

## Parcs agroforestiers traditionnels en Afrique de l'Ouest : Analyse bibliographique sur leur contribution à l'amélioration de la fertilité des sols et à l'atténuation des effets du changement climatique

A. B. Nambima<sup>1</sup>, T. D. Houehanou<sup>1</sup>, G. N. Gouwakinnou<sup>1</sup> et H. S. Biaou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doctorant MSc. Amos Baninwain NAMBIMA, Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, E-mail : [amosnambima@gmail.com](mailto:amosnambima@gmail.com), Tél. : (+229)95297132, République du Bénin

Dr Ir (MC) Thierry Dèhouégnon HOUEHANOU, LEB/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [huehanout@gmail.com](mailto:huehanout@gmail.com), Tél. : (+229)97213922, République du Bénin

Dr Ir (MC) Gérard Nounagnon GOUWAKINNOU, LEB/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [gougerano@gmail.com](mailto:gougerano@gmail.com), Tél. : (+229)97343189, République du Bénin

Pr Dr I. Honoré Samadori BIAOU, Professeur, LEB/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [hbiaou@gmail.com](mailto:hbiaou@gmail.com), Tél. : (+229) 94150485, République du Bénin

Auteur correspondant : Doctorant MSc. Amos Baninwain NAMBIMA, Email : [amosnambima@gmail.com](mailto:amosnambima@gmail.com)

### Résumé

L'agriculture en Afrique est essentiellement pluviale, de subsistance et caractérisée par une faible productivité. Le rythme élevé de la croissance démographique, la surexploitation des terres, l'extension des superficies cultivées, la réduction des pâturages ainsi que les superficies des jachères et la durée de leur cycle sont les principales causes de dégradation des sols ayant conduit à cette baisse de productivité. Les variabilités et changements climatiques viennent amplifier cette situation. Les parcs agroforestiers traditionnels constituent une approche de gestion durable des terres adoptée par les agriculteurs pour plusieurs raisons dont celle d'améliorer la fertilité des sols et d'atténuer les risques des changements climatiques. L'objectif de l'étude était de faire une analyse bibliographique sur les parcs agroforestiers dans la gestion de la fertilité des sols dans un contexte de changement climatique en Afrique de l'Ouest au cours de la dernière décennie (2010–2023). Sur un total 413 documents initialement identifiés dans deux grandes bases de recherches (319 dans AJOL et 94 dans Scopus), 42 articles ont été retenus et entièrement lus. Toutes les études ont été menées en Afrique de l'Ouest et 37,5 % au Bénin. Une analyse critique a permis d'identifier tant le niveau de connaissance sur les parcs agroforestiers et leur implication dans la gestion de la fertilité des sols, les différentes perceptions des effets du changement climatique et les stratégies d'adaptations en lien avec les parcs agroforestiers, ainsi que les gaps de recherche sur les parcs agroforestiers traditionnels. L'étude donne plus de lumière sur i) la perception des effets du changement climatique et stratégie d'adaptation, ii) l'adoption des bonnes pratiques de gestion de la fertilité des sols, iii) le rôle des parcs agroforestiers dans la gestion de la fertilité des sols, vi) les parcs agroforestiers et la séquestration du carbone, et v) les parcs agroforestiers et le changement climatique. L'étude va permettre une meilleure gestion des parcs agroforestiers pour l'amélioration de la productivité et la mitigation des effets du changement climatique.

**Mots clés :** Systèmes agroforestiers, productivité, sécurité alimentaire, perception et stratégie d'adaptation.

### Traditional agroforestry parklands in West Africa: Literature review on their contribution to soil fertility improvement and climate change mitigation

#### Abstract

Agriculture in Africa is essentially rain-fed, subsistence agriculture characterized by low productivity. The high rate of population growth, overexploitation of land, extension of cultivated areas, reduction of pastures as well as fallow areas and the duration of their cycle are the main causes of soil degradation that have led to this decline in productivity. Climate change is exacerbating this situation. Traditional agroforestry systems are a sustainable land management approach adopted by farmers to improve productivity and yields. The objective of the study was to carry out a literature review on traditional agroforestry systems and their role in fertility management in a context of climate change in West Africa during the last decade (2010-2023). Out of a total of 413 papers were initially identified in two major search databases (319 in AJOL and 94 in Scopus), 42 articles were selected and fully reviewed. All studies were conducted in West Africa and 37.5% in Benin. A critical analysis allowed to identify both the level of knowledge of agroforestry systems and their implication in soil fertility management by the populations, the different perceptions of the effects of climate change and the adaptation strategies and finally, and the research gaps on traditional agroforestry systems. The study sheds lighter on i) perception of climate change effects and adaptation strategies, ii) adoption of good soil fertility management practices, iii) the role of agroforestry systems in soil fertility management, vi) agroforestry systems and carbon sequestration, and v) traditional agroforestry parks and climate change. The study allows a better management of traditional agroforestry systems for productivity improvement and climate change mitigation.

**Keywords:** Agroforestry systems, productivity, food security, perception and adaptation strategy.

## Introduction

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture est essentiellement pluviale et de subsistance, caractérisée par un faible niveau de la fertilité des sols (Doamba *et al.*, 2011 ; Saidou *et al.*, 2013 ; Adebisi *et al.*, 2019 ; Sissoko *et al.*, 2020). Il contribue pour 30 % au PIB et emploie environ la moitié de la population active (Yabi *et al.*, 2016). A l'instar des autres pays de l'Afrique Sub-Sahara, les sols du Bénin sont confrontés à une baisse de fertilité et ce problème varie selon la localité. Les principales causes de dégradation des sols sont, entre autres, le rythme élevé de la croissance démographique, la surexploitation des terres, l'extension des superficies cultivées, la réduction des pâturages ainsi que les superficies des jachères et la durée de leur cycle (Sissoko *et al.*, 2020). Aussi, l'industrialisation, le changement d'utilisation des terres et l'exploitation démesurée des ressources naturelles génèrent des gaz à effet de serre qui sont responsables du réchauffement climatique que l'on observe actuellement sur la planète terre (Kooke *et al.*, 2019 ; Doumbia *et al.*, 2020). En effet, le CO<sup>2</sup> qui est le gaz à effet de serre le plus commun, permet à la terre de jouir d'un effet de serre naturel nécessaire à la vie à travers le maintien de la température de la terre à 15°C au lieu de -18°C. Cependant, sa forte concentration induit directement un réchauffement de la planète et un changement climatique (CC). De même, la forte pression exercée sur les terres du fait de l'explosion démographique a eu pour conséquence la pratique des cultures en continues, réduisant ainsi la durée des jachères, ce qui influence négativement la capacité des sols à produire la biomasse (Akedrin *et al.*, 2020 ; Doumbia *et al.*, 2020). Cette pratique a pour impact la rupture des équilibres écologiques conduisant à la dégradation des paysages ruraux induisant ainsi une vulnérabilité des sols à l'érosion et surtout la prolifération des plantes adventices parmi lesquelles se trouvent des espèces récurrentes de légumineuses herbacées spontanées (Akedrin *et al.*, 2020).

Au Nord-Bénin, la baisse de la fertilité des sols est une contrainte majeure qui affecte la production agricole (Yabi *et al.*, 2012 ; Adebisi *et al.*, 2019). Les principales causes de ce phénomène au Nord Bénin sont les pratiques culturales inappropriées, l'érosion et le surpâturage auxquels viennent s'ajouter les risques climatiques tels que les longues saisons sèches, les fortes chutes de pluie et les vents violents qui apparaissent comme des contraintes supplémentaires à même d'accentuer les problèmes rencontrés au niveau de la fertilité des sols, surtout dans le contexte d'un climat changeant (Adebisi *et al.*, 2019 ; Sissoko *et al.*, 2020). La dégradation est également accélérée par l'effet de diverses actions anthropiques tels que l'agriculture itinérante, la coupe abusive du bois, les feux de végétation, l'élevage extensif (Ouedraogo *et al.*, 2022).

