

Habitats forestiers mieux conservés dans la préfecture de l'Avé (Togo) : caractérisation, biodiversité et fragilité

Best-preserved forest habitats in the Avé Prefecture (Togo): characterization, biodiversity and fragility.

Badibalaki Tagba*, Marra Dourma, Kombate Bimare, Fousseni Folega, Kperkouma Wala, Komlan Batawila, Koffi Akpagana

Laboratoire de botanique et écologie végétale, département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), BP 1515 Lomé, Togo)

(*) : Auteur correspondant : honorettagba70@gmail.com

ORCID des Auteurs

Badibalaki Tagba <https://orcid.org/0009-0007-8521-1454>, Marra dourma <https://orcid.org/0000-0002-6864-9039>, Kombate Bimare <https://orcid.org/0000-0002-1642-0451>, Fousseni Folega <https://orcid.org/0000-0001-9097-3524>, Kpérkouma Wala <https://orcid.org/0000-0002-7533-6356>, Komlan Batawila <https://orcid.org/0000-0003-2781-3063>, Koffi Akpagana <https://orcid.org/0000-0003-4290-8861>

Comment citer l'article : Badibalaki Tagba*, Marra Dourma, Kombate Bimare, Fousseni Folega, Kperkouma Wala, Komlan Batawila, Koffi Akpagana (2024) Imagerie satellitaire libre d'accès pour la prédiction de la diversité spécifique des arbres des forêts sèches soudanaises en Afrique de l'Ouest. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2) : 1-15, e-ISSN (Online) : 2790-3230

Doi:
<https://doi.org/10.59384/recopays.tg4223>

Reçu : 30 septembre 2024
Accepté : 15 décembre 2024
Publié : 30 décembre 2024



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

Résumé

L'étude des habitats forestiers mieux conservés a été réalisée dans la préfecture de l'Avé au Togo en vue de contribuer à une meilleure conservation des ressources forestières ou habitats forestiers. Plus spécifiquement, il s'agit de : caractériser les îlots forestiers les mieux conservés ; déterminer la diversité floristique, forestière et déterminer le potentiel de régénération. Les inventaires écologiques, floristiques et forestiers effectués sur la base d'un échantillonnage systématique et orienté ont permis de faire la caractérisation de la diversité floristique, de la structure démographique des formations. La florule des habitats forestiers mieux conservés de la Préfecture de l'Avé est composée de 158 espèces réparties en 137 genres et 60 familles dans 60 relevés. Les Fabaceae (16,86%) sont les familles les plus représentées. Les formes de vie les plus fréquentes sont les microphanérophytes (40,91%). Quant à la chorologie, les espèces Guinéo-congolaises caractérisent cette flore. La répartition par classe de diamètre et de hauteur suit une structure en « J renverser » et une distribution en « cloche » centrée sur la classe de hauteur [10-15]. Les espèces les plus représentées sont, dans l'ordre : *Holarrhena floribunda* (G. Don) Durand et Schinz, avec une fréquence relative de plus de 90 %, d'où la dominance de cette espèce dans les formations végétales de la zone. Elle est suivie de *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King (81,67 %), *Elaeis guineensis* Jacq (80 %). D'autres espèces comme *Millettia thonningii* (Schumach. & Thonn.) Baker (61,67 %), *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) (60 %), sont également bien représentées. En revanche, *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers., *Palisota hirsuta* (Thunb.) K. Schum., *Passiflora foetida* L, *Trema orientalis* (L.) Blume, *Urtica dioica* L., et *Harrisonia abyssinica* Oliv sont faiblement représentées, avec une fréquence relative de 0,05 % chacune.

Mots clés : Habitats, conservation, caractérisation, biodiversité, Togo

Abstract

The study of the best-preserved forest habitats was carried out in the Avé prefecture in Togo with a view to contributing to better conservation of forest resources or forest habitats. More specifically, the aim was to: characterize the best-preserved forest patches; determine the floristic, forestry and ecological diversity; determine regeneration potential. Ecological, floristic and forestry inventories carried out on the basis of systematic, targeted sampling were used to characterize the floristic diversity and

demographic structure of the formations. The florarium of the best-preserved forest habitats in the Avé Prefecture is made up of 158 species in 137 genera and 60 families in 60 surveys. The Fabaceae (16.86%) are the most represented families. The most frequent life forms are microphanérophytes (40.91%). As for chorology, Guineo-Congolese species characterize this flora. The distribution by diameter and height class follows a 'reverse J' structure and a 'bell' distribution centered on the height class [10-15]. The most represented species are, in order: *Holarrhena floribunda* (G. Don) Durand et Schinz, with a relative frequency of over 90%, hence the dominance of this species in the plant formations of the zone. It is followed by *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King (81.67%) and *Elaeis guineensis* Jacq (80%). Other species such as *Millettia thonningii* (Schumacher & Thonn.) Baker (61.67%) and *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) (60%) are also well represented. *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers, *Palisota hirsuta* (Thunb.) K. Schum. Schum, *Passiflora foetida* L., *Trema orientalis* (L.) Blume, *Urtica dioica* L., and *Harrisonia abyssinica* Oliv. are poorly represented, with a relative frequency of 0.05% each.

Keywords: Habitats, conservation, characterization, biodiversity, Avé, Togo.

1. Introduction

Les forêts tropicales d'Afrique occidentale s'étendent à l'ouest du Sénégal jusqu'à l'Est Nigeria, englobant ainsi une diversité d'écosystèmes (mosaïques champs-jachères, formations boisées ouvertes, forêts denses et forêts galeries) interrompues au niveau du golfe de Guinée par le couloir du Dahomey, où la savane atteint la côte. Dans ce paysage ouvert se trouvent des îlots forestiers (Caballé, Kouami et Guy 2000). Ces forêts sont, de façon générale, des forêts communautaires, qui jouent un rôle important pour l'environnement, car elles créent des conditions écologiques favorables à la biodiversité (Kokou *et al.* 1999). La perte de la biodiversité dans les écosystèmes terrestres s'est accélérée avec la réduction de la superficie forestière mondiale. Le taux de déforestation annuel mondial était estimé à plus de 13 millions d'hectares entre 1980 et 1995 N'Da *et al.* (2008). En Afrique de l'ouest, ce phénomène se manifeste différemment selon les pays : au Togo, ce taux est estimé à 5,7 % ; au Ghana à 2,19 %; Folega *et al.* (2014) ; Wouyo *et al.* (2017). Ces chiffres révèlent une dégradation alarmante des surfaces forestières du Togo. Ils subissent d'année en année, une dégradation entraînant la modification de leur physionomie. Leur conservation constitue aujourd'hui l'un des grands défis à relever au niveau planétaire à cause des menaces anthropiques et des facteurs climatiques qui réduisent leur superficie (Atakpama *et al.* 2018). L'extinction et la baisse de la diversité végétale dont les habitats naturels regorgent sont dues à une série de facteurs, notamment la forte croissance démographique, le taux élevé de fragmentation de l'habitat, la déforestation et la surexploitation (Lévêque 2007).

