et al.*, 2017). Toutefois, la production du riz dépend fortement des régimes d'irrigation appliqués, qui influencent directement les rendements et l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Sarr *et al.*, 2023). Dans les régions sahéliennes caractérisées par une forte contrainte hydrique, la gestion rationnelle de l'eau d'irrigation constitue donc un enjeu majeur pour assurer la durabilité des systèmes de production agricole (Sila *et al.*, 2022). L'aménagement hydro-agricole du Centre de Développement Agricole de la Commission du

Bassin du Lac Tchad (CDA/CBLT), situé dans la commune urbaine de Diffa, représente à cet égard une infrastructure stratégique visant à améliorer la gestion de l'eau et la résilience des systèmes agricoles dans la région. Malgré l'importance de ces aménagements, les recherches scientifiques portant spécifiquement sur l'effet des régimes d'irrigation sur le rendement du riz dans le contexte sahélien restent limitées. Les études existantes se concentrent principalement sur les aspects économiques, sociaux ou hydrologiques des systèmes irrigués (Lamou *et al.*, 2016; Genthon *et al.*, 2009 ; Thompson *et al.*, 2018; Kéllou *et al.*, 2024), sans analyser de

manière approfondie l'impact des différents régimes d'irrigation sur la productivité hydrique du riz. Face à cette lacune scientifique, le présent article propose une analyse bibliométrique des publications scientifiques relatives aux régimes d'irrigation et à leur influence sur le rendement du riz. L'objectif de cette étude est d'identifier les tendances de recherche, les réseaux de collaboration scientifique ainsi que les principales thématiques abordées, afin de fournir une base de connaissances susceptible d'orienter les futures recherches et d'améliorer la gestion durable de l'eau dans les systèmes rizicoles irrigués.

MATERIEL ET METHODES

Collectes des données: Il existe plusieurs bases de données bibliométriques dont entre autres Web of Science, Scopus, Google Scholar et OpenAlex. Pour cette étude, les bases OpenAlex, Google Scholar et Scopus, ont été sélectionnées pour leur accessibilité et leur couverture des publications en accès libre et payant. OpenAlex, s'appuyant sur des données et infrastructures ouvertes (Crossref, RoR, ORCID, DOAJ et Wikidata notamment), offre une alternative aux bases payantes comme Scopus (Priem *et al.*, 2022). Google Scholar vient compléter cette approche en intégrant une grande diversité de sources. Le moteur de recherche « Publish or Perish » a été utilisé pour la collecte des données à travers la requête « (Rendement & *Oryza sativa* & Irrigation) ».

Analyse et traitements des données : Pour analyser les dynamiques scientifiques relatives aux régimes d'irrigation et au rendement du riz, la période 1995–2025 a été subdivisée en trois phases correspondant à des orientations scientifiques et technologiques distinctes :

- 1995–2004 : Approche productiviste et gestion conventionnelle de l'irrigation
- 2005–2014 : Amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau

- 2015–2025 : Agriculture durable, résilience climatique et gestion intégrée de l'eau

Les articles scientifiques à comité de lecture en version française ont été filtrés. Au total 4986 articles ont été retenus pour l'analyse.

Analyses historiques : Une analyse temporelle a été menée pour analyser l'évolution du volume de publications (1995–2025) sur régimes d'irrigation et rendement du riz (*Oryza sativa* L). Les disciplines dominantes ont été identifiées à travers les mots-clés.

Analyse de couplages bibliographiques : Cette méthode permet d'identifier les liens entre les articles partageant des références communes (Duong *et al.*, 2017). Un réseau de couplage bibliographique est obtenu en utilisant la formule générale :

$$BC(A, B) = |R_A \cap R_B|$$

- RA: l'ensemble des références bibliographiques citées par le document A
- RB : l'ensemble des références citées par le document B
- AB (A, B) est la force de couplage bibliographique entre A et B
- $|R_A \cap R_B| / |R_A \cup R_B|$ est le nombre d'éléments communs entre les références citées par A et celles citées par B

Analyses statistiques: Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été effectuée pour faire ressortir les relations entre les mots-clés cités dans ces publications et les trois périodes temporelles (1995–2004, 2005–

2014, 2015–2025). Les traitements ont été réalisés sous le logiciel R 4.4.3, à l'aide des packages FactoMineR, factoextra, dplyr et ggplot2.

RESULTATS

Evolution quantitative des articles scientifiques : L'analyse du nombre de publications sur les régimes d'irrigation et le rendement du riz entre 1995 et 2025 met en évidence une augmentation continue de la production scientifique. En 1995, 5 publications ont été recensées, contre 720 en 2025. Cette évolution traduit une forte hausse du volume de publications sur l'ensemble de la

période étudiée. Analyse de la courbe de production montre une progression régulière durant les premières années (1995_ 2005), suivie d'une augmentation plus marquée au cours des années récentes (2006_2025). Dans l'ensemble, les données indiquent une croissance soutenue de la production scientifique relative aux régimes d'irrigation et rendement du riz (Figure 1).