En évaluant l'évolution des facteurs climatiques entre 1960 et 2008 dans les trois zones climatiques du Bénin, Gnangle *et al.* (2012) ont remarqué non seulement une augmentation significative de la température moyenne de plus de 1 °C, mais aussi une baisse perceptible de la moyenne pluviométrique de 5,5 mm/an ainsi que du nombre moyen de jour de pluie par an. Par ailleurs, les précipitations demeureront plus ou moins stables (+ 0,2 %) dans le sud du pays, tandis qu'elles seront réduites de 13 à 15 % dans le nord à l'horizon 2100 (Yegbemey *et al.*, 2014). Du coup, dans plusieurs zones agro écologiques du Nord Bénin, les cultures subiront beaucoup plus les effets de la variabilité climatique (Yegbemey *et al.*, 2014). On note également une menace sur les services écosystémiques et les produits forestiers non ligneux (PFNL) par le CC et l'utilisation des terres (Heubes *et al.*, 2012). Face à ce phénomène de fertilité des terres, les producteurs adoptent plusieurs stratégies afin d'améliorer le niveau de fertilité des sols et accroître leur revenu. Ces stratégies combinent le travail du sol, la jachère de courte durée, l'utilisation de la fumure organique et parfois la jachère améliorée qui a été introduite par les projets et programmes de protection de l'environnement (Yabi *et al.*, 2016). D'autres stratégies telles que les techniques classiques de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols, la rotation culturale, l'association céréales – légumineuses et l'utilisation des espèces agroforestières dans les champs sont utilisées (Dan Lamso *et al.*, 2015). Les parcs agroforestiers jouent un rôle capital, grâce aux arbres et aux arbustes qui fournissent une couverture du sol qui réduit l'érosion et atténuent les effets du CC (Bayala *et al.*, 2014). Ces parcs fournissent également du fourrage vert qui complète les résidus de culture pour l'alimentation du bétail pendant la sécheresse, ainsi que des fruits et des feuilles pour l'alimentation humaine et pour la génération de revenus. Ce dernier rôle participe à la lutte contre l'insécurité alimentaire grâce aux produits forestiers non ligneux dont il met à disposition des populations surtout pendant la période de soudure. La régénération naturelle assistée (RNA) permet non seulement d'augmenter la densité des ligneux dans les exploitations paysannes mais aussi participe à l'amélioration du niveau de fertilité des sols (Dan Lamso *et al.*, 2015). Le niveau de fertilité de ces sols dépend principalement du taux de décomposition de la litière végétale et de remise en circulation de ses composants, sous l'action de ces organismes. La réintégration des espèces

d'arbres dans les systèmes de culture constitue donc une condition essentielle à la réhabilitation et la restauration de la fertilité des sols tropicaux (Ndiaye *et al.*, 2012).

La valorisation des pratiques culturales axées sur le recyclage de la biomasse produite par les composantes des systèmes agroforestiers traditionnels est courante dans les zones soudanienne et sahélienne (Saidou *et al.*, 2013). La distribution disproportionnée des précipitations sur l'alimentation en eau des cultures annuelles dans ces systèmes agrosylvicoles et la compétition pour la lumière sont des facteurs affectant considérablement les niveaux de rendement des cultures (Saidou *et al.*, 2013). Cependant, les systèmes agroforestiers présentent des avantages considérables en ce sens que les producteurs y bénéficient des ressources financières que génèrent la production des arbres (Gnangle *et al.*, 2012 ; Saidou *et al.*, 2013). De plus, la contribution des arbres dans le recyclage des nutriments (Bayala *et al.*, 2014) agit positivement dans le maintien du niveau de fertilité des sols en ce sens que, les nutriments des horizons de profondeur sont remontés à la surface du sol grâce à la minéralisation de la litière des feuilles (Saidou *et al.*, 2013). La gestion intégrée de la fertilité du sol inclut les techniques d'agroforesterie comme la RNA qui est une pratique existante depuis des siècles et qui consiste à faire épargner des arbres et à les entretenir dans la parcelle de culture, suivant les densités désirées. Les jeunes plants d'arbres régénérés sont protégés pour éviter leur destruction et exploitation à travers leur matérialisation avec des piquets pour de la peinture (Diaby *et al.*, 2020). La RNA est une approche efficace pour lutter contre la dégradation des terres et accroître la résilience, la sécurité alimentaire ainsi que les revenus dans les zones arides (Bayala *et al.*, 2014) ; d'augmenter durablement la productivité agricole, de renforcer la résilience des systèmes de production aux effets néfastes du CC et de réduire les gaz à effet de serre (GES) provenant de l'agriculture (Diaby *et al.*, 2020). De plus, lorsque les agriculteurs participent aux marchés, ont les moyens de subsistance diversifiés et ont des femmes sont autonomes, les RNA sont plus résilientes (FAO, 2016). Plusieurs recherches ont été menées sur les parcs agroforestiers traditionnels en Afrique de l'Ouest. Cependant, nous analysons ici l'état de la littérature sur les parcs agroforestiers et leur rôle dans la gestion de la fertilité des sols. L'objectif de l'étude est de faire une synthèse bibliographique sur les parcs agroforestiers et leur rôle dans la gestion de la fertilité des sols dans un contexte de changement climatique (CC) en Afrique de l'Ouest au cours de cette dernière décennie.

## Méthodologie d'approche de la recherche documentaire

Des articles publiés dans des revues scientifiques sur l'amélioration de la fertilité des sols des parcs agroforestiers traditionnels dans un contexte de CC ont été rassemblés en utilisant African Journals Online (<https://www.ajol.info>) et Scopus (<https://www.scopus.com/>), deux moteurs de recherche en ligne (on line). Scopus est une base de données internationales qui combine de manière unique une base de données complète et organisée de manière experte sur les résumés et les citations avec des données enrichies et de la littérature scientifique liée dans une grande variété de disciplines. Cependant, African Journals Online contient la littérature africaine (Houndonougbo *et al.*, 2020 ; Daï *et al.*, 2022). Une recherche documentaire a été effectuée pour les articles publiés au cours de la dernière décennie (2010-2023) afin de documenter de manière critique de nombreux aspects liés à la gestion des parcs agroforestiers traditionnels dans un contexte de CC en Afrique de l'Ouest. Les publications scientifiques ont été collectées en utilisant les mots et groupes de mots clés suivants : "Systèmes agroforestiers" ; "fertilité des sols" ; "CC" et "Afrique de l'Ouest" ou "Systèmes agroforestiers" ; "fertilité des sols" et "Afrique de l'Ouest" ou "Systèmes agroforestiers" ; "CC" et "Afrique de l'Ouest" ou "Agroforestry systems" ; "soils fertility" ; "climate change" et "West Africa" ou "Parkland" ; "soils fertility" ; "climate change" ; "West Africa" ou "Agroforestry systems" ; "climate change" ; "West Africa" ou "Agroforestry systems" ; "soils fertility" et "West Africa".

## Sélection et compilation des articles publiés dans des revues scientifiques

Les résultats de la recherche ont été examinés pour toutes les bases de données en utilisant les titres, les résumés et les mots-clés des publications. Au total 413 documents ont été identifiés (soit 319 dans AJOL et 94 dans Scopus). Les études identifiées comme des doublons ont été exclues (Figure 1). Les lettres, encyclopédies, rapports de cas, livres, manuels et directives ont également été exclus. Pour l'inclusion finale dans la revue, toutes les publications ont été passées au crible en les quatre étapes suivantes (Houndonougbo *et al.*, 2020) : (1) vérification de la pertinence de la publication sur la base du titre ; (2) lecture des résumés pour déterminer s'ils sont pertinents pour la revue ; (3) téléchargement et lecture de l'article complet lorsque la deuxième étape n'a pas fourni d'informations suffisantes pour justifier son inclusion dans la revue ; (4) récupération des publications qui répondaient aux critères d'inclusion de cette revue. Les informations suivantes ont été compilées sur les publications retenues pour cet examen : (i) journal et titre de la publication ; (ii) mots clés de la publication ; (iii) année de la publication ; (iv) pays de l'étude ; (v) aspect(s) traité(s) dans l'étude. Les publications finales retenues

ont été lues en détail pour résumer les informations et connaissances disponibles, en se basant sur le thème de recherche.