Ainsi, à l'instar des autres pays du monde, le Togo s'est doté d'un important réseau d'aires protégées distribuées sur toute l'étendue du territoire national (Woegan, 2011). À ce vaste réseau, s'ajoutent les forêts sacrées et les initiatives de promotion des forêts communautaires. Depuis des années, ces forêts ont permis une conservation très efficace de la biodiversité, grâce aux croyances et aux traditions Kokou *et al.* (2006). Cette efficacité explique pourquoi ces forêts sont considérées comme le refuge d'un grand nombre d'espèces végétales et animales (Woegan 2011a). Malgré leur rôle crucial de refuge, ces forêts, considérées comme de véritables réservoirs de ressources génétiques, font face à de nombreuses menaces anthropiques. De nos jours, elles subissent diverses formes de pressions qui compromettent leur intégrité écologique Kokou *et al.* (2006).

En dehors de la pression démographique, les écosystèmes forestiers du Togo sont gérés sans la moindre prise en compte des préoccupations des populations riveraines (Atakpama *et al.* 2017a). Cela a induit une complète occupation des formations végétales avec une dégradation de la végétation et des plantations exploitées (Djakambi *et al.*, 2019). À l'heure actuelle, la préfecture de l'Avé est l'une des préfectures qui regorge d'innombrables îlots forestiers et qui sont en majorité des forêts autour des habitations. Ces îlots sont des écosystèmes diversifiés avec des tailles pouvant atteindre 115 ha. Elles sont potentiellement riches en biodiversité et très sollicitées par les populations locales (Kokou *et al.* 1999).

Les habitats forestiers de la préfecture de l'Avé, au Togo jouent un rôle crucial dans le maintien de la biodiversité locale et la fourniture de services écosystémiques essentiels. Cependant, ces habitats font face à une dégradation progressive due à une combinaison de facteurs anthropiques et naturels, tels que la déforestation, l'agriculture intensive, l'urbanisation, et les changements climatiques. Cette dégradation compromet non seulement la diversité biologique, mais aussi la résilience écologique de ces forêts, rendant les écosystèmes plus vulnérables aux perturbations (Woegan 2011b; Folega *et al.* 2019).

Dans ce contexte, il est essentiel de caractériser ces habitats forestiers pour mieux comprendre leur composition, leur structure et leur dynamique. Une telle caractérisation permettrait d'identifier les éléments de biodiversité les plus menacés et les plus représentatifs, ainsi que les zones de fragilité écologique. De plus, elle fournirait des informations cruciales pour la mise en place de stratégies de conservation et de gestion durable, adaptées aux spécificités locales. La question centrale de cette recherche est donc : Comment peut-on mieux caractériser et comprendre la biodiversité et la fragilité des habitats forestiers

de la préfecture de l'Avé afin d'améliorer leur conservation et leur gestion durable ? C'est dans cette optique que la présente étude est menée dans les îlots forestiers de la préfecture de l'Avé située dans la zone écologique V du Togo (Ern 1979).

L'objectif général vise à contribuer à une meilleure conservation des ressources forestières ou habitats forestiers. Il s'agit spécifiquement, (1) caractériser les îlots forestiers les mieux conservés ; (2) déterminer la diversité floristique, et forestière ; et (3) déterminer le potentiel de régénération.

2. Méthodologie

2.1. Description du milieu d'étude

La préfecture de l'Avé, est localisée au Sud-ouest du Togo, dans la région maritime et a pour chef-lieu Kévé. Elle est située dans la zone écologique V (Ern, 1979) et possède deux communes, Avé 1 (Kévé, Zolo, Ando, Tovégan et Asahoun) et Avé 2 (Noépé, Badja et Aképé) (Figure 1). Elles ont pour chef-lieu respectif Kévé et Noépé. Elle est située entre 0°6' et 1°10' de longitude Est et entre 6°27' et 6°78' de latitude Nord.

Sur le plan géomorphologique, trois grandes unités se distinguent dans la préfecture : un plateau de « terre de barre » composé de formations sablo-argileuses du néogène ; un bassin versant qui est à cheval sur les cantons d'Ando, Dzolo (Zolo), Kévé et Badja (Inseed 2022) ; les unités internes : c'est l'unité structurale de la plaine Bénino-togolaise qui correspond à une vaste pénéplaine au sud-Est du Togo. C'est un ensemble métamorphisé qui comprend des gneiss ; des migmatites... (Lévêque 2007)

Le réseau hydrographique est peu dense et se limite à quelques ruisseaux qui sont des cours d'eau saisonniers. Les différents types de sol rencontrés dans la préfecture de l'Avé sont de type hydromorphe peu humifère à pseudogley d'ensemble ou ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions de profondeur, de texture limono-argilo-sableuse ou limono-sableuse, sableux et limono-sableux en surface (Bouka., *et al* 2019). Les sols alluvionnaires hydromorphes, les sols à profil accidenté, les sols argilo-sableux ferralitiques, les sols peu évolués d'origine non climatique, un plateau de « terre de barre » composé de formations sablo-argileuses du néogène (Raunet, 1973). La préfecture de l'Avé jouit d'un climat tropical guinéen à régime bimodal ; caractérisé par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches de durées inégales. La moyenne annuelle de pluie enregistrée est d'environ 1200 mm par an. Les températures les plus basses s'observent en décembre environ 26,4°C et les plus élevées s'enregistrent en février-mars avec 29,89°C.

