



Caractérisation écologique et gestion des peuplements arborés des agrosystèmes périurbains : cas des champs de cultures pluviales du Diamaré, Extrême-Nord Cameroun

Olivier Clovis Kengne^{1*}, Sago Wanié Ibrahima¹, Djibrilla Mana², Junior Baudoin Taffo Woukoue³, Sanda Nazifatou¹, Tii Divine Munting¹, Tchobsala³, Louis Zapfack⁴

¹Département des Sciences de la Vie et de la Terre, École Normale Supérieure, Université de Maroua, BP 55, Maroua, Cameroun

²Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Buéa, BP 63, Buéa, Cameroun

³Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua, BP 814, Maroua, Cameroun

⁴Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, BP 812, Yaoundé, Cameroun

*Auteur correspondant : E-mail : kengneoc@yahoo.fr ; Tél : (+237) 696 135 422

Mots clés : agrosystème périurbain, peuplement arboré, champs, cultures pluviales, spectre brut, mode de gestion, Cameroun

Key words: peri-urban agrosystem, tree stands, fields, rainfed crops, raw spectrum, management methods, Cameroon

Submitted 17/04/2024, Published online on 31st October 2024 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

1 RÉSUMÉ

Les agrosystèmes en zones périurbaines sont constitués de champs de cultures dans lesquels la pratique de la conservation de certains peuplements d'arbres utiles au détriment d'autres non désirés par la population locale, entraîne des conséquences sur la biodiversité végétale. Cette étude a été menée dans le but d'apporter des connaissances sur les caractéristiques écologiques et la gestion des peuplements arborés dans les agrosystèmes périurbains. L'inventaire des espèces ligneuses a été fait dans des parcelles agricoles de 50 m x 50 m. Un total de 1162 arbres associés aux cultures, a permis d'identifier 42 espèces appartenant à 31 genres et 21 familles. L'espèce *Faidherbia albida* et la famille des Fabaceae sont les plus importantes dans les champs de cultures pluviales. L'indice de Shannon de l'ensemble des champs est de 3,92, indiquant une diversité moyenne. La densité moyenne des arbres est de 77 arbres /ha pour une hauteur de 7,51 m, une surface terrière de 20,39 m²/ha, un diamètre moyen de 52,06 cm et une surface du houppier de 3875,21 m²/ha. Les structures en classes de diamètre et de hauteur présentent des allures en cloche asymétrique positive caractéristique des peuplements monospécifiques. Les spectres écologiques révèlent la dominance des microphanérophytes (52,38 %) et des mésophanérophytes (41,48 %), des espèces sclérochores (41,67 %) et sarcochores (35,42 %), des espèces soudaniennes (28,50 %) et soudano-zambéziennes (20,32 %), des espèces microphylles (47,62 %) suivies des espèces mésophylles (21,43 %). L'élagage (51,61 %) et l'émondage (36,55 %) sont les modes de gestion les plus utilisés avec des intensités de pratique de gestion très faibles (1 à 5 %). Les activités agricoles et d'exploitation des peuplements d'arbres au fil des années, engendrent une forte dégradation de la végétation ligneuse dans les champs de cultures pluviales. Il est indispensable de sensibiliser les populations agriculteurs et pasteurs sur l'usage des pratiques raisonnées et protectrices des peuplements arborés dans ces espaces à vocation agricole pour une meilleure préservation et gestion durable de la biodiversité dans les agrosystèmes périurbains.



Ecological characterisation and management of tree stands in peri-urban agrosystems: case of rainfed crop fields in Diamaré, Far North Cameroon

ABSTRACT

Agrosystems in peri-urban areas are made up of crop fields in which the practice of conserving certain stands of useful trees to the detriment of others undesired by the local population, has consequences on plant biodiversity. The aim of this study was to provide knowledge on the ecological characteristics and management of tree stands in peri-urban agrosystems. The inventory of woody species was carried out in agricultural plots of 50 m x 50 m. A total of 1162 trees associated with crops permitted the identification of 42 species belonging to 31 genera and 21 families. The species *Faidherbia albida* and the Fabaceae family were the most important in rainfed crop fields. The Shannon index in the entire fields was 3.92, indicating average diversity. The average tree density was 77 trees ha⁻¹, with a height of 7.51 m, a basal area of 20.39 m² ha⁻¹, an average diameter of 52.06 cm, and a crown area of 3875.21 m² ha⁻¹. The diameter and height class structures showed a positive asymmetrical bell-shaped distribution, characteristic of monospecific stands. The ecological spectra revealed the dominance of microphanerophytes (52.38%) and mesophanerophytes (41.48%), sclerochores species (41.67%) and sarcochores (35.42%), Sudanian species (28.50%) and Sudano-Zambezian (20.32%), microphyll species (47.62%) followed by mesophyll species (21.43%). Pruning (51.61%) and lopping (36.55%) were the most commonly used management methods, with very low practice intensities (1 to 5%). Agricultural activities and tree exploitation over the years have led to significant degradation of woody vegetation in rainfed crop fields. It is essential to raise awareness among farmers and shepherds about the need to use rational and protective practices for tree stands in these agricultural areas for better preservation and sustainable management of biodiversity in peri-urban agrosystems.

2 INTRODUCTION

Au Cameroun, et particulièrement dans la Région de l'Extrême-Nord, l'agriculture constitue l'activité principale de près de 80 % de la population vivant dans les zones périurbaines. Les études effectuées dans cette région indiquent l'existence de plusieurs types de systèmes de production agricoles (Khene *et al.*, 2012), notamment les systèmes de cultures agricoles à base de cultures pérennes, de cultures annuelles, de cultures pluviales, de maraîchage et les systèmes d'élevage (Sib, 2013). Les systèmes de production agricole au Sahel sont cependant caractérisés par la cohabitation des ligneux avec les cultures dans les champs (Bationo *et al.*, 2012). Les champs de cultures en zone soudano-sahélienne sont pour la plupart des agrosystèmes ruraux et périurbains enrichis

traditionnellement par le maintien des peuplements ligneux utiles et favorables aux cultures. Les ligneux conservés dans les champs sont pour les populations rurales une alternative aux productions agricoles mais aussi une source additionnelle d'aliments et des revenus (Badiane *et al.*, 2019). De plus, ces ligneux constituent des apports importants en alimentation humaine et animale surtout pendant les périodes difficiles de l'année au Sahel (Laouali *et al.*, 2014 ; Moussa *et al.*, 2015). La présence régulière, systématique, ordonnée, des arbres au milieu des champs (Sautter, 1968) constitue un phénomène classique de l'organisation agro-écologique des communautés agraires, que l'on désigne couramment sous le terme de « parc arboré »



(Gariné *et al.*, 2005). Par sa composition et par le rôle qui lui est assigné, le peuplement arboré de l'espace agricole apparaît comme révélateur de la stratégie que chaque société conduit à l'égard du milieu où elle est insérée (Pellissier, 1980 ; Leyle, 2001). Cependant, depuis quelques décennies, les cycles de sécheresses répétitifs et les pressions anthropiques modifient profondément la structure des peuplements arborés (Kâ *et al.*, 2020), particulièrement dans les agrosystèmes situés dans les espaces périurbains du Cameroun. Ces agrosystèmes fondés sur les cultures pluviales subissent une forte dégradation liée à la péjoration climatique et la forte anthropisation (Diouf *et al.*, 2002 ; Thiam *et al.*, 2022). Ainsi, le système agroforestier n'est, le plus souvent, qu'un élément de l'exploitation agricole, souvent associé à d'autres systèmes de culture ou d'élevage (MCD, 1991). Ces espaces arborés et de production agricole sont aujourd'hui réduits à des champs de cultures vivrières et de rente plus ou moins peuplés d'arbres appartenant à un groupe d'espèces ou à quelques espèces végétales. L'effet de l'intensification des activités agricoles, des prélèvements excessifs des ligneux, de la multiplication des champs de cultures et des conditions climatiques difficiles a conduit à la perte des espèces dans les agrosystèmes et à la dégradation des formations végétales. Ces modifications se répercutent sur la diversité floristique et les cultures (Soumana, 2009 ; Soumana *et al.*, 2010). De ces faits, les peuplements ligneux ne présentent pas très souvent une dynamique dans la succession écologique suite à la modification des stades

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Zone d'étude : L'étude a été menée dans les arrondissements du Département du Diamaré, qui fait partie de la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun. La zone d'étude est située entre 10°15' et 11° 25' de latitude Nord et entre 13°55' et 14°50' de longitude Est et s'étend sur une superficie de 4 665 km² (Figure 1). Le climat est de type

de leur croissance ou de leur évolution (Ntoupka, 1999). Les systèmes agroforestiers à végétation naturelle sont ainsi profondément remaniés par les activités humaines du fait des coupes sélectives des arbres pour la satisfaction des différents besoins commerciaux et de subsistance. Toutefois, les milieux cultivés peuvent jouer le rôle d'observatoire pour le suivi des effets anthropo-climatiques sur la dynamique de la végétation. L'étude de la végétation des systèmes cultivés a rarement été abordée contrairement à celle des systèmes naturels (forêts, réserves de biosphère, etc.) (Faye, 2010). Il apparaît donc important d'étudier la diversité et la structure des espèces arborées au sein des agrosystèmes périurbains afin de mieux appréhender leur capacité écologique à conserver la biodiversité végétale. Des actions de recherche-développement montrent qu'il est possible de re-dynamiser la gestion de ces systèmes agroforestiers, à l'échelle des exploitations agricoles et à celle des communautés villageoises (Smektala *et al.*, 2005). L'objectif de cette étude est de contribuer à la connaissance des caractéristiques écologiques et des pratiques de gestion des peuplements arborés dans les agrosystèmes périurbains. Il s'agit plus précisément de : (i) déterminer la composition floristique et la diversité des espèces arborescentes, (ii) caractériser la structure et la dynamique spatiale des peuplements d'arbres, (iii) analyser les spectres écologiques des espèces arborées, (iv) identifier les modes de gestion des arbres présents dans les agrosystèmes.

soudano-sahélien, avec deux saisons de durées et d'intensités inégales : une longue saison sèche qui dure d'octobre à mai et une courte saison de pluies qui va de juin à septembre (Olivry, 1986). Les précipitations sont en moyenne de 800 mm/an et la température moyenne annuelle de 28,7° C (Suchel, 1987 ; Tchawa, 2012).