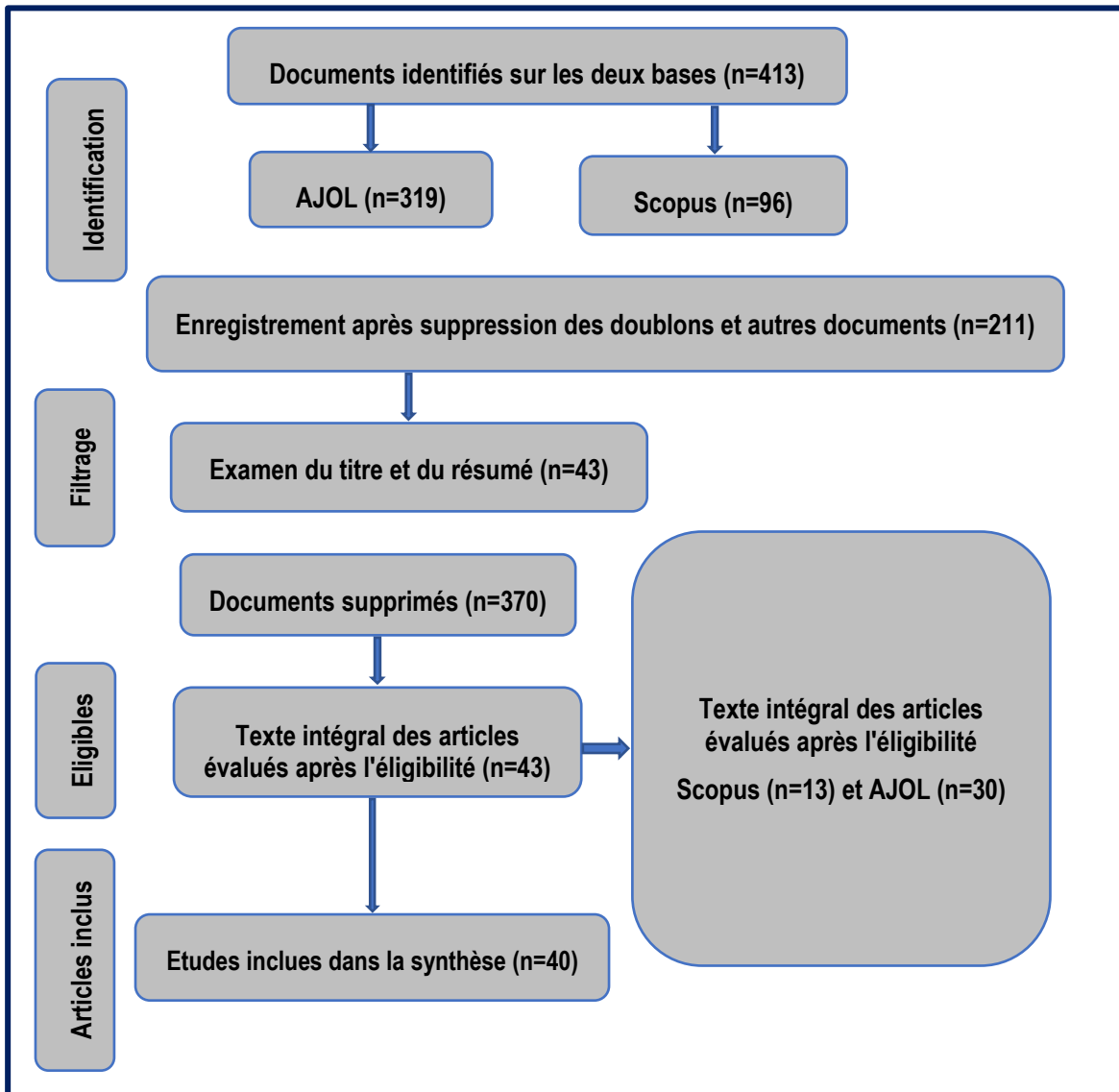


Figure 1. Diagramme montrant le processus de la sélection des 42 études incluses dans la synthèse bibliographique sur les parcs agroforestiers traditionnels en Afrique de l'Ouest

### Nombre et distribution géographique des articles étudiés en Afrique de l'Ouest

Les histogrammes de la figure 2 ont illustré la projection des articles étudiés par année. Ainsi, l'année 2012 est celle ayant connu le plus grand nombre de publications (7), suivi des années 2019 et 2020 (figure 2). Cependant, ce sont les années 2013 et 2017 qui sont celles n'ayant pas connu de publication sur la thématique. Cela indique à quel point plusieurs scientifiques ont investigué sur la gestion de la fertilité des sols dans les systèmes agroforestiers traditionnels dans un contexte de CC. Par contre les cartes de la figure 3 ont illustré la distribution géographique des articles étudiés en Afrique. Ici, le Bénin est le pays où les travaux scientifiques ont été plus investigués dans le domaine ciblé (15).

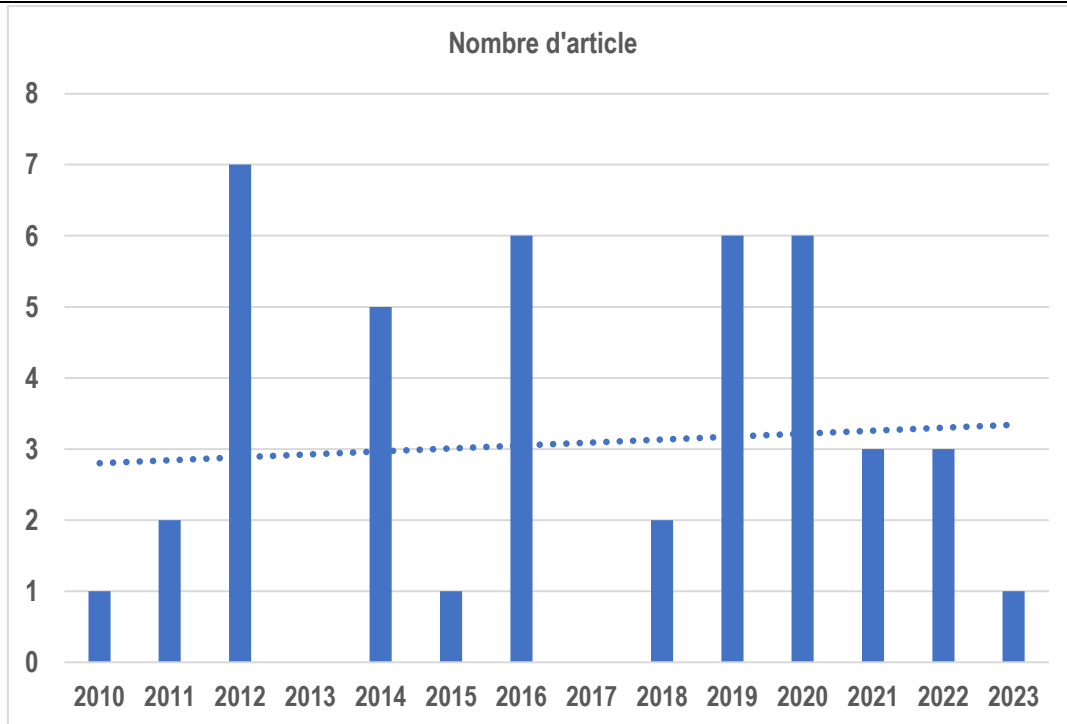
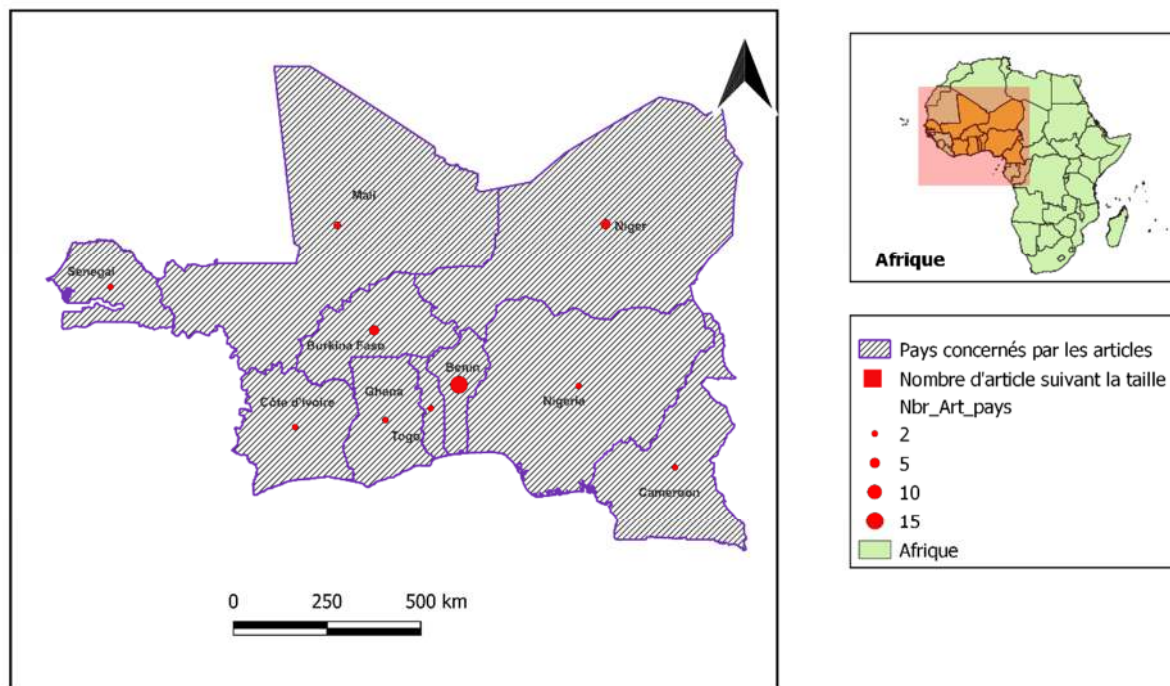