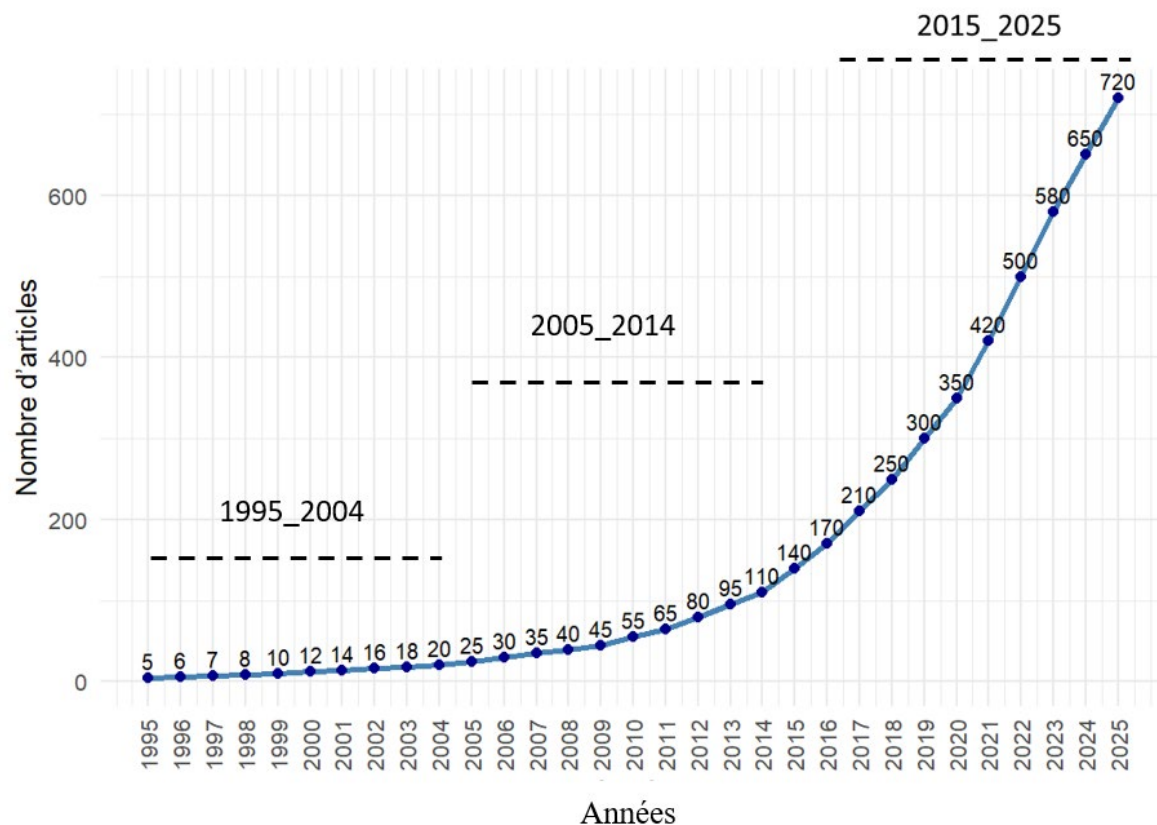


Figure 1 : Evolution quantitative des articles scientifiques

Disciplines scientifiques dominantes : La figure 2 présente un réseau de co-occurrence des mots-clés portant sur les recherches relatives aux régimes d'irrigation et le

rendement du riz. La taille des nœuds reflète la fréquence d'apparition des mots-clés dans les publications scientifiques, tandis que les liens entre les nœuds correspondent à leur co-

occurrence au sein des mêmes articles. Le réseau est structuré en plusieurs clusters thématiques interconnectés. Le cluster vert est le plus représenté dans le corpus et regroupe des mots-clés tels qu'agriculture, productivité, sécurité alimentaire et efficacité de l'utilisation de l'eau. Le cluster rouge rassemble des termes

comme eau du sol, science du sol, salinité du sol et hydrologie. Le cluster bleu comprend des mots-clés tels que *Oryza sativa*, gène, rendement en grain et cultivar. D'autres groupes thématiques incluent également des termes liés à l'agronomie, à la fertilisation, à la chimie organique et à la gestion de l'irrigation.