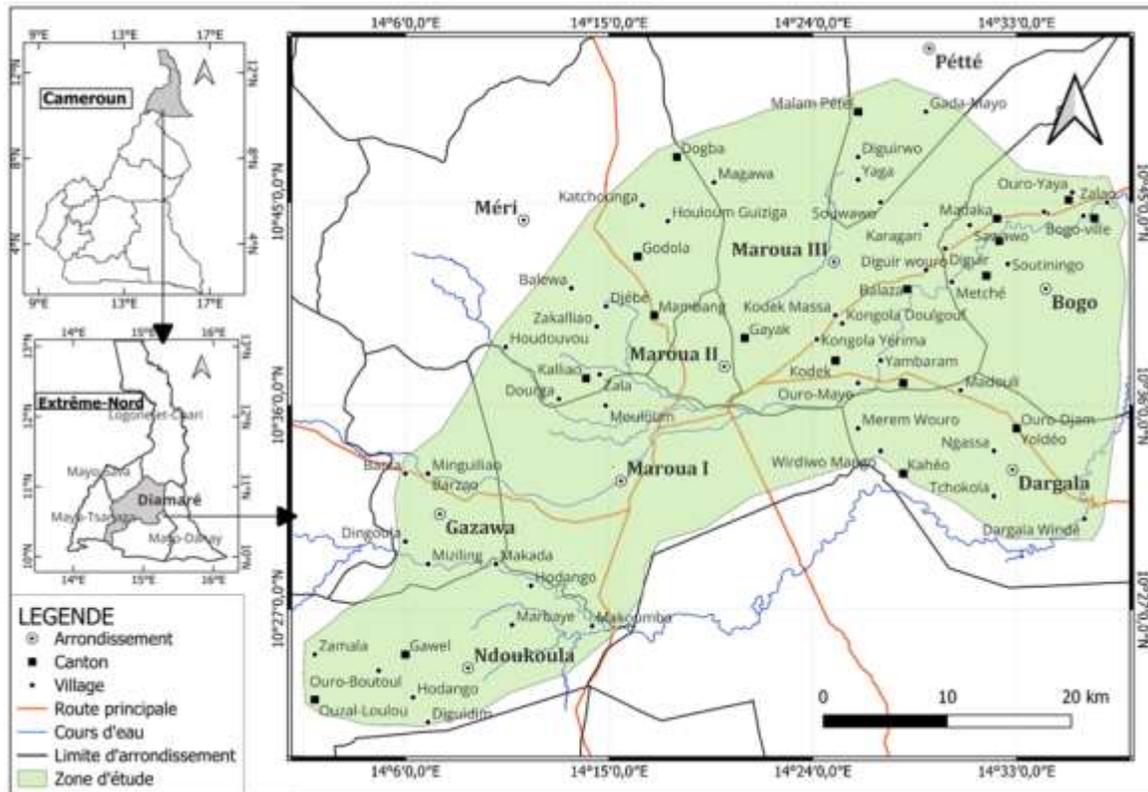


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Le relief est constitué des pénélaines, des plaines intramontagnardes appelées localement « *yaérés* » surplombées de massifs montagneux et ancrées de quelques inselbergs (Jebkalbe, 2010). Les sols les plus importants, de par leur représentativité spatiale et l'utilisation qu'en font les populations paysannes sont : les vertisols modaux et dégradés, les sols ferrugineux tropicaux et les planosols (Seiny-Boukar, 1990 ; Donfack, 1993). Le réseau hydrographique est instable du fait de la présence de nombreux cours d'eau saisonniers ou mayos qui présentent des flux non constants. Les mayos naissent et se remplissent en saison des pluies pour tarir en saison sèche (PCD, 2016). La végétation prédominante est constituée de steppes à épineux à la physionomie d'une savane, avec à la fois des éléments floristiques soudaniens et sahéliens (Letouzey, 1985 ; Donfack, 1993). De façon générale, la végétation naturelle est caractérisée par des peuplements

lignieux composés d'espèces arbustives et arborescentes, majoritairement épineuses. La sécheresse climatique et l'aridité édaphique ne sont pas les seules contraintes influençant la répartition de la végétation (Ntoupka, 1999). L'intensification de l'agriculture et de l'élevage a entraîné au cours du temps l'anthropisation de la végétation. L'élevage, principalement du type extensif, se combine aux autres pratiques anthropiques et porte une atteinte sérieuse aux ressources ligneuses (Jiagho *et al.*, 2016 ; Jiagho, 2018). Le résultat de cette pression humaine est une profonde modification de la végétation naturelle (Seghieri, 1990). Les productions agricoles sont composées principalement des sorghos, de l'arachide, du niébé (haricot) et du coton. En saison de pluies, le système pluvial est plus répandu avec la pratique des cultures de sorgho, mil pénicillaire, coton, maïs, arachide, riz et niébé (Fotsing, 2009). Les différentes cultures pratiquées se font en association avec des arbres sélectionnés et

conservés pour être bénéfiques dans les champs. Les espèces conservées parviennent à redynamiser les systèmes agroforestiers, à l'échelle des exploitations agricoles voire à celle des systèmes agraires (Dongmo, 2009).

3.2 Méthode de collecte des données :

La végétation arborée a été étudiée à partir des relevés floristiques effectués dans les agrosystèmes à base de cultures pluviales. Ainsi, six types de champs de cultures pluviales enrichis en peuplements d'arbres ont été recensés : les champs de coton, les champs de maïs, les champs de mil, les champs de niébé, les champs de cultures mixtes 1 (coton-gombo-oseille de Guinée), et les champs de cultures mixtes 2 (arachide-niébé-voandzou). Les inventaires floristiques ont été réalisés dans des placettes de 50 m x 50 m, installées de manière aléatoire dans les champs. Au total, 60 parcelles carrées de 2500 m² chacune ont été effectuées à des distances variables. Les différentes espèces d'arbres de dbh ≥ 10 cm présentes dans chaque placette ont été recensées et identifiées. Les diamètres des troncs ont été mesurés à 1,30 m au-dessus du sol à l'aide d'un mètre ruban. La mesure de la hauteur des arbres a été faite au moyen d'une perche graduée. Les diamètres perpendiculaires Nord-Sud et Est-Ouest du houppier ont été mesurés à l'aide d'un décimètre par projection verticale à la surface du sol. Les espèces non identifiées pendant les inventaires dans les champs ont été récoltées, étiquetées et identifiées ultérieurement à l'aide de l'ouvrage « Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest » de Arbonnier (2019). La nomenclature taxonomique adoptée pour la flore est celle basée sur la classification des familles établit par le groupe phylogénétique des angiospermes (Angiosperm Phylogeny Group) (APG III, 2009). Une enquête a été menée auprès des propriétaires des champs de cultures dans les villages afin de déterminer les techniques de gestion des peuplements arborés utilisées par les populations. Le choix des villages a été motivé par la présence des agrosystèmes, des

différents champs de cultures pluviales et des opérations anthropiques de gestion sur les espèces arborées. Au total, 192 personnes choisies au hasard ont été enquêtées. Les personnes soumises aux interviews étaient les chefs de canton, les chefs de village, les chefs de famille et les paysans agriculteurs et/ou pasteurs qui protègent et conservent les arbres dans les champs. L'interview conduite est structurée et individuelle. Les personnes sont interrogées sur la base d'un questionnaire préalablement élaboré. Les grandes lignes du questionnaire ont porté sur les informations concernant le mode d'entretien et de gestion des arbres, l'intensité des pratiques de gestion et les avantages de la gestion des arbres dans les champs. Les enquêtes ont été complétées par les connaissances des guides locaux et les observations directes pendant les inventaires floristiques dans les villages.

3.3 Traitement et analyse des données :

La caractérisation écologique des différents champs de cultures a été effectuée en se basant sur les paramètres floristiques et structuraux. La composition floristique a été déterminée à partir de la richesse spécifique, du nombre de genres et de familles. La richesse spécifique (S) est le nombre total d'espèces recensées dans le milieu. L'indice de Shannon (H') a été utilisé pour caractériser la diversité des espèces et leur abondance dans les agrosystèmes.

La formule de cet indice est la suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \text{ avec } P_i = N_i/N$$

où N_i est le nombre d'individus de l'espèce de rang i et N , le nombre total d'individus de toutes les espèces. L'indice d'équitabilité de Pielou (E) a été calculé pour apprécier la régularité de la répartition des individus entre les espèces et les dominances potentielles de certaines espèces.

Cet indice a été calculé à partir de la formule : $E = H'/\log_2 S$ où H' et S représentent respectivement l'indice de Shannon et le nombre total d'espèces. L'indice de Simpson

(D) a permis de calculer la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard dans un échantillon soient de la même espèce.

Il a été exprimé par la formule :

$D = 1 - \sum_{i=1}^n (N_i/N)^2$ où N_i est le nombre d'individus de l'espèce i et N , le nombre total d'individus. Lorsque D augmente la diversité diminue (Magurran, 2004).

L'Indice de Valeur d'Importance des espèces (Importance Value Index : IVI) et la Valeur d'Importance des Familles (Family Importance Value : FIV) ont été calculés pour déterminer les espèces et les familles les plus écologiquement importantes dans les champs. $IVI = \text{Fréquence relative (\%)} + \text{dominance relative (\%)} + \text{densité relative (\%)}$.

$FIV = \text{Diversité relative (\%)} + \text{dominance relative (\%)} + \text{densité relative (\%)}$. Les valeurs relatives de la densité, de la dominance, de la fréquence et de la diversité sont calculées d'après les formules de Cottam et Curtis (1956) et de Mori *et al.* (1983) reprises par Kengne *et al.* (2018). Pour caractériser la structure des peuplements arborés, les paramètres dendrométriques suivants ont été calculés :

La densité qui est le nombre d'arbres par unité de surface. Elle est obtenue par la formule suivante : $D = N/S$, avec D la densité des individus (arbres/ha), N l'effectif total des arbres du peuplement et S la Surface totale des placettes (ha).

La surface terrière (G) est la somme des sections transversales à 1,30 m du sol de tous les arbres d'un peuplement ou d'une formation naturelle donnée (Bayala, 2003).

$G = \left(\sum \frac{\pi D^2}{4} \right) / S$ où G est la surface terrière (m^2/ha), D est le diamètre de tous les arbres (m) et S la surface totale des placettes (ha).

Le diamètre moyen (D_m) qui permet de connaître la grosseur moyenne des arbres d'un peuplement au sein de différentes formations végétales. Il est exprimé en cm et déterminé par la formule :

$D_m = \sqrt{(\sum_{i=1}^n D_i^2) / N}$ avec D_i le diamètre de l'arbre i du peuplement (cm) et N le nombre total d'arbres de la placette. De même la hauteur moyenne est calculée par la formule : $H_m = \sum_{i=1}^n H_i / N$ avec H_m = hauteur moyenne des arbres (m), H_i = hauteur de l'arbre i (m) et N = nombre total d'arbres dans la placette.

La surface du houppier a permis de déterminer le recouvrement des couronnes de tous les arbres du peuplement par la projection verticale au sol. Elle permet d'obtenir la surface du sol couverte par la canopée et d'évaluer la quantité de lumière qui traverse la couronne pour atteindre le sol (Ngom *et al.*, 2013). Elle est obtenue par la formule suivante :

$S_H = \left(\sum \frac{\pi D_m h^2}{4} \right) / S$ où S_H est la surface du houppier (m^2/ha) ; $D_m h$ représente le diamètre moyen du houppier (m), et est égal à la moitié de la somme des diamètres perpendiculaires Nord-Sud et Est-Ouest du houppier ; S est la surface totale des placettes (ha). La répartition des arbres par classes de diamètre et de hauteur a permis d'évaluer la distribution horizontale des individus et la stratification verticale des peuplements arborés. La connaissance de la distribution par classes de diamètre ou de hauteur est indispensable pour renseigner sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvicoles éventuelles et l'état de la ressource (Kakpo, 2012). L'analyse des principaux spectres biologiques, physiologiques et écologiques s'est faite par l'étude des types biologiques, des types phytogéographiques, des types de diaspores et des types de dimensions foliaires. Les types biologiques présentent des caractéristiques morphologiques grâce auxquels les végétaux sont adaptés aux milieux dans lesquels ils vivent (Dajoz, 1996). Les types biologiques utilisés ont été inspirés de la classification de Raunkiaer (1934), adaptée à la végétation des régions tropicales par Lebrun (1947), Germain (1952) et Schnell (1970, 1971). Les formes biologiques pris en

compte dans cette étude sont les phanérophytes (Ph) : végétaux ligneux dont les bourgeons de rénovation sont situés à plus de 50 cm du sol (Diallo, 2014). Dans le cadre de ce travail, l'intérêt a été plus porté sur les phanérophytes dressés ou érigés. D'après la hauteur, ceux-ci sont classés en Mégaphanérophytes (MgPh) : grands arbres de plus de 30 m de hauteur ; Mésophanérophytes (MsPh) : arbres moyens de 8 à 30 m de hauteur ; Microphanérophytes (McPh) : arbustes de 2 à 8 m de hauteur ; Nanophanérophytes (NnPh) : sous-arbustes de 0,5 à 2 m de hauteur.

Les types phytogéographiques ont été définis sur la base des grandes subdivisions chorologiques établies pour l'Afrique par White (1986). Il s'agit : des espèces à large distribution géographique que sont les espèces cosmopolites (Cos), afro-américaines (AA), pantropicales (Pan) et paléotropicales (Pal) ; des espèces à distribution limitée au continent africain qui regroupent les espèces afro-tropicales (AT), afro-malgaches (AM), plurirégionales africaines (PA), soudano-guinéennes (SG), guinéo-congolaises (GC), soudano-zambéziennes (SZ), sahélo-sahariennes (SS) ; des espèces de l'élément de base largement distribuées dans le centre régional d'endémisme soudanien, constituées par les espèces soudaniennes (S).