Figure 2. Répartition temporelle des œuvres scientifiques consultées



Auteur: NAMBIMA Amos Baninwain  
Source: ICPAC Geoportal

Figure 3. Distribution spatiale des articles étudiés

### Perception des effets du changement climatique et stratégie d'adaptation

Les producteurs perçoivent les effets du changement climatique sur les sols à travers la baisse de la fertilité, la modification de la couleur des sols, l'érosion accrue et la dégradation de la structure du sol. Ainsi, l'âge, le nombre de tête bœufs pour la traction, le niveau d'instruction, l'accès aux agents de vulgarisation agricole, l'expérience dans l'agriculture ; la distance séparant le champ à la résidence du producteur, sont les principaux facteurs qui influencent de façon significative l'adoption de la fumure

organique (Adebiyi *et al.*, 2019). Cependant, les producteurs de Banikoara au nord Bénin avaient cité les perceptions biophysiques telles que : le retard dans l'installation des pluies, la rareté des pluies, la baisse de la fertilité des sols, les poches de sécheresse, les chutes des rendements, les vents violents, la mauvaise répartition des pluies, l'excès de chaleur et la désertification (Kate *et al.*, 2016 ; Gnonlonfoun *et al.*, 2019). Une baisse des fruits produits par les arbres, une augmentation des attaques de fruits par les insectes, une baisse du rendement en récolte des cultures vivrières due aux poches de sécheresses ont été également notifiés par des producteurs (Gnonlonfoun *et al.*, 2019). De manière générale, la perception et l'adaptation face aux effets du CC par les producteurs du Nord Bénin se font à travers la diversification culturelle, la réadaptation du calendrier agricole et des pratiques culturelles (Yegbemey *et al.*, 2014). Ainsi, les agriculteurs de Kedougou au Sénégal modifient constamment leurs stratégies de gestion par le biais d'une prise de décision flexible et adaptable afin d'atténuer les perturbations négatives, cependant le CC, en tant que principal moteur de changement, ne peut être distingué des autres défis normaux auxquels les agriculteurs sont confrontés d'une année à l'autre (Papa *et al.*, 2020). Grâce à l'accumulation de connaissances et la gestion adaptative, il dérive une diversité de stratégies de subsistance pour mitiger les incertitudes liées aux risques de la variabilité climatique. L'âge, l'appartenance sociolinguistique et la position géographique sont les principaux facteurs déterminants dans la perception des effets du CC (Gnonlonfoun *et al.*, 2019). L'utilisation du modèle statistique Probit de Heckman (Yegbemey *et al.*, 2014) a révélé une corrélation positive et significative entre l'appartenance à une organisation, l'expérience dans la production agricole avec la perception du producteur au CC ainsi qu'aux stratégies d'adaptation. En revanche, aucune corrélation significative ( $p > 0,05$ ) n'existe entre le mode de faire valoir des terres, le nombre d'actifs agricoles du ménage et l'adaptation au CC par les producteurs (Yegbemey *et al.*, 2014).

Les effets marginaux montrent l'impact de la variation d'une unité de chaque variable sur la probabilité d'adoption. L'analyse des résultats du modèle d'estimation des facteurs d'adoption de la régénération naturelle assistée montre que les variables, âge, formation en RNA et le revenu sont significatifs au seuil de 1% ; l'accès au crédit, la cueillette et l'unité bétail tropical sont significatifs au seuil de 5% et l'utilisation des fertilisants et la perception sur le choc climatique sont significatifs au seuil de 10% (Diaby *et al.*, 2020). Une analyse de la dynamique de l'occupation des sols entre 1984 et 2017 au Niger montre que les superficies des formations végétales et les jachères régressent sur l'ensemble de la zone d'étude alors que les cultures et bâtis progressent (Biga *et al.*, 2020). De même, il a été constaté une dégradation des plans d'eau. Les principaux facteurs de destruction et de changement du paysage sont la croissance démographique, l'exploitation forestière et l'agriculture. La baisse des quantités de pluie, l'augmentation des températures et de la vitesse du vent sont les paramètres entrant dans la baisse de la qualité des sols (Avaligbé *et al.*, 2021 ; Ouedraogo *et al.*, 2022). Un examen des facteurs climatiques entre 1960 et 2008 par Gnanglè *et al.* (2011) a indiqué une hausse significative de la température moyenne (plus de 1°C) sur toute l'étendue du pays dans les trois zones climatiques du Bénin, ainsi qu'une baisse perceptible de la pluviométrie moyenne (-5,5 mm/an) et du nombre moyen de jours de pluie par an. Cela est de nos jours plus perceptible par les producteurs avec la baisse de la durée de la saison de pluies, les poches de sécheresses plus étendues et l'augmentation de la chaleur. Les perceptions des effets de CC variaient en fonction des catégories socioculturelles des sujets (Gnanglè *et al.*, 2011). L'utilisation d'engrais minéraux, et les semis précoces sont les principales stratégies d'adaptation où les mêmes remarques ont été faites. D'autres facteurs tels que la zone agroécologique, le sexe, l'appartenance à une organisation paysanne et la densité des arbres de karité ont été notés par Avaligbé *et al.* (2021) comme étant des facteurs influençant l'adoption des stratégies d'adaptation au CC. Ndiaye *et al.* (2012) ont montré que les teneurs en C organique et en N total ainsi que la CEC et le rapport  $K/(Ca + Mg)$  ont diminué avec une augmentation de la distance de prélèvement des échantillons de sol par rapport aux arbres. La teneur en P assimilable des sols a également varié avec la distance de prélèvement, avec toutefois des valeurs plus élevées pour les échantillons prélevés sous les arbres. Par ailleurs, les teneurs en K, Ca, Mg, le pH (eau) et les rapports Ca/Mg, Ca/K et Mg/K n'ont pas varié suivant la distance de prélèvement. La même étude de Ndiaye *et al.* (2012) a montré une augmentation de la longueur de la partie aérienne, de la biomasse, et de la biomasse des racines de 39,11 % et 61 % sur le sol prélevé à R/2 comparé au sol prélevé à 2R du houppier. Des études menées dans la commune de Banikoara (Bénin) ont montré que les taux de matière organique des différentes unités pédologiques de la Commune de Banikoara ont varié très significativement entre 1971 et 2010 ( $p < 0,01$ ) alors qu'ils n'ont pas varié significativement en fonction des différentes unités pédologiques ( $p > 0,05$ ) (Kate *et al.*, 2016). Le même constat a été fait avec les taux d'azote des différentes unités pédologiques qui ont connu une variation très significative entre la période de 1970 et 2013 ( $p < 0,01$ ) mais n'ont pas varié significativement d'une unité à l'autre dans la même série. Cependant, les teneurs des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique ont varié significativement ( $p < 0,01$ ) entre 1971 et 2010 et suivant les unités pédologiques (Bayala *et al.*, 2014 ; Kate *et al.*, 2016).