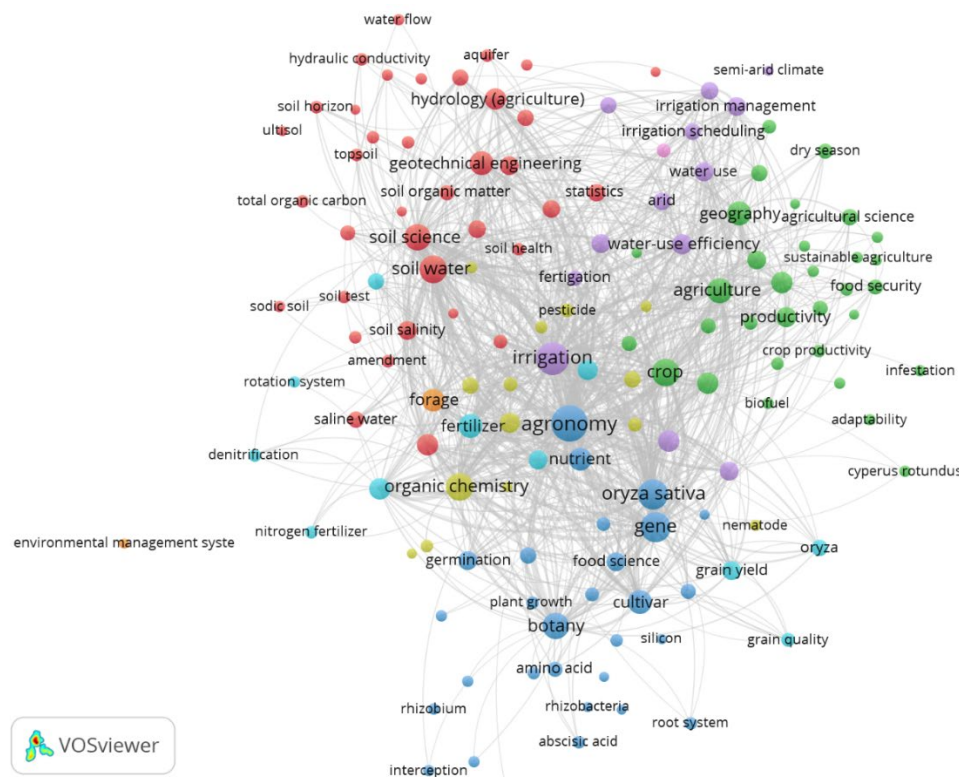


Figure 2 : Disciplines scientifiques dominantes

Évolution des champs disciplinaires et des outils d'analyse sur les régimes d'irrigation et le rendement du riz s (1995–2025) : La figure 3 présente l'évolution temporelle du réseau de co-occurrence des mots-clés relatifs aux recherches sur les régimes d'irrigation et le rendement du riz. Trois périodes principales se distinguent. La première période (1995–2004) correspond à un réseau peu dense, dominé par des mots-clés tels qu'agriculture, agronomie, eau du sol, science du sol, irrigation, fertilisation et *Oryza sativa*. La deuxième période (2005–2014) montre un

réseau plus structuré, avec une présence plus marquée de termes comme rendement en grain, cultivar, fertilité du sol, système de culture, gestion de l'irrigation et productivité. La troisième période (2015–2025) se caractérise par un réseau plus étendu, incluant notamment les mots-clés durabilité, changement climatique, gestion de l'eau, agroécosystème, adaptation, productivité des cultures et impact environnemental. Dans l'ensemble, la figure montre une augmentation progressive de la densité du réseau et une diversification des mots-clés au cours du temps (Figure 3).

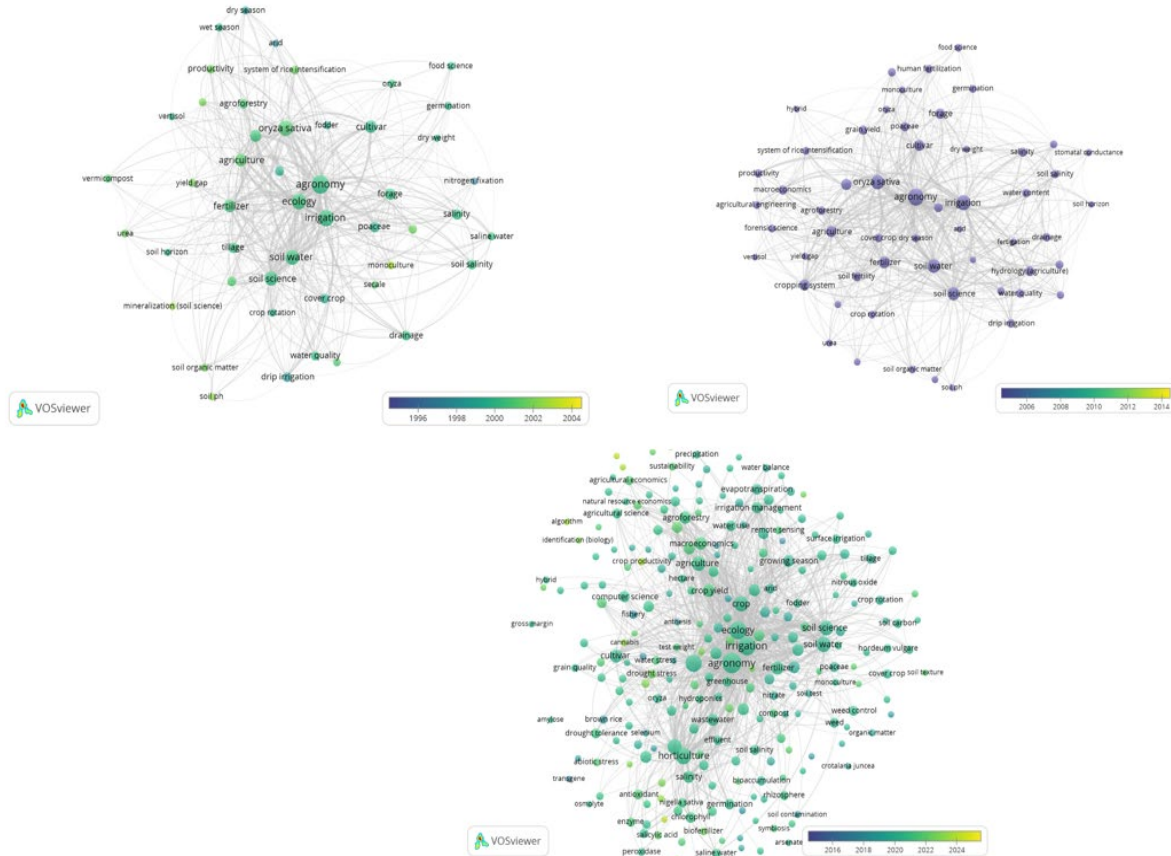


Figure 3 : Évolution des champs disciplinaires et des outils d'analyse sur les régimes d'irrigation et le rendement du riz s (1995–2025)

Relations entre les institutions : La figure 4 présente le réseau de collaboration scientifique entre les institutions impliquées dans les recherches sur les systèmes agricoles et la production du riz. Les nœuds représentent les institutions et les universités, les liens correspondent aux publications conjointes, la taille des nœuds reflète le volume de production scientifique, et les couleurs indiquent les différents clusters de collaboration. Les nœuds de plus grande taille, correspondant aux institutions ayant la

fréquence de production scientifique la plus élevée, incluent notamment International Rice Research Institute, Punjab Agricultural University, University of Arkansas (Fayetteville), Africa Rice Center, Chinese Academy of Sciences, University of Nebraska–Lincoln et Central Soil Salinity Research Institute. Le réseau est structuré en plusieurs groupes institutionnels interconnectés, associant des universités, des centres internationaux de recherche et des institutions nationales (Figure 4).

