

Diversité floristique, structure des parcs agroforestiers dans la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W, Bénin

Adissatou Baké SARE^{1*}, Guy Kossi WOKOU², Aubin AMAGNIDE³ et Brice SINSIN³

¹ *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), 01 BP 526 Abomey-Calavi, Bénin*

² *Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), 03 BP 1122 Jericho, Cotonou, Bénin*

³ *Université d'Abomey-Calavi, Département de Génie de l'Environnement (DGE), 01 BP 2009 Abomey-Calavi, Bénin*

(Reçu le 31 Mai 2022 ; Accepté le 18 Août 2022)

* Correspondance, courriel : sarebake@gmail.com

Résumé

Cette recherche étudie la diversité floristique et structurelle des parcs agroforestiers autour de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W-(Bénin). Un échantillonnage à deux degrés a été utilisé : Les unités primaires qui sont des placeaux carrés de 50 m x 50 m (2500 m²) et les unités secondaires sont cinq quadrats de 5 m x 5 m établis au centre et aux quatre sommets de chaque placeau. 67 unités primaires ont été installés dans deux habitats sur trois sites. Dans chaque placeau, les variables dendrométriques (le diamètre à 1,30 m du sol (dbh)), hauteur de Lorey, indice de valeur d'importance (IVI) et la hauteur totale de tous les individus de dbh \geq 5 cm ont été mesurés. La matrice de fréquences relatives des espèces ligneuses recensées a été établie puis soumise au positionnement multidimensionnel non-métrique en tenant compte des trois sites et, des deux habitats. Les paramètres de diversité floristique et les caractéristiques dendrométriques ont été déterminés, puis soumises aux tests de Kruskal-Wallis pour tester les différences entre sites et entre habitats. Ainsi, la richesse spécifique varie de 4 à 7,06 espèces par placeau. La diversité de Shannon varie de ($H = 4,26$ à $4,27$ bits) et l'Equitabilité de Pielou est de ($Eq = 0,75$ à $Eq = 0,85$ bits). L'IVI des espèces écologiquement importantes varie entre 0,514 à 0,620 et celles qui sont écologiquement moins importantes sont celles ayant des faibles valeurs d'IVI comprises entre 0,012 et 0,017. Les structures en diamètre présentent une allure en "J renversé". Et ont mis en évidence une prédominance d'individus jeunes. Ces résultats peuvent servir de référence dans le suivi de la dynamique évolutive des ligneuses des habitats dans la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W-Bénin soumises aux pressions anthropiques et climatiques actuels.

Mots-clés : *parcs agroforestiers, réserve de biosphère transfrontalière du W, Bénin.*

Abstract

Floristic diversity, structure of agroforestry parks in the periphery of the W cross-border biosphere reserve, Benin

This research work here studies the floristic ; the structural diversity of agroforestry parks in the periphery of the W-Transboundary and the Biosphere Reserve (Benin). On the one hand, Two-stage sampling were used

in this study and the wo-stage sampling was used too on the other hand. The primary units are 50m x 50m (2500m²) of square plots and the secondary units are five 5m x 5m of quadrats established at the center and four apexes of each plot. There were 67 primary units that were randomly installed in two habitats at three sites in general. There is an in each plot ; the dendrometric variables (diameter at 1.30 m from the ground (dbh)) ; Lorey height; importance value index (IVI) and finally here was the total height of all individuals of dbh \geq 5 cm which their measure was taken. The matrix of relative frequencies of the identified ligneous species was established and then was subjected to non-metric multidimensional positioning and taking into account the three sites and the two habitats. The floristic diversity, parameters and the dendrometric characteristics were determined ; and there were also subjected to the analyzes of variance or Kruskal-Wallis tests to test of the differences between sites and habitats. Finally, the specific richness varies from 4 to 7.06 species per plot. The Shannon's diversity in its turn varies from ($H = 4.26$ to 4.27 bits) and that of Pielou's Equitability is from ($E_q = 0.75$ to 0.85 bits). This indicates a good diversity of woody vegetation on all habitats according to the sites. The IVI species are ecologically important ranges which are between (0.514 to 0.620) and those that are ecologically less important. Those IVI species are also with low values between 0.012 and 0.017. The latter are considered as unstable populations, which must necessarily be conserved. The diameter structures have an "inverted J" shape. In addition, this was to highlight a predominance of young individuals. These results could help as a reference in monitoring the evolutionary trend of ligneous plants in agroforestry parks in the periphery of W-Benin. These résultats also subject to anthropogenic pressures and the current climatic events.

Keywords : *agroforestry park, reserve of biosphere transboundary, Benin.*

1. Introduction

Au Nord du Bénin, comme dans l'ensemble de la plupart des régions au sud du Sahara, les agriculteurs ont depuis longtemps défriché les savanes arborées pour les mettre en culture [1]. Ces arbres au milieu des cultures créent des paysages appelés parcs qui résultent d'une pratique ancienne, très répandue dans les régions tropicales dont les diverses formes ont été développées dans ces zones, est devenue une nécessité pour résorber les problématiques environnementales rencontrées en milieu agricole [2]. Dans ces systèmes, les espèces d'arbres et d'arbustes délibérément conservées par les paysans permettent d'obtenir, en plus des produits agricoles, des produits forestiers comestibles, du bois d'énergie et de construction, d'œuvre, du fourrage et des produits médicinaux [1 - 3]. Les systèmes de production qui associent les arbres ou les arbustes, aux cultures et au bétail sont des stratégies développées par les paysans pour réduire le risque lié aux événements climatiques extrêmes [1, 2]. Malgré ces multiples fonctions, les parcs agroforestiers subissent de très forte dégradation liée aux effets conjugués des prélèvements excessifs et aux sécheresses [3]. La sédentarisation des champs et la dégradation des ligneux ne favorisent pas la restauration des sols, autrefois possible grâce aux jachères de longues durées [4]. Or, lorsque la jachère est assez longue pour permettre une forte régénération végétale et une restauration de la fertilité du sol, le système traditionnel d'exploitation des terres est reconnu comme étant intégré au point de vue écologique, économique et agronomique [4]. De nos jours, il se pose fondamentalement la question de la dynamique des parcs agroforestiers autour de l'aire protégée du W-Bénin. Il est donc nécessaire de connaître les caractéristiques de ces formations naturelles en vue de mieux les gérer. La présente recherche rentre dans ce cadre et a pour objectif de caractériser la végétation ligneuse des différents parcs agroforestiers de la zone d'étude à travers l'analyse de la composition floristique, des paramètres écologiques et dendrométriques des parcs agroforestiers dans la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W- (Bénin).