## Adoption des bonnes pratiques de gestion de la fertilité des sols

Les producteurs agricoles sont en majorité conscients de la baisse de fertilité des sols (Ouedraogo *et al.*, 2022) et s'y adaptent en utilisant plusieurs stratégies telles que : l'apport combiné de la fumure organique et d'engrais minéraux, la mise en place des cordons pierreux, le recours à la Régénération Naturelle Assistée (RNA) et à la jachère. L'utilisation des Techniques de Conservation des Sols et de l'Eau (SWCT) par des producteurs au Burkina Faso a permis de sécuriser la production agricole dans des climats imprévisibles (Sawadogo, 2011). Les techniques telles que les digues en pierre, les diguettes filtrantes, les zaï, les demi-lunes et l'agroforesterie ont été fréquemment répandues dans plusieurs régions avec pour principal objectif, contribuer à la gestion durable des terres en améliorant la productivité. Les mesures de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS) sont aussi des approches de gestion durable des terres à l'échelle des exploitations agricoles (Adekambi *et al.*, 2021). Ces différentes stratégies permettent une reconstitution progressive de la diversité biologique du sol et une amélioration de l'activité biologique permettant d'augmenter l'humus du sol. L'expérience dans l'agriculture et l'appartenance à une organisation étaient positivement et significativement corrélées aussi bien avec la perception du producteur qu'avec sa décision de s'adapter au CC (Yegbemey *et al.*, 2014). La pratique d'une activité secondaire, l'accès au crédit et le contact avec une structure de vulgarisation ont des incidences positives et significatives sur la décision d'adaptation du producteur au CC. Par contre, le nombre d'actifs agricoles par ménage et le droit de propriété sur les terres exploitées ne sont pas significativement corrélées avec la décision du producteur de s'adapter au CC (Yegbemey *et al.*, 2014). Cela montre que la stratégie d'adaptation aux effets de CC n'est pas influencée par le mode de faire valoir des terres et à la disponibilité d'une main d'œuvre. Yabi *et al.* (2016), ont souligné que l'adoption des bonnes pratiques de gestion de la fertilité des sols est conditionnée par les paramètres sexe, mode de faire-valoir des terres mises en culture, l'appartenance à un groupement et l'accès à l'engrais minéral influencent positivement l'adoption de la fertilisation minérale. En effet, la fertilisation minérale est aussi influencée positivement par le mode de faire valoir et la taille du ménage et négativement par l'appartenance à un groupement et le nombre d'actifs agricoles. Le statut social, la taille du ménage, le niveau d'instruction influencent positivement son adoption alors que l'accès à l'engrais, l'âge et le sexe l'influencent négativement son adoption (Yabi *et al.*, 2016). Le nombre d'actifs agricoles et le niveau d'instruction l'âge du producteur ont une influence négative sur cette technique. Kate *et al.* (2016) ont identifié que les stratégies d'adaptation des effets du CC dépendent du niveau de prospérité. Ainsi, pendant que les pauvres adoptent beaucoup plus les prières comme stratégies, les riches adoptent des techniques beaucoup plus physiques et durables dans le temps (Plantation d'arbres, semis à sec, labour au tracteur, allocation de crédit).

## Gestion des Systèmes agroforestiers et fertilité des sols

Une étude menée sur les parcs agroforestiers par Saidou *et al.* (2013) a montré que la présence des arbres de karité a eu une influence significativement positive sur l'humidité pondérale et la température du sol de façon croissante proportionnellement au diamètre du houppier. Les quantités de Carbone organique, de N total et  $Ca^{2+}$  échangeable étaient élevées dans les sols sous houppier comparativement à ceux hors houppier. Contrairement, il a été constaté de faibles rendements significatifs sous houppier comparés à ceux hors houppier. Aucune différence significative n'a existé en matière de production de grains et de paille du maïs suivant les classes de diamètre du houppier. Il a été constaté une réduction des rendements grain et paille sous houppier respectivement de 46,6 % et de 32,8 % comparativement à ceux hors houppier (Saidou *et al.*, 2013). Koglo *et al.* (2018) ont montré que les mauvaises pratiques culturales, la culture du manioc étaient les principales causes de destruction et de dégradation des forêts. Les agriculteurs à Kedougou au Sénégal ont entrepris utiliser les espèces ligneuses sur leurs fermes pour obtenir une multitude de services écosystémiques, non seulement en fournissant des services tels que le carburant, la nourriture et les fibres, mais aussi en augmentant la biodiversité, le cycle des nutriments et la régulation du climat (Papa *et al.*, 2020).

D'autres études sur les légumineuses ont montré que les légumineuses appartenant à la famille des Fabaceae et des Mimosaceae sont susceptibles de restaurer la fertilité du sol en raison de leur capacité élevée de production de la biomasse végétale qui, enfouie dans le sol produit de la matière organique (Akedrin *et al.*, 2020). Les espèces ligneuses telles que *Vitellaria paradoxa*, *Anogeissus leiocarpa*, *Combretum micranthum*, *Lannea microcarpa*, *Diospyros mespiliformis* ont été reconnues par exemple comme amélioratrice des performances agronomiques des cultures annuelles grâce à leur litière (Bambara *et al.*, 2019). Les différentes mesures effectuées *in situ* ont montré que, les rendements du sorgho des parcelles ayant reçu de la litière constituée des feuilles de *Vitellaria* pour la première fois, étaient inférieurs à ceux des témoins, tandis qu'après trois années consécutives d'apport de cette litière, ces parcelles ont été plus productives (Bambara *et al.*, 2019). Une étude réalisée sur *Cordyla pinnata* a

montré d'une part, qu'il puise les éléments nutritifs dans les horizons du sol, les ramène à la surface sous forme de litière (feuilles, branches, écorces, fruits) et se comporte comme une importante source d'éléments nutritifs et d'autre part est compatible avec la culture du mil et de l'arachide (Ndiaye *et al.*, 2012). Dans les systèmes agroforestiers traditionnels (SAT) où les apports de fertilisants minéraux ou organiques sont très souvent insuffisants sinon inexistantes, la litière est la principale source d'éléments nutritifs (excepté pour K) pour la production végétale. L'importance des débris organiques produits annuellement par *C. pinnata* a augmenté les teneurs en éléments dans les environs immédiats de l'arbre. Ces apports constituent un recyclage d'éléments sous la cime des arbres (Ndiaye *et al.*, 2012). Des études menées par Dan Lamso *et al.* (2015) ont montré après analyses physico-chimiques des sols sous *Guiera senegalensis*, l'inexistence de changement textural avec la distance, et une prédominance des sables dans les horizons de surface indiquait que les touffes de *Guiera senegalensis* servaient de pièges principalement pour les sables transportés par les vents. Ces touffes n'avaient pas eu d'influence sur le pH, la capacité d'échanges cationiques et le Ca mais influençaient la matière organique, le phosphore, Mg et K. Cela vient montrer que la matière organique n'améliore pas automatiquement les rendements mais le fait de façon progressive dans le temps. Ainsi, la matière organique provenant de la biomasse végétale intervient dans les mécanismes de la libération de l'azote minéral, donc de la nutrition de la culture associée ou subséquente.

Cette disponibilité des éléments nutritifs peut être due à la décomposition accélérée de la lignine contenue dans la litière issue des espèces de légumineuses herbacées du fait de leur ratio C/N très bas (Akedrin *et al.*, 2020). La matière organique joue à la fois un rôle essentiel dans le maintien de la stabilité structurale (maintien de la macroporosité) et comme support de l'activité biologique dans le sol tout en influençant selon sa nature sur la capacité d'emmagasiner les réserves en eau (Kate *et al.*, 2016; Akedrin *et al.*, 2020). D'après, Doumbia *et al.*, (2020), les rendements en grains moyens de coton, de maïs et de sorgho associés au *G. sepium* s'étaient significativement améliorés de 2016 à 2018. Aussi, il a eu une augmentation de la teneur en carbone organique et en azote totale de sol de 5 % dans les sols situés dans les allées de la plantation de *G. sepium*. En effet, *G. sepium* en association avec les cultures a le potentiel d'améliorer leurs rendements et le sol (Doumbia *et al.*, 2020). Une faible adoption de systèmes améliorés de conservation des sols, de gestion intégrée de l'eau et de récolte et l'utilisation de cultivars moins productifs et adaptatifs engendrent une dégradation extrême des terres cultivées et une baisse de la productivité des cultures (Koglo *et al.*, 2018). Cette situation est généralement à la base de la recherche de nouvelles parcelles plus productives par les producteurs. Ainsi, pour parvenir à leur faim, ils détruisent des forêts afin d'accéder à de nouvelles terres plus fertiles et pourvoyeuses d'un meilleur rendement.