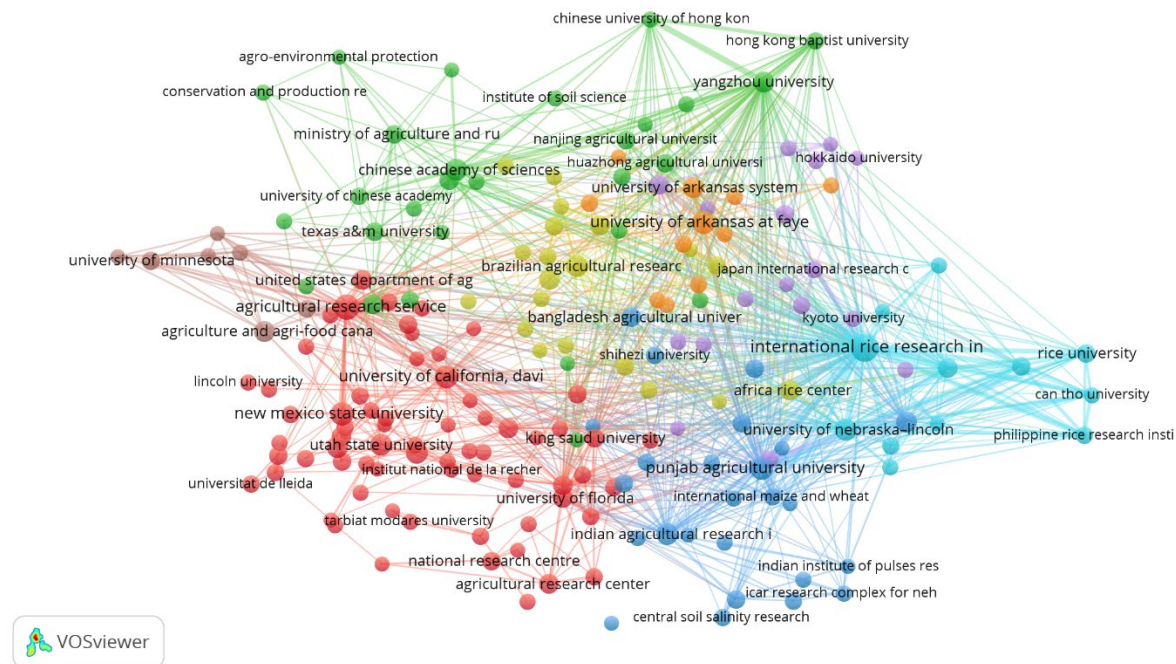


Figure 4 : Relations entre les institutions

Évolution et structure du réseau de collaborations scientifiques internationales par pays : Analyse de la figure 5 présente le réseau mondial de collaborations scientifiques par pays. Chaque nœud représente un pays, la taille des nœuds reflète le volume de production scientifique et les liens correspondent aux co-publications entre pays. Les nœuds les plus grands et les plus connectés correspondent principalement aux États-Unis, à la Chine, à l'Inde, au Royaume-Uni, à l'Allemagne et aux Philippines. La structuration en clusters fait apparaître plusieurs ensembles régionaux de

collaboration, notamment entre des pays européens et asiatiques, entre des pays ibéro-américains et du Maghreb, ainsi qu'entre des pays d'Asie du Sud-Est et plusieurs pays africains. Des pays comme le Niger, le Ghana ou le Kazakhstan sont également présents dans ces clusters. Les institutions les plus représentées en nombre de publications dans le corpus sont notamment la Chinese Academy of Sciences, l'United States Department of Agriculture, l'University of California System, l'Indian Council of Agricultural Research et Wageningen University & Research (Figure 5).