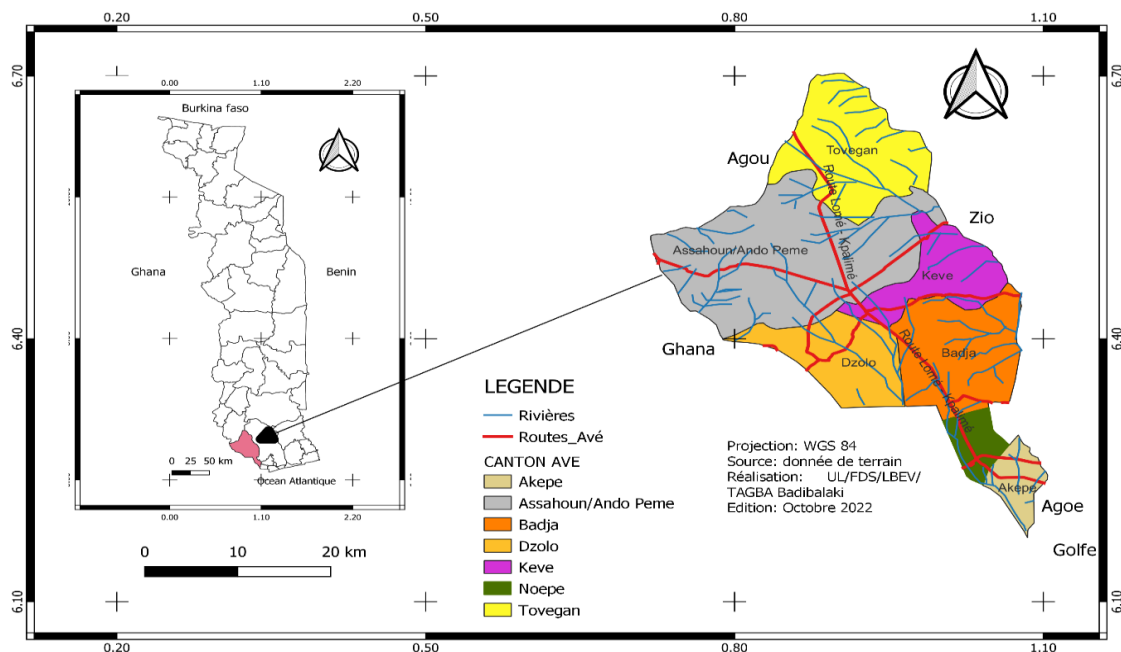


Figure1 : Carte de localisation de la zone d'étude.

2.2. Collecte des données

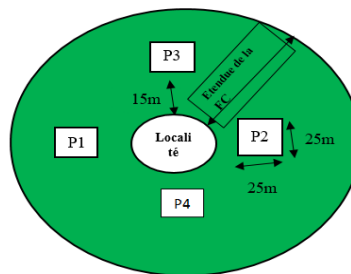
Cette étude a été réalisée en juillet 2022 dans la préfecture de l'Avé du Togo. Il s'agit des inventaires phytosociologiques, écologiques et les enquêtes ethnobotaniques.

Plan d'échantillonnage

Cette étude s'est basée sur la localisation des îlots forestiers grâce au complexe de logiciel Collecte Earth, plateforme numérique (Google Earth, Bing Map, Yahoo Map) d'accès aux images de haute résolution (Spot, IKONOS, Digital Globe)

(Bigma et al. 2021). Les vecteurs issus de la digitalisation sont obtenus sous format « KMZ » que l'on a converti ensuite en Shapefile (« SHP ») grâce au logiciel QGIS 3.22.

Dans le contexte actuel de changement climatique, il est nécessaire de disposer de données quantitatives précises sur les HFMC, afin non seulement de les caractériser précisément aujourd'hui, mais aussi de connaître les menaces qui pèsent sur leur persistance à long terme. Ainsi une grille de 60 points d'échantillonnages suivant une maille régulière de 15m de la localité et couvrant la zone de l'Avé a été générée sous QGIS. Un total de 4 points d'échantillonnages équidistants de 15 m a été distribué de façon régulière. Pour un point d'échantillonnage donné, une placette de 25 m x 25 m est mise en place à des fins d'inventaires écologiques, forestiers et floristiques (Guinochet 1982). Dans chaque placette, les placeaux de 5m x 5m ont été installés suivant la diagonale de la placette des ligneux aux différents angles et au centre de la placette pour réaliser l'inventaire de la régénération (Dourma *et al.* 2009a). Les sous-placeaux d'inventaire des semis de 1m x 1m ont été centrés dans chaque placeaux (Languu *et al.*, 2022)



FC : Forêt communautaire

P : placette

Figure2 : Plan d'échantillonnage des îlots dans la préfecture de l'Avé

Inventaire floristique et forestier

Les données floristiques, forestiers et écologiques ont été collectées dans les placettes de 25m x 25m (Soit une aire de 625 m²). Pour chaque individu rencontré une nomenclature suivant les flores analytiques du Togo (Brunel *et al.* 1984) et du Bénin (Akoègninou *et al.* 2006) lui sera affecté. Les espèces non identifiées en même temps sur le terrain sont récoltées systématiquement à l'aide d'un sécateur et mises sous herbiers puis déterminées au Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale en se servant de la flore analytique du Bénin (Akoègninou *et al.* 2006) et du Togo (Brunel *et al.* 1984).

L'inventaire forestier a consisté à évaluer divers paramètres des arbres, notamment, la hauteur totale des ligneux et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) supérieur ou égal à 10 cm (Adjonou *et al.*, 2016 ; Pereki *et al.*, 2013). Des observations ont également été faites sur l'état de santé des arbres et des semis des espèces ligneuses. La hauteur totale (HT), correspondant à la distance verticale entre le sol et le sommet de l'arbre (bourgeon terminal) (Rondeux, 2021).

Inventaire des descripteurs écologiques

Afin de déterminer la relation entre la végétation et le milieu, plusieurs descripteurs écologiques ont été pris en compte pour caractériser chaque îlot. Pour cela le taux de recouvrement végétal, le taux d'occupation agricole, la submersion, le drainage superficiel, l'exposition, la collecte des PFNL, la gestion actuelle des sites sont notés (Dourma *et al.* 2008)

Inventaire de la régénération

Cette étude a été faite dans trois (3) quadrats de 5m x 5m installés diagonalement (Aleza *et al.* 2015); -) à l'intérieur des placettes floristiques. Dans ces quadrats, les espèces dont le DHP < 10 cm ont été inventoriés et affectés à son mode de régénération (Drageons, rejets de souches, semis). Dans ces quadrats sont centrés les placeaux de 1m*1m afin de faire l'inventaire des semi-produits par les semenciers (Languu *et al.* 2022). Cette technique a permis de déterminer le nombre de semis par îlot et chaque semis est rapporté à sa plante mère.