Les types de diaspores ont été déterminés selon la classification de Dansereau & Lems (1957) et Evrard (1968). Les diaspores des espèces recensées ont été distinguées en : Ballochores (Ballo) : diaspores expulsées par la plante elle-même ; Barochores (Bar) : diaspores non charnues, lourdes ; Desmochores (Desmo) : diaspores accrochantes ou adhésives ; Pléochores (Pléo) : diaspores ayant un dispositif de flottaison ; Pogonochores (Pogo) : diaspores à appendices plumeux ou soyeux ; Ptérochores (Ptéro) : diaspores munies d'appendices aliformes ; Sarcochores (Sarco) : diaspores totalement ou partiellement charnues ; Sclérochores (Scléro) : diaspores non charnues

relativement minuscules et légères. L'analyse des types de diaspores dans cette étude va contribuer à l'exploration du mode de dispersion des espèces au sein des formations végétales étudiées (Diallo, 2014). Ainsi, les modes de dissémination des diaspores distinguent : les anémochores regroupant les ptérochores, les pogonochores et les sclérochores ; les zoochores réunissant les sarcochores et les desmochores ; les autochores constitués par les ballochores et les barochores (Yangakola *et al.*, 2004). Les types de dimensions foliaires ont été inspirés de la classification de Raunkiaer (1934) et adaptée aux régions tropicales par Evrard (1968) et Schnell (1971). En fonction de la grandeur de la surface de la feuille, les types foliaires retenus se subdivisent en : Aphylls (Aph) : sans feuilles ; Leptophylles (Lepto) : feuille inférieure à 0,2 cm² ; Nanophylles (Nano) : 0,2-2 cm² ; Microphylles (Micro) : 2-20 cm² ; Mésophylles (Més) : 20-200 cm² et Macrophylles (Macro) : 2 - 20 dm².

Les principaux modes de gestion des arbres sont l'élagage, l'étêtage, le recépage, l'émondage et l'éclaircie tels que présentés par Dumont *et al.* (2015, 2021). Ces paramètres ont permis de calculer les pourcentages des individus ayant subi les pratiques de gestion. Afin d'évaluer l'ampleur de la gestion des arbres, une cotation portant sur l'intensité des pratiques de gestion a été définie comme suit : nulle (pas de pratiques de gestion) ; très faible (1 à 5 % d'arbres ayant subi des pratiques de gestion) ; faible (5 à 25 %) ; moyenne (25 à 50 %) ; élevée (50 à 75 %) ; très élevée à totale (75 à 100 %). Les données quantitatives des inventaires floristiques et qualitatives des enquêtes ont été traitées à l'aide du tableur Excel. Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel SPSS 20.0. Les valeurs moyennes des paramètres dendrométriques ont été comparées entre elles en utilisant un test ANOVA. Le test de Kruskal-Wallis a été appliqué lorsque les conditions de normalité n'étaient pas remplies. En cas de différence significative, un test post-hoc a été réalisé

pour la comparaison des moyennes deux à deux. Les différences ont été statistiquement

significatives lorsque la *p-value* était inférieure au seuil de signification de 5 % ($p < 0,05$).

4 RÉSULTATS

4.1 Composition floristique, diversité spécifique et valeur d'importance :

L'inventaire floristique effectué dans l'ensemble des agrosystèmes en zone périurbaine a permis de recenser 1162 arbres appartenant à 42 espèces, 31 genres et 22 familles. En fonction de chaque système agricole, les champs de mil ont la composition floristique la plus élevée avec 23 espèces, 17 genres et 14 familles tandis que la plus faible est celle des champs de cultures mixtes 1 (Coton-Gombo-Oseille de Guinée) avec 08 espèces, 07 genres et 05 familles. Pour ce qui est de la diversité spécifique, les valeurs des indices de Shannon, de l'équitabilité de Pielou et de Simpson dans l'ensemble des champs sont respectivement de 3,92, 0,79 et 0,88. Dans les différents champs, l'indice de Shannon varie de 2,49 à

3,68 et celui de l'équitabilité de 0,78 à 0,96 (Tableau 1). Les familles les plus représentées en termes de valeurs d'importance écologique sont les Fabaceae (FIV = 137,94), Zygophyllaceae (27,05), Rhamnaceae (25,34), Moraceae (23,20), Combretaceae (22,07), Bombacaceae (11,30) et Bignoniaceae (11,00). L'analyse de l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) des espèces montre que les espèces les plus importantes sont *Faidherbia albida* (IVI = 72,35), *Balanites aegyptiaca* (31,95), *Ziziphus spina-christi* (21,86), *Acacia sieberiana* (18,67), *Ficus sycomorus* subsp. *gnaphalocarpa* (17,38), *Tamarindus indica* (17,16), *Acacia nilotica* (14,09), *Adansonia digitata* (13,62), *Terminalia leiocarpa* (12,47), *Ficus platyphylla* (11,55), *Ziziphus mauritiana* (10,48) et *Acacia seyal* (10,04).

Tableau 1 : Composition floristique et diversité spécifique des différents champs de cultures.

Paramètres floristiques	Globale	Types de champs					
		Coton	Maïs	Mil	Niébé	Mixte 1	Mixte 2
Richesse spécifique (S)	42	12	14	23	10	08	15
Nombre de genres	31	09	11	17	08	07	15
Nombre de familles	22	08	10	14	06	05	11
Indice de Shannon (H')	3,92	2,77	3,24	3,68	2,49	2,69	3,45
Indice d'équitabilité (E)	0,79	0,83	0,90	0,86	0,78	0,96	0,93
Indice de Simpson (D)	0,88	0,80	0,84	0,89	0,76	0,83	0,89

Champ mixte 1 = (Coton-Gombo-Oseille de Guinée) ; Champ mixte 2 = (Arachide-Niébé-Voandzou).

4.2 Caractéristiques dendrométriques des peuplements arborés :

La densité moyenne totale des arbres de l'ensemble des champs de cultures est de $77,47 \pm 22,83$ arbres/ha pour une hauteur moyenne des arbres de $7,51 \pm 3,07$ m. La surface terrière totale est de $20,39 \pm 2,10$ m²/ha avec un diamètre moyen des troncs de $52,06 \pm 28,72$ cm. La surface du houppier occupée par les peuplements arborés de toutes les zones agricoles étudiées est de $3875,21 \pm 18,98$ m²/ha pour un diamètre moyen du houppier

de $7,24 \pm 3,87$ m. L'analyse de variance effectuée sur les valeurs moyennes des paramètres dendrométriques a révélé que la densité des arbres est significativement différente entre les types de champs ($F = 4,68$; $P = 0,023$). Des différences significatives ont également été observées entre les champs de cultures pour la surface terrière ($F = 1,40$; $P = 0,012$) et la surface du houppier ($F = 31,04$; $P = 0,036$). La densité, la surface terrière et la surface du houppier ont des valeurs moyennes les plus élevées dans les

champs de mil, soit respectivement $38,00 \pm 11,82$ arbres/ha, $12,05 \pm 0,11$ m²/ha et $2255,33 \pm 20,02$ m²/ha tandis que ces mêmes paramètres sont les plus faibles dans les champs de cultures mixtes 1 (Coton-Gombo-Oseille de Guinée) avec des valeurs respectives de $4,45 \pm 1,69$ arbres/ha, $0,74 \pm$

$0,06$ m²/ha et $141,04 \pm 10,31$ m²/ha. Par contre, les valeurs du diamètre moyen des troncs, de la hauteur moyenne et du diamètre moyen du houppier des arbres ne sont pas significativement différentes entre les champs ($P > 0,05$) (Tableau 2).

Tableau 2 : Principales caractéristiques dendrométriques des peuplements arborés des différents champs.

Types de champs	Paramètres dendrométriques						
	Densité (arbres/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Hauteur (m)	Diamètre moyen (cm)	Diamètre du houppier (m)	Surface du houppier (m ² /ha)	
Champs de coton	$12,14 \pm 4,74a$	$2,89 \pm 0,09a$	$7,72 \pm 3,19a$	$52,37 \pm 27,40a$	$7,88 \pm 4,91a$	$714,10 \pm 27,24a$	
Champs de maïs	$6,88 \pm 1,98b$	$1,16 \pm 0,05b$	$7,49 \pm 3,28a$	$41,97 \pm 23,17a$	$7,12 \pm 3,30a$	$242,23 \pm 11,90b$	
Champs de mil	$38,00 \pm 11,82c$	$12,05 \pm 0,11c$	$7,96 \pm 2,97a$	$54,74 \pm 30,33a$	$7,57 \pm 3,94a$	$2255,33 \pm 20,02c$	
Champs de niébé	$8,43 \pm 3,28b$	$2,53 \pm 0,10a$	$7,58 \pm 2,84a$	$57,82 \pm 32,17a$	$6,37 \pm 3,08a$	$289,90 \pm 11,59b$	
Champs mixtes 1	$4,45 \pm 1,69d$	$0,74 \pm 0,06b$	$7,31 \pm 2,48a$	$46,89 \pm 24,73a$	$6,63 \pm 3,02a$	$141,04 \pm 10,31d$	
Champs mixtes 2	$7,57 \pm 2,56b$	$1,02 \pm 0,04b$	$6,98 \pm 3,63a$	$40,62 \pm 18,53a$	$5,92 \pm 3,25a$	$232,61 \pm 11,40b$	
ANOVA	F	4,683	1,402	0,234	1,680	1,228	31,038
	P	0,023	0,012	0,947	0,140	0,297	0,036

Champ mixte 1 = (Coton-Gombo-Oseille de Guinée) ; Champ mixte 2 = (Arachide-Niébé-Voandzou).

Les valeurs du tableau expriment la moyenne \pm l'écart-type ; les valeurs affectées des mêmes lettres dans une colonne ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5%.

La distribution des arbres par classes de diamètre dans les agrosystèmes à base de cultures pluviales révèle certaines caractéristiques structurales très différenciées selon le nombre d'individus. La répartition des arbres en classes de diamètre observée dans l'ensemble des champs montre de manière générale une structure à l'allure d'une cloche asymétrique positive avec une prédominance des classes de diamètre 30-40 cm et 40-50 cm en densités des arbres. Ces deux classes représentent respectivement 20,76 % et 17,37 % de l'effectif total des arbres. Les classes de diamètre ≥ 70 cm sont les moins représentés en nombre d'individus.

L'évolution décroissante de la distribution des densités des arbres dans les classes supérieures s'ajuste mieux à la fonction polynomiale d'équation : $y = 0,3364x^3 - 6,1119x^2 + 29,127x - 3,0667$, $R^2 = 0,730$ (Figure 2). Les distributions asymétriques obtenues dans l'ensemble des champs indiquent qu'il s'agit des peuplements monospécifiques avec prédominance des arbres de faibles et moyens diamètres. La distribution des classes de hauteur montre de façon générale une structure en cloche dissymétrique avec une prédominance des individus de la classe comprise entre 4 et 8 m de hauteur. La



densité des arbres dans cette classe représente 55,08 % de l'effectif total des individus alors que les classes de hauteur 8-12 m et ≥ 12 m représentent respectivement 24,58 % et 10,59 % dans l'ensemble des champs. La distribution obtenue pour

l'ensemble des champs s'ajuste mieux à une fonction polynomiale d'équation : $y = 15,833x^3 - 158,36x^2 + 453,81x - 284,8$, $R^2 = 0,917$ (Figure 3), traduisant la présence des arbres sélectionnés et préservés dans les espaces agricoles.