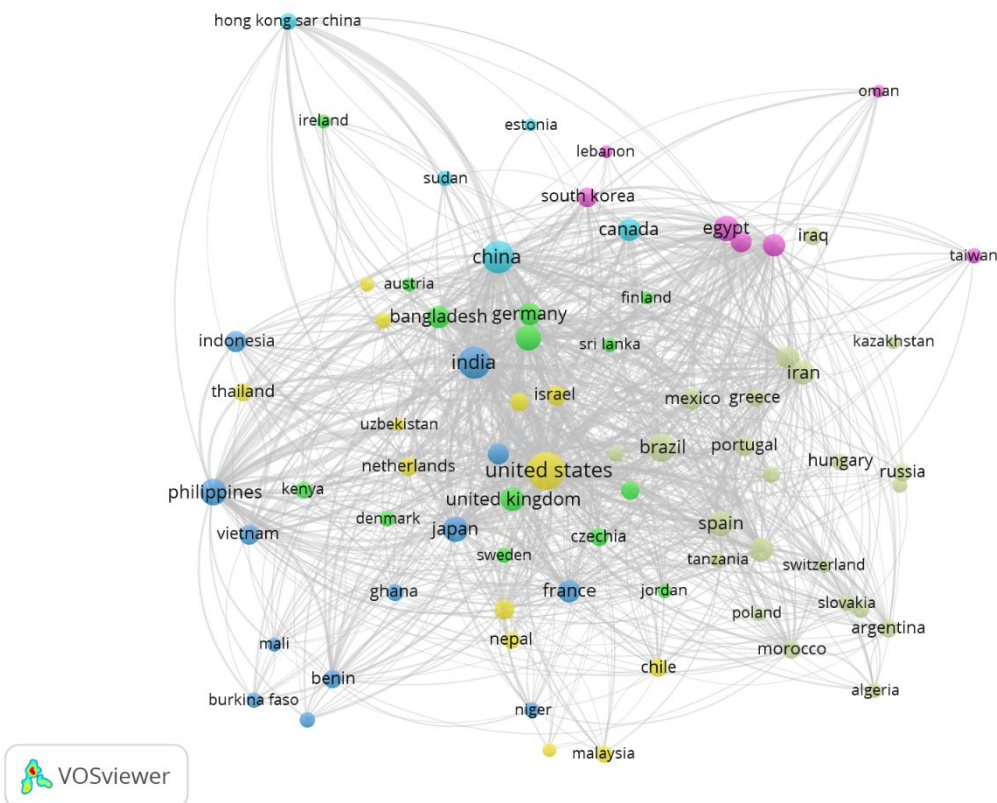


Figure 5 : Évolution et structure du réseau de collaborations scientifiques internationales par pays

Analyse de mots clés en fonctions de temps

Fréquence de citation de mots clés :

L'analyse de l'évolution des mots-clés scientifiques fait ressortir trois périodes distinctes dans l'orientation des recherches relatives à l'agriculture irriguée et à la gestion des ressources hydriques. La Période 1995–2004 est dominée par des thématiques agronomiques classiques centrées sur la production rizicole et la gestion de l'eau, comme l'illustrent les fréquences élevées de mots-clés tels que *Oryza sativa* (17,8 %), rendement du riz (16,2 %), humidité du sol (15 %), fertilité des sols (12 %), agriculture irriguée (10,8 %) et gestion de l'irrigation (22 %), traduisant une priorité accordée à l'amélioration de la productivité agricole. La période 2005–2014 montre une transition vers l'optimisation de l'utilisation des ressources hydriques, avec une augmentation notable des concepts liés à l'efficacité et à la planification

de l'irrigation, notamment efficacité de l'utilisation de l'eau (12,5 %), productivité de l'eau (11 %), irrigation déficitaire (10 %), riz irrigué (11,5 %) et gestion de l'eau agricole (13 %), reflétant un intérêt accru pour les stratégies de gestion durable de l'eau. Enfin, la période de 2015–2025 se caractérise par une réorientation des recherches vers des approches plus intégrées et environnementales, marquée par la forte émergence de thématiques telles que changement climatique (20 %), modélisation hydrologique (16 %), bilan hydrique du sol (12 %), productivité des cultures (11,8 %), agroécosystèmes (10 %) et agroécologie (9 %), indiquant que les recherches s'orientent désormais vers la compréhension des interactions entre systèmes agricoles, ressources en eau et changements climatiques afin de renforcer la durabilité et la résilience des agroécosystèmes (Figure 6).