2.3. Analyse des données

Données floristiques et forestières

Les données floristiques ont été saisies dans une matrice « Relevés × Espèces » dans le tableur Microsoft tableur Excel ® 2016 afin d'évaluer la diversité floristique de ces habitats forestiers. La taxonomie des espèces inventoriées à dresser a été

utilisée pour évaluer la liste floristique. Des indices de caractérisation de ces habitats forestiers comme la richesse spécifique (Bruhier *et al.* 1998), la diversité de Shannon (Rakotoarimanana *et al.* 2008) : l'équitabilité de Pielou (Bouko *et al.* 2007) et la valeur indicative (Straub 2006). (Tableau 1)

Cette matrice a permis également de calculer les moyennes statistiques comme la densité des tiges à l'hectare (nombre de pieds/ha), le diamètre moyen (Dm en cm), la hauteur moyenne (Hm en m) et la surface terrière (G en m²/ha) dont les formules sont résumées (tableau 1).

Paramètres dendrométriques	Formules	Sources
La richesse spécifique	$R_s = S$	Bruhier <i>et al.</i> (1998)
La diversité de Shannon	$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right)$	Rakotoarimanana <i>et al.</i> (2008)
L'équitabilité de Pielou	$E = \frac{H'}{\log_2 S}$	Bouko <i>et al.</i> (2007)
La valeur indicative	$INDVAL = Ar * Fr * 100$	(Straub 2006)
La densité (S)	$D = \frac{n}{S(0.0001)}$	Dourma <i>et al.</i> (2009b)
La surface terrière (G)	$G = \frac{\pi}{4S} \sum_{i=1}^n 0,0001 d_i^2$	Tran-Ha <i>et al.</i> (2011)
Diamètre moyen (Dm)	$D_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$	Riera (1995)
Hauteur moyenne de Lorey (HL) :	$HL = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$	Philip, (2002)
Densité de régénération (D)	$D = \frac{n}{s(0.0001)}$	Goba <i>et al.</i> (2019)
Le taux de régénération naturelle	$TR = \frac{Nr}{Ns} * 100$	Ousseina <i>et al.</i> (2015)

Données de la régénération

Le taux de régénération, la densité de la régénération naturelle ont été estimées et l'importance relative de chaque mode de régénération est exprimée en pourcentage.

3. Résultats

3.1. Bilan floristique

La florule des HFMC de la PA révèle la présence de 158 espèces ligneuses et herbacées, réparties en 137 genres et 60 familles. Une nouvelle espèce, *Harrisonia abyssinica* (Tagba, 2022), a été recensée dans ces forêts. Ces habitats forestiers sont dominés par les familles suivantes : Fabaceae (16,86 %), Malvaceae (5,24 %), Combretaceae (4,40 %), Sapotaceae (4,16 %), Asteraceae (4,11 %) et Apocynaceae (3,94 %). Les autres familles (n=55) présentent chacune une fréquence inférieure à 4 % (figure 3).

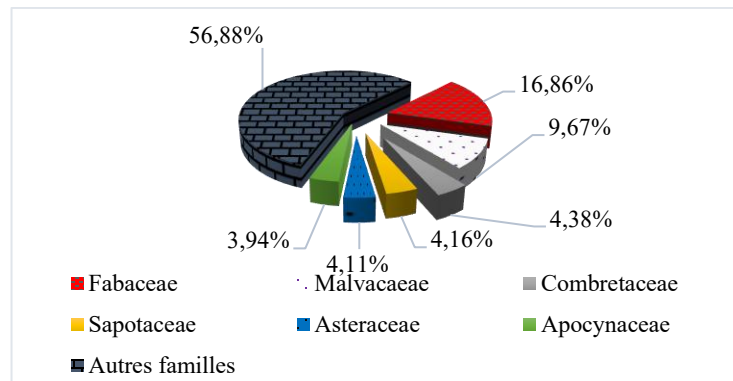


Figure3 : Spectre des familles

Parmi les espèces végétales rencontrées sur le site, *Holarrhena floribunda* (G.Don).Durand et Schinz se démarquent en tant qu'espèce la plus fréquente et la plus abondante dans la zone d'étude. Puis viennent dans l'ordre *Elaeis guineensis* Jacq, *Antiaris africana* Engl., *Azadirachta indica* A.Juss (figure 4).

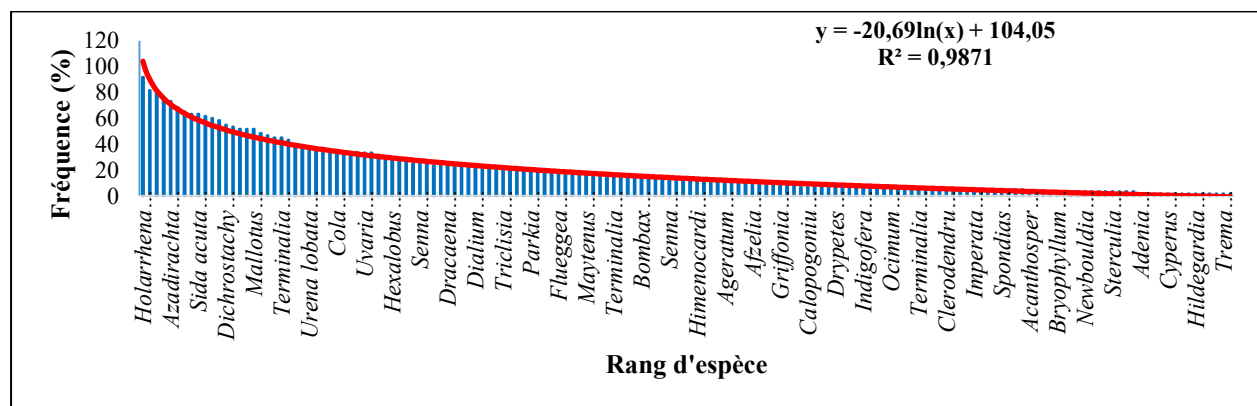


Figure 4 : Courbe rang-fréquence des espèces

La végétation des îlots forestiers de la préfecture de l'Avé se caractérise par une diversité phytogéographique remarquable, avec une prédominance d'espèces originaires de diverses régions. Les types phytogéographiques les plus abondantes sont les suivants : les espèces Guinéo-congolaises (25,82 %) suivies des espèces Pantropicales (17,79 %), des espèces Soudano-Zambéziennes (16,28%), afrotropicales (12,27 %) des espèces plurirégionales africaines (8,27 %), des espèces Soudano-guinéennes (5,95 %), les espèces paléo-tropicales (5,73 %), les espèces introduites (2,48 %) ...les espèces Afro-asiatiques sont très peu représentées avec un pourcentage de (0,22 %). La présence des espèces introduites témoigne la restauration de ces écosystèmes (Figure 5a).