## Typologie des systèmes agroforestiers

Le rôle des systèmes agroforestiers est de contribuer à la conservation des paramètres physique et chimique du sol, à la régulation thermique et à la conservation de la diversité biologique. Assogbadjo *et al.* (2022) ont identifié un ensemble de 44 espèces végétales réparties dans 29 familles dans la zone de la forêt classée de la Lama. Les *Leguminosae* et les *Moraceae* étaient les familles les plus dominantes. Les jachères ont présenté une richesse spécifique plus dominante comparées aux autres types de systèmes agroforestiers et les plantations privées sont ceux ayant la plus faible dominance. Les jachères ont présenté la valeur la plus élevée de l'indice de diversité de Shannon (1,44) tandis que ce sont les plantations privées qui ont présenté la valeur la plus élevée de l'équitabilité de Piélou (0,93). Quant à l'indice de dominance de Simpson, il a été plus dominant ( $D = 0,08$ ) dans les jardins de case (Assogbadjo *et al.*, 2022). Coly *et al.* (2010) ont identifié 35 espèces réparties entre 31 genres et appartenant à 19 familles. Les familles les plus importantes étaient les *Mimosaceae* suivies des *Caesalpinaceae* et *Combretaceae*. L'indice de diversité de Shannon était de 4,67 dans les champs tandis que l'indice de dominance varie suivant l'altitude (plus élevé dans les hautes altitudes). Biaou *et al.* (2016) ont identifié 522 cas de pratiques agroforestières composés de 55 ligneux et 17 cultures vivrières annuelles ont été inventoriés dans les cinq zones agro-écologiques du Bénin. Plus de la moitié de ces pratiques (53,55 %) ont été rencontrées une seule fois et 18,35 % deux fois. Au total 47 systèmes agroforestiers ont été identifiés et caractérisent le pays. Certains étaient spécifiques à des zones et le plus grand nombre a été dans le Borgou Nord (bassin cotonnier du Bénin) (21,27 %) et la minorité (2,13 %) à la zone Atacora). Une classification hiérarchique des 47 SAF a identifié 17 groupes à l'échelle du pays répartis de façon variée suivant la zone agro-écologique.

## Systèmes agroforestiers et séquestration du carbone

La réduction du dioxyde de carbone par les arbres est une importante activité écosystémique. Cette activité consiste à la séquestration du dioxyde de carbone par les arbres. Plusieurs études sur les systèmes agroforestiers ont montré l'importance de l'arbre dans la séquestration du carbone. Ainsi,



Kooke *et al.* (2019) ont montré que les plantations de *Acacia auriculiformis* de 2.5 ans pouvaient stocker plus de carbone sur un sol hydromorphe comparé à une plantation de 2ans sur un sol ferralitique respectivement dans les forêts classées de Ouedo et de Pahou au Bénin. Aussi, il a été constaté une corrélation négative entre la température et la capacité de séquestration de carbone (Kooke *et al.*, 2019). Ils ont montré que le stock de carbone varie significativement selon les différentes parties des *Acacia auriculiformis*. Il est plus élevé dans le tronc que les branches et dans ces dernières que les feuilles. Par ailleurs, on observe une diminution de la teneur en carbone du sol suivant la profondeur dans les plantations d'*Acacia auriculiformis*. Les espèces fournissant des produits forestiers non ligneux à haute valeur marchande comme le cas des espèces *Vitellaria paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa* et *Mangifera indica*, et sont vivement souhaitées et entretenues dans les champs. Cependant, les espèces les épineuses, servant de dortoirs aux oiseaux ou ayant un ombrage à impact négatif sur les cultures sont celles non désirées dans les parcelles de culture (Tahirou Sina *et al.*, 2017). Un stock de carbone variant entre 37,2 à 40,5 Mg C.ha<sup>-1</sup> à 20 ans d'âge des arbres, avec des changements brusques est dû aux activités de gestion pendant la période d'étude. Les arbres à bois ont stocké plus de 45 % des stocks de carbone aérien dans tous les systèmes agroforestiers (Salamanca *et al.*, 2022).

Environ 1,6 Mha de pertes de forêts sempervirentes ont eu lieu entre 1992 et 2015 soit environ 17 % de la surface forestière initialement présente en cette période, alors que les surfaces agricoles ont augmenté de 2,4 Mha soit +5 % par rapport à 1992 (Tschora et Cherubini, 2020). Cela explique une destruction des forêts au profit des terres cultivables qui ne cessent de s'étendre en raison de la croissance démographique et de la recherche démesurée de profit. Des synergies entre le développement rural et les avantages de l'adaptation ont été mises en évidence alors qu'aucune relation claire entre la biodiversité et le stockage du carbone, et un compromis entre les stocks de carbone élevés et les rendements des cultures (Tschora et Cherubini, 2020). Une gestion optimale de l'agroforesterie en utilisant un mélange d'espèces d'arbres qui stockent du carbone moyen et pouvant améliorer les rendements, la fertilité des sols et la résilience climatique peut être utilisée pour minimiser le compromis. Ainsi, pour pallier aux interactions négatives entre les espèces d'arbres et les cultures, plusieurs pratiques agroforestières sont mises en place. Il s'agit entre autres des opérations d'élagage périodique suivant le calendrier cultural, la réorganisation des itinéraires techniques des cultures sous-couvert, la récolte de fourrage aérien pour les animaux sédentarisés surtout pendant les saisons sèches et l'accès aux fruits et autres produits forestiers non ligneux (Tahirou Sina *et al.*, 2017). Ces différentes pratiques permettent de faire fonctionner le système sans pour autant impacter négativement les rendements, mais agit négativement sur l'évaluation de la quantité de carbone séquestré (Tahirou Sina *et al.*, 2017). De façon générale, la diversité fonctionnelle des plantes (un mélange équilibré d'arbres d'ombrage, d'arbres fruitiers, de palmiers et de bananiers) apparaît comme une caractéristique clé pour la réussite des systèmes agroforestiers (Tschora et Cherubini, 2020). Dans l'ensemble, les pratiques agroforestières dans les zones tropicales humides d'Afrique de l'Ouest offrent des solutions à bénéfices multiples qui sont pertinentes pour relever les principaux défis environnementaux locaux et mondiaux. Un renforcement de coopération entre agriculteurs, autorités nationales et organisations internationales serait la bienvenue pour surmonter les obstacles à l'expansion future des systèmes agroforestiers en Afrique de l'Ouest.

## Systèmes agroforestiers traditionnels (SAT) et changement climatique (CC)

Les variations des précipitations, les vents violents, les vagues de chaleur, le prolongement de la durée de sécheresse, le décalage des saisons sont les principales manifestations de changement climatique (CC) perçues par les producteurs (Adebisi *et al.*, 2019). Des études de Oduniyi et Tekana (2019) ont montré que la sensibilité au CC ne conduit pas à l'adoption de l'agroforesterie tandis que l'expérience agricole, la visite de vulgarisation et le niveau d'éducation, étaient les facteurs déterminants qui influencent la sensibilité au CC dans la zone d'étude. La rotation des cultures, l'agroforesterie, l'adoption de techniques de gestion de l'eau, la construction de terrasses et le regroupement des cultures sont les stratégies d'adaptations au CC communes au Nigeria et à l'Ethiopie tandis que la modification des dates d'installation des plantations, la diversification culturelle et l'utilisation des variétés hautement résistantes ont été adoptés principalement au Nigeria (Onoja *et al.*, 2019). Cependant, aucune différence n'a été notée dans le taux d'adoption des stratégies de CC dans les deux pays (Onoja *et al.*, 2019). Par ailleurs, les producteurs agricoles perçoivent les effets du CC à travers la baisse des pluies, la perte de la biodiversité, l'érosion hydrique et l'exode des populations (Boubacar *et al.*, 2022). En effet, les différentes perceptions du CC sont nombreuses et les plus énumérées sont dues au fait que la croissance démographique ces dernières décennies a engendré une surexploitation des terres conduisant ainsi à leur dégradation. Aussi, les effets du climat tels que la chaleur, les vents violents, la réduction de la durée de la saison pluvieuse sont entre autres facteurs qui ont aggravé la baisse des rendements des récoltes (Boubacar *et al.*, 2022). L'association et la rotation des cultures impliquant les

légumineuses, l'utilisation des engrais minéraux, l'utilisation de la fumure organique, et l'enfouissement des résidus de récolte sont les stratégies d'adaptation les plus mises en œuvre par les producteurs (Adebiyi *et al.*, 2019).