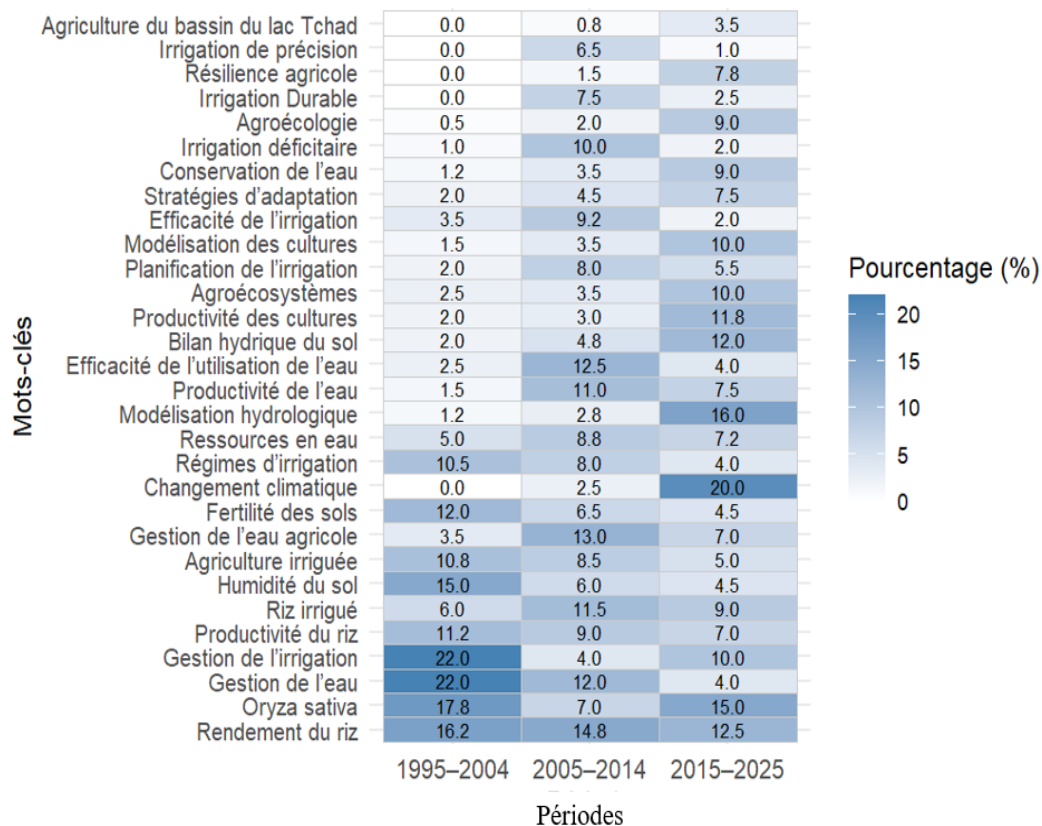


Figure 6 : Fréquence de citation de mots clés

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les mots clés montrent que les deux premiers axes expliquent 88,3 % de l'inertie totale (Dim1 = 49,3 % ; Dim2 = 39 %). L'axe 1 montre les études centrées sur la gestion de l'eau, l'irrigation et la productivité du riz à celles orientées vers des approches systémiques et adaptatives telles que le changement climatique, l'agroécologie et la résilience des agroécosystèmes. L'axe 2 distingue quant à lui les travaux de diagnostic hydrologique (modélisation hydrologique, bilan hydrique, humidité du sol) des recherches portant sur l'optimisation opérationnelle des pratiques d'irrigation (irrigation de précision, irrigation déficitaire, efficacité et planification de l'irrigation). L'analyse temporelle révèle également trois phases d'évolution scientifique entre 1995 et 2025. La période 1995–2004 est dominée par les recherches axées sur la gestion de l'eau et l'amélioration du rendement du riz dans les systèmes irrigués. La période 2005–2014 marque une transition vers l'optimisation de l'efficacité de l'eau et l'amélioration des stratégies d'irrigation. Enfin, la période 2015–2025 se caractérise par une approche plus intégrée et systémique, mettant l'accent sur l'adaptation au changement climatique, la résilience agricole et les approches agroécologiques, ainsi que sur l'utilisation accrue de la modélisation et des diagnostics hydrologiques. Globalement, ces résultats montrent une évolution des recherches d'une logique de productivité et de gestion de l'irrigation vers une approche plus durable et intégrée des agroécosystèmes (Figure 7).

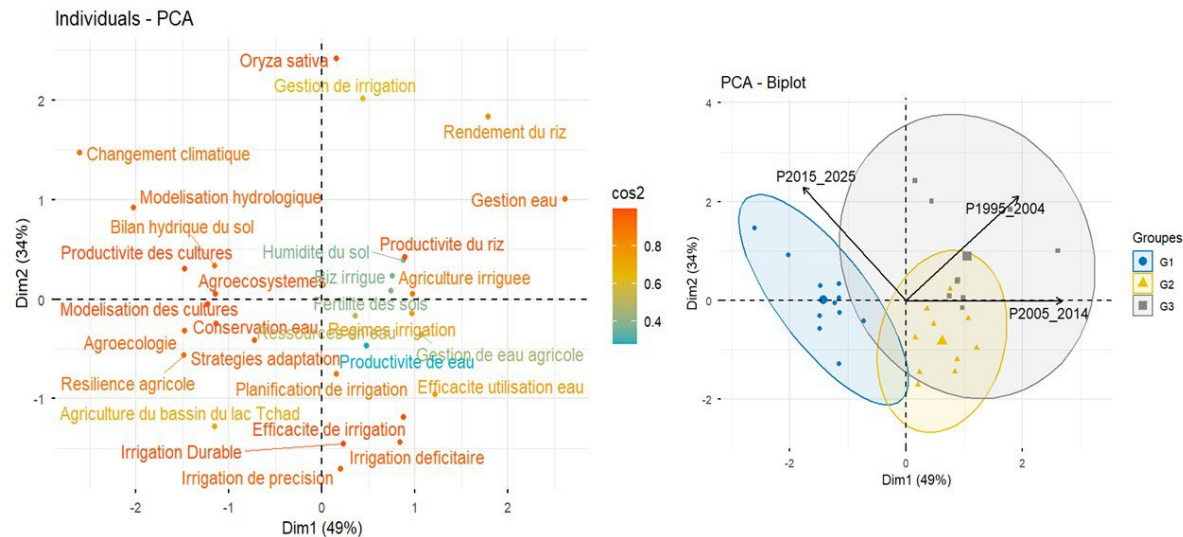


Figure 7 : Analyse des mots-clés en fonction des années (1995-2004, 2005-2014 et 2015-2025)

DISCUSSION

L'augmentation spectaculaire du nombre de publications sur l'irrigation du riz entre 1995 et 2025, passant de 5 à 720 articles, montre l'importance croissante accordée à la sécurité alimentaire et à la gestion durable des ressources en eau dans l'agriculture. Cette tendance s'inscrit dans une dynamique globale observée au niveau international, qui souligne la nécessité d'accroître la production agricole sous contraintes hydriques tout en améliorant l'efficacité des systèmes de culture (Molden *et al.*, 2009 ; FAO, 2011 ; Godfray *et al.*, 2010). Trois périodes peuvent être distinguées dans cette évolution. La période de 1995 à 2004, correspond à une croissance modérée, centrée sur des travaux agronomiques et expérimentaux à l'échelle de la parcelle et du système de culture (Tuong & Bouman, 2003 ; Bouman *et al.*, 2007). La deuxième période de 2005 à 2024, reflète une accélération liée à l'émergence des problématiques de productivité de l'eau et d'efficient use of water", ainsi qu'à l'intensification générale de la production scientifique et des collaborations internationales (Molden, 2009 ; Wagner &

Leydesdorff, 2005 ; Bornmann & Mutz, 2015). Enfin, la période de 2015 à 2025 est caractérisée par un élargissement des travaux à des thématiques liées au changement climatique, à la durabilité et à la sécurité alimentaire, en phase avec les agendas internationaux et les Objectifs de Développement Durable 2 et 6 (Zhang *et al.*, 2024 ; Nations Unies, 2015). Le réseau de co-occurrence des mots-clés révèle une structuration thématique nette autour de trois ensembles principaux :

Agronomie et fonctionnement des sols : eau du sol, salinité, science du sol ; Systèmes de production et performance agricole : agriculture, productivité, sécurité alimentaire, efficacité de l'utilisation de l'eau ; Biologie et génétique du riz : *Oryza sativa*, gènes, rendement en grain, cultivars. Cette organisation traduit une articulation historique entre recherches centrées sur les propriétés des sols et de l'eau, études d'amélioration variétale et analyses de performance des systèmes de culture, cohérente avec les trois piliers classiques de la recherche rizicole :

amélioration génétique, gestion de l'eau et fertilité des sols (Khush, 2005 ; Bouman *et al.*, 2007).