En ce qui concerne les types biologiques des espèces, on retrouve les microphanérophytes (40,91 %) qui sont les plus représentées suivies des Mésophanérophites (18,43 %), des nanophanérophites (12,10 %), ensuite les thérophytes (5,41 %), les mégaphanérophites (4,59 %), les chaméphytes (4,54 %), hémicryptophytes (4,38 %), Lianes microphanérophytes (3,94 %), les géophytes (3,41 %) ... et enfin les géophytes parasites (0,22%) (Figure 5b).

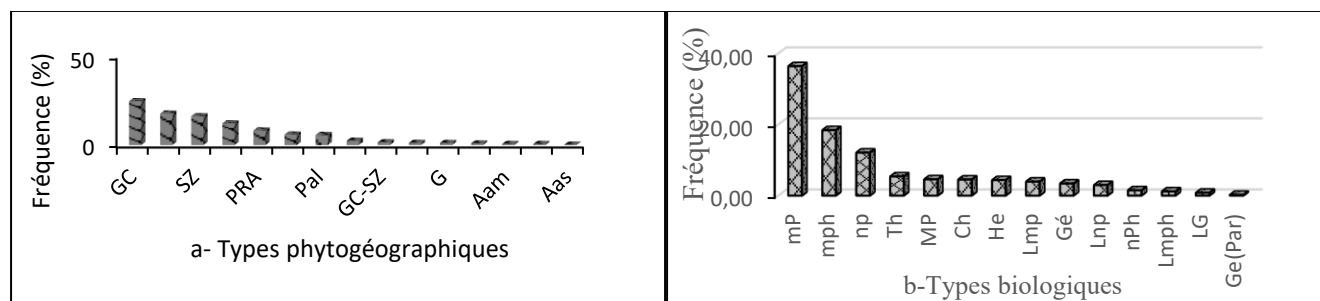


Figure 5 : spectre écologique

(GC : Guinéo-congolais, Pan : Pantropicales, SZ : Soudano-Zambiennes, AT : afrotropicales PRA : Plurirégionales africaines, SG : Soudano-guinéennes, Pal : Paléo-tropicales, I : introduites GC-SZ : Guinéo-congolais et Soudano-zambézienne, TA : Tropicales, G : Guinéennes, AM : afro-malgaches, Aam : Afro-américaines, S : Soudaniennes, Aas : Afro-asiatiques.) figure 5a.

(mP : microphanérophytes, mph : mésophanérophites, np : nanophanérophites, Th : thérophytes, MP : mégaphanérophites, Ch : chaméphytes, He : hémicryptophytes, Lmp : Lianes microphanérophytes, Gé : géophytes, Lnp : Lianes nanophanérophites, nPh : nanophanérophites, Lmph : lianes mésophanérophites, LG : lianes géophytes, Ge (par) : géophytes parasites) (figure 5b).

3.2. Caractérisation des îlots forestiers les mieux conservés

Les analyses multivariées des 60 relevés ont permis de discriminer quatre principaux groupes. L'ordination des placettes d'inventaire écologiques dans le plan factoriel des axes 1 et 2 révèle l'influence de deux gradients écologiques. L'axe 1 traduit un gradient de fermeture décroissant de gauche vers la droite et l'axe 2 un gradient latitudinal croissant du bas vers le haut. (Figure 6).

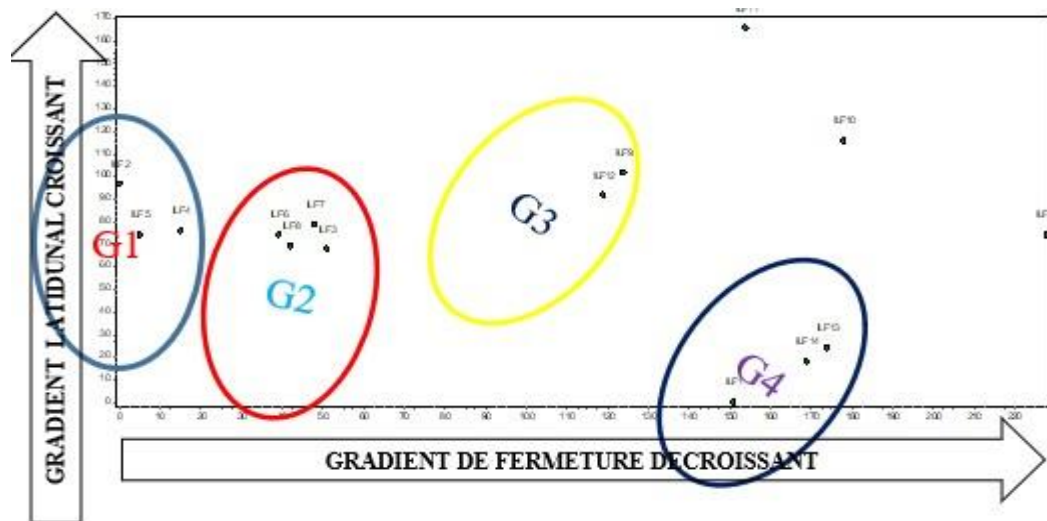


Figure 6. Analyse en Composante Principale des relevés floristiques dans le plan factoriel des axes 1 et 2

- Groupe G1 : groupe à *Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn., et *Albizia zygia* (De.) J.F. Macbr.
- Groupe G2 : groupe à *Holarrhena floribunda* (G. Don). Durand et Schinz et *Antiaris africana* Engl.
- Groupe G3 : Groupe à *Albizia zygia* (De.) J.F. Macbr. et *Anogeissus leiocarpa* (DC.) GuUl. & Perr.
- Groupe G4 : groupe à *Azadirachta indica* A. Juss. et *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby,

Groupe 1 : groupe à *Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn., et *Albizia zygia* (De.) J.F. Macbr.