Par ailleurs, l'agroforesterie, le travail superficiel du sol, la plantation des arbres et l'abandon de la parcelle (jachère) ont été également mentionnés. Le CC a un impact considérable sur les terres agricoles qui constituent la principale ressource de production. D'après Katé *et al.* (2014), la destruction de la structure du sol et la baisse de la fertilité sont les perceptions des effets directs et indirects des changements climatiques. Cependant, le principal effet du CC révélé par les producteurs est la baisse de la fertilité des sols (Folefack *et al.*, 2012 ; Sale *et al.*, 2014), lequel influence négativement sur le rendement. La sensibilisation au CC ne conduit pas à l'adoption de l'agroforesterie dans la zone d'étude dans laquelle la source d'information et l'association des membres sont statistiquement significatives ( $p < 0,1$ ) et ( $p < 0,05$ ), respectivement, et déterminent l'adoption des pratiques agroforestières, tandis que l'expérience agricole ( $p < 0,1$ ), l'âge ( $p < 0,05$ ), la visite de vulgarisation ( $p < 0,05$ ) et l'éducation ( $p < 0,1$ ), étaient les facteurs déterminants qui influencent la sensibilité au CC dans la zone d'étude.

## Analyse

Le gap des recherches montre que l'agriculture au Bénin et en Afrique de l'Ouest est confrontée à plusieurs difficultés qui engendrent une baisse accrue de la fertilité des sols et par conséquent une baisse de la production agricole (Yabi *et al.*, 2012 ; Adebiyi *et al.*, 2019). Les mauvaises pratiques culturales, l'érosion et le surpâturage ainsi que les risques climatiques tels que les longues saisons sèches, les fortes chutes de pluie et les vents violents sont les contraintes supplémentaires à même d'accentuer les problèmes rencontrés au niveau de la fertilité des sols, surtout dans le contexte d'un climat changeant (Adebiyi *et al.*, 2019 ; Sissoko *et al.*, 2020). Les actions anthropiques tels que l'agriculture itinérante sur brûlis, l'abattage des arbres à la recherche du bois, les feux de brousse, l'élevage extensif viennent accélérer le processus de dégradation (Ouedraogo *et al.*, 2022). Les systèmes agroforestiers traditionnels constituent une approche de gestion durable des terres adoptée par les agriculteurs en vue d'améliorer la productivité et les rendements. Par ailleurs, plusieurs lacunes ont été notées dans la littérature sur la gestion des systèmes agroforestiers traditionnels en Afrique de l'Ouest. Ces lacunes comprennent ce qui suit : -i- les facteurs socio environnementaux influençant les perceptions des populations sur les effets du CC et les stratégies d'adaptation ; -ii- les facteurs expliquant la préservation des ligneux dans les exploitations par les producteurs, les principaux systèmes agroforestiers les plus rencontrés dans la zone et enfin le rôle des systèmes agroforestiers traditionnels (SAT) dans la gestion de la fertilité et la lutte contre l'avancée des effets du CC.

La gestion des SAT doit répondre à certaines normes et exigences afin d'assurer une durabilité dans la gestion de la fertilité des terres. Cependant, ils sont fragilisés en raison de la recherche rapide du profit, de la forte croissance démographique et des effets du CC. Par conséquent, il s'avère important de mettre en place des stratégies de gestion durable des terres à travers les SAT en Afrique de l'Ouest. L'identification de ces lacunes est très utile pour la mise en œuvre d'autres actions de recherche qui doivent être menées pour le développement d'un plan de gestion des systèmes agroforestiers traditionnels. Cependant, dans la perspective d'une gestion durable des SAT, de nombreuses autres études doivent être menées afin d'éclairer les potentiels de SAT dans la gestion de la fertilité, la conservation de la biodiversité et la lutte contre le CC.

En guise de perspectives futures, les études ultérieures portant sur la gestion de la fertilité des sols dans les systèmes agroforestiers traditionnels (SAT) dans un contexte de croissance démographique élevée, de forte dégradation des terres et de changement climatique doivent cibler les aspects relatifs à l'insuffisance de connaissances tant endogènes locales des agriculteurs que des facteurs socio environnementaux sur les risques du changement climatique (CC) et les techniques de gestion durable des terres existant dans les SAT de l'Atacora Ouest. Ceci est crucial pour la prise de décision des connaissances locales des populations en vue de résilier aux effets du CC. Aussi, une attention doit être accordée aux connaissances locales liées facteurs socio environnementaux influençant la préservation du ligneux comme élément fertilisant du sol dans les SAT en vue d'une gestion durable des terres. Certes, le constat est le suivant : -i- très peu d'études abordent la caractérisation des systèmes agroforestiers traditionnels de l'Atacora Ouest sur la base de facteurs environnementaux et de leur structure ; -ii- peu d'informations sont disponibles sur l'impact de l'incorporation de biomasse de légumineuses (*Gliricidia sepium*) et/ou de biochar, ainsi que de l'effet de l'ombrage sur la productivité des systèmes agroforestiers ; -iii- peu d'informations existent sur la contribution des SAT dans sa capacité de conservation de la biodiversité selon les espèces ligneuses rencontrées. Ainsi, cela souligne la nécessité de faire une typologie des SAT dans l'Atacora afin d'orienter la recherche vers une gestion plus efficiente de ces systèmes.

De même, certaines études soulignent que les systèmes agroforestiers traditionnels sont en déclin en raison de l'augmentation des pressions anthropogéniques et écologiques dans les tropiques. En particulier, la surexploitation des espèces ligneuses entraîne une avancée du désert venant du Burkina Faso. Cependant, aucune recherche à long terme n'existe sur la dynamique de la population de ces espèces dans les SAT et les mesures de prévention à adopter afin de limiter les impacts négatifs à long terme. Des études antérieures indiquent que les SAT participent à la conservation de la biodiversité mais ne précisent pas les espèces participant à mieux concilier cela avec la fertilisation du sol.

## Références bibliographiques

- Adebiyi, K.D., S. Maiga-Yaleu, K. Issaka, M. Ayena, J.A. Yabi, 2019 : Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin : cas de la fumure organique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13, 998. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.34>
- Adekambi, S.A., J.E.A. Codjovi, J.A. Yabi, 2021 : Facteurs déterminants l'adoption des mesures de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) au nord du Bénin : une application du modèle probit multivarié au cas de producteurs de maïs', *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), pp. 664–678. Available at: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.22>.
- Akedrin, N.T., B.B.N.B. Vouï, O.F. Akotto, S. Ake, 2020 : Effets de six légumineuses spontanées les plus répandues dans les jachères naturelles sur la fertilité des sols dans la région de Daloa (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 1052–1064. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i3.31>
- Assogbadjo, B.E.J., A. Hounkpevi, Y.S.B. Sadaïou, G.C. Akabassi, E.A. Padonou, Y.C. Sangne, A.E. Assogbadjo, R. Glele Kakaï, 2021 : Diversité et état de conservation des espèces ligneuses alimentaires à la périphérie de la Forêt Classée de la Lama (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 15. 2456-2474. [10.4314/ijbcs.v15i6.17](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.17).
- Avaligbé, Y.J.F., C.P. Gnanglè, A. Yabi, O.D. Bello, E.L. Ahoton, A. Saïdou, 2021 : Tendances climatiques, perceptions des gestionnaires des parcs à karité sur la productivité du karité (*Vitellaria paradoxa*) au Bénin. *J. Appl. Biosci.* 157, 16237–16253. <https://doi.org/10.35759/JABs.157.9>
- Bambara, D., H. Compaore, S. Soulama, Y. Samandougou, A. Bilgo, 2019 : Fertilisation des sols avec la litière foliaire en zone Subsaharienne du Burkina Faso: Diversité des espèces, effets sur les rendements du sorgho. *Afr. Crop Sci. J.* 27, 133. <https://doi.org/10.4314/acsj.v27i2.2>
- Bayala, J., J. Sanou, Z. Teklehaimanot, A. Kalinganire, S. Ouédraogo, 2014 : Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 6, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.004>
- Biaou, S.S.H., A. Natta, A. Dicko, M. Kouakou, 2016 : Typologie des systèmes agroforestiers et leurs impacts sur la satisfaction des besoins des populations rurales au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 43-56.
- Biga, I., A. Amani, I. Soumana, M. Bachir, A. Mahamane, 2020 : Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 949–965. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i3.24>
- Boubacar, M.M., D. Soumana, A.I. Salamatou, I.B. Nassirou, M. Ali, 2022 : Occupation du sol, phytodiversité de la forêt classée de Gorou Bassounga (Niger) et perception paysanne sur le changement climatique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16, 145–158. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.13>
- Dan Lamso, N., Y. Guero, A. Tankari Dan-Badjo, A.D. Tidjani, N. Ado Maman, K. Ambouta Jean Marie, 2015 : Effet des touffes de *Guiera senegalensis* (J.F. Gmel) sur la fertilité des sols dans la région de maradi (Niger). *J. Appl. Biosci.* 94, 8844. <https://doi.org/10.4314/jab.v94i1.8>
- Diaby, M., Y. Kone, K. Traore, A.S. Maiga, A.M. Togo, 2020 : Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne : cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 473–485. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.14>
- Doamba, S., H. Nacro, A. Sanon, M. Sedogo, 2011 : Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i1.68106>
- Doumbia, S., S.G. Dembele, F. Sissoko, O. Samake, F. Sousa, H. Cicek, N. Adamtey, A. Fliessbach, 2020 : Evaluation de la fertilité des sols et les rendements de cotonnier, maïs et sorgho à > *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 2583–2598. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.17>
- Coly, I., L.E. Akpo, D.Sarr, R. Malou, Y. Dacosta, F. Diome, 2009 : Caractérisation agro-écologique du terroir de la Nema en zone soudano-sahélienne au Sénégal : Typologie des parcs agroforestiers. *Agronomie Africaine*, 17(1), pp. 53–62. Available at: <https://doi.org/10.4314/aga.v17i1.1657>.
- FAO, 2016. RIMA-II : Moving Forward the Development of the Resilience Index Measurement and Analysis Model.
- Folefack, P.D., A. Sale, A. Wakponou, 2012 : Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en zone sahélienne du Cameroun. *Afr. Sci. Rev. Int. Sci. Technol.* 8. <https://doi.org/10.4314/afsci.v8i2.22-33>

