

Tendance de la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers basée sur une analyse bibliométrique.

Research trends in agroforestry system dynamics based on bibliometric analysis.

Mèssètin Vital Ahissou¹, Eméline Sèssi Pélagie Assede¹, Samadori Sorotori Honoré Biaou¹, Baï Sèwèdo Céline Dan²

¹Laboratoire d'écologie, de botanique et de biologie végétale, Université de Parakou 03 BP 125, Parakou République du Bénin,

²Département de Génie de l'Environnement, École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009 Cotonou, République du Bénin

* Auteur correspondant : Mèssètin Vital AHISSOU, ahissouvital@gmail.com

ORCID des auteurs :

Mèssètin Vital Ahissou : <https://orcid.org/0009-0008-4478-6398>, Eméline Sèssi Pélagie Assede : <https://orcid.org/0000-0002-7228-0641>, Samadori Sorotori Honoré Biaou : <https://orcid.org/0000-0001-8836-8229>, Baï Sèwèdo Céline Dan : <https://orcid.org/0009-0007-9210-4956>

Comment citer l'article : Mèssètin Vital Ahissou, Eméline Sèssi Pélagie Assede, Baï Sèwèdo Céline Dan, Samadori Sorotori Honoré Biaou (2024). Tendance de la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers basée sur une analyse bibliométrique. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2) : 1-12, e-ISSN (Online) : 2790-3230

Doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4224>

Reçu : 30 septembre 2024

Accepté : 15 décembre 2024

Publié : 30 décembre 2024



Copyright: Published under a Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

L'analyse bibliométrique dans cette étude donne une compréhension de la progression historique et de l'état actuel, ainsi que des tendances futures des recherches sur les aspects dynamiques de l'agroforesterie. Sur la base des publications de 1991 à 2021 à l'aide du logiciel de cartographie des connaissances CiteSpace, l'étude a extrait des métadonnées bibliométriques de 148 publications à partir de la base de données Scopus. Les résultats montrent que les études dynamiques représentent seulement 2,27 % de la production scientifique globale sur les systèmes agroforestiers. Les domaines thématiques dans lesquels la plupart des publications sur la dynamique des systèmes agroforestiers ont été trouvées sont : « Foresterie », « Agronomie », « Sciences de l'environnement » et les « Géosciences ». La gestion du pâturage dans les systèmes agrosylvopastoraux et la modélisation de l'analyse de la séquestration potentielle du carbone dans les systèmes agroforestiers, ont été reconnues comme les questions de recherche brûlantes. En outre, le changement d'affectation des terres, la modélisation et la comptabilité environnementale sont identifiés comme des orientations de recherche futures importantes, qui méritent une attention plus approfondie. La connaissance des différents facteurs qui sous-tendent l'évolution des systèmes agroforestiers apporterait des contributions supplémentaires à ce domaine.

Mots clés : Agroforesterie, systèmes, dynamique, bibliométrie, CiteSpace.

Abstract

The bibliometric analysis in this study provides an understanding of the historical progression and current status, as well as future trends of research on dynamic aspects of

agroforestry. Based on publications from 1991 to 2021 using CiteSpace knowledge mapping software, the study extracted bibliometric metadata of 148 publications from the Scopus database. Results show that dynamic studies represent only 2.27% of overall scientific production on agroforestry systems. The thematic areas in which most publications on the dynamics of agroforestry systems were found are: "Forestry", "Agronomy", "Environmental sciences" and "Geosciences". Grazing management in agrosilvopastoral systems, and modeling analysis of potential carbon sequestration in agroforestry systems, have been recognized as burning research questions. Furthermore, land use change, modeling and environmental accounting are identified as important future research directions, which deserve further attention. Knowledge of the different factors underlying the evolution of agroforestry systems would make additional contributions to this field.

Keywords: Agroforestry, systems, dynamics, bibliometrics, CiteSpace.

1. Introduction

La dynamique des systèmes est définie comme une méthode d'aide à l'intelligence des systèmes complexes (Gacogne, 2005). Elle traite de l'interaction de divers éléments d'un système dans le temps et capture l'aspect dynamique en incorporant des concepts tels que le stock, les flux, la rétroaction et les retards, et donne ainsi un aperçu du comportement dynamique du système dans le temps (Perez, 2021). En écologie, la compréhension du fonctionnement de la dynamique d'un système passe par la caractérisation globale du système en mettant l'accent sur l'étude de la diversité en son sein, sa stabilité et sa résilience (van Andel et al., 1993). Une interprétation, dans les sciences agroforestières amène les chercheurs du Centre International pour la Recherche en Agroforesterie, a défini l'agroforesterie comme, un système dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques qui intègrent des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural (Quenon, 2021 ; Folega et al. 2020 ; Folega et al. 2022). Les chercheurs accordent de plus en plus d'attention à l'étude des aspects biophysiques et sur les potentialités des pratiques agroforestières. Toutefois, la compréhension du fonctionnement des systèmes agroforestiers en élucidant les facteurs et les mécanismes influant sur leur dynamique sont peu documentés. A notre connaissance, aucun article de synthèse pertinent basé sur l'analyse bibliométrique ne traite de la dynamique des systèmes agroforestiers. À partir de l'analyse de plusieurs bases de données, les systèmes agro-forestiers, dans l'ensemble, sont souvent étudiés et décrits de manière statique. Cela donne l'impression de systèmes n'évoluant pas, ou évoluant très peu. Pourtant au sein de ces systèmes, il y a des transformations qui s'opèrent régulièrement, aussi bien dans le temps que dans l'espace du fait de : (i) La pression foncière conduisant à la diminution de la durée de la jachère, la diminution des superficies emblavées, et partant, la modification dans le choix et l'agencement des cultures annuelles et des cultures pérennes ; (ii) La dégradation de la végétation naturelle autour des zones de production et le transfert de certaines de ses fonctions vers les espaces de production agricoles (fourniture de bois, produits forestiers non ligneux, conservation de la biodiversité, etc.) ; (iii) La logique de production/stratégie des agriculteurs, notamment le recours à l'agroforesterie pour restaurer la fertilité des sols, fournir des biens essentiels comme le bois énergie et autres, etc. ; (iv) L'apparition de nouvelles spéculations qui peuvent être consommatrices d'espaces et exacerber la pression foncière ; (v) Le morcellement des terres résultant de la transmission de terres d'une génération à une génération (vi) L'évolution des conditions pédoclimatiques nécessitant le recours à des espèces différentes plus adaptées ou plus résilientes ; Etc. Par ailleurs, selon le Coënt et al. (2001), les transformations qui s'opèrent dans les systèmes agroforestiers peuvent concerner la taille des parcelles cultivées, leur forme, la densité des arbres et leur nature (espèces), le choix des cultures pratiquées, leur succession dans le temps, leur association éventuelle sur une même parcelle, et les itinéraires techniques, c'est-à-dire la combinaison des opérations culturales mises en œuvre, etc... Toute tentative de gestion ou d'aménagement pour une exploitation durable des systèmes agroforestiers, doit se fonder sur une bonne connaissance de l'état et de l'évolution de ces écosystèmes ainsi que des facteurs naturels et sociaux responsables des changements constatés (Dieye et al. 2013). Pour mettre en place un mécanisme de gestion durable de ces écosystèmes, qui occupent une place importante dans la vie quotidienne des populations locales, il importe, entre autres, de mesurer avec précision l'évolution récente de ces formations.