2. Matériel et méthodes

2-1. Cadre d'étude

La recherche a été conduite autour de la Réserve de Biosphère Transfrontalière W (Bénin) entre 11°26' et 12°26' de latitude Nord et entre 2°17' et 3°05' de longitude Est dans le Département de l'Alibori au Nord-Est du Bénin (**Figure 1**). L'ensemble couvre une superficie d'environ 2048313 ha. L'unique saison pluvieuse débute en général vers mai et dure en moyenne six mois. On y trouve des sols hydromorphes et les vertisols. Le couvert végétal est constitué essentiellement de savanes herbeuses, arbustives et arborées et forêts galeries. Sur les formations rocheuses et les cuirasses se développent les savanes saxicoles. Les parcs agroforestiers sont utilisés extensivement pour la culture de *Pennisetum americanum* (L.) Leeke en association avec *Vitellaria paradoxa* ou *Andosonia digitata*. *Maize* (maïs) ou *Arachis hypogaea* L. (arachide). La composante ligneuse de ces parcs est utilisée pour la consommation de bois d'œuvre, bois d'énergie, dans la médecine traditionnelle, dans l'affouragement des herbivores, particulièrement pendant la saison sèche, période pendant laquelle le pâturage herbacé se raréfie sur les parcours naturels. De plus, quelques essences végétales de la forêt claire parsemant la périphérie, sont dominées par *Daniellia oliveri*, *Acacia* sp, *Isobertlinia doka*, etc. Le long des cours d'eau et dans les zones de dépression, le paysage est dominé par *Myrtagina inermis*.

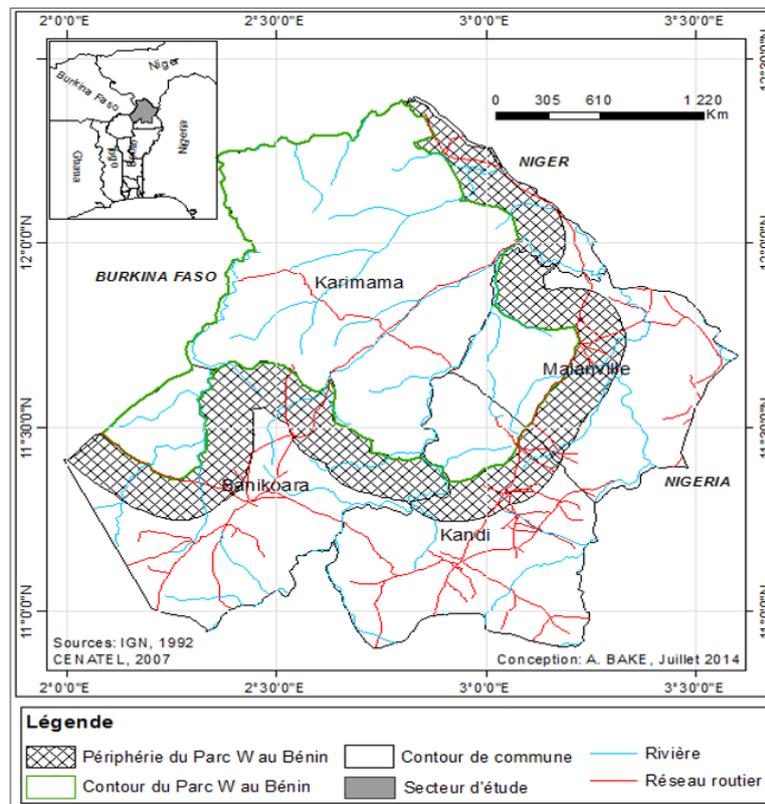


Figure 1 : Situation du milieu d'étude

2-2. Collecte des données

Un échantillonnage à deux degrés a été utilisé. Les unités primaires sont des placeaux carrés de 50 m x 50 m (2500 m²) et les unités secondaires sont cinq quadrats de 5 m x 5 m établis au centre et aux quatre sommets de chaque placeau de (0,25 ha). Dans les placeaux de (2500 m²), tous les arbres (adultes) de diamètre supérieur ou égal à 5 cm ont été dénombrés puis leurs diamètres mesurés à 1,3 m au dessus du sol, à l'aide

d'un ruban pi. Les individus de dbh < 5 cm (Régénérations) ont été dénombrés dans les quadrats diagonaux puis leur diamètre au collet et hauteur mesurés respectivement à l'aide d'un caliper et d'un décimètre. 67 unités primaires ont été installés : 18 placeaux à Alfakoara-Guéné (15 dans les champs et 3 dans les jachères), 29 placeaux à Banikoara (25 dans les champs et 4 dans les jachères) et 20 placeaux à Karimama (15 dans les champs et 5 dans les jachères).

2-3. Analyse des données

2-3-1. Similarité de la composition floristique habitats et des sites

Une matrice (67 × 74) de fréquences relatives aux 74 espèces recensées dans les 67 placeaux répartis par type d'habitat (champs et jachères) au sein de chaque site (Alfakoara-Guéné, Banikoara et Karimama) a été établie. Cette matrice a été soumise au positionnement multidimensionnel non-métrique (NMDS) en tenant compte d'une part des trois sites et d'autre part, des deux habitats au sein de chaque site. Ce qui permet de mettre en exergue les sites similaires de par leur composition floristique [5]. Pour identifier les principales espèces caractéristiques de chaque site, l'indice de valeur d'importance (IVI) de chaque espèce a été calculé par site. Ainsi, pour une espèce α , l'IVI est donné par :

$$IVI_{\alpha} = RD_{\alpha} + RF_{\alpha} + RC_{\alpha} \quad (1)$$

où,

$$RD_{\alpha} = n_{\alpha} / \sum_{i=1}^k n_{\alpha} \quad (2)$$

RD_{α} est la densité relative de l'espèce α ;

$$RF_{\alpha} = f_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^k f_{\alpha} ; f_{\alpha} = j_{\alpha} / k \quad (3)$$

RF_{α} est la fréquence relative de l'espèce α ; j_{α} est le nombre de placeaux dans lequel l'espèce a été observée et k le nombre total de placeaux ;

$$RC_{\alpha} = C_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^n C_{\alpha} ; C_{\alpha} = a_{\alpha} N_{\alpha} / n_{\alpha} \quad (4)$$

RC_{α} est la dominance relative de l'espèce α ; a_{α} est la surface terrière de l'espèce α ; N_{α} est la densité de l'espèce α et n_{α} est le nombre total d'individus échantillonnés pour l'espèce α . L'IVI varie de 0 à 3 et traduit le pourcentage d'importance. Il donne une estimation globale du niveau d'importance écologique d'une plante dans une communauté végétale [1].

2-3-2. Diversité floristique des habitats et des sites

Les variables suivantes ont été déterminées et comparées entre habitats et sites.:

- Richesse spécifique (S en espèces) : elle représente le nombre total d'espèces présentes dans un placeau. Elle a été déterminée pour la strate arborescente.
- Indice de diversité de Shannon (H en bits) :

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \text{Log}_2 \frac{n_i}{n} \tag{5}$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i et n = nombre total d'individus inventoriés

• Equitabilité de Piélou (Eq) :

$$Eq = \frac{H}{H_{max}} \text{ avec } H_{max} = \text{Log}_2 S \tag{6}$$

2-3-3. Caractéristiques dendrométriques des habitats et sites

Les caractéristiques dendrométriques (**Tableau 1**) : la densité d'arbres, le diamètre moyen des arbres, la surface terrière, la hauteur moyenne de Lorey et la hauteur des régénérations [6] ont été calculés par habitat suivant les sites. Ces paramètres ont été soumis aux analyses de variance (ANOVA) à deux facteurs fixes (site et habitat) pour tester si les différences entre sites et habitats sont significatives. Pour analyser la tendance évolutive de la densité de régénération une régression linéaire de la densité de régénération (variable dépendante) en fonction des classes de diamètre (variable indépendante) a été réalisée [7].