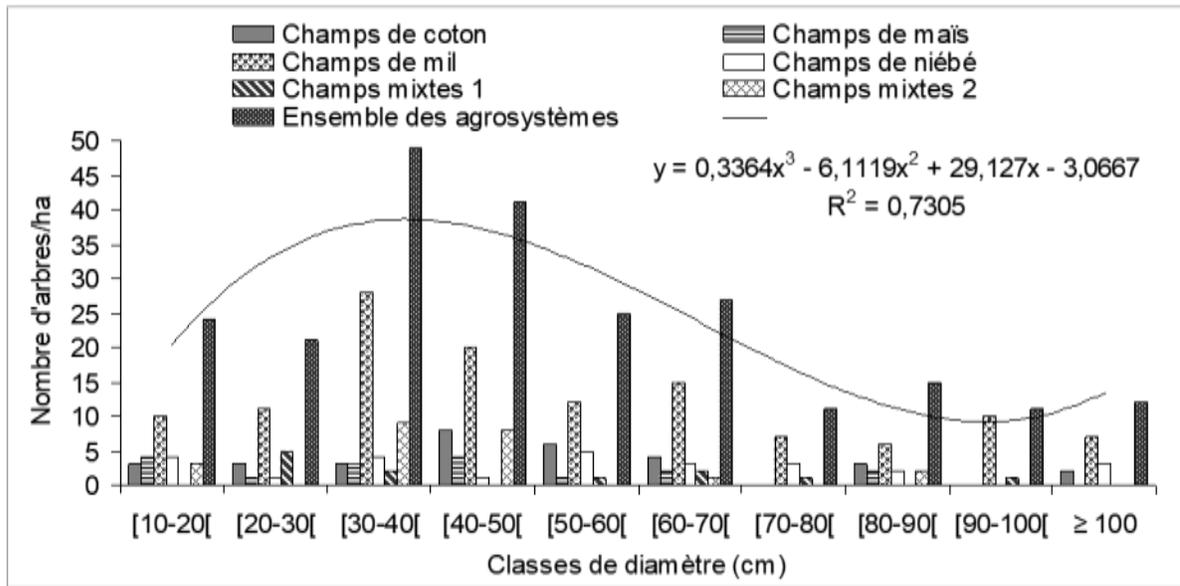


Figure 2 : Distribution des arbres par classes de diamètre dans les différents champs.

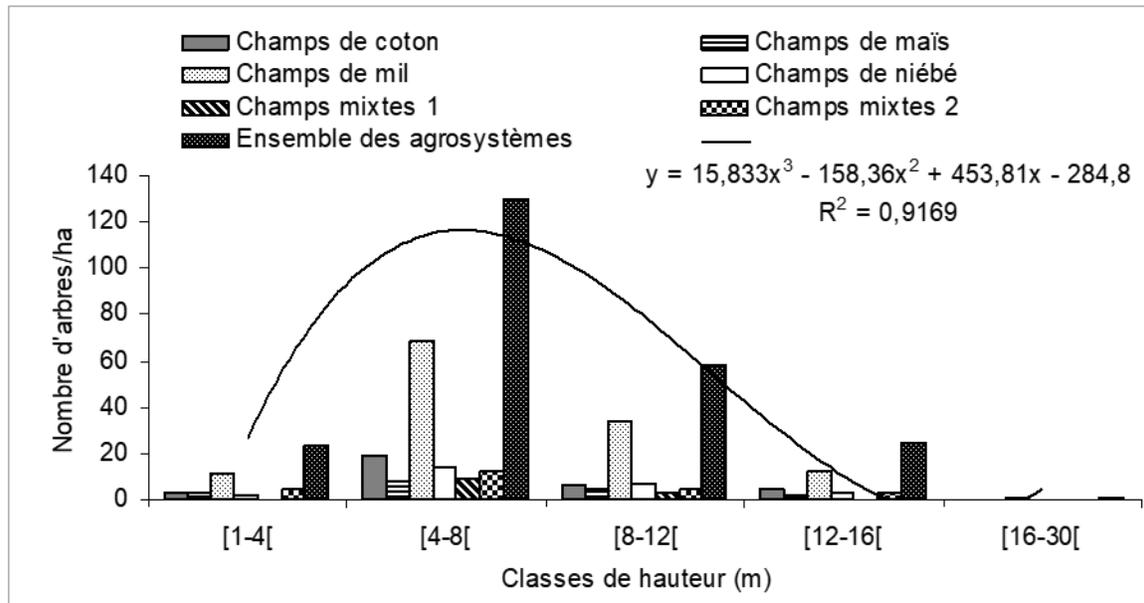


Figure 3 : Répartition des arbres par classes de hauteur dans les différents champs.



4.3 Analyse des types biologiques, phytogéographiques, de diaspores et de dimensions foliaires

4.3.1 Analyse des types biologiques :

Les spectres bruts des types biologiques montrent dans l'ensemble des champs une forte représentativité des microphanérophytes avec 52,38 % des espèces, et des mésophanérophites (41,48 %). La prédominance des microphanérophytes s'observe dans les champs de mil (29,17 %), les champs de cultures mixtes 2 (20,83 %), les champs de maïs (19,05 %), les champs de coton (16,67 %) et les champs de niébé (14,29 %). Par ailleurs, les mésophanérophites occupent une place prépondérante dans les champs de mil avec 23,81 % des espèces, les champs de cultures mixtes 2 (19,05 %), les champs de maïs (14,58 %) et de coton (11,90 %) (Figure 4A). Les nanophanérophites sont très peu représentés voire absents au sein des peuplements d'arbres dans les différents champs de cultures.

4.3.2 Analyse des types phytogéographiques :

Les spectres phytogéographiques de l'ensemble des champs indiquent que la flore est dominée par les espèces soudaniennes et les espèces soudano-zambéziennes avec respectivement 28,50 et 20,32 % du total des espèces. Elles sont suivies par les espèces paléotropicales (13,33 %) et les espèces sahélo-sahariennes (12,10 %). Dans les champs de mil, les espèces soudaniennes et les espèces soudano-zambéziennes dominent avec respectivement 18,76 et 14,69 % du total des espèces. Il en est de même dans les champs de maïs où les espèces soudano-zambéziennes prédominent avec 9,49 % des espèces, suivies par les espèces soudaniennes (8,20 %). Par ailleurs, ce sont les espèces paléotropicales qui sont les plus représentées dans les champs de coton (9,33 %) (Figure 4B).

4.3.3 Analyse des types de diaspores et des modes de dissémination :

Les spectres des types de diaspores montrent que dans

l'ensemble des champs, les espèces sclérochores et sarcochores dominent avec respectivement 41,67 et 35,42 % des espèces. Ces deux types de diaspores sont également les plus représentés dans les champs de mil avec 29,17 % d'espèces sclérochores et 25,09 % d'espèces sarcochores. La dominance de ces diaspores s'observe aussi dans les champs de coton où elles représentent chacune 14,58 % du total des espèces et dans les champs de cultures mixtes 2 (14,29 % chacune). Par contre, ce sont les espèces sclérochores qui dominent dans les champs de maïs avec 20,83 % du total des espèces et dans les champs de cultures mixtes 1 (14,29 %). Une différence est observée dans les champs de niébé où les espèces sarcochores sont les mieux représentées avec 15,02 % des espèces (Figure 4C). L'analyse des modes de dissémination des diaspores de l'ensemble des champs montre une prédominance des espèces anémochores avec 54,17 % des espèces au sein des peuplements arborés suivies des espèces zoochores (35,42 %).

4.3.4 Analyse des types de dimensions foliaires :

Les spectres des types de dimensions foliaires indiquent que dans l'ensemble des champs, la grandeur foliaire varie de 2,38 % à 47,62 % avec une dominance des espèces microphylles (47,62 %), suivies des mésophylles (21,43 %) et des leptophylles (19,05 %). Les espèces moins représentées sont les nanophylles (9,52 %) et les macrophylles (2,38 %). Les espèces microphylles sont les plus abondantes dans tous les types de champs. Elles sont les plus représentées en espèces dans les champs de mil (29,17 %), suivies par les champs de cultures mixtes 2 (19,05 %), les champs de maïs (18,75 %) et les champs de coton (14,29 %). En plus de la prépondérance des espèces microphylles, les espèces leptophylles sont également bien représentées dans les champs de mil (14,58 %) et les champs de coton (10,42 %) (Figure 4D).

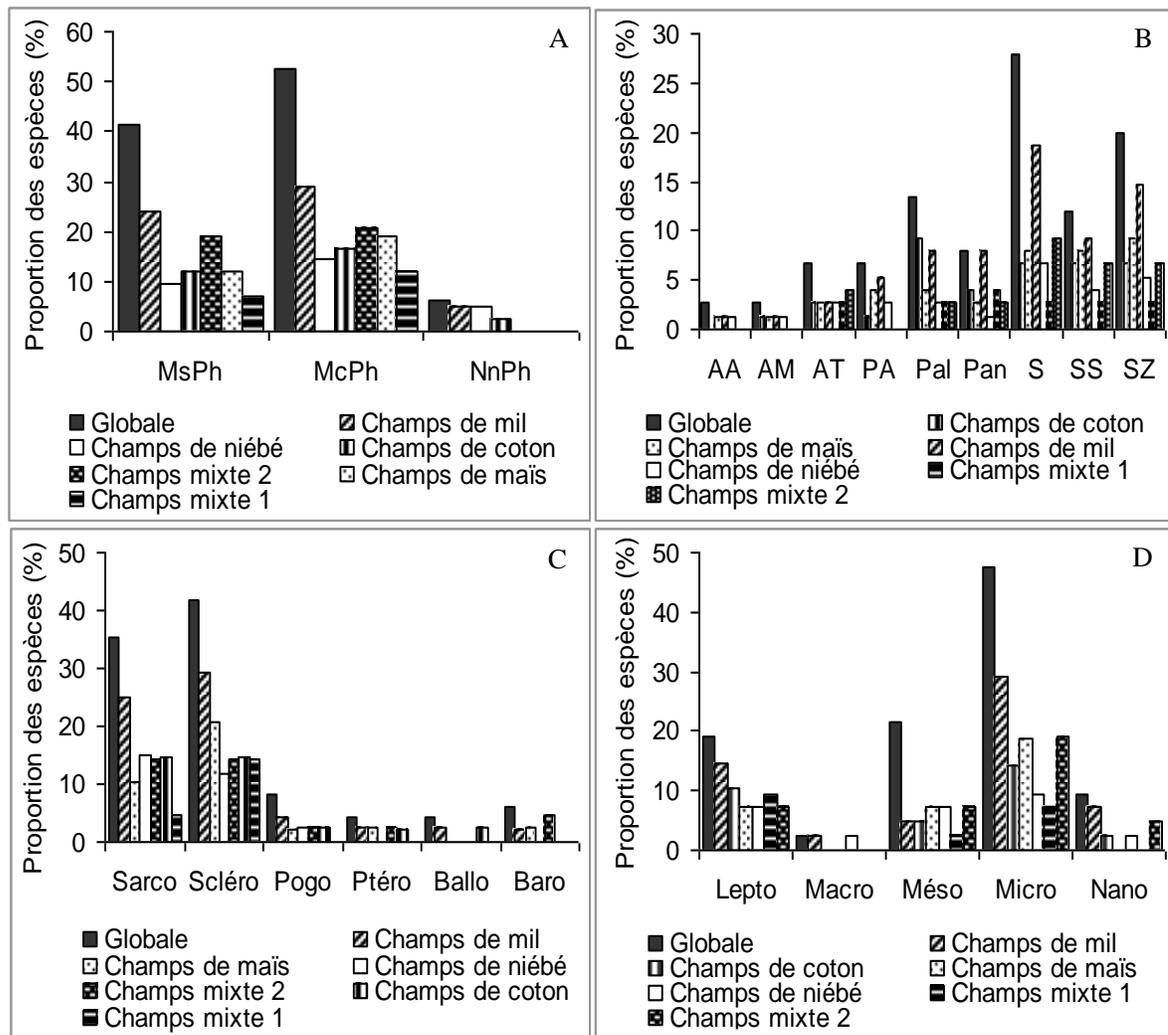


Figure 4 : Spectres écologiques des peuplements arborés dans les différents champs de cultures pluviales. **A** : Spectre brut des types biologiques (MsPh : MésophanérophYTE ; McPh : MicrophanérophYTE ; NnPh : NanophanérophYTE). **B** : Spectre brute des types phytogéographiques (AA : Afro-Américaine ; AM : Afro-Malgache ; AT : Afro-Tropicale ; PA : Plurirégionale Africaine ; Pal : Paléotropicale ; Pan : Pantropicale ; S : Soudanienne ; SS : Sahélo-Saharienne ; SZ : Soudano-Zambézienne). **C** : Spectre brut des types de diaspores (Ballo : Ballochore ; Baro : Barochore ; Pogo : Pogonochore ; Ptéro : Ptérochore ; Sarco : Sarcochore ; Scléro : Sclérochore). **D** : Spectre brute des types de dimensions foliaires (Lepto : Leptophylle ; Macro : Macrophyllle ; Méso : Mésophylle ; Micro : Microphyllle ; Nano : Nanophylle).