L'objectif visé à travers cette étude est de déterminer l'état d'avancement de la science sur la dynamique des systèmes agroforestiers. D'une part, des outils bibliométriques sont utilisés pour analyser de façon spécifique : le volume de production d'articles ; le rayonnement et l'attractivité des unités de recherches sur les aspects dynamiques des systèmes agroforestiers. D'autre part,

cet article propose l'examen des questions de recherche brûlantes dans le domaine afin de déterminer les orientations de recherche futures importantes, qui méritent une attention plus approfondie.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Méthodologie

Définie par Alan Pritchard comme étant « l'application des mathématiques et des méthodes statistiques aux livres, articles et autres moyens de communication » avec pour objectif d'arriver à la quantification de l'information écrite (Pritchard, 1969), cette méthode de mesure de la bibliographie est appelée bibliométrie. Elle est un ensemble de techniques visant à s'appuyer sur l'analyse des publications scientifiques pour mesurer la production de connaissances nouvelles.

2.2. Collecte des données

L'étude a réalisé une analyse bibliométrique en exploitant la base de données Scopus. En effet, Scopus comprend un large éventail de revues et représente l'une des plus grandes bases de données sur la littérature scientifique, avec près de 70 millions de publications parmi les plus importantes au monde (Leydesdorff et al. 2010). La date de récupération des données, était le 30 juin 2024. L'objectif de ce travail étant de couvrir largement toutes les recherches dans lesquelles les questions de dynamiques sur les systèmes agroforestiers, sont, un objet d'étude. Dans un premier temps, la recherche a porté sur les 03 mots clés en anglais : « Agroforestry », « System » et « Dynamic ». Les mots-clés en anglais ont été adoptés pour avoir une couverture internationale de la production scientifique sur cette notion afin de limiter les pertes d'articles. Il a été ensuite combiné les trois mots-clés en utilisant un seul opérateur booléen : « and ». La requête a donc porté sur les mots-clés suivants : « Agroforestry » and « System » and « Dynamic ». L'année 1991, est l'année d'indexation du premier article scientifique sur la dynamique des systèmes agroforestiers dans la base de données Scopus. La requête a porté alors sur le pas de temps : année 1991 à année 2021 incluses. Dans la colonne, affiner les résultats de la base de données Scopus, au niveau de la section type de document, les articles et revues sont les seules catégories de documents retenues, par contre au niveau de la rubrique source de documents, la sélection a été limitée aux journaux. En fin, dans un second temps, pour déterminer, le volume total de publications sur les systèmes agroforestiers en général, afin de le comparer à la part des publications concernant les études dynamiques, la base de données Scopus a été de nouveau investiguée en utilisant les deux mots clés « Agroforestry » and « System ».

2.3. Analyse des données

Afin de résoudre la problématique de recherche, une analyse bibliométrique couplée de différentes visualisations de réseaux au thème de la dynamique des systèmes agroforestiers a été réalisée. La méthode d'analyse des données se repose principalement sur la méthode d'analyse des cartes de connaissances, utilisée dans l'étude des progrès de systèmes importants du patrimoine agricole (Song et al. 2021). La méthode d'analyse des cartes de connaissances, permet grâce à l'analyse des métadonnées de notices bibliographiques de mieux comprendre l'évolution d'un domaine d'étude et d'identifier des thématiques émergentes. Elle peut non seulement révéler la structure des connaissances d'un domaine de recherche mais aussi exprimer le processus d'évolution du domaine par des cartes (Chen et al. 2009). Le logiciel CiteSpace, développé par le Dr Chen, CM de l'Université Drexel, est un outil de visualisation de réseau de citations (Chen, 2006). Cet article a utilisé le logiciel CiteSpace 5.5.R3 pour effectuer une analyse visuelle de la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers en intégrant l'analyse de la carte des connaissances et la méthode bibliométrique, pour finalement construire la carte des connaissances de ce domaine. CiteSpace a identifié les frontières de la recherche et les tendances émergentes dans le domaine de la dynamique des systèmes agroforestiers en analysant la tendance du nombre annuel de publications et en capturant des mots-clés à forte citation éclatée au fil du temps. Cela a aidé à explorer la situation actuelle de la recherche et les points chauds sur le sujet. Les points chauds de la recherche peuvent être révélés par la cooccurrence de mots clés et l'analyse des réseaux sociaux (Cheng et al. 2018). L'analyse en rafale de mots-clés ou la cooccurrence et l'analyse en grappes peuvent présenter des points chauds, qui sont représentatifs d'un certain type de mots-clés avec des caractéristiques communes. L'utilisation de points chauds est plus utile pour analyser la tendance globale du développement de la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers. Par conséquent, lors de l'utilisation de CiteSpace, les points chauds sont généralement utilisés comme vocabulaire pour prédire les tendances (Chen, 2006). Il existe différents nœuds et liens dans divers graphes de connaissances de visualisation CiteSpace, et les nœuds à forte centralité sont généralement identifiés comme des points chauds ou des points tournants dans ce domaine. Dans CiteSpace, la centralité d'un nœud est une propriété de la théorie des graphes qui quantifie l'importance de la position du nœud dans un réseau. Une métrique de centralité couramment utilisée est la centralité d'intermédierité (Freeman, 1978). Plus la centralité d'intermédierité d'un nœud dans le réseau est grande, plus il joue un rôle important dans la communication entre les autres nœuds. La valeur de centralité d'intermédierité d'un nœud standardisé est comprise entre 0 et 1. Plus la centralité d'intermédierité est faible, plus il est en périphérie du réseau,