2-3-4. Etablissement des structures en diamètre des arbres dans les habitats

Les structures en diamètre des principales espèces caractéristiques ont été établies pour chacun des habitats et sites. La distribution à trois paramètres (paramètre de seuil), b (paramètre d'échelle) et c (paramètre de forme) de Weibull [8] a été ajustée aux structures observées. Toutefois, certaines structures n'ont pu être ajustées à la distribution de Weibull, soit parce que les données de diamètre ne le permettaient pas, soit parce que les structures n'y étaient pas adéquates. Des analyses log-linéaires ont été réalisées pour tester l'adéquation entre les distributions observées et celles théoriques. Les analyses statistiques ont été réalisées dans les logiciels R version 3.0.2 [9] et Minitab version 14 [10].

Tableau 1 : Caractéristiques dendrométriques utilisées

Paramètres dendrométriques	Formules	Descriptions
Densité du peuplement (N en arbres/ha)	$N = \frac{n}{s}$	n : nombre total d'arbres par plateau s : surface du plateau en ha
Diamètre moyen (D_g en cm)	$D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$	n : nombre d'arbres du plateau, d_i : diamètre (cm) de l'arbre i
Surface terrière (G en m ² /ha)	$G = \frac{0,0001 \pi}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2$	d_i : diamètre en centimètre (cm) de l'arbre i du plateau et s : surface du plateau en ha
Hauteur moyenne de Lorey (H_L en m)	$H_L = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$ avec $g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$	g_i : surface terrière de l'individu i h_i : hauteur totale de l'individu i

Contribution en surface terrière (Cs en %)	$Cs = 100 \frac{Gpi}{G}$	Gpi : surface terrière des individus de l'espèce i et G : surface terrière de l'ensemble des individus du plateau
Densité de régénération (Nr en plants/ha)	$Nr = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 dr_i$ avec $dr_i = \frac{n_i}{sq}$	dr_i : densité de régénération dans le quadrat i , n_i : nombre de régénérations et sq : surface du quadrat en ha
Hauteur moyenne de régénération (Hr en cm)	$Hr = \frac{1}{n_r} \sum_{i=1}^{n_r} h_i$	h_i : hauteur du plant i n_r : nombre total du plant dans les cinq quadrats du plateau considéré

Source : Traitement des données de terrain, 2017

3. Résultats

3-1. Similarité floristique des différents habitats et sites d'étude

Les (Figure 2 a & 2 b) représentent les ellipses de confiance établies au seuil de 5 %. Elles se recoupent aussi bien pour les sites que pour les habitats sur les sites. Ceci indique que la composition floristique ne distingue significativement ni les sites ni les habitats.

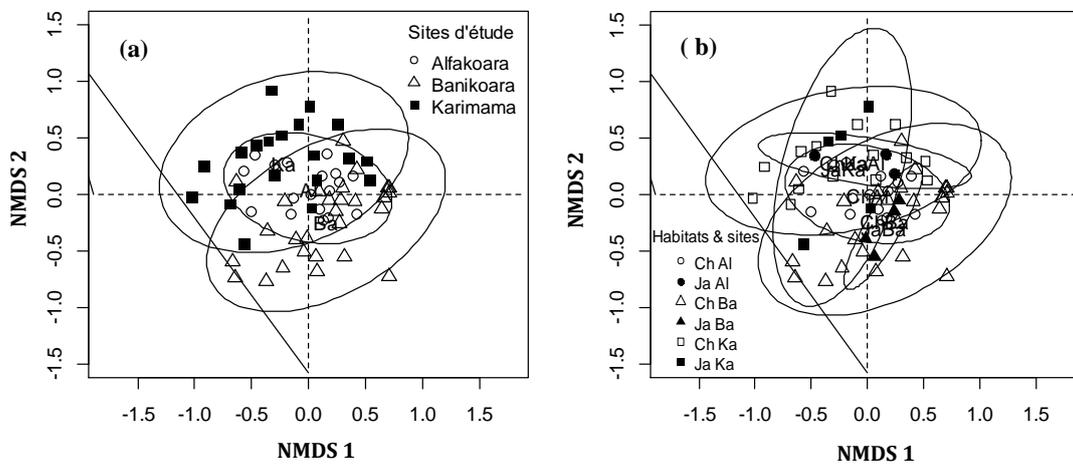


Figure 2 : Projection des 67 placeaux répartis entre les deux sites (a) et par type d'habitat suivant les sites (b) dans les plans factoriels

Source : Traitement des données de terrain, 2017

Légende : Ch Al : Champs de Alfakoara ; Ja Al : Jachères de Alfakoara ; Ch Ba : Champs de Banikoara ; Ja Ba : Jachères de Banikoara ; Ch Ka : Champs de Karimama ; Ja Ka : Jachères de Karimama.

3-2. Indices de diversités et importance écologique des espèces ligneuses

L'analyse du **Tableau 2** montre que le site d'Alfakoara a une richesse spécifique moyenne de 7,06 espèces par placeau pour une richesse spécifique globale de 39 espèces. La diversité de Shannon ($H = 4,27$ bits) et

l'Équitabilité de Pielou ($E_q = 0,81$) sont élevées indiquant une bonne diversité de la végétation ligneuse sur ce site. Les espèces les plus écologiquement importantes (**Figure 3**) sont *Adansonia digitata* (IVI = 0,514), *Vitellaria paradoxa* (IVI = 0,358) et *Anogeissus leiocarpa* (IVI = 0,207). Les espèces les moins importantes sont *Strychnos innocua*, *Nauclea latifolia* et *Ficus platyphylla* (IVI < 0,013). Le site de Banikoara présente une richesse spécifique moyenne de 4 espèces par plateau pour une richesse spécifique globale de 39 espèces. L'indice de diversité de Shannon ($H = 3,97$ bits) et l'Équitabilité de Pielou ($E_q = 0,75$) sont élevés. Les espèces les plus écologiquement importantes sont *Adansonia digitata* (IVI = 0,620), *Vitellaria paradoxa* (IVI = 0,461) et *Bombax costatum* (IVI = 0,180). Les espèces les moins importantes écologiquement sont *Combretum nigricans* (IVI = 0,012) et *Ziziphus mucronata* (IVI = 0,012). Sur le site de Karimama, la richesse spécifique moyenne est de 5,40 espèces par plateau et la richesse spécifique globale est de 33 espèces. La diversité de Shannon ($H = 4,26$ bits) et l'Équitabilité de Pielou ($E_q = 0,85$) sont également élevées. Les espèces qui y sont écologiquement importantes présentées sont : *Adansonia digitata* (IVI = 0,593), *Vitellaria paradoxa* (IVI = 0,223) et *Sclerocarya birrea* (IVI = 0,203). Les espèces les moins importantes écologiquement sont *Acacia nilotica*, *Combretum collinum* et *Mitragyna inermis* (IVI < 0,017) pour chacune.