L'analyse temporelle des mots-clés confirme cette évolution en trois étapes :

- **1995–2004** : dominance des mots-clés agronomiques classiques (rendement du riz, humidité du sol, fertilité des sols, gestion de l'irrigation) ;
- **2005–2014** : montée en puissance des notions d'efficacité et de productivité de l'eau (efficacité de l'utilisation de l'eau, productivité de l'eau, irrigation déficitaire), en phase avec les approches « more crop per drop » (Molden, 2007 ; Molden *et al.*, 2010).
- **2015–2025** : émergence des thématiques de durabilité, de changement climatique, d'agroécosystèmes et d'agroécologie, en cohérence avec les concepts d'agriculture durable et climato-intelligente (Foley *et al.*, 2011 ; FAO, 2013 ; Gliessman, 2015).

L'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) reflète cette transition : l'axe 1 représente les recherches centrées sur la gestion de l'eau et la productivité du riz à des travaux à visée systémique intégrant le changement climatique et la résilience des agroécosystèmes, tandis que l'axe 2 distingue les diagnostics hydrologiques (modélisation, bilan hydrique, humidité du sol) des études d'optimisation des pratiques d'irrigation (irrigation déficitaire, irrigation de précision, planification). Cette structuration correspond à l'évolution observée dans d'autres champs de la gestion de l'eau, où les approches mécanistes sont progressivement articulées à des cadres de décision intégrés (Steduto *et al.*, 2009 ; Jones *et al.*, 2003). À partir de 2015, l'émergence de mots-clés tels que *changement climatique*, *durabilité*, *impact environnemental*, *agroécosystèmes* et *agroécologie* révèle un basculement vers des approches intégrées. Cette inflexion traduit la reconnaissance des limites des stratégies productivistes traditionnelles : surexploitation

des ressources en eau, dégradation des sols, émissions de gaz à effet de serre et conflits d'usage (Foley *et al.*, 2011 ; Rockström *et al.*, 2009 ; IPCC, 2014).

Ces approches intègrent désormais les cadres conceptuels de l'« agriculture climato-intelligente » et de la « gestion intégrée des ressources en eau », visant à concilier augmentation des rendements, adaptation au changement climatique et réduction de l'empreinte environnementale (FAO, 2013 ; Aggarwal *et al.*, 2018). Dans ce contexte, les régimes d'irrigation ne sont plus considérés uniquement comme un levier de rendement, mais comme un élément d'un système agroécologique complexe, interagissant avec le climat, le cycle hydrologique et les services écosystémiques.

Les réseaux de collaboration révèlent une forte concentration des activités scientifiques autour de pôles majeurs. Les États-Unis, la Chine, l'Inde, le Royaume-Uni et l'Allemagne dominant en termes de production et d'investissement en R&D agricole, tandis que les Philippines, via l'International Rice Research Institute (IRRI), et plusieurs pays asiatiques et africains (Bangladesh, Ghana, Niger) jouent un rôle central dans les réseaux transnationaux. Au niveau institutionnel, l'importance de l'IRRI, d'AfricaRice, de la Chinese Academy of Sciences, de l'USDA, de l'University of California System ou encore de Wageningen University & Research est conforme à leur rôle historique dans la recherche rizicole et le transfert de technologies (Molden, 2007 ; Bwire *et al.*, 2024 ; Khush, 2005). La structuration en clusters régionaux (Europe-Asie ; Ibero-Amérique-Maghreb ; Asie du Sud-Est-Afrique) reflète les tendances générales de la science mondiale, marquées par une intensification de la collaboration internationale et la formation de « communautés épistémiques » transnationales. Dans le contexte de la riziculture irriguée, ces collaborations sont déterminantes pour le

transfert de technologies et de pratiques adaptées aux régions les plus vulnérables à

l'insécurité alimentaire et au changement climatique.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

L'analyse bibliométrique conduite sur la période 1995–2025 montre une croissance rapide et continue de la production scientifique sur les régimes d'irrigation et le rendement du riz, accompagnée d'une profonde recomposition des champs disciplinaires et des réseaux de collaboration. Les recherches sont passées d'une focalisation initiale sur les déterminants agronomiques et hydriques de base (gestion de l'eau, fertilité des sols, rendement du riz) vers des approches intégrant l'efficacité de l'utilisation de l'eau, puis, plus récemment, la durabilité, le changement climatique, les agroécosystèmes et l'agroécologie, sous l'impulsion de pôles majeurs de recherche (États-Unis, Chine, Inde, Europe, Philippines) et d'institutions spécialisées (IRRI, AfricaRice, CAS, USDA, etc.). Ces résultats soulignent que les régimes d'irrigation ne peuvent plus être étudiés

isolément, mais doivent être abordés dans une perspective systémique, à l'interface entre agronomie, hydrologie, climat et sciences sociales. Les travaux futurs devraient ainsi viser (i) l'évaluation conjointe des performances productives, hydriques et environnementales des différents régimes d'irrigation, (ii) le développement d'approches multi-échelles combinant expérimentations, modélisation et données de télédétection, (iii) une meilleure intégration des dimensions socio-économiques, institutionnelles et de gouvernance de l'eau, et (iv) le renforcement des capacités de recherche et des partenariats dans les régions à forte dépendance au riz irrigué mais à faible visibilité scientifique, afin de concevoir des systèmes rizicoles à la fois productifs et résilients face aux changements globaux.