et la coopération avec les autres nœuds doit être renforcée. La centralité intermédiaire de plus de 0,1 est considérée comme un nœud clé (Taşkın et Aydinoglu, 2015). Une analyse groupée des mots-clés de cooccurrence révélant les principaux sujets a été réalisée à l'aide de CiteSpace. La fonction silhouette est généralement utilisée pour évaluer les clusters. De manière générale, si la valeur de la silhouette est supérieure à 0,7, cela signifie que les nœuds (membres du cluster) ont une grande homogénéité, indiquant que le résultat du regroupement est significatif. S'il est supérieur à 0,5, le regroupement est généralement considéré comme raisonnable (Cheng et al. 2018).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques des sorties de publication

Les publications qui examinent les questions dynamiques sur les systèmes agroforestiers (148 articles) représentent 2,27 % de la production globale sur le sujet (6500 articles). Pour ce qui concerne la production globale, le nombre de publications présent dans la collection est très faible pour les premières années avec moins d'une dizaine de publications par année jusqu'en 1982 qui compte 10 publications. À partir du début des années 1990 une augmentation remarquable est constatée dans la production annuelle. Depuis 2000, les « systèmes agroforestiers » ont connu une montée en puissance assez spectaculaire pour atteindre près de 100 articles par an. Sur la période des 10 dernières années, le nombre de publications représente 60% de la littérature scientifique sur les systèmes agroforestiers, ce qui tend à démontrer l'intérêt académique sur ces questions actuellement. Cette tendance à la hausse continue jusqu'en 2021 où le pic des publications est observé avec 661 publications (Figure 1). Les systèmes agroforestiers semblent donc être un secteur de recherche qui a atteint une certaine maturité. La part des études dynamiques sur les systèmes agroforestiers a montré une fluctuation ascendante régulière de 1971 à 2021 (Figure 1). De 1991 à 2016, soit 25 années de production, 78 articles liés à la dynamique des systèmes agroforestiers ont été recensés. Sur la production des 5 dernières années (2017 à 2021), 70 articles ont été publiés. Selon la tendance de fluctuation du nombre de publications, la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers pourrait être divisée en deux étapes. La première étape de production de publications, regroupait la littérature produite de 1991 à 2016. Le nombre de publications publiées annuellement était faible (moins de 10 publications) et montrait des tendances changeantes qui augmentaient d'abord puis diminuaient lentement, avec une moyenne de production de 3 articles par ans. Cela indiquait que la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers en était au stade primaire entre 1991 et 2016. La deuxième étape s'est déroulée de 2017 à 2021. La quantité de littérature publiée a légèrement augmenté avec une moyenne de production de 12 articles par ans. Cela indique que la dynamique des systèmes agroforestiers se développait et suscitait de plus en plus d'inquiétudes. Il existe une abondance de littérature scientifique sur les aspects biophysiques et sur les potentialités des pratiques agroforestiers. Mais les aspects dynamiques, sont peu documentés. Il résulte de ces acquis que les systèmes agro-forestiers sont souvent étudiés et décrits de manière statique. Cela donne l'impression de systèmes n'évoluant pas, ou évoluant très peu.

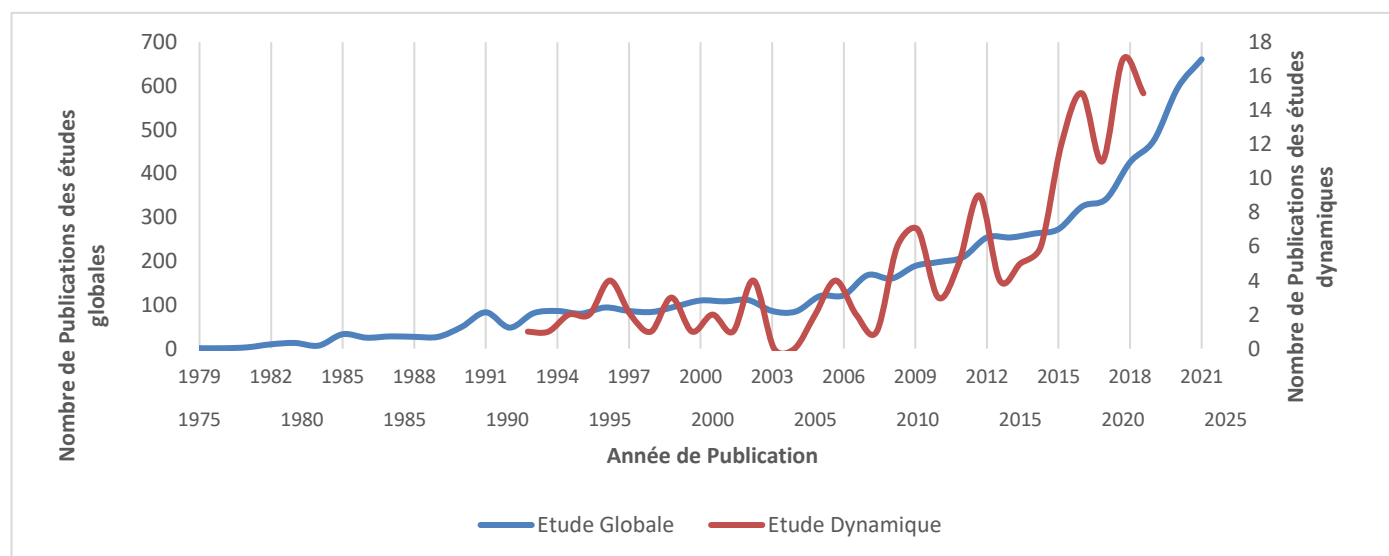


Figure 1 : Évolution comparative du nombre de publications sur les Systèmes Agroforestiers et la Dynamique des Systèmes Agroforestiers