Le groupe 1 constitué de 12 relevés, révèle une diversité exceptionnelle, abritant plus de 80 espèces végétales réparties en 71 genres et 34 familles. La superficie de ces îlots est comprise entre 37,41 et 75,08, ha (hectares). Les Fabaceae (20,76%) dominent nettement suivies des Malvaceae (7,60%), des Sapotaceae (6,73%). L'indice de diversité de Shannon, évalué à $H = 4,04$, témoignent d'une diversité modérée des espèces, avec une répartition relativement équilibrée. Le spectre biologique est largement dominé par les microphanérophytes, les mésophanérophites qui représentent respectivement 46,78% et 31,87%. Les lianes géophytes et les lianes nanophanérophites sont faiblement représentées figure 7a. Par ailleurs, le spectre phytogéographique montre une dominance des espèces guinéo-congolaise, suivies des soudano-zambéziennes, pantropicales, et des Soudano-guinéennes figure 7b. Les caractéristiques structurales des groupes végétaux évaluées, montre une hauteur moyenne de 12,95 mètres, un diamètre moyen de 22,39 mètres, une densité de 2026,67 pieds par hectare, une surface terrière moyenne de 79,59 mètre carré par hectare, avec un taux de régénération de 62,17.



Figure 7 : Spectres écologiques (G1)

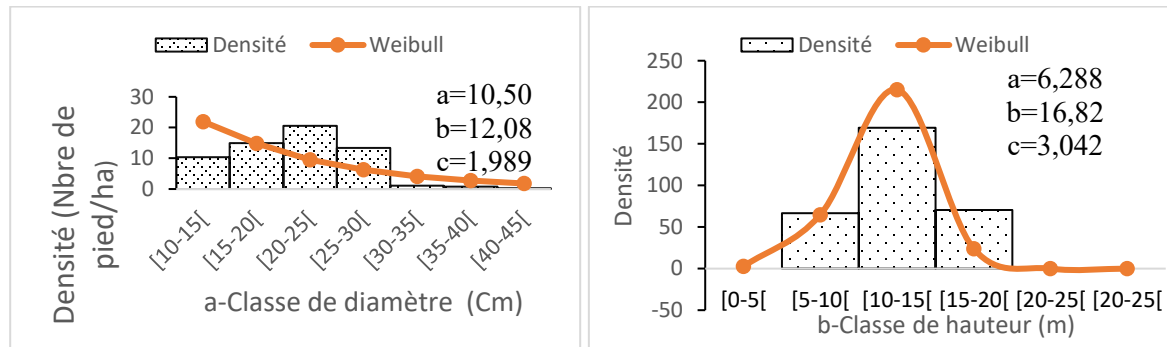


Figure 8 : Structure dendrométrique (G1)

Groupe G2 : groupe à *Holarrhena floribunda* (G. Don). Durand et Schinz et *Antiaris africana* Engl.

Il regroupe 4 îlots au sein duquel on a 16 relevés avec une richesse spécifique de 102 espèces réparties en 47 familles et 93 genres. Les superficies de ces îlots varient entre 96,7ha et 66,11 ha. Les Fabaceae dominent ce groupe avec une fréquence de 17,65% suivi des Malvaceae (5,88%). L'indice de diversité de Shannon, évalué à $H = 4,38 \pm 0,05$ bits, témoignent également une diversité modérée des espèces, avec une répartition relativement équilibrée et l'équitabilité de Piélou est de $0,484 \pm 0,005$. Le spectre biologique (Figure 9a) est largement dominé par les microphanérophytes, ensuite viennent les mésophanérophites, nanophanérophites, et les Thérophytes... L'analyse des spectres phytogéographiques montre une dominance des espèces guinéo-congolaise et soudano-zambéziennes (figure 9b). L'analyse horizontale révèle une distribution en « cloche tendue » positive ($c=1,430$).

Figure 1 Spectres écologiques

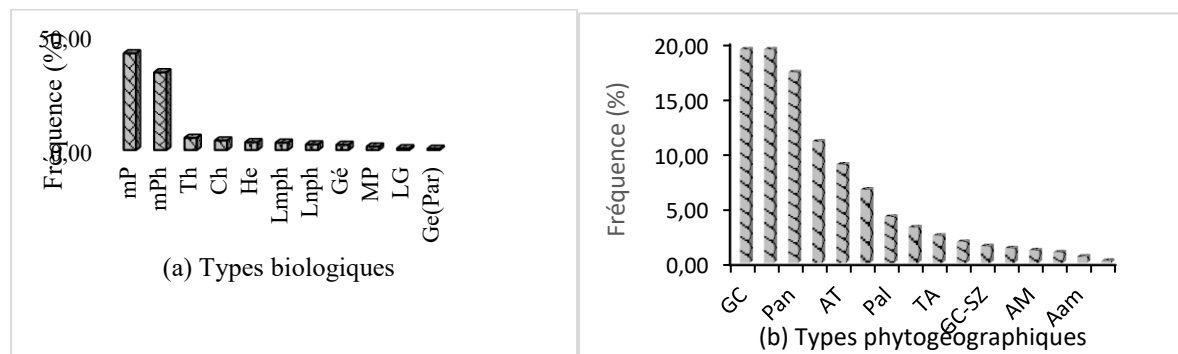


Figure 9 : Spectres écologiques

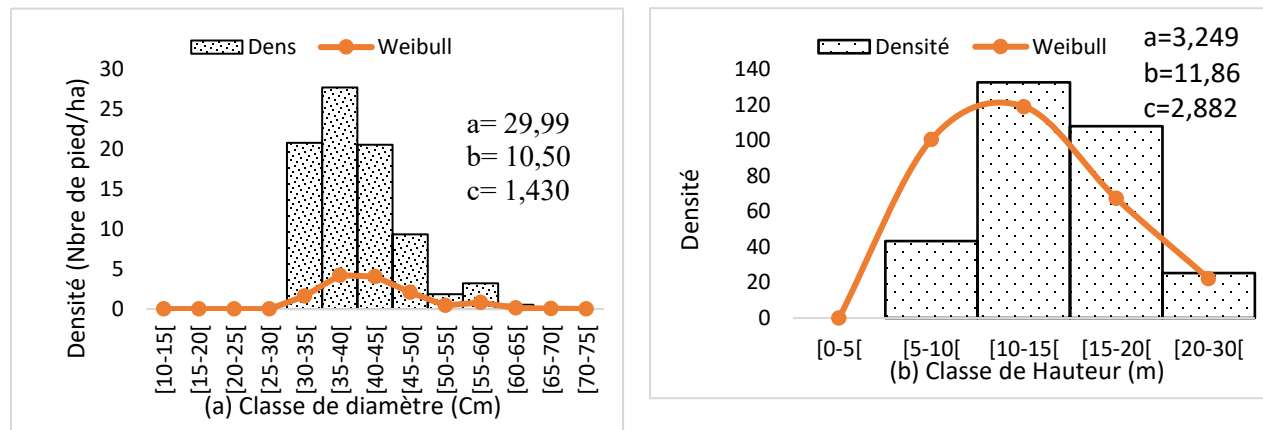


Figure 10. Structure dendrométrique (G2)

Groupe 3 : groupe à *Albizia zygia* (De.) J.F. Macbr. et *Anogeissus leiocarpa* (DC.) GuUl. & Perr.