- Gnanglè, C.P., R. Glèlè Kakaï, A.E. Assogbadjo, S. Vodounnon, J.A. Yabi, N. Sokpon, 2011 : Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie* 8, 27–40. <https://doi.org/10.4267/climatologie.259>
- Gnangle, C.P., J. Egah, M. Baco, C. Gbemavo, R. Glèlè Kakaï, N. Sokpon, 2012 : Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6, 136–149. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.13>
- Gnonlonfoun, I., A.E. Assogbadjo, C.P. Gnanglè, R. Glele Kakaï, 2019 : New indicators of vulnerability and resilience of agroforestry systems to climate change in West Africa. *Agron. Sustain. Dev.* 39, 1–12.
- Heubes, J., K. Heubach, M. Schmidt, R. Wittig, G. Zizka, E.-A. Nuppenau, K. Hahn, 2012 : Impact of Future Climate and Land Use Change on Non-timber Forest Product Provision in Benin, West Africa: Linking Niche-based Modeling with Ecosystem Service Values. *Economic Botany*, 66(4), 383–397. doi:10.1007/s12231-012-9216-1
- Houévo Daï, E., J.S.H. Houndonougbo, R. Idohou, A.E. Assogbadjo, R. Glele Kakaï, 2022 : Current knowledge and future prospects on the declining *Uvaria chamae* P. Beauv. in sub-Saharan Africa: A global systematic review for its sustainable management. *South Afr. J. Bot.* 151, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.09.040>
- Houndonougbo, J., B. Kassa, S. Mensah, V. Salako, R. Glele Kakaï, A. Assogbadjo, 2020 : A global systematic review on conservation and domestication of *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, an indigenous fruit tree species in Sub-Sahara African traditional parklands: current knowledge and future directions. *Genet. Resour. Crop Evol.* <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00892-w>
- Kate, S., A.H. Azontonde, G.D. Dagbenonbakin, B. Sinsin, 2016 : Effets des changements climatiques et des modes de gestion sur la fertilité des sols dans la commune de Banikoara au nord-ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10, 120. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.9>
- Katé, S., G. Dagbenonbakin, C. Agbangba, J. De Souza, G. Kpagbin, A. H. Azontondé, E. Ogouwalé, B. Tinté, B. Sinsin, 2014 : Perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord- Bénin. *J. Appl. Biosci.* 82, 7418. <https://doi.org/10.4314/jab.v82i1.11>
- Koglo, Y.S., W.A. Agyare, B. Diwediga, J.M. Sogbedji, A.K. Adden, T. Gaiser, 2018 : Remote sensing-based and participatory analysis of forests, agricultural land dynamics, and potential land conservation measures in klotto district (Togo, West Africa). *Soil Syst.* 2, 1–11. <https://doi.org/10.3390/soilsystems2030049>
- Kooke, G.X., R.K.F.M. Ali, J.-M. Djossou, I. Toko Imorou, 2019 : Estimation du stock de carbone organique dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. des forêts classées de Pahou et de Ouèdo au Sud du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13, 277. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.23>
- Ndiaye, S., F. Elhadji, G. Tala, M. Hank, C. Camire, 2012 : *Cordyla pinnata* améliore les propriétés du sol et la productivité des cultures. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6, 714–725. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.15>
- Oduniyi, O.S., Tekana, S.S. 2019 : Adoption of agroforestry practices and climate change mitigation strategies in North West province of South Africa. *Int. J. Clim. Change Strateg. Manag.* 11, 716–729. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-02-2019-0009>
- Onoja, A.O., A.Z. Abraha, A. Girma, A.I. Achike, 2019 : Climate-Smart Agricultural Practices (CSA) Adoption by Crop Farmers in Semi-arid Regions of West and East Africa: Evidence from Nigeria and Ethiopia. *Clim. Change Manag.* 89–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75004-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75004-0_6)
- Ouedraogo, A., F. Kabore, O. Kabore, 2022 : Perception de la fertilité des sols et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles à Samandéni (Burkina Faso): Soil fertility perception and adaptation strategies of farmers in Samandéni (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16, 1536–1553. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.15>
- Papa, C., P. Nzokou, C. Mbow, 2020: Farmer Livelihood Strategies and Attitudes in Response to Climate Change in Agroforestry Systems in Kedougou, Senegal. *Environ. Manage.* 66, 218–231. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01302-8>
- Saidou, A., I. Balogoun, B. Kone, C.P. Gnangle, N. Aho, 2013 : Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* c.f. gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6, 2066–2082. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.16>
- Salamanca, A.J.A., R.M. Navarro-Cerrillo, J. Crozier, C. Stirling, P. González-Moreno, 2022 : Linking growth models and allometric equations to estimate carbon sequestration potential of cocoa agroforestry systems in West Africa. *Agrofor. Syst.* 96, 1249–1261. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00786-z>
- Sale, A., D. Folefack, G. Obwoyere, N. Lenah Wati, W. Lenzemo, A. Wakponou, 2014 : Changements climatiques et déterminants d'adoption de la fumure organique dans la région semi-aride de Kibwezi au Kenya. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(2), 680. doi:10.4314/ijbcs.v8i2.24
- Sawadogo, H., 2011: Using soil and water conservation techniques to rehabilitate degraded lands in northwestern Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), pp. 120–128. Available at: <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0552>.
- Sissoko, F., A. Traore, S. Diarra, M. Traore, 2020 : Effet de l'insertion des plantes de couverture sur la productivité du système de culture à base de maïs dans le cadre de l'intégration agriculture-élevage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 2599–2610. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.18>

Tahirou Sina, I., I. Chaibou, D. Ngom, H. Moussa, M. Banoin, 2017: Perception paysanne des ligneux à houppier fermé dans les agrosystèmes de Gaya : cas du terroir villageois de Tanda (République du Niger). *J. Appl. Biosci.* 106, 10309. <https://doi.org/10.4314/jab.v106i1.11>

Tschora, H., Cherubini, F., 2020 : Co-benefits and trade-offs of agroforestry for climate change mitigation and other sustainability goals in West Africa. *Glob. Ecol. Conserv.* 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00919>

Yabi, A., A. Paraïso, R. Ayena, R. Yegbemey, 2012 : Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de Ouaké au Nord-ouest du Bénin. *Ann Sc Agro* ISSN 1659-5009 16, 229–242.

Yabi, J.A., F.X. Bachabi, I.A. Labiyi, C.A. Ode, R.L. Ayena, 2016 : Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord- Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10, 779. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.27>

Yegbemey, R.N., A. Yabi, G.B. Aihounton, A. Paraïso, 2014 : Simultaneous modelling of the perception of and adaptation to climate change: The case of the maize producers in northern Benin. *Cah. Agric.* 23, 177–187. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0697>.