Tableau 1. Statistiques de centralité et de fréquence des mots-clés à haute fréquence dans la recherche internationale la Dynamique des Systèmes Agroforestiers entre 1991 et 2021

N°	Mots	Fréquence	Centralité
1	Agroforesterie	96	0.44
2	Agriculture	19	0.38
3	Sylviculture	18	0.18
4	Système agroforestier	17	0.18
5	Utilisation des terres	15	0.04
6	Changement d'affectation des terres	11	0.01
7	Gestion agricole	10	0.12
8	Biodiversité	9	0.08
9	Changement climatique	9	0.06
10	Séquestration du carbone	8	0.15
11	Biome	8	0.16
12	Durabilité	8	0.01
13	Terres agricoles	7	0.09
14	Arbre feuillu	5	0.05
15	Sylviculture	4	0.01
16	Système agricole	4	0.02
17	Production agricole	4	0.03
18	Recadrage d'allée	4	0.07
19	Conservation des ressources naturelles	4	0.02
20	Service écosystémique	4	0.01

3.3. Analyse des clusters

L'analyse des clusters formés à partir des mots clés qui résument le plus la recherche sur la dynamique des systèmes agroforestiers, donne un aperçu sur les sujets d'intérêts et les axes thématiques des différents groupes formés (figure 3). Les travaux sur la dynamique des systèmes agroforestiers sont issus de 15 principaux groupes formés à partir des articles étudiés. Une évaluation des différents clusters à travers la valeur de la silhouette (> 0.7 au niveau de tous les clusters), montre que les membres de chaque cluster, ont une grande homogénéité et que le résultat du regroupement est significatif (tableau 2). Les cinq plus grands clusters sont résumés comme suit :

Le plus grand cluster (#0) compte 65 articles et une valeur de silhouette de 0,796. Il est étiqueté comme « utilisation des terres agricoles ». Ce groupe présente la volonté des chercheurs à décrire des catégories d'utilisation des terres et l'évaluation des exigences liées à ces utilisations. Les chercheurs se sont intéressés à l'étude des principales catégories d'utilisation des terres et les types d'utilisation, en présentant les éléments qui constituent chaque type d'utilisation des terres. Les questions abordées par les articles du cluster sont entre autres liées à l'amélioration des ressources du sol, la fertilité des sols, la prévention et inversion de la dégradation des terres, les interactions arbre sol, les produits forestiers non ligneux, la rotation des cultures, les successions, l'amélioration des ressources hydriques, Etc... Les facteurs en lien avec la dynamique, abordés dans les recherches rassemblées dans ce cluster sont liés à la pression foncière conduisant à la diminution de la durée de la jachère, la diminution des superficies emblavées, et partant, la modification dans le choix et l'agencement des cultures annuelles et des cultures pérennes. On note aussi une redistribution des terres vers les concessions de plantations forestières, de palmiers ou de nouvelles spéculations consommatrice d'espace. Les entreprises non agricoles, consommatrices de terres agricoles se décentrent vers les banlieues. Il s'en suit une conversion de nouvelles terres agricoles à des usages urbains. Les causes majeures seraient, l'expansion des zones de