Ce groupe compte 8 relevés avec une richesse spécifique (R_s) de 85 espèces réparties en 46 familles, 93 genres avec une dominance nette des Fabaceae (14,75%) suivirent des Combretaceae (7,83%). Le spectre biologique est largement dominé par les microphanérophytes (43,32%), et les mésophanérophites (18,89%). Les mégaphanérophites et Géophytes parasites sont faiblement représentés (figure 11a). L'analyse du spectre phytogéographique montre une dominance des espèces guinéo-congolaises (28,11%) suivit des espèces pantropicales 17,97%), des espèces Afro-tropicales (15, 21%), des espèces plurirégionales africaines (8,30%), soudano-Guinéennes (6,91%) (figure 11b). L'indice de diversité de Shannon, évalué à $H = 4,21$, l'équitabilité de Pielou est de $0,542 \pm 0,005$ bit. En ce qui concerne les caractéristiques structurales, la hauteur moyenne des plantes est de $12,73 \pm 0,13$ mètre, avec un diamètre moyen de $25,03 \pm 0,40$ mètre. La densité des ligneux atteint $1898,11 \pm 0,11$ pied par hectare, tandis que la surface terrière moyenne est de $60,58 \pm 0,05$ mètre carré par hectare. L'analyse verticale montre une distribution en « cloche » positive ($c=3,425$).

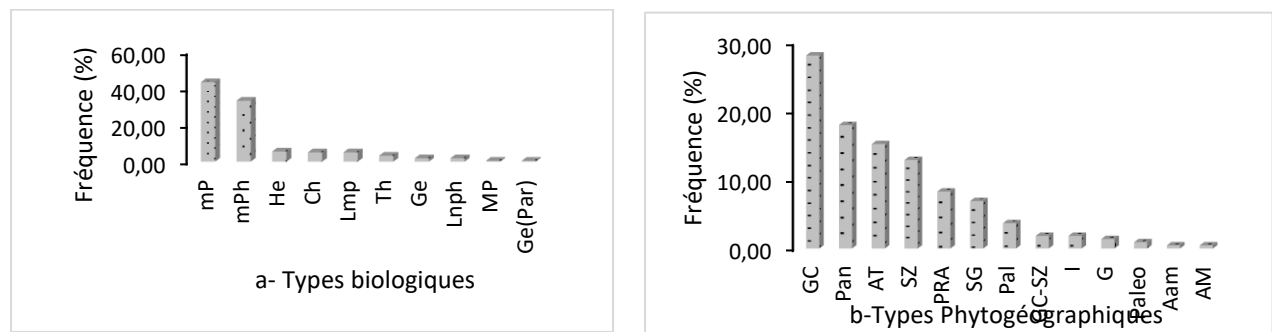


Figure 11. Spectres écologiques (G3)

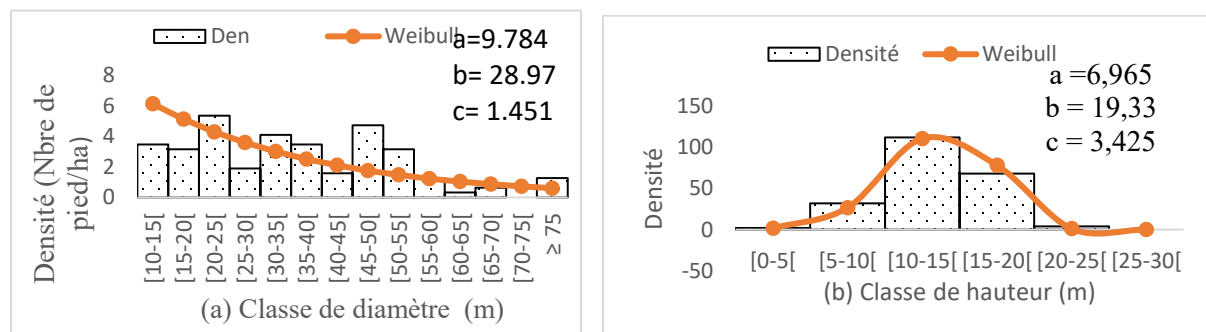


Figure 12. Structure dendrométrique G3

Groupe 4 : groupe à *Azadirachta indica* A. Juss. et *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin & Barneby,

L'ensemble G4, constitué de 12 relevés, révèle une biodiversité exceptionnelle, abritant 78 espèces réparties en 73 genres et 340 familles. Deux espèces, *A. indica* A. Juss. (INDVAL=4,54) et *S. siamea* (INDVAL=3,04), se distinguent par leur indice d'importance écologique élevé.

Les familles les plus représentées sont dans l'ordre des Fabaceae (15,27 %) suivies des Malvaceae (6,24 %), des Sapotaceae (4,52%). Le spectre biologique est largement dominé par les microphanérophytes (34,62%), et les mésophanérophites (30,32%) (figure 13a). Concernant le spectre phytogéographique les espèces guinéo-congolaises (18,71%) dominent (figure 13b). L'analyse verticale révèle une distribution en « cloche tendue » positive ($c=1,430$)

En ce qui concerne les caractéristiques structurales, la hauteur moyenne des plantes est de $13,58 \pm 0,45$ mètre, avec un diamètre moyen de $24,09 \pm 0,24$ mètre. La densité des ligneux atteint $1887,90 \pm 0,23$ pied par hectare, tandis que la surface terrière moyenne est de $69,29 \pm 0,05$ mètre carré par hectare. L'indice de diversité de Shannon est évalué à $4,16 \pm 0,05$ bits, et l'équitabilité de Pielou est de $0,47 \pm 0,005$

L'analyse de la distribution des tiges révèle une distribution asymétrique positive ($c=2,244$) en termes de diamètre, indiquant une prédominance d'individus plus ou moins vieille ou de grand diamètre, principalement dans la classe de diamètre [60-70]cm (figure 14a). En ce qui concerne la distribution des tiges en fonction de la hauteur, elle présente également une distribution asymétrique positive ($c=2,655$), témoignant une prédominance des individus d'une hauteur comprise entre 10 et 15 mètres, caractéristique d'un environnement fortement conservé (figure 14b).