4.4 Gestion des arbres dans les agrosystèmes à base de cultures pluviales : Dans l'ensemble des champs, l'élagage est le mode de gestion le plus utilisé avec 51,61 % d'arbres élagués, suivi de l'émondage qui touche un total de 36,55 % d'arbres. Le nombre d'arbres qui subissent l'éêtage et le recepage est faible (Tableau 3). Dans les différents champs, les méthodes de

gestion sont plus utilisées dans les champs de mil qui totalisent 37,73 % de techniques sylvicoles de gestion avec 20,27 % d'arbres élagués et 12,31 % d'arbres émondés. Ensuite, viennent les champs de coton où le pourcentage des modes de gestion est de 20,84 % avec 11,02 % d'arbres élagués et 7,18 % d'émondés. La situation inverse prévaut dans les autres types de champs où

s'observent de faibles pourcentages d'utilisation des techniques de gestion avec des taux de gestion de 14,64 % dans les champs de cultures mixtes 2, 11,43 % dans les champs de niébé, 10,57 % dans les champs de maïs et 7,20 % dans les champs de cultures mixtes 1. L'intensité de gestion des arbres dans l'ensemble des champs varie de moyenne (3,81 %) à très faible (54,24 %). De façon générale, il ressort que la très faible intensité de gestion est reçue par 54,24 % d'arbres qui subissent entre 1 et 5 % des pratiques de gestion. La faible intensité de gestion est observée sur 20,76 % d'arbres qui

reçoivent entre 5 et 25 % des opérations de gestion. Par contre, 12,29 % d'arbres présentent une intensité de gestion très élevée due au fait qu'ils subissent 75 à 100 % des pratiques de gestion dans les agrosystèmes (Tableau 3). Dans les différents champs, la fréquence des pratiques de gestion est plus importante dans les champs de mil avec 53,38 % d'intensité de gestion, suivis des champs de coton (13,55 %) et des champs de niébé (11,02 %). Les pratiques de gestion sont moins intenses dans les champs de cultures mixtes 1 & 2 (5,08 et 9,75 %) et les champs de maïs (7,20 %).

Tableau 3 : Modes et intensité des pratiques de gestion des arbres dans les champs de cultures.

Types de champs	Modes de gestion de l'arbre (%)				Intensité des pratiques de gestion (%)				
	Élagage	Émondage	Étêtage	Recepage	Très faible	Faible	Moyenne	Élevée	Très élevée
Coton	11,02	7,18	2,03	0,61	6,78	5,08	0,42	0,85	0,42
Maïs	6,20	3,76	0,45	0,16	5,51	1,69	0,00	0,00	0,00
Mil	20,27	12,31	4,01	1,14	27,54	9,32	2,12	5,93	8,47
Niébé	3,45	6,12	1,04	0,82	5,51	1,27	0,42	0,85	2,97
Mixte 1	2,62	2,01	0,12	0,04	2,54	1,27	0,85	0,42	0,00
Mixte 2	8,05	5,17	1,11	0,31	6,36	2,12	0,00	0,85	0,42
Globale	51,61	36,55	8,76	3,08	54,24	20,76	3,81	8,90	12,29

Champ mixte 1 = (Coton-Gombo-Oseille de Guinée) ; Champ mixte 2 = (Arachide-Niébé-Voandzou).

5 DISCUSSION

5.1 Composition floristique et diversité spécifique : L'étude des peuplements arborés dans l'ensemble des champs de cultures pluviales a permis de recenser un total de 42 espèces appartenant à 31 genres et 22 familles. Ces résultats sont en deçà des 51 espèces, 40 genres et 26 familles recensées par Bayé-Niwah *et al.* (2020b) dans les champs de case périphériques de la réserve de Kalfou et des 67 espèces, 45 genres et 27 familles trouvées par Todou *et al.* (2022) dans les agrosystèmes traditionnels des Monts Mandara à l'Extrême-Nord Cameroun ; des 53 espèces, 45 genres et 20 familles rapportées par Diatta (2019) dans les exploitations agricoles de Tendouck au Sénégal et des 64 espèces réparties dans 59 genres et 50 familles trouvées par Cissé *et al.* (2018) dans les champs du bassin versant de Boura au Burkina Faso. Cette différence est

due à l'agriculture sans jachère pratiquée dans les agrosystèmes, qui au fil des années, a contribué à l'élimination et à la perte de nombreuses espèces d'arbres, jugés compétitifs et sans intérêts pour la production agricole. Dans les systèmes agroforestiers du Diamaré, les coupes sélectives sont pratiquées par les agriculteurs dans le but de préserver uniquement les espèces d'arbres à usages multiples, capables de résister aux perturbations anthropiques et climatiques. Toutefois, cette forme de pratique agricole réduit considérablement la richesse en espèces et modifie la composition de la flore arborée originelle. Selon Yaméogo *et al.* (2020), le choix généralement porté sur certaines espèces au détriment d'autres espèces pour les différents biens et services qu'elles apportent influence la composition floristique.

Par ailleurs, la composition floristique dans les différents champs varie de 08 à 23 espèces réparties dans 07 à 17 genres et 05 à 14 familles. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Bondé *et al.* (2013) qui ont enregistré 67 et 55 espèces respectivement dans les champs de Glacis et de Bas-Fonds au Burkina Faso ; Diedhiou *et al.* (2014) qui ont trouvé 54 espèces dans les champs de Mar Fafaco au Sénégal ; Tchobsala *et al.* (2016) qui ont recensé 48 espèces dans les champs de la falaise de Ngaoundéré au Cameroun et Manzo *et al.* (2017) qui ont rapporté 46 espèces dans les champs agricoles au Niger. Cette grande différence observée au niveau de la richesse floristique peut être expliquée par le fait que les arbres épargnés dans les champs agricoles lors des cultures appartiennent à un nombre d'espèces réduit d'où le caractère monospécifique des agrosystèmes. Bondé *et al.* (2013) ont constaté dans les formations des agrosystèmes au Burkina Faso que seules les espèces utilitaires sont exemptes de coupe totale de leurs individus pendant l'ouverture des champs. Les pratiques anthropiques qui conservent uniquement les espèces ligneuses sélectionnées pour leurs rôles dans les systèmes agroforestiers conduisent à l'homogénéisation des peuplements végétaux. D'autres auteurs (Sina *et al.*, 2016 ; Awé *et al.*, 2021) avaient également signalé que le nombre réduit d'espèces ligneuses observées, serait lié à la forte sélection et au choix des espèces végétales qui seront conservées, entretenues ou coupées lors de la préparation des champs. La famille des Fabaceae plus précisément la sous-famille des Mimosoideae est la plus dominante dans l'ensemble des champs à cultures pluviales. Ceci pourrait s'expliquer par les facteurs microclimatiques et le fait que les espèces de la famille des Mimosaceae offrent aux paysans des intérêts et utilités tels que la fertilité du sol, la pharmacopée traditionnelle et le fourrage (Baye-Niwah *et al.*, 2020b). La dominance des Fabaceae dans les champs tiendrait également du fait que l'association

par les paysans des espèces de cette famille avec les cultures augmente la production de la biomasse, améliore la fertilité des sols et par conséquent le rendement agricole. Toutefois, les Fabaceae ont déjà été signalées par certains auteurs comme la famille la plus dominante et la plus importante dans les agrosystèmes soudano-sahéliens (Manzo *et al.*, 2017, Cissé *et al.*, 2018 ; Bamba *et al.*, 2019 ; Baye-Niwah *et al.*, 2020a, 2020b ; Dangai *et al.*, 2020 ; Gomis *et al.*, 2022 et Todou *et al.*, 2022). Cela se justifie par le fait que les Fabaceae dominent les régions tropicales et subtropicales, colonisent aussi les zones arides et semi-arides de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Australie (Schrire *et al.*, 2005 ; Ndayishimiye, 2011). L'importance numérique des espèces de cette famille dans les agrosystèmes soudano-sahéliens serait surtout due à leur résistance aux contraintes hydriques et thermiques, à leur mode de dissémination, à leurs phénologies variées et à leurs usages multiples. L'analyse de l'indice de valeur d'importance a montré que *Faidherbia albida* est l'espèce la plus importante dans les champs. Cela s'explique par sa phénologie inversée, sa capacité à fertiliser les sols cultivés et son usage multiple. La défeuillaison naturelle de *Faidherbia albida* en saison pluvieuse réduit l'encombrement spatial, ce qui est favorable aux cultures associées (Bationo *et al.*, 2012). Dans l'ensemble des champs, l'indice de diversité de Shannon (H') est de 3,92. Cette valeur est plus élevée dans les champs de mil (3,68) et plus faible dans les champs de niébé (2,49). Selon certains auteurs dont les travaux ont été menés en zone soudano-sahélienne (Barmo *et al.*, 2019 ; Dangai *et al.*, 2020 ; Katkoré *et al.*, 2021 et Gomis *et al.*, 2022), la diversité est faible lorsque H' est inférieur à 2,5, moyenne si H' est compris entre 2,5 et 4 puis élevée quand H' est supérieur ou égal à 4 ; ce qui montre que les champs aux cultures pluviales sont moyennement et faiblement diversifiés. La faible diversité est liée au type de cultures pratiquées dans les champs d'autant que certaines espèces

d'arbres sont éliminées lors des défrichements agricoles du fait de leurs effets néfastes sur la croissance et le rendement des plantes cultivées. Pour Diatta *et al.* (2021), la faible diversité dans les sites pourrait être le résultat d'un long processus de sélection qui s'est déroulé dans le temps, et qui amène les paysans à identifier les espèces les plus importantes pour eux au détriment des autres. La diversité moyenne observée peut être justifiée par la dominance d'un groupe d'espèces ou de quelques espèces à fortes valeurs d'importance pour l'homme, le bétail et les cultures notamment *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus spina-christi*, *Acacia sieberiana*, *Ficus sycomorus*, *Tamarindus indica* laissées dans les champs lors des pratiques culturales. L'explication d'un tel constat, est l'existence d'une exploitation et d'une gestion sélectives des espèces d'arbres au niveau des champs. En effet, la dominance de certaines espèces au sein des peuplements arborés est la conséquence d'une sélection délibérée par les cultivateurs d'un groupe d'espèces utiles, épargnées et préservées pendant les activités culturales. Quant à l'indice d'équitabilité de Pielou, les valeurs sont comprises entre 0,78 et 0,96 ; ce qui témoigne d'une répartition régulière des individus entre les espèces dans les différents champs cultivés. Ces fortes valeurs révèlent surtout que les différents individus des espèces dominantes présentent une distribution relativement homogène (Yélemou *et al.*, 2015 ; Ganamé, 2021).