Tableau 2 : Diversité floristique des trois sites et les deux habitats

Paramètres	Alfakoara			Banikoara			Karimama		
	Champs (n = 15)	Jachères (n = 3)	Global	Champs (n = 25)	Jachères (n = 4)	Global	Champs (n = 15)	Jachères (n = 5)	Global
Richesse spécifique moyenne ($S_{espèces}$)	6,60 (24,83)	9,33 (52,85)	7,06 (35,21)	3,32 (60,69)	8,25 (52,72)	4,00 (72,89)	4,87 (31,90)	7,00 (17,50)	5,40 (32,0)
Richesse spécifique globale ($S_{espèces}$)	38,00	39,00	39,00	38,00	39,00	39,00	33,00	33,00	33,00
Diversité de Shannon ($H, bits$)	4,10	3,80	4,27	3,69	3,58	3,97	4,09	3,59	4,26
Équitabilité de Pielou, E_q	0,78	0,72	0,81	0,70	0,68	0,75	0,81	0,71	0,85

Source : Traitement des données de terrain, 2017

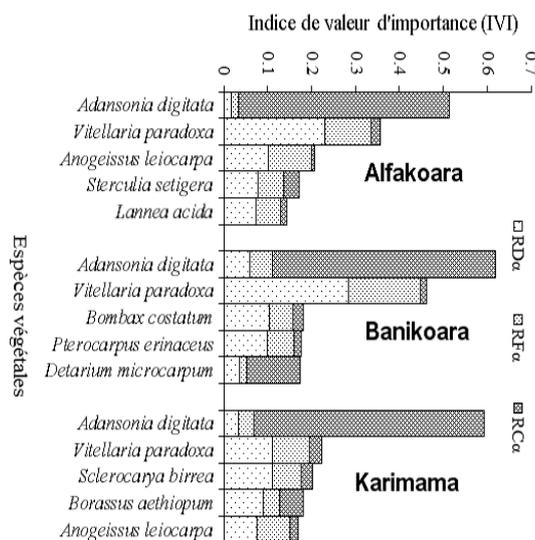


Figure 3 : Principales espèces caractéristiques des habitats sur des sites

Source : Traitement des données de terrain, 2017

Légende : $RD\alpha$: densité relative de l'espèce α , $RF\alpha$: fréquence relative de l'espèce α et $RC\alpha$: dominance relative de l'espèce α

3-3. Caractéristiques dendrométriques des habitats et sites

3-3-1. Individus adultes

L'analyse comparative des caractéristiques dendrométriques des populations des sites montre que le site de Banikoara présente les valeurs les plus élevées ($D = 65,91$ cm, $G = 14,74$ m²/ha, $HL = 11,04$ m et $Hr = 40,30$ cm) alors que le site d'Alfakoara présente les plus faibles valeurs ($D = 35,17$ cm, $G = 7,73$ m²/ha, $HL = 9,99$ m et $Hr = 21,24$ cm). Toutefois, une tendance inverse a été observée pour la densité d'arbres ($N = 67,56$ tiges/ha et $N = 46,07$ tiges/ha, respectivement à Alfakoara et Banikoara). Quant aux paramètres dendrométriques par type d'habitat et suivant les sites, les densités d'arbres sont de 92,00 tiges/ha à Alfakoara ; 102,00 tiges/ha à Banikoara et 87,20 tiges/ha à Karimama. La régénération est de 2133,33 plants/ha à Alfakoara ; 1600,00 plants/ha à Banikoara et 1424,00 plants/ha à Karimama. Le diamètre moyen est 38,25 cm et la hauteur moyenne de Lorey est 10,74 m à Alfakoara. 71,08 cm est le diamètre moyen et 11,38 m est la hauteur moyenne de Lorey à Banikoara. 53,8 cm de diamètre moyen et 10,77 m de la hauteur moyenne de Lorey à Karimama. Les valeurs les plus élevées des densités d'arbres sont observées dans les jachères de Alfakoara, par contre les faibles valeurs de diamètre et de hauteur de Lorey sont enregistrées sur le même site. Les caractéristiques dendrométriques des principales espèces caractéristiques sont. *Adansonia digitata* présente une densité de 13,33 tiges/ha, un diamètre moyen de 155,51 cm et une surface terrière de 46,06 m²/ha et sont plus élevés à Banikoara. Avec une hauteur moyenne de Lorey de 14,31 m ; a une contribution en surface terrière de 77 %. La densité (10 tiges/ha), le diamètre moyen (151,20 cm) et la surface terrière (25,37 m²/ha) sont les plus faibles à Alfakoara et à Karimama les valeurs enregistrées sont 9 tiges/ha comme densité, 128,80 cm de diamètre moyen et 28,23 m²/h de surface terrière. La contribution en surface terrière est 54 % et la hauteur moyenne de Lorey faibles (10,25) m sont aussi à Karimama.

Vitellaria paradoxa, deuxième espèce caractéristique des sites, présente les valeurs les plus élevées dans les champs (40,67 cm) et jachères (31,02 cm) de Karimama : et faibles dans les champs (25,15 cm) et jachères (19,77 cm) d'Alfakoara. Les surfaces terrières présentent des valeurs élevées dans les champs (1,58 m²/ha) et les jachères (1,27 m²/ha) de Karimama et sont faibles dans les jachères (0,6 m²/ha) de Alfakoara. La contribution en surface sont élevées (31,33 % ; 15,79 %) dans les champs et jachères de Banikoara et présentent des valeurs faibles dans les habitats de Alfakoara (24,28 % et 11,01 %). La hauteur moyenne de Lorey présente des valeurs élevées dans les champs (10,56 m) et jachères (8,11 m) de Karimama. Et les plus faibles valeurs dans les champs (7,37 m) et jachères et (5,89 m) de Alfakoara. La troisième espèce caractéristique recensée est *Anogeissus leiocarpa* à Alfakoara, avec une densité moyenne de 12 tiges/ha dans les jachères et 10 tiges/ha dans les champs. Les diamètres moyens, surface terrière, la contribution en surface terrière et la hauteur moyenne de Lorey présentent des valeurs élevées dans les champs (25,84 cm ; 0,39 m²/ha ; respectivement) que dans les jachères (16,56 cm ; 0,31 m²/ha ; et 4,82 m respectivement); *Bombax costatum* à Banikoara avec une densité moyenne de 24 tiges/ha dans les champs et 20 tiges /ha dans les jachères ; 32,15 cm comme diamètre moyen dans les champs et 24,24 cm dans les jachères et *Sclerocarya birrea* à Karimama avec 9,33 tiges/ha dans les champs et 68 tiges/ha dans les jachères comme densité moyenne et 37,26 cm dans les champs et 26,46 cm dans les jachères pour diamètre moyen. Elles ont des surfaces terrières de 2,26 m²/ha dans les champs et 1,17 m²/ha dans les jachères à Banikoara. *Sclerocarya birrea* a 1,02 m²/ha dans champs, 3,74 m²/ha dans les jachères à Karimama. Leurs contributions en surfaces terrières sont de 53,75 % dans les champs et 23,33 % dans les jachères à Banikoara. La contribution en surfaces terrières de *Sclerocarya birrea* est 23,55 % dans les champs et 56,87 % dans les jachères à Karimama. Les hauteurs moyennes de Lorey de *Bombax costatum* sont de 10,70 m dans les champs, 15,12 m dans les jachères à Banikoara et 10,98 m dans les champs et 11,06 m dans les jachères pour *Sclerocarya birrea* à Karimama.