cultures et de diverses pressions dans l'utilisation des ressources naturelles. Les facteurs de dégradation sont principalement anthropiques et comprennent l'agriculture, le surpâturage et l'augmentation de la population humaine. L'article le plus cité pour le cluster est intitulé, « modèle d'aide à la décision pour la surveillance des bilans nutritionnels dans le cadre de l'utilisation des terres agricoles » (Smaling et Fresco, 1993). Le deuxième plus grand cluster (#1) compte 60 membres et une valeur de silhouette de 0,871. Il est étiqueté comme « forêt dégradée ». L'objectif ici est de comprendre, les aspects de la production des connaissances concernant la gestion du pâturage dans des systèmes agrosylvopastoraux. Il a été question d'exposer le rôle des systèmes sylvopastoraux dans la dégradation des forêts et des sols. D'autres questions de recherche abordées dans ce cluster, sont le développement d'un modèle dynamique basé sur des processus et à paramètres clairsemés pour prédire la capture, la croissance et la production des ressources dans les systèmes agroforestiers ; l'intensité des relations symbiotiques entre les mycorhizes arbusculaires et les espèces d'arbres différenciées en ce qui concerne leur groupe d'âge et leur famille de plantes dans un système agroforestier dynamique andine semi-aride. En lien avec la dynamique, le processus de dégradation des espaces forestiers part de la dégradation de la végétation naturelle autour des zones de production et le transfert de certaines de ses fonctions vers les espaces de production agricoles (fourniture de bois, produits forestiers non ligneux, conservation de la biodiversité, etc.). L'article le plus cité ici est celui de (Costanza et Neuman, 1997) intitulé, « Gestion du pâturage des bovins dans des forêts dégradées : une approche de contrôle optimale ». Le troisième plus grand cluster (#2) compte 58 membres et une valeur de silhouette de 0,857. Il est étiqueté comme « gestion du bore ». Il s'agit essentiellement de présenter un modèle d'éléments finis bidimensionnels pour la gestion du bore dans les sites agroforestiers. Le modèle développé est un modèle mathématique pour la surveillance et l'évaluation environnementales. Les auteurs, ont travaillé avec le modèle pour évaluer l'efficacité des impacts à long terme de l'accumulation de bore dans le sol dans les systèmes agroforestiers et simuler le transport non conservateur du bore (Tayfur et al. 2009). Le quatrième plus grand cluster (#3) compte 42 membres et une valeur de silhouette de 0,884. Il est étiqueté comme « changement d'utilisation des terres ». Ce cluster présente, la volonté des chercheurs à comprendre le concept de la comptabilité environnementale c'est-à-dire la comptabilité verte ou fiscalité environnementale, qui est une technique pour mesurer des flux physiques et des coûts écologiques qu'une entreprise occasionne par ses activités. L'article le plus pertinent pour le cluster est intitulé, Comptabilisation dynamique de l'énergie des services écosystémiques de l'eau et du carbone : un modèle pour simuler les impacts du changement d'affectation des terres (Watanabe et Ortega, 2014). Cet article présente un modèle hydrocarboné, qui représente dynamiquement les services écosystémiques liés aux cycles de l'eau et du carbone, tels que le rejet des canaux, la recharge des eaux souterraines, l'évapotranspiration, la séquestration du carbone de la biomasse, la séquestration du carbone de la litière et la séquestration du carbone dans le sol. Le modèle hydrocarboné utilise l'énergie pour estimer la valeur monétaire des services écosystémiques fournis par le bassin fluvial dans différents scénarios d'utilisation des terres. Des facteurs dynamiques étudiés, il ressort qu'il s'observe une dynamique spatio-temporelle et des changements d'affectation des terres dans les espaces agroforestiers. Elles s'expliquent généralement par les systèmes de rotation de cultures qui permettent aux agriculteurs de planter davantage d'espèces et de variétés de cultures dans leurs domaines et dans les champs agro-forestiers. De plus, ils réduisent, les charges liées à l'achat d'engrais pour la fertilisation du sol et le travail de la main d'œuvre. Les facteurs abordés sont : (1) Extension de l'agriculture itinérante dans les espaces forestiers ; (2) Intensification de l'agriculture dans les zones d'agriculture itinérante : zones « où l'agriculture itinérante s'est intensifiée (la période de jachère s'est raccourcie) » et zones « où l'agriculture itinérante a évolué vers une agriculture permanente » ; (3) Conversion directe des forêts à une petite agriculture permanente (conversion de petites superficies forestières en terres agricoles) et (4) Conversion directe des forêts à une agriculture à grande échelle. Le cinquième plus grand cluster (#4) compte 40 membres et une valeur de silhouette de 0,924. Il est étiqueté comme « modèle de gestion du drainage agroforestier ». Les domaines d'intervention thématique qui ont attiré les trafics de publications sur ce cluster sont la modélisation dans la gestion des systèmes agroforestiers et la dynamique des populations. L'article, le plus cité du cluster a présenté un modèle bidimensionnel dynamique par éléments finis de l'écoulement des fluides et du transport des solutés dans les profils racine-sol avec différents mécanismes d'absorption des racines (Karajeh et Tanji, 1994). Le résumé de tous les clusters identifiés sont consignés dans le tableau 2. Il ressort des analyses du tableau 2 que les domaines thématiques dans lesquels la plupart des publications sur la dynamique des systèmes agroforestiers ont été trouvées sont « agroforesterie », « agriculture » et « écologie des sols » entre 1991-2010. À l'inverse, sur la période 2010-2020, les catégories dominantes sont les « sciences de l'environnement », « sciences de la Terre » et la « modélisation ».

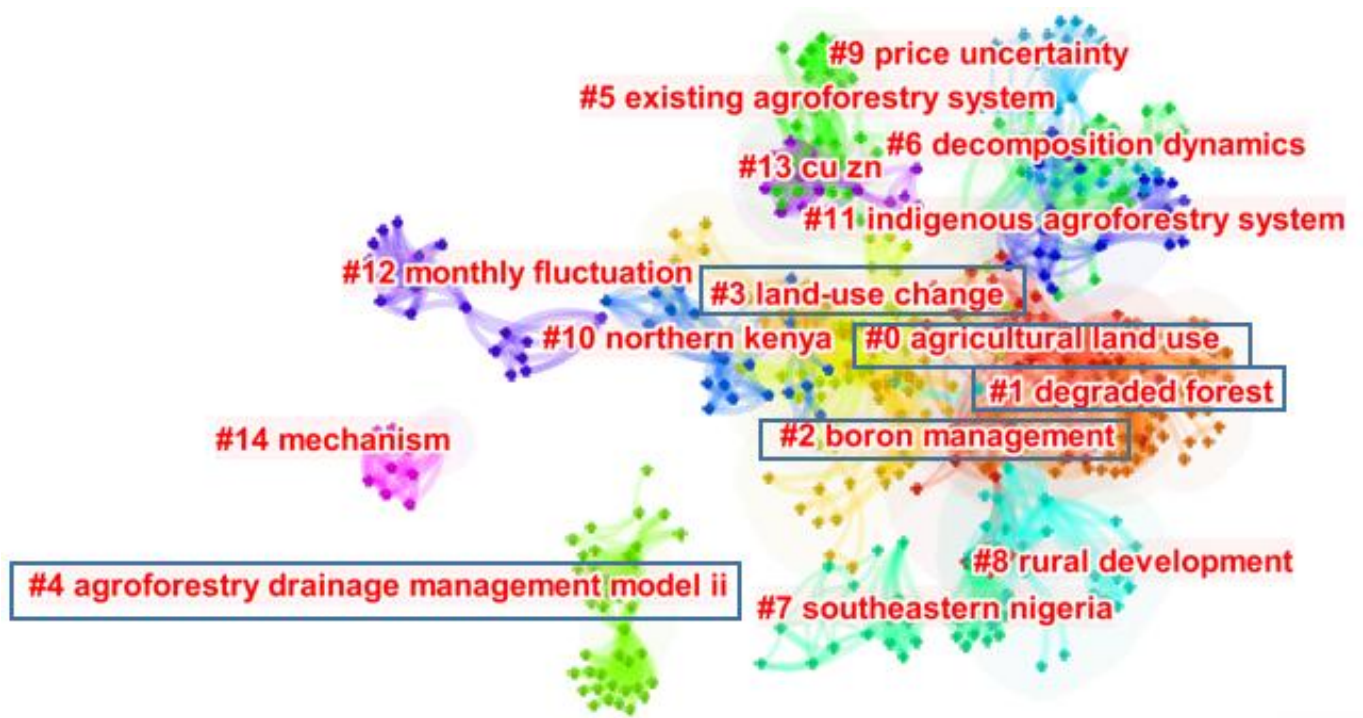


Figure 3 : Une visualisation du réseau principal du cluster de mots clés des publications sur la Dynamique des Systèmes Agroforestiers entre 1991 et 2021