5.2 Caractéristiques dendrométriques des peuplements arborés : La densité moyenne globale des peuplements arborés est de 77 individus/ha. Elle varie de 4 à 38 arbres/ha dans les champs de cultures mixtes et les champs de mil respectivement. Les valeurs de la densité obtenues sont inférieures à celles de Tchobsala *et al.* (2016) qui ont trouvé 84 arbres/ha dans les champs de la falaise de Ngaoundéré au Cameroun, Diedhiou *et al.* (2018) dans les champs du terroir de Keur Birame au Sénégal (102 ind./ha), Rabiou *et al.* (2020) dans les champs à *Balanites aegyptiaca* dans la région de Maradi

au Niger (99 arbres/ha), Ganamé (2021) dans les champs de la réserve pastorale de Tapoa-Boopo au Burkina Faso (90 ind./ha). Les faibles densités des arbres observées dans les champs de cultures pluviales pourraient s'expliquer par la présence des variétés de plantes (maïs, niébé,..) au temps de cycle court (2 à 3 mois), cultivées sous de faibles densités d'arbres afin d'éviter la compétition pour l'espace, la lumière et les ressources minérales qui limiterait leur bonne production. Une autre explication serait l'élimination pendant les périodes des travaux champêtres, des individus néfastes aux cultures et qui n'ont aucun apport significatif pour les agriculteurs et les populations riveraines. Cet avis est partagé par Toko (2008) qui révèle que les agriculteurs détruisent systématiquement toutes les espèces ligneuses n'ayant aucune importance socio-économique pour limiter la compétition pour les nutriments et pour l'eau entre ces espèces ligneuses et les cultures. Il convient d'ajouter que de nombreux arbres sont régulièrement abattus et prélevés dans les agrosystèmes périurbains en zone soudano-sahélienne pour le bois-énergie, la production du charbon, le bois d'œuvre et la préparation des champs de cultures ; ce qui diminue de façon considérable la densité des peuplements arborés. On peut déduire que la bonne production agricole dans les agrosystèmes à base de cultures pluviales nécessite que les espèces cultivées soient associées à des arbres de faibles densités. Cette assertion s'accorde bien avec celle de Ouédraogo (2021) qui conclut que la réduction de la densité des espèces ligneuses lors des débroussaillages des champs renforce la capacité productive des espèces. La surface terrière moyenne est au total de 20,39 m²/ha et varie entre 0,74 et 12,05 m²/ha dans les différents champs de cultures. Ces résultats indiquent que la surface terrière est liée à la présence de quelques arbres de grands diamètres conservés dans les champs comme l'indique la valeur élevée du diamètre moyen obtenue qui est de 52,06 cm. En effet,



il y'a dans les champs une légère abondance des individus appartenant à quelques espèces dont les troncs ont des diamètres dépassant 100 cm. Il s'agit des espèces telles que *Faidherbia albida*, *Adansonia digitata*, *Ceiba pentandra*, *Ficus sycomorus* subsp. *gnaphalocarpa*, *Ficus platyphylla*, *Acacia sieberiana*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca* qui contribuent significativement à l'augmentation de la surface terrière. Par contre, les faibles valeurs dans les différents champs pourraient se justifier par la réduction volontaire des arbres à gros troncs lors des défrichements agricoles pour créer de grandes distances entre les individus et éviter la compétition, l'ombrage et les dégâts des espèces déprédatrices sur les cultures. Pour Abdourhamane *et al.* (2017), la faible valeur des surfaces terrières obtenue dans les champs pourrait s'expliquer par le cycle répétitif de la mise en culture sans jachère et du développement des cultures céréalières. Quant à la surface du houppier, la valeur totale de l'ensemble des champs est de 3875,21 m²/ha. Elle est plus élevée dans les champs de mil (2255,33 m²/ha) et très faible dans les champs de cultures mixtes (141,04 m²/ha). Ces valeurs du couvert végétal aérien sont faibles par rapport à celles obtenues par Ndong *et al.* (2015) dans les zones sylvo-pastorales du Ferlo au Sénégal (7112,66 m²/ha), trouvées par Ngarnougber *et al.* (2017) dans les systèmes agroforestiers naturels de Guéra au Tchad (13031,84 m²/ha) et rapportées par Dione *et al.* (2020) dans les champs de la région de Kaffrine au Sénégal (7253,86 m²/ha). Le faible recouvrement de la couronne pourrait surtout s'expliquer d'une part par la présence dans les champs des arbres clairsemés à cimes non jointives du fait d'un abattage sélectif, et d'autre part par les coupes répétitives des branches feuillées pour réduire l'ombrage, alimenter le bétail et récolter le bois. En plus, les houppiers présentent un agencement discontinu dans les champs du fait de la très faible densité des arbres répartis de manière éparse entre les cultures. Akpo *et al.* (2003)

justifient ces observations en soulignant que dans les champs, le couvert est faible car les paysans n'épargnent que des arbres présentant un intérêt socio-économique (Lefeuvre *et al.*, 1988 ; Turner, 1989) : ce sont les arbres agroforestiers. Le recouvrement aérien est aussi faible dans la zone en raison du pâturage et des défrichements qui entraîneraient un effet dépressif sur le développement des arbres (Akpo *et al.*, 2003 ; Ndong *et al.*, 2015). L'influence des conditions climatiques sur la phénologie des espèces végétales dans la zone soudano-sahélienne à travers la défeuillaison des arbres pendant les périodes sèches ou pluvieuses pourrait également expliquer la réduction de la surface des houppiers et du couvert aérien total. Pour ce qui est de la hauteur des arbres, elle se situe en moyenne autour de 7,50 m. Les valeurs obtenues ne présentent pas de différences significatives entre les types de champs. Cependant, elles sont inférieures aux hauteurs trouvées dans les champs agricoles au Burkina Faso (Bayala, 2003), au Bénin (Gbesso *et al.*, 2014), au Tchad (Avana-Tientcheu *et al.*, 2019), au Sénégal (Gomis *et al.*, 2022 ; Diallo, 2022). Les faibles hauteurs des arbres observées seraient liées aux conditions climatiques, aux pratiques agricoles et aux techniques de gestion des arbres. En effet, dans les milieux arides et semi-arides, les arbres privilégient la croissance en profondeur des racines pour assurer leur alimentation en eau et en sels minéraux au détriment de leur accroissement en hauteur. Par ailleurs, les pratiques excessives d'émondage, d'élagage et d'étêtage dans les champs modifient au fil du temps l'architecture spatiale des peuplements arborés ; ce qui donne lieu à une structure verticale abaissée. Sous ces conditions de destruction de la ramée des arbres, la croissance verticale est ralentie ou s'arrête pour permettre la reconstitution du houppier. Ces observations sont également relevées par Bayé-Niwah *et al.* (2020b) qui soulignent que l'abondance des individus de taille inférieure ou égale à 7 m est le résultat



d'une coupe annuelle et des élagages pour libérer des espaces à la culture. L'élagage est réalisé dans la plupart de cas pour réduire la longueur et le nombre des branches qui gênent les cultures (Dan Guimbo, 2011). La mutilation des branches au fil des années par les paysans limite la croissance en hauteur, favorisant plutôt la croissance en diamètre (De Caluwé, 2005 ; Assogbadjo, 2006 ; Rabiou *et al.*, 2015 ; Sourou, 2017). Les structures en classes de diamètre et de hauteur dans l'ensemble des champs présentent la même distribution en forme de cloche asymétrique positive caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance des individus jeunes. Ces distributions révèlent que les peuplements arborés dans les champs sont dominés par les individus de diamètre compris entre 30 et 60 cm et de hauteur compris entre 4 et 7 m. Cependant, les arbres de diamètre < 30 cm et ≥ 70 cm ainsi que les individus de hauteur < 4 m et ≥ 8 m présentent les plus faibles densités. Cela indique que les classes intermédiaires sont mieux représentées que les classes extrêmes. Ceci peut être expliqué par le fait que dans les champs étudiés, l'espèce la plus abondante est *Faidherbia albida*, caractérisée par des individus de diamètres moyens mais rarement de très grands diamètres. Les structures en cloche obtenues traduisent un état de déséquilibre dans la croissance en diamètre et en hauteur des peuplements arborés des champs. Elles illustrent également le niveau de perturbation et de modification de la structure de la végétation ligneuse dans les champs à travers les actions anthropiques intenses et les effets délétères des conditions climatiques. Selon Ouédraogo (2006), les allures polynomiales erratiques et en cloche traduisent un peuplement instable ou dégradé par des causes anthropiques ou naturelles (sécheresse). Ce type de peuplement est caractérisé par une absence ou une très faible proportion d'individus dans une ou plusieurs classes. Par ailleurs, les structures en cloche dans les agrosystèmes perturbés témoignent surtout des prélèvements sélectifs et excessifs des arbres de grandes tailles et de très gros diamètres par les activités anthropiques et/ou la surexploitation des peuplements ligneux. Yehouenou *et al.* (2012) signalent que la faible densité des individus

matures (dbh > 40 cm) considérés comme les semenciers pose un problème de régénération et surtout de dispersion des graines. Ces observations corroborent l'abondance des arbres de diamètres moyens et de hauteurs moyennes au détriment des petits et des grands (gros) individus très peu représentés du fait de l'anthropisation des agrosystèmes.

5.3 Types biologiques, phytogéographiques, de diaspores et de dimensions foliaires:

L'analyse des types biologiques montre que les microphanérophytes et les mésophanérophytes dominant dans les champs de cultures pluviales. L'abondance des microphanérophytes dans ces agrosystèmes indiquerait que les peuplements ligneux seraient en majorité constitués d'arbustes de 2 à 8 m issus des pratiques agricoles. Toutefois, de nombreux auteurs (Kouamé, 1998 ; Vroh, 2008 ; Sey, 2015 ; Zanh, 2020) révèlent que la dominance de ces arbustes dans les différents agrosystèmes pourrait être utilisée comme un indicateur des milieux perturbés. En effet, la prédominance des microphanérophytes serait la conséquence des coupes arbitraires et des mutilations excessives des parties aériennes des mésophanérophytes par les populations pour des besoins de pâture et de bois-énergie. De plus, l'abattage sélectif des grands arbres pour la préparation des surfaces réservées aux cultures, éviter la compétition avec les espèces cultivées et disposer du bois donne une physionomie arbustive à la végétation ligneuse des champs. Selon Mbayngone *et al.* (2008), l'homme dans ses activités culturelles opère une sélection qui favorise certaines espèces végétales, influençant ainsi la physionomie de la végétation originelle. La forte représentativité des microphanérophytes dans les agrosystèmes est la résultante de la forte pression anthropique sur la morpho-structure des individus arborescents dont les hauteurs modifiées les font figurer dans la strate arbustive. Ces observations permettent de déduire que les agrosystèmes périurbains



en zone soudano-sahélienne ont des peuplements arborés à structure verticale fortement perturbée par l'action de l'homme sur la cime et la croissance en hauteur des arbres. La répartition des types phytogéographiques montre la dominance des espèces soudanaises et des espèces soudano-zambésiennes dans les différents champs. La prédominance des espèces soudanaises justifie l'appartenance de la flore de la zone agricole étudiée au centre régional d'endémisme soudanais. La forte proportion des espèces soudano-zambésiennes traduit l'appartenance de la zone d'étude au domaine soudanais. Leur prépondérance serait liée à leur adaptation aux conditions bioclimatiques de la zone sahélienne. La forte proportion de l'élément-base soudanais suivi des espèces soudano-zambésiennes dénote de la stabilité du site d'étude, d'où une meilleure conservation de la phytodiversité originelle (Mbayngone *et al.*, 2008). Leur dominance atteste que la flore garde encore sa spécificité phytogéographique en dépit des perturbations enregistrées (Mbaiyetom *et al.*, 2021). Ces observations sont soutenues par la faible proportion des espèces à large distribution qui représentent 39,08 % du total des espèces. En effet, plusieurs auteurs (Devineau et Fournier, 1997 ; Masharabu *et al.*, 2010 ; Kono, 2015) ont rapporté qu'une forte proportion d'espèces à large répartition peut être un indice de dégradation : la flore perd de sa spécificité. L'analyse des spectres des types de diaspores montrent la forte proportion dans les champs des espèces sclérochores et des espèces sarcochores tandis que leur mode de dissémination se caractérise par la dominance des espèces anémochores suivies des espèces zoochores. La prééminence des sclérochores dans les champs pourrait s'expliquer par l'abondance des espèces appartenant à la famille des Fabaceae, laissées par les agro-pasteurs pour leur apport alimentaire et leur grande capacité à fertiliser les sols cultivés. L'importance des espèces sclérochores serait également liée à

l'action combinée du vent et des activités anthropiques. En effet, les champs sont des espaces ouverts par des défrichements agricoles où les diaspores des espèces sclérochores, non charnues et légères se disséminent assez rapidement sous l'action du vent. Mais ce transport ne peut se faire que sur de petites distances et dépend en partie de l'absence de barrière (Schnell, 1970 ; Kono, 2015). Quant à la forte présence des espèces sarcochores, elle pourrait être due au grand effectif des espèces préservées dans les champs, du fait de l'appétence des fruits charnus et des graines par le bétail et de leur apport substantiel aux revenus des ménages. Pour Wouokoue *et al.* (2020), l'importance des sarcochores par rapport aux autres types de diaspores peut être justifiée par le fait que ces espèces sont transportées soit par les oiseaux, soit par les autres animaux et ont des chances d'arriver à destination. A cela, il faut ajouter que la facilité d'accès des animaux dans les champs de cultures contribue également à accentuer la dispersion des diaspores sarcochores. En effet, Kikufi et Lukoki (2008) estiment que la recherche des fruits totalement ou partiellement charnus, par les animaux, particulièrement l'homme, est à l'origine de la dissémination des sarcochores. Au regard de l'analyse des types de dimensions foliaires, les espèces microphylles dominent largement, suivies des mésophylles et des leptophylles. La forte prépondérance des microphylles reflèterait l'adaptation des espèces aux conditions de sécheresse édaphique et climatique en zone subaride (semi-aride). En effet, les conditions climatiques en zone sahélienne ne favorisent pas le développement de la surface foliaire et il s'ensuit une abondance d'espèces à feuilles de petite taille aptes à résister aux forts ensoleillements et réduire les pertes en eau. Ngnignindiwou *et al.* (2023) ont signalé que la taille des feuilles est en fait une adaptation au type de climat ; sous un climat sec par exemple, la feuille ne doit pas être trop grande car cela l'expose à la déshydratation. Pour Wu *et al.* (2010), la feuille constitue la



partie de la plante la plus sensible aux changements de l'environnement. En général, les espèces arborescentes à la morphologie foliaire microphyllé, mésophyllé et leptophyllé, sont sélectionnées et conservées par les agriculteurs et/ou pasteurs dans les champs de cultures des régions à faible pluviosité, parce qu'elles résistent au déficit hydrique, produisent plus de feuilles, servent de ressources fourragères et rendent des services écosystémiques qui améliorent le rendement agricole.