3-3-2. Régénération

La relation de l'abondance des classes de diamètre en fonction de diamètre des principales espèces caractéristiques révèle des pentes négatives comprises entre (-3,66 et -0,28) et non significatives (Prob. > 0,05), indiquant que la densité de régénérations ne varie pas significativement des premiers stades de régénérations aux stades suivants. *Adansonia digitata* enrégiste la pente la plus accentuée était observée à Karimama (-1,88), alors que la moins accentuée était observée à Banikoara (-0,28) pour la même espèce. Une tendance inverse a été observée pour *Vitellaria paradoxa*. En ce qui concerne la relation de l'abondance des classes de diamètre en fonction des populations par habitat et par site, elle révèle des pentes négatives comprises entre (-6,37 et -2,78) et significatives (Prob. < 0,05). En d'autres termes, la densité de régénérations est plus élevée pour les premiers stades que pour les stades suivants. Les pentes les plus accentuées étaient observées dans les champs de Alfakoara (-6,37) et (-5,11) pour la population globale du site ; alors que les moins accentuées étaient observées dans les champs de Karimama (-2,78) et (-3,37) pour la population globale du site.

3-4. Structures diamétriques des espèces caractéristiques des habitats et sites

L'analyse des **Figures 4 et 5** montre une distribution en "J renversé" ($c < 1$ notamment pour les champs à Banikoara). Toutefois, une tendance à l'asymétrie positive ou asymétrie droite ($1 < c < 3,6$), caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus jeunes de diamètre inférieur à 40 cm a été notée dans les jachères sur tous les sites. La classe de diamètre 10-80 cm est la plus représentée dans les trois sites et dans les champs alors que les individus de diamètre supérieur à 80 cm y sont rares. Les ajustements log-linéaires indiquent une adéquation des structures observées à la distribution théorique de Weibull à 3 paramètres (Prob. > 0,05). Les caractéristiques dendrométriques des principales espèces caractéristiques : *Adansonia digitata* présente les variables plus élevées que sont : la densité, le diamètre moyen et la surface terrière respectivement (13,33 tiges/ha, 155,51 cm et 46,06 m²/ha) à Banikoara avec 14,31m de hauteur moyenne de Lorey et 77 % comme contribution en surface terrière. Alors que ces mêmes variables sont faibles à Alfakoara : la densité est 10 tiges/ha, 151,20 cm de diamètre moyen et la surface terrière est 25,37 m²/ha. A Karimama on note 9 tiges/ha et le diamètre moyen est 128,80cm et la surface terrière est 28,23 m²/ha). La contribution en surface terrière et la hauteur moyenne de Lorey sont aussi faibles (54 %, 10,25 m). *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f, deuxième espèce caractéristique des sites, présente les valeurs les plus élevées dans les champs et jachères de Karimama : Les diamètres sont 40,67cm dans les champs et 31,02 cm dans les jachères et ces variables sont faibles dans les champs (25,15 cm) et jachères (19,77cm) de Alfakoara. Les surfaces terrières présentent des valeurs élevées dans les champs (1,58 m²/ha) et les jachères (1,27 m²/ha) de Karimama et sont faibles dans les jachères (0,6 m²/ha) de Alfakoara. La contribution en surface sont élevées (31,33 % ; 15,79 %) dans les champs et jachères de Banikoara et présentent des valeurs faibles dans les habitats de Alfakoara (24,28 % et 11,01%). La hauteur moyenne de Lorey présente des valeurs élevées dans les champs (10,56 m) et jachères (8,11 m) de Karimama. Et les plus faibles valeurs (7,37 m) dans les champs et 5,89 m dans les jachères ont été enrégistrées à Alfakoara. La troisième espèce caractéristique recensée à Alfakoara est *Anogeissus leiocarpa*, avec une densité moyenne de 12 tiges/ha dans les jachères et 10 tiges/ha dans les champs. Elle a un diamètre moyen de 25,84 cm et une surface terrière de 0,39 m²/ha dans les champs. Avec une contribution en surface terrière de 15,57%, elle a une hauteur moyenne de Lorey de 10,77m dans les champs. Dans les jachères l'espèce a 16,56 cm de diamètre moyen, 0,31 m²/ha de surface terrière, 3,79 % comme contribution en surface terrière et une hauteur moyenne de Lorey de 4,82m. La troisième espèce caractéristique recensée à Banikoara est *Bombax costatum*. Elle a une densité moyenne de 24 tiges/ha dans les champs et 20 tiges /ha dans les jachères. Son diamètre moyen est 32,15 cm dans les champs et 24,24 cm dans les jachères. La troisième espèce recensée à Karimama est *Sclerovarya birrea*. Elle a une densité moyenne de 9,33 tiges/ha dans les champs et 68 tiges/ha dans les jachères ; elle a un 37,26 cm

de diamètre moyen dans les champs et 26,46 cm dans les jachères. Elle a 2,26 m²/ha de surfaces terrières dans les champs et 1,17 m²/ha dans les jachères à Banikoara. *Sclerocarya birrea* a 1,02 m²/ha dans champs, 3,74 m²/ha dans les jachères à Karimama. Leur contribution en surfaces terrières sont de 53,75 % dans les champs et 23,33 % dans les jachères à Banikoara. La contribution en surfaces terrières de *Sclerocarya birrea* est de 23,55 % dans les champs et 56,87 % dans les jachères à Karimama. Les hauteurs moyennes de Lorey de *Bombax costatum* sont de 10,70 m dans les champs, 15,12 m dans les jachères à Banikoara puis *Sclerocarya birrea* a 10,98 m dans les champs et 11,06 m dans les jachères comme hauteurs moyennes de Lorey à Karimama.