Les 05 principaux clusters

Tableau 2 : Analyse de cluster de mots-clés

Cluster ID	Taille	Silhouette	Moyenne (Année)	Étiquette (LLR)	Interprétation du cluster
0	65	0.796	2006	Utilisation des terres agricoles	Du point de vue dynamique, il s’observe une pression foncière conduisant à la diminution de la durée de la jachère, la diminution des superficies emblavées, et partant, la modification dans le choix et l’agencement des cultures annuelles et des cultures pérennes. On note une redistribution des terres vers les concessions de plantations forestières, de palmiers ou de nouvelles spéculations consommatrices d’espace. Les entreprises non agricoles, consommatrices de terres agricoles se décentrent vers les banlieues. Il s’en suit une conversion de nouvelles terres agricoles à des usages urbains.
1	60	0.871	2002	Forêt dégradée	En lien avec la dynamique, le processus de dégradation des espaces forestiers part de la dégradation de la végétation naturelle autour des zones de production et le transfert de certaines de ses fonctions vers les espaces de production agricoles (fourniture de

					bois, PFNLs, conservation de la biodiversité, etc.). Les forêts dégradées sont le résultat d'une longue série de pratiques comme : (1) Extension de l'agriculture itinérante dans les espaces forestiers ; (2) Intensification de l'agriculture dans les zones d'agriculture itinérante : zones « où l'agriculture itinérante s'est intensifiée (la période de jachère s'est raccourcie) » et zones « où l'agriculture itinérante a évolué vers une agriculture permanente » ; (3) Conversion directe des forêts à une petite agriculture permanente (conversion de petites superficies forestières en terres agricoles) ; (4) Conversion directe des forêts à une agriculture à grande échelle.
2	58	0.857	2010	Gestion du bore	Les aspects dynamiques étudiés sous ce cluster sont l'utilisation durable des terres et la décision de gestion adaptative par des pratiques d'utilisation des terres. Elle s'explique par la logique de production/stratégie des agriculteurs, notamment le recours à l'agroforesterie pour restaurer la fertilité des sols, fournir des biens essentiels comme le bois énergie et autres,
3	42	0.884	2010	Changement d'affectation des terres	Le changement d'affectation des terres est le passage d'une affectation à une autre, par exemple le déboisement pour créer des sols agricoles. Il est l'une des sources des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Les principales menaces sur les sols sont l'érosion des sols (par l'eau, le vent ou le labour), la perte de carbone organique et les déséquilibres nutritifs liés principalement au changement d'affectation des sols (urbanisation, défrichement), ainsi qu'à l'intensification de l'agriculture et de la déforestation.
4	40	0.924	2001	Modèle de gestion du drainage agroforestier	Sous ce cluster, il a été question de la proposition de modèles dynamiques dans la gestion des systèmes agroforestiers et la dynamique des populations.

4. Discussion

Les résultats montrent, bien que certaines recherches aient été publiées sur la dynamique des systèmes agroforestiers au début des années 1990, le domaine a connu un rythme de croissance lente jusqu'en 2016. Cependant, il y a eu une augmentation soudaine de l'intérêt depuis 2017 et le nombre de publications a progressivement augmenté. Alors entre 2017 et 2021 le domaine s'est considérablement développé avec une croissance régulière du nombre de publications annuelles. En règle générale, 2017 est considérée comme une année charnière pour la recherche liée à la dynamique des systèmes agroforestiers. Cela pourrait être attribué à la reconnaissance du potentiel qu'a l'agroforesterie de contribuer au développement durable, au cours de la 22^{ème} Conférence des Parties (COP 22) qui s'est tenue à Marrakech en 2016 (Torquebiau et al. 2017). L'agroforesterie a aussi été

fréquemment mentionnée comme un important moteur pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Eugene Chia et al. 2016). Ils considèrent de plus en plus l'agroforesterie comme une composante essentielle d'une agriculture intelligente face au climat. Pour assurer la sécurité alimentaire future, l'agriculture doit devenir résiliente face au changement climatique (Neate, 2013). Dans le monde, les exemples de systèmes agroforestiers montrent les nombreuses formes que peut revêtir une agriculture intelligente face au climat et devraient inspirer les politiques et investissements futurs. Les options d'agroforesterie peuvent accroître considérablement la production agricole, améliorer la résilience des cultures face aux changements climatiques, et aider également à atténuer les impacts des changements climatiques mondiaux (Somé et al. 2011).

L'orientation thématique du domaine au cours des trois dernières décennies à travers l'analyse de cooccurrence de mots a permis de comprendre que la recherche s'est beaucoup plus focalisée sur les éléments conceptuels et de caractérisation pendant les 25 premières années. De toute évidence, comme il s'agit d'un domaine de recherche encore relativement nouveau, la littérature est dominée par des problèmes conceptuels et techniques sous-jacents liés aux systèmes agroforestiers. Au cours de cette période, les questions de dynamiques étudiées sont beaucoup plus liées, d'une part à la combinaison des études spatiales SIG avec les systèmes agroforestiers. Il s'agit entre autres, de l'analyse comparative de l'évolution spatio-temporelle des mosaïques de forêts-savanes soumises aux pratiques agricoles (Camara et al. 2012) ; l'utilisation des approches de comparaison post-classification pour examiner les trajectoires de changement de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre (Lu et al. 2012) ; l'application des SIG pour définir les points de collecte de biomasse comme sources de programmation linéaire des réseaux de distribution (Velazquez-Marti et Annevelink, 2009). D'autre part, cette période a été consacrée à l'étude de l'impact du changement d'utilisation des terres sur les services écosystémiques liés aux processus biogéochimiques de l'eau et du carbone (Watanabe et Ortega, 2014). Au cours des cinq dernières années (2017-2021), les progrès de la recherche dans le domaine sont liés à la dynamique du carbone et de l'azote et aux problèmes environnementaux, qui ont un impact sur les fonctions socio-économiques des systèmes agroforestiers et sur l'importance de leur diversité floristique (Prado, 2020) et en fin l'atténuation du changement climatique à travers l'étude de la séquestration du carbone du sol dans les systèmes agroforestiers (Rizvi et al. 2040). Un autre pan de la recherche au cours de cette période est le développement des modèles écologiques en liens avec la dynamique des systèmes agroforestiers. Il a été question de l'utilisation des modèles d'évolution du paysage, comme outils pour l'analyse des causes et de l'impact des changements d'utilisation des terres sur les paysages (Mamanis et al. 2021) ; le développement des modèles dynamiques à l'échelle du champ tenant compte des systèmes agricoles complexes pour la simulation de l'érosion des sols (Raza et al. 2021) ; l'étude des modèles de croissance mécanistes complexes qui sont considérés aujourd'hui comme, un prédicteur raisonnablement bon du système réel (Elevitch et Johnson, 2020). Les termes liés à la comptabilité environnementale c'est-à-dire la comptabilité verte ou fiscalité environnementale ont aussi été mis en évidence dans l'analyse de cooccurrence des mots, indiquant que la fiscalité écologique doit désormais faire partie des principaux outils économiques visant à favoriser la transition écologique et à modifier les comportements des ménages et des entreprises (Watanabe et Ortega, 2014).