REFERENCES

- Aggarwal R Huang J Alumkal JJ Zhang L Feng FY Thomas GV Small EJ. 2018. Clinical and genomic characterization of treatment-emergent small-cell neuroendocrine prostate cancer: A multi-institutional prospective study. *Journal of Clinical Oncology* **36**(24): 2492–2503.
- Barbier M Arnoldi JF Bunin G Loreau M. 2018. Generic assembly patterns in complex ecological communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **115**(9): 2156–2161.
- Bornmann L Mutz R. 2015. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology* **66**(11): 2215–2222.
- Bouman BAM. 2007. A conceptual framework for improving crop water productivity at different spatial scales. *Agricultural Systems* **93**(1–3): 43–60.
- Boureima AM Diouf A Sadda AS Mahamane A Bogaert J. 2019. Tendances évolutives des paysages semi-arides anthropisés au Niger : cas des communes rurales d'Aguié, Tchadoua et Gangara (Région de Maradi). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* **13**(6): 2857–2873.
- Bwire D Saito H Sidle RC Nishiwaki J. 2024. Water management and hydrological characteristics of paddy fields under alternate wetting and drying irrigation as a climate-smart practice: A review. *Agronomy* **14**(7): 1421.
- Carrijo DR Lundy ME Linquist BA. 2017. Rice yields and water use under

- alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research* **203**: 173–180.
- Doğru A Bouarfa S Arizar R Aydoğan R. 2020. Utilisation de réseaux neuronaux convolutionnels pour automatiser l'inspection visuelle de maintenance des aéronefs. *Aerospace* **7**(12): 171.
- Duong DL Yun SJ Lee YH. 2017. Van der Waals layered materials: Opportunities and challenges. *ACS Nano* **11**(12): 11803–11830.
- Faye C Sow AA Ndong JB. 2015. Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo: Géographie Physique et Environnement* **9**: 17–35.
- Foley JA Ramankutty N Brauman KA Cassidy ES Gerber JS Johnston M Zaks DP. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* **478**(7369): 337–342.
- Genthon C Krinner G Castebrunet H. 2009. Antarctic precipitation and climate change predictions: Horizontal resolution and margin vs plateau issues. *Annals of Glaciology* **50**(50): 55–60.
- Gliessman SR. 2018. Defining agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems* **42**(6): 599–600.
- Godfray HCJ Beddington JR Crute IR Haddad L Lawrence D Muir JF Toulmin C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327**(5967): 812–818.
- Jones PD Moberg A. 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate* **16**(2): 206–223.
- Kéllou KKB Abdourazak MA Boukar MCM Saley MD Sanoussi A Yacoubou B. 2024. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Overview of its biology, ecology, socio-economic importance and cultivation constraints in West Africa. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences* **10**(3): 47–56.
- Khush GS. 2005. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Molecular Biology* **59**(1): 1–6.
- Lamou B Taiwe GS Hamadou A Abene HJ Atour MM Tan PV. 2016. Antioxidant and antifatigue properties of aqueous extract of *Moringa oleifera* in rats subjected to forced swimming endurance test. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* **2016**: 3517824.
- Leser S. 2013. The 2013 FAO report on dietary protein quality evaluation in human nutrition: Recommendations and implications. *Nutrition Bulletin* **38**(4): 421–428.
- Molden D Oweis T Steduto P Bindraban P Hanjra MA Kijne J. 2010. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management* **97**(4): 528–535.
- Molden DC Lucas GM Gardner WL Dean K Knowles ML. 2009. Motivations for prevention or promotion following social exclusion: Being rejected versus being ignored. *Journal of Personality and Social Psychology* **96**(2): 415–431.
- Nations Unies. 2015. Objectifs du Millénaire pour le développement : Rapport annuel. New York : Nations Unies, 75 p.
- Priem J Piwowar H Orr R. 2022. OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. *arXiv preprint arXiv:2205.01833*.
- Raes D Steduto P Hsiao TC Fereres E. 2009. AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal* **101**(3): 438–447.

- Rockström J Steffen W Noone K Persson Å Chapin FS Lambin EF Foley JA. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* **461**(7263): 472–475.
- Saley MH Jellal A. 2024. Magnetic field effect on tunneling through triple barrier in AB bilayer graphene. *Computational Materials Science* **233**: 112711.
- Sarr A Soro YM Tossa AK Diop L. 2023. Agrivoltaics, a synergistic co-location of agricultural and energy production in perpetual mutation: A comprehensive review. *Processes* **11**(3): 948.
- Sila T Sunghan J Laochareonsuk W Surasombatpattana S Kongkamol C Ingviya T Chusri S. 2022. Suspected cat-to-human transmission of SARS-CoV-2, Thailand, July–September 2021. *Emerging Infectious Diseases* **28**(7): 1485.
- Thompson AA Walters MC Kwiatkowski J Rasko JE Ribeil JA Hongeng S Cavazzana M. 2018. Gene therapy in patients with transfusion-dependent β -thalassemia. *New England Journal of Medicine* **378**(16): 1479–1493.
- Wagner CS Leydesdorff L. 2005. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy* **34**(10): 1608–1618.
- Zhang L Pan S Ouyang Z Canadell JG Chang J Conchedda G Tian H. 2024. Global nitrous oxide emissions from livestock manure from 1890 to 2020: An IPCC Tier-2 inventory. *Global Change Biology* **30**(5): e17303.