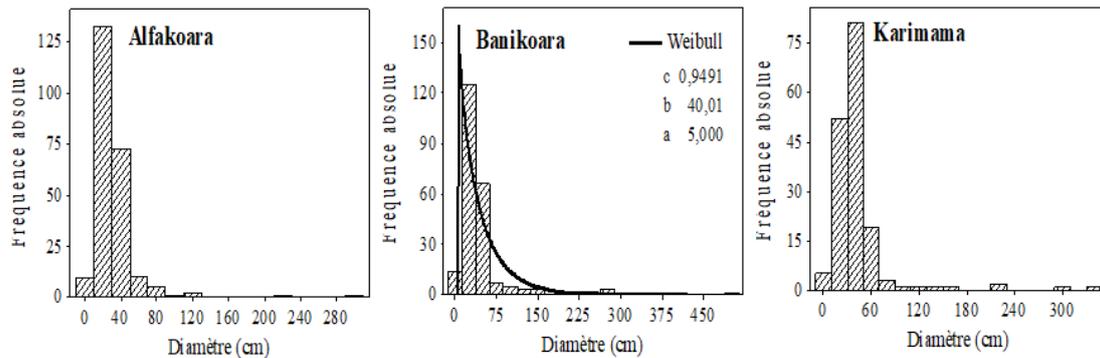


Figure 4 : Structures en diamètre des espèces des champs

Source : Traitement des données de terrain, 2017

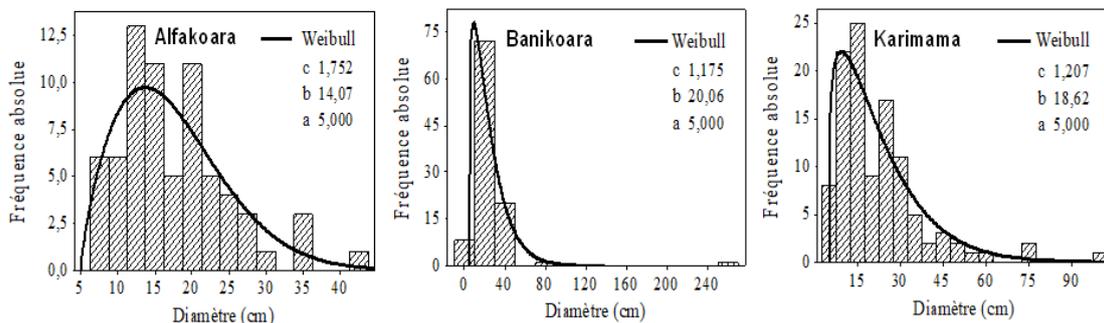


Figure 5 : Structures en diamètre des espèces des jachères

Source : Traitement des données de terrain, 2017

Concernant les trois principales essences caractéristiques de chaque site, elles présentent toutes des distributions asymétriques positives ou asymétriques droites ($1 < c < 3,6$). Les individus les plus représentés sont : *Adansonia digitata* présente un diamètre compris entre 100 et 400 cm. les individus de diamètre supérieur à 400 cm sont observés que sur le site de Banikoara présentés sur la **Figure 6**. Pour *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f est la deuxième caractéristique des trois sites et représentée sur la **Figure 7**. *Anogeissus leiocarpa* est la troisième espèce du site d'Alfakoara. *Bombax costatum* est la troisième espèce de Banikoara et *Sclerocarya birrea* est la troisième espèce inventoriée sur le site de Karimama (**Figure 8**). Les classes de diamètre des espèces les plus représentées varient entre 20 à 40 cm. Par ailleurs, la distribution de Weibull s'ajuste bien à toutes les structures en diamètre établies pour les trois principales essences caractéristiques avec une probabilité (Prob.> 0,05).

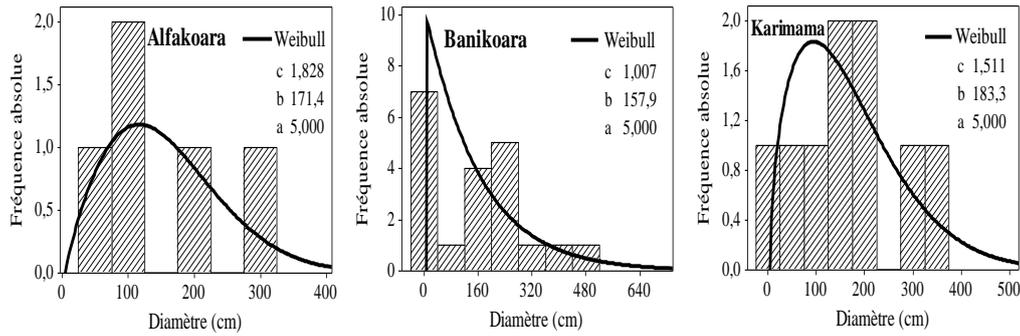


Figure 6 : Structures en diamètre de *Adansonia digitata* (1^{ère} espèce) par site

Source : Traitement des données de terrain, 2017

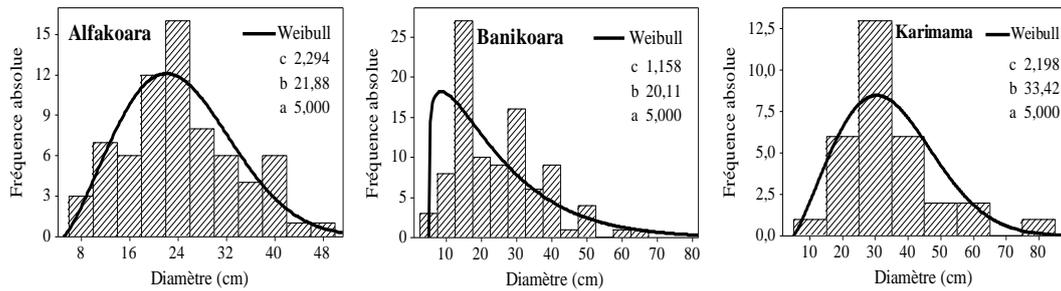


Figure 7 : Structures en diamètre de *Vitellaria paradoxa* (2^{ème} espèce) par site

Source : Traitement de donnée de terrain, 2017

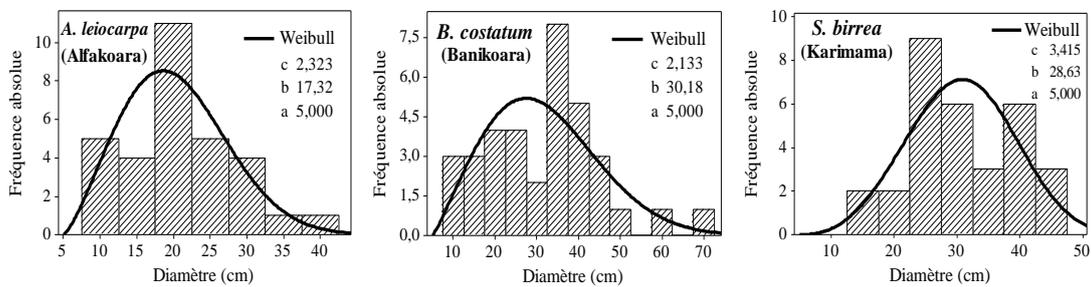


Figure 8 : Structures en diamètre de la 3^{ème} espèce par site

Source : Traitement de donnée de terrain, 2017

4. Discussion

4-1. Composition floristique des ligneuses dans les habitats

La destruction progressive de la végétation des savanes, la préservation et l'entretien des arbres utiles dans les champs expliquent la composition floristique actuelle des habitats. Dans le milieu d'étude, la richesse spécifique globale des habitats varie de 33 à 39 espèces et celle de [11] varie de 19 à 33 espèces ce qui est comparable à nos résultats. En effet, 46 espèces ont été recensées par [11] dans le terroir de Guidan Roudji et 37 autres ont été inventoriées dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga [12]. Les résultats sont également supérieurs à ceux obtenus dans les parcs de la zone sahélienne, notamment 16 espèces dans les