5.4 Gestion des arbres dans les agrosystèmes périurbains : L'étude du mode de gestion des arbres dans les champs révèle que l'élagage est la pratique la plus utilisée, suivi de l'émondage. Nos résultats corroborent ceux de Andou (2021) qui a trouvé que l'élagage, suivi de l'étêtage étaient les techniques sylvicoles de gestion les plus pratiquées sur les arbres des parcs agroforestiers au Togo. L'importance de l'élagage dans les champs peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un mode de gestion qui assure un meilleur rendement des cultures tandis que l'émondage est plus utilisé pour produire le fourrage. Jiagho (2018) souligne que la préparation des champs de saison de pluie nécessite aussi un émondage important des arbres. Ces techniques limitent la compétition entre les cultures et les arbres dans les champs (Andou, 2021). Elles permettent aussi de diminuer la surface du houppier pour réduire l'ombrage et fournir un meilleur éclairage des cultures (Marien et Louppe, 2015). Toutefois, la gestion des arbres dans la zone agricole étudiée est très faible d'autant que 54,24 % d'individus subissent moins de 5 % des pratiques de gestion. De plus, la gestion des arbres n'est élevée et très élevée que sur 21,19 % d'individus qui reçoivent entre 50 et 100 % des opérations de gestion. Ces résultats obtenus mettent en évidence la mauvaise gestion des peuplements arborés dans les agrosystèmes périurbains, motivée par des pratiques anthropiques arbitraires et effrénées (élagage et émondage excessifs, coupe des

branches infectées, abattage des troncs, destruction du houppier, surpâturage, prélèvement du bois, défrichements intensifs) qui perturbent la dynamique structurale de la végétation. Cela indique selon Pindi *et al.* (2019) et Gomis *et al.* (2022) des peuplements dont la dynamique est en permanence perturbée en fonction des objectifs de gestion des agriculteurs ou des propriétaires des champs. Gbesso *et al.* (2014) et Atakpama *et al.* (2022) signalent que dans les écosystèmes fortement colonisés, et associés aux cultures, l'arbre est régulièrement élagué et ses organes prélevés à diverses fins. Ce qui peut impacter négativement sur ses caractéristiques dendrométriques. La gestion des arbres est essentielle aux pratiques agroforestières pour s'assurer qu'un maximum de bénéfices soit atteint en favorisant les interactions positives entre les différents éléments du système d'exploitation et pour minimiser la compétition avec les cultures (Dumont *et al.*, 2015 ; 2021). Les propriétaires terriens conservent dans leurs champs les ligneux qui leur sont utiles et les gèrent de façon à ce que les arbres ne portent pas préjudice à la production agricole, mais aussi qu'ils puissent jouir pleinement des avantages inhérents à ces arbres (Andou, 2021). Cependant, lorsque l'intensité des techniques de gestion des arbres dépasse la capacité de renouvellement des parties mutilées, elle provoque de profondes modifications et une dégradation du peuplement ligneux qui peuvent mener à la destruction ou à l'élimination des espèces arborées du milieu. Selon Donfack (1993) et Donfack *et al.* (1993), ces modifications vont contribuer à la mise en place de nouveaux peuplements végétaux. Toutefois, Lundgren et Raintree (1982) concluent que la gestion des systèmes agroforestiers repose sur la recherche de la durabilité d'une production diversifiée en valorisant les interactions écologiques, économiques et sociales existant entre les composantes de ces systèmes.

6 CONCLUSION

Cette étude a permis d'effectuer la caractérisation écologique des peuplements arborés des agrosystèmes périurbains en zone soudano-sahélienne. Les résultats ont révélé que les champs de cultures pluviales ont dans l'ensemble une composition floristique faible et une diversité spécifique moyenne. La famille des Fabaceae est la plus dominante dans ces champs avec *Faidherbia albida* comme espèce la plus importante. La densité des arbres est réduite du fait des défriches intenses et de l'abattage sélectif. Il y'a néanmoins une abondance des individus aux diamètres moyens. La hauteur des peuplements arborés est abaissée suite à la pratique répétée et excessive de l'élagage, l'émondage et l'éêtage sur les arbres. Ces actions anthropiques ainsi que celles qui contribuent à la réduction de la densité des arbres sont à l'origine du faible recouvrement du houppier. Les distributions en cloche asymétrique obtenues ont montré qu'il y'a un état de déséquilibre dans la croissance en diamètre et en hauteur des peuplements arborés. La prédominance des microphanérophytes est en fait la conséquence des coupes arbitraires et des mutilations excessives des parties aériennes des mésophanerophytes par les populations ; ce qui relègue les arbres de la strate arborescente dans la strate arbustive. Toutefois, la végétation naturelle des agrosystèmes en zone soudano-sahélienne bien que floristiquement perturbée, garde encore sa spécificité phytogéographique du fait de la prépondérance des espèces soudaniennes et des espèces soudano-zambéziennes. L'accès facile des animaux dans les champs accentue la dispersion des diaspores sarcochores tandis que les défrichements cultureux libèrent des espaces où se répandent sous l'action du vent les diaspores sclérochores. La dominance des espèces microphyllées reflète leur adaptation

phénotypique aux conditions de sécheresse en zones arides et semi-arides. La microphyllie observée dans les agrosystèmes en zone soudano-sahélienne serait, en plus d'être un phénomène d'accommodat à la sécheresse, un indicateur des actions anthropogènes sur la végétation. Les modes de gestion les plus utilisés par les populations restent l'élagage et l'émondage des arbres pour assurer un meilleur rendement des cultures et apporter du fourrage aux bétails. Cependant, la gestion des peuplements arborés dans les champs de cultures pluviales est très mauvaise à cause de la pratique excessive et incontrôlée des techniques sylvicoles de gestion. Cette étude témoigne ainsi de la dégradation de la végétation naturelle des champs et de la diminution de la biodiversité végétale dans les agrosystèmes du fait des pratiques agricoles et des activités d'exploitation des arbres. L'optimisation de la conservation des peuplements d'arbres dans les espaces agricoles et l'adoption des stratégies appropriées de gestion durable des espèces renforceront la résilience des agrosystèmes de la zone soudano-sahélienne face aux pressions anthropiques et au changement climatique. Il serait par conséquent souhaitable de sensibiliser les populations agriculteurs et pasteurs sur l'usage des pratiques raisonnées et protectrices des peuplements arborés dans les zones à vocation agricole. Il serait aussi important que les décideurs politiques et les organismes en charge de la protection des forêts et de la nature mettent en place des méthodes d'exploitation contrôlée des espaces agraires périurbains, en exigeant la pratique de la régénération naturelle assistée dans toutes les exploitations agricoles et en incitant les populations à pratiquer les techniques sylvicoles de gestion durable de la biodiversité végétale dans les agrosystèmes.



7 REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs gratitudeux aux autorités administratives et locales pour avoir facilité l'accès dans les cantons et les villages. Nos remerciements vont à l'endroit des chefs traditionnels pour leur hospitalité et leur générosité dans la collecte des informations nécessaires à la réalisation de ce travail. Les auteurs sont reconnaissants à l'égard des populations qui nous ont autorisés à mener

cette étude sur leurs parcelles agricoles. Nous ne saurons oublier nos guides de terrain pour leur disponibilité tout au long de la récolte des données et pour leur assistance durant les phases d'enquête. Les auteurs remercient enfin les lecteurs anonymes du manuscrit qui ont contribué à l'amélioration de la qualité de cet article.

8 CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

9 RÉFÉRENCES

- Abdourhamane H, Rabiou H, Diouf A, Morou B, Mahamane A, Bellefontaine R : 2017. Structure démographique et répartition spatiale des populations de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. du secteur sahélien du Niger. *Bois et Forêts des Tropiques*, 333 (3) : 55-66.
- Akpo LE, Coly I, Sarr D, Ngom D, Ndao S: 2003. Modes d'occupation des terres et gestion des ressources forestières en zone soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple du bassin versant de la Néma au Sénégal. In : Dugué P, Jouve Ph, (éds.). *Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international*, UMR SAGERT, CNEARC, Montpellier, France.
- Andou Z : 2021. Parcs agroforestiers de la région des savanes au Nord-Togo : biodiversité, dynamique et importance socio-économique. Thèse de Doctorat, Université de Lomé, 281p.
- APG III: 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 (2) : 105-121.
- Arbonnier M: 2019. Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest. Quatrième édition. Editions Quae, Versailles, France, 775 p.
- Atakpama W, Atoemne K, Egbelou H, Padakale E, Batawila K, Akpagana K : 2022. Distribution et démographie des parcs à rôniers dans la Région des Savanes du Togo. *Afri. J. Land Policy Geospat. Sci.*, 5 (2) : 290-302.
- Awé DV, Noiha NV. and Zapfack L: 2021. Structure and diversity of agroforestry parklands in the sudano-sahelian zone of Cameroon. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 16: 8-18.
- Bayala BS : 2003. Evaluation des ressources ligneuses dans un système agro-sylvo-pastoral de savane dans l'Ouest du Burkina Faso : cas du terroir de Torokoro. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 50 p.
- Badiane M, Camara B, Ngom D. & Diédhiou MAA : 2019. Perception communautaire des parcs agroforestiers traditionnels à *Faidherbia albida* (Del.) Chev. En Basse Casamance, Sénégal. *Afrique Science*, 15 (1) : 214-226.
- Bationo BA, Kalinganire A. et Bayala J : 2012. *Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest*