Dans l'ensemble, ce que l'on peut apprendre de l'analyse thématique, c'est que la recherche existante sur la dynamique des systèmes agroforestiers est dominée par des questions de caractérisation de systèmes telles que la diversité et la stabilité. Cette tendance générale semble avoir pour explication, l'importance croissante des interventions de l'homme sur les divers milieux, interventions qui ont déjà abouti à la destruction (Pesson, 1978). Pour le même auteur, la notion de stabilité d'un écosystème est elle-même fort complexe ; elle s'apprécie par des paramètres, variés, relatifs à la constance et à la durée d'un état d'équilibre, à l'inertie ou résistance aux perturbations, à l'amplitude des perturbations supportables, à la vitesse de retour, à l'équilibre, etc. On s'aperçoit alors que diversité et stabilité ne sont pas liées de façon simple, dans certains cas la stabilité des conditions physiques du milieu permet la diversification du peuplement ; dans d'autres cas cette diversité biotique permet au système de subsister en dépit des fluctuations des paramètres non biotiques.

De l'analyse des 15 clusters identifiés dans cette étude, il est essentiel de mentionner que les lacunes dans la recherche indiquent que l'étude de la résilience des systèmes agroforestiers c'est-à-dire leur capacité à faire face à des perturbations, et les facteurs et mécanismes influant sur leur dynamique doivent être approfondies pour fournir une compréhension prédictive de la concurrence, de la complexité, de la rentabilité et de la durabilité de l'agroforesterie.

5. Conclusion

Sur la base des conclusions de CiteSpace, la part des publications, abordant les aspects dynamiques, représente seulement environ 2,27 % de la production scientifique globale sur les systèmes agroforestiers. Actuellement, il existe une abondance de littérature scientifique sur les aspects biophysiques et sur les potentialités des pratiques agroforestières. Mais les aspects dynamiques, sont peu documentés. Il résulte de ces acquis que les systèmes agroforestiers sont souvent étudiés et décrits de manière statique. Cela donne l'impression de systèmes n'évoluant pas, ou évoluant très peu.

La gestion du pâturage dans les systèmes agrosylvopastoraux et la modélisation de l'analyse de la séquestration potentielle du carbone dans les systèmes agroforestiers, ont été reconnues comme les questions de recherche brûlantes dans le domaine. En outre, le changement d'affectation des terres, la modélisation dans la gestion des systèmes agroforestiers et la comptabilité environnementale ou fiscalité environnementale sont identifiés comme des orientations de recherche futures importantes, qui méritent une attention plus approfondie. Pour combler ces gaps, il serait important d'étudier les facteurs qui fondent la dynamique des systèmes agroforestiers et la résilience de celle-ci.

Remerciement

Les auteurs remercient chaleureusement Dr. Jesugnon Fifamè Murielle Féty TONOUEWA pour ses conseils bibliographiques et ses commentaires fructueux à différentes étapes du processus de rédaction.

Contribution des auteurs (section obligatoire)

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Mèssétin Vital AHISSOU, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Gestion des données	Mèssétin Vital AHISSOU, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Analyse formelle	Mèssétin Vital AHISSOU, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Méthodologie	Mèssétin Vital AHISSOU, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Gestion de projet	Mèssétin Vital AHISSOU, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Ressources	Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Baï Sèwèdo Céline Dan
Logiciels	Mèssétin Vital AHISSOU, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Supervision	Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Visualisation	Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Écriture –Préparation de l'ébauche originale	Mèssétin Vital AHISSOU, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU
Écriture – Révision et édition	Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU, Baï Sèwèdo Céline Dan

Références

- Alan Pritchard. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics ? *Journal of Documentation*, 25(4) : 348–349.
- Brown, S. E., Miller, D. C., Ordonez, P. J., et Baylis, K. (2018). Evidence for the impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in high-income countries: A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 7(1) 16 p.
- Camara, A. A., Dugué, P., et de Foresta, H. (2012). Transformation of the mosaics of forest-savannas by agroforestry practices in sub-Saharan Africa (Guinea, Cameroon). *CyberGeo*, 2012 25 p.
- Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3): 359–377.
- Chen, Y., Munteanu, A. C., Huang, Y. F., Phillips, J., Zhu, Z., Mavros, M., et Tan, W. (2009). Mapping Receptor Density on Live Cells by Using Fluorescence Correlation Spectroscopy. *Chemistry – A European Journal*, 15(21) : 5327–5336.
- Cheng, F. F., Huang, Y. W., Yu, H. C., et Wu, C. S. (2018). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence and social network analysis: Evidence from Library Hi Tech between 2006 and 2017. *Library Hi Tech*, 36(4): 636–650.
- Costanza, V., et Neuman, C. E. (1997). Managing cattle grazing under degraded forests: An optimal control approach. *Ecological Economics*, 21(2): 123–139.
DOI: 10.1016/S0921-8009(96)00098-5
- Dieye, E. H. B., Diaw, A. T., Sané, T., et Ndour, N. (2013). Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeo : European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, 1-27.
- Elevitch, C. R., et Johnson, C. R. (2020). A procedure for ranking parameter importance for estimation in predictive mechanistic models. *Ecological Modelling*, 419, 108948.
- Eugene Chia, Kalame Fobissie, et Markku Kanninen. (2016). Initiatives Carbon Forestier : Planification et Optimisation pour une Synergie Aténuation-Adaptation. *Vitri Brief*, 1(1): 1-8.

- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3): 215-239.
- Folega F, Datche-Danha KE, Folega AA, Woegan AY, Kperkouma W, Akpagana K (2022). Diversité des services écosystémiques et utilisation des terres dans le paysage du socle Eburnéen au Togo. *Revue Nature et Technologie*, 14(02), 61-75
- Folega F, Bimare K, Konate D, Kperkouma W, Koffi A. (2020). Inventaire et séquestration de carbone de la végétation de l'emprise urbaine de la ville de Dapaong, Togo. *Espace Géographique et Société Marocaine*, (41/42).
- Gacogne, V. (2005). Les modèles de dynamique des systèmes : des outils pédagogiques pour une aide à la gouvernance des systèmes ? *System Dynamics Newsletter*: 1-9.
- J. van Andel, J.P. Bakker, et A.P. Grootjans. (1993). Mécanismes de succession de la végétation : une revue des concepts et des perspectives. *Acta Botanica Neerlandica*, 42(4P): 413–433.
- Karajeh, F. F., et Tanji, K. K. (1994). Agroforestry Drainage Management Model. II: Field Water Flow. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(2): 382–396.
- L. Somé, K. Sissoko, R. Zougmore, B. Traoré, M. Amadou, A.S. Moussa, W. Forch, C. Garlick, S. Ochieng, P. Kristjanson, et P.K. Thornton. (2011). *Résumé des résultats des enquêtes de base niveau ménage – site de Tougou, Burkina Faso*. Programme de recherche du CGIAR sur le Changement Climatique, l'Agriculture et la Sécurité Alimentaire (CCAFS)
- le Coënt, P., le Quellenec, S., et Ponce de Leon Iglesias, A. (2001). Perspectives d'adoption de l'agroforesterie dans le développement durable de l'Hérault : opportunités et obstacles à ce développement. Montpellier : ENSAM, 77 p.
- Leydesdorff, L., de Moya-Anegón, F., et Guerrero-Bote, V. P. (2010). Journal maps on the basis of Scopus data: A comparison with the Journal Citation Reports of the ISI. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(2): 352–369.
- Lu, D., Hetrick, S., Moran, E., et Li, G. (2012). Application of time series landsat images to examining land-use/land-cover dynamic change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78(7): 747–755.
- Mamanis, G., Vrahnakis, M., Chouvardas, D., Nasiakou, S., et Kleftoyanni, V. (2021). Land Use Demands for the CLUE-S Spatiotemporal Model in an Agroforestry Perspective. *Land* 2021, Vol. 10, 1097 p.
- Neate, P. J. H. (2013). Agriculture intelligente face au climat succès des communautés agricoles dans le monde. Wageningen, Pays-Bas : Programme de recherche du CGIAR sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire (CCAFS) et le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA).
- Perez, B. (2021). Prédiction de l'évolution d'un système complexe dans un contexte non déterministe : architecture basée sur le couplage SMA / RàPC et la clusterisation.. Intelligence artificielle [cs.AI]. Université Bourgogne Franche-Comté, 144 p.
- Pesson, P. (1978). Stabilité, diversité et maturité des écosystèmes : notions applicables aux sociétés humaines. *Économie Rurale*, 127(1): 4–6.
- Prado, E. E. (2020). Identifying Research Areas on Carbon and Nitrogen Dinamyc in Coffee Agroforestry Systems in Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, 16 p.
- Quenon, J. (2021). *Quelles places pour les formations ligneuses au sein d'un projet agri-alimentaire durable et créateur d'emplois ?* Sciences agricoles, 14 p.
- Raza, A., Ahrends, H., Habib-Ur-rahman, M., et Gaiser, T. (2021). Modeling Approaches to Assess Soil Erosion by Water at the Field Scale with Special Emphasis on Heterogeneity of Soils and Crops. *Land* 2021, 10, 422 p.
- Rizvi, R. H., Newaj, R., Chaturvedi, O. P., Prasad, R., Handa, A. K., et Alam, B. (2040). Carbon sequestration and CO₂ absorption by agroforestry systems: An assessment for Central Plateau and Hill region of India. *Journal of Earth System Science*, 128, 56 p.
- Smaling, E. M. A., et Fresco, L. O. (1993). A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). *Geoderma*, 60(1–4): 235–256.
- Song, H., Chen, P., Zhang, Y., et Chen, Y. (2021). Study Progress of Important Agricultural Heritage Systems (IAHS): A Literature Analysis. *Sustainability* 2021, 13(19), 10859 p.
- Taşkın, Z., et Aydinoglu, A. U. (2015). Collaborative interdisciplinary astrobiology research: A bibliometric study of the nasa astrobiology institute. *Scientometrics*, 103(3): 1003–1022.
- Tayfur, G., Tanji, K. K., et Baba, A. (2009). Two-dimensional finite elements model for boron management in agroforestry sites. *Environmental Monitoring and Assessment* 2009 160:1, 160(1): 501–512.
- Torquebiau, Chotte, et Jean-Luc. (2017). 4‰: les sols pour la sécurité alimentaire et le climat. In : Un défi pour la planète : les objectifs de développement durable en débat. Caron Patrick (ed.), Châtaigner Jean-Marc (ed.). Marseille : IRD, 279-282.
- Velazquez-Marti, B., et Annevelink, E. (2009). Gis application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks. *Transactions of the ASABE*, 52(4): 1069–1078.
- Watanabe, M. D. B., et Ortega, E. (2014). Dynamic emergy accounting of water and carbon ecosystem services: A model to simulate the impacts of land-use change. *Ecological Modelling*, 271: 113–131.