parcs à *Neocarya macrophylla* recensées par [18], 13 espèces dans les parcs à *Balanites aegyptiaca* de l'Ouest nigérien [19]. Par contre, cette richesse spécifique est inférieure à celle recensée dans la zone soudanienne par [20] qui a trouvé 55 espèces ligneuses. On note ainsi une réduction du nombre d'espèces ligneuses et la disparition des herbacées dans la végétation naturelle. Dans le même temps, les proportions des espèces préservées augmentent dans les champs par rapport à la végétation naturelle. [21] lors de ses recherches sur la typologie et structure des parcs agroforestiers dans le département de Doufelgou ont démontré que *Parkia biglobosa*, qui représente 5,2 % des arbres dans la savane, devient l'espèce dominante des parcs agroforestiers avec en moyenne 39,2 % des effectifs, soit une augmentation d'un facteur de 7,6. Ce facteur est comparable à celui trouvé par [22] dans les parcs à *Parkia biglobosa* et à *Vitellaria paradoxa* du sud du Burkina Faso qui est égal à 9 ; il est supérieur à celui trouvé au Bénin (5,4) par [23]. *Vitellaria paradoxa* enregistre une augmentation d'un facteur de 2,8 soit 6,4 % des individus dans la savane et en moyenne 18,1 % des peuplements des parcs agroforestiers. Ce facteur d'augmentation du *Vitellaria paradoxa* dans les parcs est inférieur à ceux obtenus par ces deux auteurs (5 au Burkina Faso et 3,7 au Bénin). L'évolution progressive des savanes en parcs se fait par sélection des espèces préférées par les cultivateurs, sélection qui se fait en plusieurs étapes, considérées par [24] comme des types de parcs agroforestiers.

4-2. Importance écologique des espèces ligneuses et diversité floristique des des parcs agroforestiers

Dans la pratique, les espèces de forte valeur d'IVI sont priorisées dans les programmes de suivi écologique et celles qui ont des faibles valeurs d'IVI sont intégrées dans les programmes de conservation [29, 30]. Dans le cas précis, les espèces les plus écologiquement importantes de tous les habitats sont *Adansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa*. Les espèces écologiquement moins importantes sont *Combretum nigricans* (IVI = 0,012) et *Ziziphus mucronata* (IVI = 0,012). Les espèces ayant des faibles valeurs d'IVI sont menacées de disparition par la population locale et doivent être priorisées dans les mesures de conservation pour éviter leur extinction locale [30, 31]. Les mesures de conservation comme, la foresterie, la régénération naturelle assistée, peuvent être préconisées pour ces espèces. Les fortes valeurs d'IVI de *Adansonia digitata* et *Vitellaria paradoxa* dans les deux habitats de la périphérie du complexe W peuvent être liées à leur forte capacité de multiplication par voie végétative et par graine. Peu d'effort de conservation doit être accordé à ces espèces, mais elles doivent être intégrées dans un dispositif de suivi écologique [28, 31]. Les indices de diversité sont variables et relativement plus élevés (l'indice de diversité de Shannon H : 4,27 ; 3,87 et 4,26 bits) de même que l'Equitabilité de Pielou (E : 0,8 ; 0,75 à 0,85) respectivement dans des habitats de Alfakoara et Karimama et Banikoara indiquant une bonne diversité de la végétation ligneuse. Ces indices sont supérieures à ceux obtenus par [28] qui varient entre $1,38 \pm 0,60$ à $1,73 \pm 0,46$ bits et de ceux calculés à Guidan Roundji par [11] au niveau du parc à *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum*.

4-3. Structure diamétrique des parcs agroforestiers

Les distributions en classe de diamètre révèlent qu'elles présentent toutes une allure en "J renversée", avec des paramètres de forme c de la distribution de Weibull tous inférieurs à 1 ($c < 1$) caractéristique des peuplements multispécifiques. Ce constat a été fait par [20] dans les parcs agroforestiers de terroir de Tamou et dans les parcs à *Faidherbia albida* de Dan Saga par [17]. Les différentes classes de diamètre des champs sont comprises entre 10-80 cm, la régénération potentielle est donc faible. Cette structure est observée dans les parcs à *Vitellaria paradoxa* et parcs à *Sclerocarya birrea*. La récolte systématique des fruits de karité et de prune réduit fortement le potentiel séminal ce qui explique la réduction de la régénération. Les individus les plus abondants sont ceux des premières classes, notamment ceux de la classe de 10 à 20 cm et ceci dans les jachères. Une telle structure est typique des populations stables, susceptibles de se renouveler par la

régénération naturelle [14, 31]. La faible représentativité des arbres de gros diamètres dans la plupart des jachères est liée aux fortes pressions anthropiques exercées sur ces ligneux ; entraînera à court terme la pénurie de bois-d'œuvre et du bois de service et modifiera à moyen terme le fonctionnement des écosystèmes forestiers [1.15]. Les jachères à *Vitellaria paradoxa* présentent une forte densité de régénération des ligneux de dbh < 10 cm sur tous les sites d'étude où les densités des semis et des semences sont importantes sous la couronne des arbres. Il s'agit de faciès à dynamique progressive. Cette structure est la même que les formations post culturales à *Daniellia oliveri* et *Tephrosia bracteolata* décrites par [16, 25] et des jachères décrites par [26]. Par contre [27] ont trouvé pour les parcs à karité situés dans quatre zones climatiques différentes au Bénin, les structures en diamètre des arbres qui présentent une courbe de Gauss avec une dissymétrie gauche. La différence de structures pourrait s'expliquer par : l'importance de la culture de coton, l'élevage transhumant avec leurs impacts sur la régénération des ligneux et l'impact positif des actions de reboisement et la protection de ligneux prônées par diverses structures en charge de la protection de l'environnement et de la promotion de l'agroforesterie dans la région très dégradée de Ouaké.

5. Conclusion

Ces parcs présentent une composition floristique et des diversités spécifiques variables. Cette composition des parcs est surtout fonction des besoins des populations. La structure diamétrique sur l'ensemble des habitats suivant les sites montre une distribution en "J" renversé indiquant une prédominance des individus jeunes aussi bien pour les classes de diamètre que de hauteur sur l'ensemble des parcs. Cette structure révèle aussi une forte exploitation des individus de gros diamètres qui impactent la végétation de la périphérie de la RBT-W(Bénin). Il est donc nécessaire face l'évolution régressive de la biodiversité dans les parcs du fait de la gestion actuelle des paysans que des actions de sensibilisations soient soutenues pour des activités de boisement et reboisement afin de réduire la pression sur ces ressources locales à régénération naturelle de plus en plus compromise. Encourager la protection de la régénération des arbres en donnant de primes pour les plants conervés par les paysans.