- : *Aperçu de quelques systèmes candidats*. Manuel Technique No 17. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya, 32 p.
- Bayé-Niwah C, Todou G, Souare K, Abdoulaye A, Bay S. et Atem E : 2020a. Diversité et usages des plantes ligneuses des agrosystèmes périphériques de la ville de Maroua (Extrême-Nord, Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (3) : 966-982.
- Bayé-Niwah C, Kosso H, Souare K, Todou G: 2020b. Diversité et structure des ligneux des agrosystèmes autour d'une aire protégée : cas des champs de case périphériques de la réserve de Kalfou (Cameroun) ». *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 28 (2) : 86-104.
- Bondé L, Ouédraogo O, Kagambèga F. et Boussim JI : 2013. Impact des gradients topographique et anthropique sur la diversité des formations ligneuses soudanaises. *Bois et Forêts des Tropiques*, 318 (4) : 15-26.
- Cissé M, Bationo BA, Traoré S, Boussim IJ : 2018. Perception d'espèces agroforestières et de leurs services écosystémiques par trois groupes ethniques du bassin versant de Boura, zone soudanienne du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 338 : 29-42.
- Dajoz R : 1996. Précis d'écologie. 6^e édition. Dunod, Paris, 551 p.
- Dan Guimbo I : 2011. Fonction, dynamique et productivité des parcs à *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. et à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance dans le sud-ouest du Niger. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni, 158 p.
- Dangai Y, Hamawa Y, Oumarou ZH, Fawa G, Mamah M. et Mapongmetsem PM : 2020. Caractérisations biophysique et floristique des parcs agroforestiers à *Daniellia oliveri* dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. *Int. J. Appl. Res.*, 6 (9) : 398-409.
- Diallo H : 2014. Influence des gradients anthropique et géomorphologique sur la variation de la biodiversité végétale dans la réserve de biosphère de la boucle du Baoulé au Mali : cas de la réserve de Fina. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 249 p.
- Diatta EA, Sambou B, Niang-Diop F. and Diatta M : 2021. Caractérisation du parc agroforestier à *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Ex G. Don en Basse Casamance (Sénégal). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.28668>
- Dione A., Ngom S., Sarr O., Diallo A., Guissé A : 2020. Caractéristiques du peuplement ligneux de deux systèmes d'utilisation des terres dans la région de Kaffrine au Sénégal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3) : 221-229.
- Donfack P : 1993. Étude de la dynamique de la végétation après abandon de la culture au Nord du Cameroun. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Yaoundé, 180 p.
- Dongmo AL : 2009. Territoires, troupeaux et biomasses : enjeux de gestion pour un usage durable des ressources au Nord-Cameroun. Thèse de Doctorat, Agro Paris Tech, 273 p.
- Dumont ES, Bonhomme S. et Mohammed M : 2021. Guide technique d'agroforesterie pour la sélection et la gestion des arbres aux Comores - Île d'Anjouan - version 1.2. World Agroforestry Center, Nairobi, Kenya, 83 p.
- Dumont ES, Bonhomme S. et Sinclair F : 2015. Guide technique d'agroforesterie pour la sélection et la gestion des arbres au Nord-Kivu - République Démocratique du Congo

- (RDC). The Word Agroforestry Center, Nairobi, Kenya, 130 p.
- Evrard C : 1968. Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette congolaise. *Publ. INEAC, Série Scientifique* 110, 295 p.
- Faye E : 2010. Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal : application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, 253 p.
- Fotsing E : 2009. SMALL Savannah : Un Système d'Information pour l'analyse intégrée des changements d'utilisation de l'espace en zone des savanes de l'Extrême Nord du Cameroun. Thèse de PhD, Université de Leiden Pays-Bas, 373 p.
- Ganamé M : 2021. Dynamique spatio-temporelle et potentiel du stock de carbone aérien des écosystèmes forestiers du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Joseph Ki-Zerbo, 140 p.
- Garine E, Moussa A, Raimond C, Dounias E. & Kokou K : 2005. Usages alimentaires du parc arboré sélectionné (Duupa, massif de Poli, Nord-Cameroun). In : Raimond C., Garine E. & Langlois O. (Eds.). *Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad*. Paris, CNRS Prodig/IRD Editions, pp 63-86.
- Gbesso F, Yedomonhan H, Tenté B, Akoegninou A : 2014. Distribution géographique des populations de rôniers (*Borassus aethiopum* Mart, Arecaceae) et caractérisation phytoécologique de leurs habitats dans la zone soudano-guinéenne du Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 74 : 6099-6111.
- Gomis D, Benga TAD, Faye B, Guisse A. et Ndiaye A : 2022. Caractérisation du peuplement ligneux des zones de culture dans l'Arrondissement de Djilor (Fatick, Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16 (2) : 824-841.
- Jebkalbe P : 2010. Les agriculteurs face aux enjeux de la conservation de l'environnement dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. ISDA, Cirad-Inra-SupAgro, France, 10 p.
- Jiagho ER : 2018. Flore et végétation ligneuse à la périphérie du Parc National de Waza (Cameroun) : Dynamiques et implications pour une meilleure gestion. Thèse de Doctorat, Le Mans Université/Université de Yaoundé I, 355 p.
- Kâ SL, Ly MO, Diouf M, Diandy M, Guéye M, Mbaye MS. et Noba K : 2020. Diversité herbacée dans les parcours du noyau de sélection du Centre de recherches zootechniques de Kolda en zone soudanienne du Sénégal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3) : 1-7.
- Kakpo SB : 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d'Itchède au sud-est du Bénin. Mémoire d'Ingénieur, Université d'Abomey - Calavi (Benin), 45 p.
- Kengne OC, Zapfack L, Garcia C, Noiha NV. et Nkongmeneck B-A : 2018. Diversité Floristique et Structure de deux forêts communautaires sous l'exploitation au Cameroun : cas de Kompia et Nkolenyeng. *European Scientific Journal*, 14 (24) : 245-271.
- Khene B, Senoussi A. et Ababsa FS : 2012. L'agrosystème oasien : particularités et stratégie d'évolution, cas de la vallée du M'zab (Algérie). *Sècheresse, sciences et changements climatiques*, no 2. Montrouge (France) : John Libbey Eurotext. pp. 78-85.
- Kikufi A. & Lukoki F : 2008. Etude floristique et écologique des marais de Masina. *Revue Congolaise des Sciences Nucléaires*, 23 (1) : 1-19.



- Kono LD : 2015. Dynamique du carbone dans les communautés marécageuses à *Cyperus papyrus* L. (Cyperaceae) de la ville de Yaoundé et ses environs. Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, 183 p.
- Leyle D : 2001. Les représentations dans la géographie : une approche à valoriser dans les pays du Sud (l'exemple des hautes terres d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique Centrale. Mémoire de DEA, Université Michel de Montaigne-Bordeaux 3.
- Lundgren BO. and Raintree JB : 1982. Sustained agroforestry. In: Nestel B. (Ed.). *Agricultural research for development: potentials and challenges in Asia*. The Hague, ISNAR, pp 37-49.
- Magurran AE: 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing Company, United Kingdom, USA, 256 p.
- Manzo OL, Garba OB, Morou B, Karim S. et Mahamane A : 2017. Etat de la végétation ligneuse au Sahel : cas de Guidan Roumdji au Sahel central du Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31 (3) : 5033-5049.
- Marien J.-N. et Louppe D : 2015. Les plantations forestières et l'agroforesterie. In: Mille G. et Louppe D. (éds). *Mémento du forestier tropical*, Éditions Quæ, France, pp 727-738.
- Mbaiyetom H, Avana-Tientcheu ML, Tchamba NM, Wouokoue TJB : 2021. Diversité floristique et structure de la végétation ligneuse des parcs arborés de la zone soudanienne du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15 (1): 68-80.
- Mbayngone E, Thiombiano A, Hahn-Hadjali K. & Guinko S : 2008. Caractéristiques écologiques de la végétation ligneuse du sud-est du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) : le cas de la réserve de Pama. *Candollea*, 63 (1) : 17-33.
- MCD : 1991. Le mémento de l'agronome. Quatrième édition. Collection "Techniques rurales en Afrique", Ministère de la Coopération et du Développement (MCD), France, 1635 p.
- Moussa M, Larwanou M. et Saadou M : 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-sud Nigérien. *Journal of Applied Biosciences*, 94 : 8890-8906.
- Ndayishimiye J : 2011. Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique Centrale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 254 p.
- Ndong AT, Ndiaye O, Faye MN, Galop D. et Guissé A : 2015. Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 271 : 285-462.
- Ngnignindiwou MJ, Wouokoue TJB, Nguetsop VF : 2023. Caractéristiques floristiques, structurales et écologiques de la forêt de Magna, Ouest Cameroun : implications dans la protection de la biodiversité. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 31: 13-28.
- Ngom D, Fall T, Sarr O, Diatta S. et Akpo LE: 2013. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65: 5008-5023.
- Ntoupka M : 1999. Impact des perturbations anthropiques (pâturage, feu, et coupe de bois) sur la dynamique de la savane arborée en zone soudano-sahélienne du Nord du Cameroun. Thèse de Doctorat, Université Paul Valéry-Montpellier III, 260 p.
- Ouédraogo A : 2006. Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de

- Doctorat, Université de Ouagadougou, 196 p.
- Ouédraogo K : 2021. Ecologie et services écosystémiques de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich et de *Gardenia erubescens* Stapf & Hutch. suivant un gradient climatique au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université Joseph Ki-Zerbo, 238 p.
- PCD : 2016. Plan Communal de Développement de la Commune d'arrondissement de Maroua 2^{ème}. Tammounde Speranza, Cameroun, 275 p.
- Pindi KC, Avana-Tientcheu ML, Mananga MP, Muma MC. et Wouokoue TJB : 2019. Système agroforestiers et conservation de la phytodiversité ligneuse dans le paysage agraire du territoire de la Tsheba/Kongo-Central en République Démocratique du Congo. *European Journal of Scientific Research*, 152 (3) : 322-333.
- Raunkiaer C: 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, London, 632 p.
- Schnell R : 1970. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les problèmes généraux. Vol. I. Les flores. Les structures. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 499 p.
- Schnell R : 1971. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. II. Les milieux. Les groupements végétaux. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 452 p.
- Sib O : 2013. Analyse de la diversité et de la dynamique des systèmes agraires : cas des exploitations agropastorales de la région de Korhogo (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, 67 p.
- Sina IT, Chaïbou I, Ngom D, Moussa H. & Banoïn M : 2016. Perception paysanne des ligneux à houppier fermé dans les agrosystèmes de Gaya : cas du terroir villageois de Tanda (République du Niger). *Journal of Applied Biosciences*, 106 : 10309-10319.
- Smektala G, Peltier R, Sibelet N, Leroy M, Manlay R, Njiti CF, Ntoupka M, Palou O, Tapsou : 2005. Parcs agroforestiers sahéliens : de la conservation à l'aménagement. *VertigO – La revue en sciences de l'environnement*, 6 (2) : 1-13.
- Soumana D, Rabi C, Mahamane A, N'Da DH. et Saadou M : 2010. État actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitières en zone sahélo-soudanienne du Niger : Réserve totale de faune de Tamou. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 16 : 191-210.
- Sourou KBN : 2017. Importance socio-économique et caractérisation structurale, morphologique et génétique moléculaire de *Haematostaphis barteri* Hook F. (prune rouge) au Bénin. Thèse de Doctorat, Université de Parakou, Benin, 125 p.
- Tchobsala, Ibrahima A, Dongock ND. & Nyasiri J : 2016. The impact of anthropisation on the floristic composition, the structure and ecological characterization of the Ngaoundéré cliff, Cameroon. *Global Journal of Science Frontier Research*, 16 (3): 15-34.
- Thiam M, Diouf M, Ndiaye O, Samb CO. & Ndiaye S : 2022. Caractérisation des parcs de Karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) des terroirs de Kénioto et Samécouta (Kédougou, Sénégal). *European Scientific Journal*, 18 (21) : 267-291.
- Todou G, Kamblaba P, Nnanga JF, Djosebe A : 2022. Diversity and floristic composition of woody plants in traditional agrosystems of sudano-sahelian zone of Cameroon: case of Meri in the Mandara Mountains. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 116 (2) : 69-85



- Toko II : 2008. Étude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des toposéquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.
- White F: 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO, ORSTOM & Unesco, Paris, 384 p.
- Wouokoue TJB, Avana-Tientcheu ML, Froumsia M, Hamawa Y, Mbogwe NNC, Nguetsop VF. and Fonkou T : 2020. Savannas Highlands of Cameroon: Floristic Composition, Functional Traits and Conservation Status. *Asian Journal of Research in Botany*, 4 (4): 81-99.
- Wu L.-l, Kang H.-z, Zhuang H.-l. and Liu C.-j : 2010. Variations of *Quercus variabilis* leaf traits in relation to climatic factors at regional scale. *Chin. J. Ecol.*, 29: 2309-2316.
- Yaméogo JT, Ouattara RYS, Tankoano B, Hien M. et Ouoba P : 2020. Flore, structure et état sanitaire des peuplements ligneux des parcs agroforestiers des forêts de Dindéresso et de Kuinima à l'ouest du Burkina Faso *European Scientific Journal*, 16 (40), 48-70.
- Yangakola J-M, Foucault B. (de), Yongo O. & Lejoly J : 2004. Analyse phytogéographique comparative des savanes et des forêts de Ngotto (République Centrafricaine). *Acta Botanica Gallica*, 151 (2) : 221-229.
- Yehouenou TDR, Akouenou GS, Ganglo JC : 2012 Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'*Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (6) : 5056-5067.
- Zanh GG : 2020. Saturation foncière et pratiques agricoles adoptées par les populations à la périphérie de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire, 147 p.