Références

- [1] - A. E. ASSOGBADJO, R. L. GLELE KAKAI, B. SINSIN, B. P. DIETER, Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. Natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Marô Forest Reserve in Benin. *African Journal Ecology*, 48 (3) (2009) 644 - 653
- [2] - F. GILLET, La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Document du Laboratoire d'Ecologie Végétale 1. Neuchâtel (Suisse) : *Institut de Botanique*, (2000)
- [3] - R. H. ØKLAND, Are Ordination and Constrained Ordination Alternative or Complementary Strategies in General Ecological Studies? *Journal of Vegetation Science*, 7 (2) (1996) 289 - 292
- [4] - D. COLY, R. SARR, H. MALOU et F. DOCOSTA, Caractérisation agro-écologique du terroir de la Nema en zone souda-sahélienne au Sénégal : Typologie des parcs agroforestiers, 17 (1) (2005) 53 - 62
- [5] - MINITAB, Minitab for Windows Release 11. Minitab, Inc., State College, PA, USA, (1996)
- [6] - A. KANGAS et M. MALTAMO, Forest Inventory : *Methodology and Applications*. Dordrecht (England) : Springer, (2007) 87 p.
- [7] - J. OBIRI, M. LAWES, M. MUKOLWE, The dynamics and sustainable use of high-value tree species of the coastal Pondoland forests of the Eastern Cape Province, South Africa. *Forest Ecology and Management*, 166 (2002) 131 - 148

- [8] - L. N. JOHNSON, S. KOTZ, Distributions in Statistics : Continuous Univariate Distributions. New York : John Wiley & Sons, (1970)
- [9] - R. CORE TEAM, A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL, (2013).<http://www.R-project.org/>
- [10] - MINITAB, Minitab for Windows Release 11. Minitab, Inc., State College, PA, USA, (1996)
- [11] - L. M. OUSMANE, B. G. OUMAROU, B. MOROU, S. KARIM, A. MAHAMANE, État de la végétation ligneuse au Sahel : Cas de Guidan Roundji au sahel central du Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31 (3) (2017) 5033 - 5049
- [12] - I. DAN GUIMBO, A. MAHAMANE, J. M. K. AMBOUTA, Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. CF) dans le sud-ouest nigérien : diversité, structure et régénération. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (5) (2010) 1706 - 1720
- [13] - B. IDRISSE, I. SOUMANA, Y. ISSIAKA, J. M. K. AMBOUTA, A. MAHAMANE, M. SAADOU & C. W. JOHN, Trend and Structure of Populations of *Balanites aegyptiaca* in Parkland Agroforests in Western Niger. *Annual Research & Review in Biology*, 22 (4) (2018) 1 - 12
- [14] - A. AMANI, Croissance et potentiel de séquestration de carbone de quatre espèces de Combretaceae en zone sahélienne et nord-soudanienne au Niger (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat en biologie et écologie végétales, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2016) 184 p.
- [15] - J. SIMARD, l'agroforesterie, une avenue de développement durable pour l'agriculture Québécoise, Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.). *Institut de recherche en biologie végétale*
- [16] - G. ZOMBOUDRE, G. ZOMBRE, M. OUEDRAOGO, S. GUINKO et H. ROY MACAULEY, Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays* L.) associé au karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans la zone Est du Burkina Faso ; Université de Ouagadougou. CERAAS (Centre d'Étude régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse), (2005) 85 p.
- [17] - G. YAMAMEOGO, B. YELEMOU, I. J. BOUSSIM et D. TRAORE, Gestion du parc agroforestier du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) : contribution des ligneux à la satisfaction des besoins des populations. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (3) (2013) 1087 - 1105
- [18] - B. MOROU, H. OUNANI, A. O. ABDOULAYE, A. DIOUF, C. GUERO et A. MAHAMANE, Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (3) (2016) 1295 - 1311
- [19] - I. DAN GUIMBO, A. MAHAMANE, J. M. K. AMBOUTA, Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. CF) dans le sud-ouest nigérien : diversité, structure et régénération. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (5) (2010) 1706 - 1720
- [20] - B. IDRISSE, I. SOUMANA, Y. ISSIAKA, J. M. K. AMBOUTA, A. MAHAMANE, M. SAADOU et C. W. JOHN, Trend and Structure of Populations of *Balanites aegyptiaca* in Parkland Agroforests in Western Niger. *Annual Research & Review in Biology*, 22 (4) (2018) 1 - 12
- [21] - A. AMANI, Croissance et potentiel de séquestration de carbone de quatre espèces de Combretaceae en zone sahélienne et nord-soudanienne au Niger (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat en biologie et écologie végétales, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2016) 184 p.
- [22] - K. WALLA, B. SINSIN, A. G. KUDZO, K. KONZMI et K. AKPAGANA, Typologie des systèmes Agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Sécheresse*, 16 (3) (2005) 209 - 216
- [23] - J. M. BOIFFA, Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO Conservation no34. Rome : FAO, (2000) 258 p.

- [24] - S. S. H. BIAOU, A. K. NATTA, A. DICKO et M'M KOUAGOU, Typologie des systèmes agroforestiers et leurs impacts sur la satisfaction des besoins des populations rurales au Bénin, (2016) 14 p. Web <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>, (octobre 2018)
- [25] - D. NGOM, T. FALL, O. SARR, S. DIATTA et LE. AKPO, Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65 (2013) 5008 - 5023
- [26] - O. AROUNA, Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2012) 246 p.
- [27] - B. SOUNON BOUKO, Colonisation agricole et dégradation du couvert végétal dans le secteur Wari-Marou-Igbomakro au Bénin. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2011) 221 p.
- [28] - H. ZEGEYE, D. TEKETAY & E. KELBESSA, Diversity and Regeneration Status of Woody Species in Tara Gedam and Abebaye Forests, Northwestern Ethiopia. *Journal of Forestry Research*, (22) (2011) 315 - 328
- [29] - L. R. GLELE KAKAI, B. SINSIN, Structural description of two *Isobertinia* dominated vegetation types in the Wari—Maro Forest Reserve (Benin). *South African Journal of Botany*, 75 (2009) 43 - 51
- [30] - M. LARWANOU, M. ABDOULAYE & C. REIJ, Étude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger) : une première exploration d'un phénomène spectaculaire. International Resources Group (IRG), USAID, Washington, (2006) 48 p.
- [31] - S. BARMO, A. AMANI, I. SOUMANA A. ICHAOU, S. KARIM & A. MAHAMANE, Structure et diversité des parcs agroforestiers adjacents à la forêt protégée de Baban Rafi, Niger - Afrique de l'Ouest : *Afrique Science*, 15 (2) (2019) 166 - 185