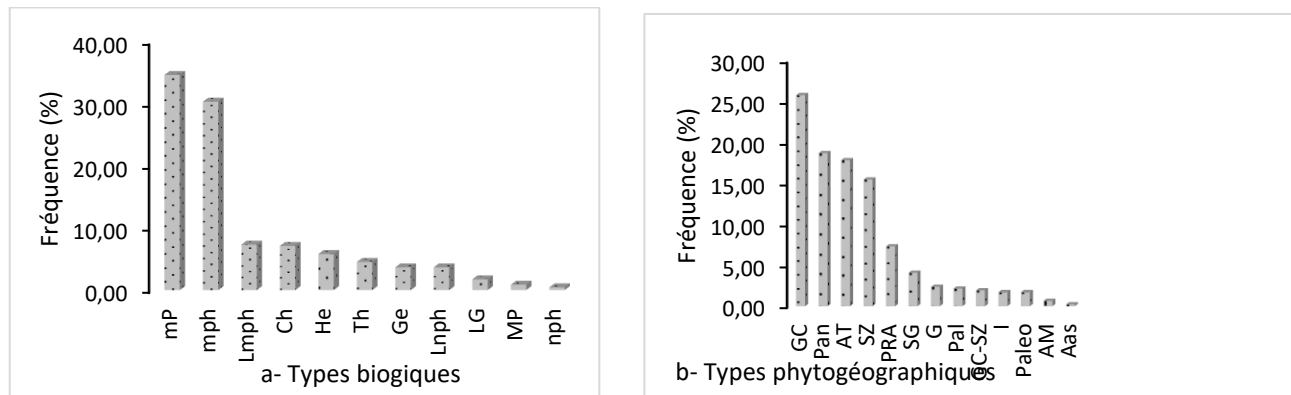


Figure 13 : spectres écologiques (G4)

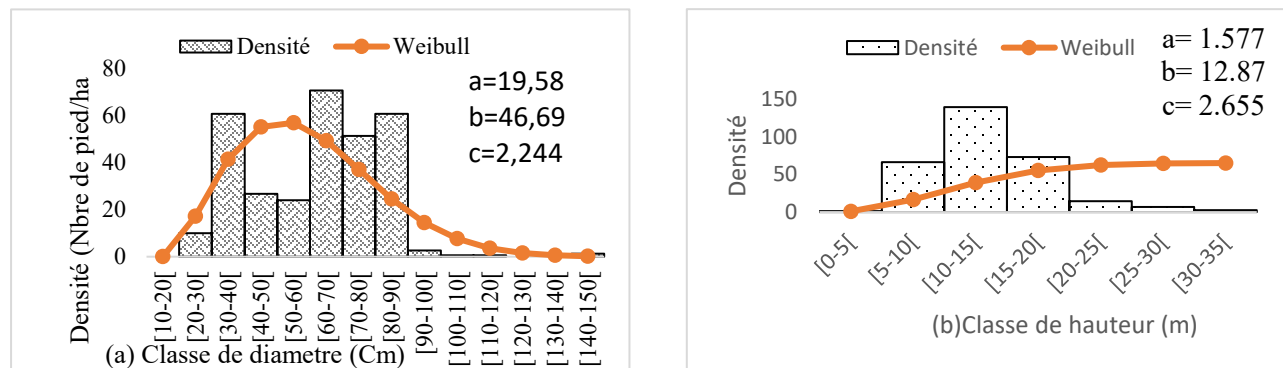


Figure 14. Structure démographique (G4)

La figure 15 illustre la distribution des îlots forestiers, avec une concentration des mieux conservés dans la partie nord de la préfecture. En revanche, le sud en est presque dépourvu, probablement en raison de l'urbanisation rapide qui y progresse.

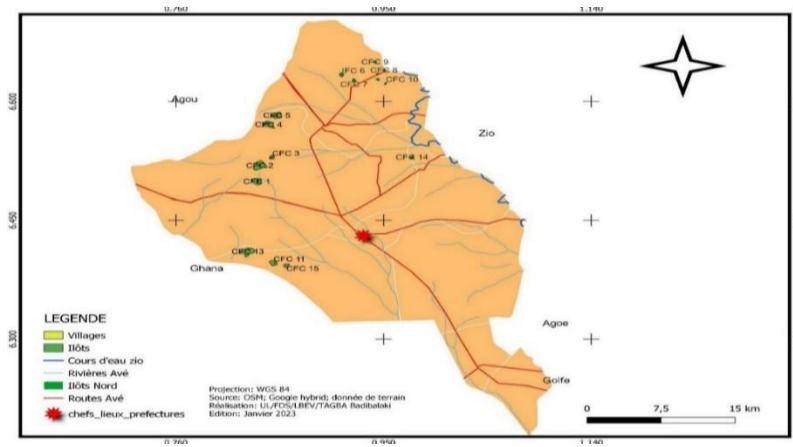


Figure 15 : cartes de distribution spatiale des îlots mieux conservés

3.3. Déterminer le potentiel de régénération.

L'évaluation exhaustive de la régénération a débouché sur l'identification de 59 espèces végétales. La densité de régénération globale pour l'ensemble des espèces a été estimée à 2664 pieds/ha. Le taux de régénération est estimé à 55,51%. L'analyse des espèces par mode de régénération montre que l'essentiel des espèces se régénère préférentiellement par semis (76,05% des individus recensés), faiblement par rejets de souches (17,80%) et plus faible par drageon (6,15%) (Figure 16a)

Par ailleurs le groupe 1 est celui qui regorge plus de plantes de future avec un taux de régénération de 62,17 % suivi du groupe 4 (49,37 %) puis vient le groupe 2 et le groupe 3 avec un taux de régénération respectif de 38,59 % et 36,05% (Figure 16b).

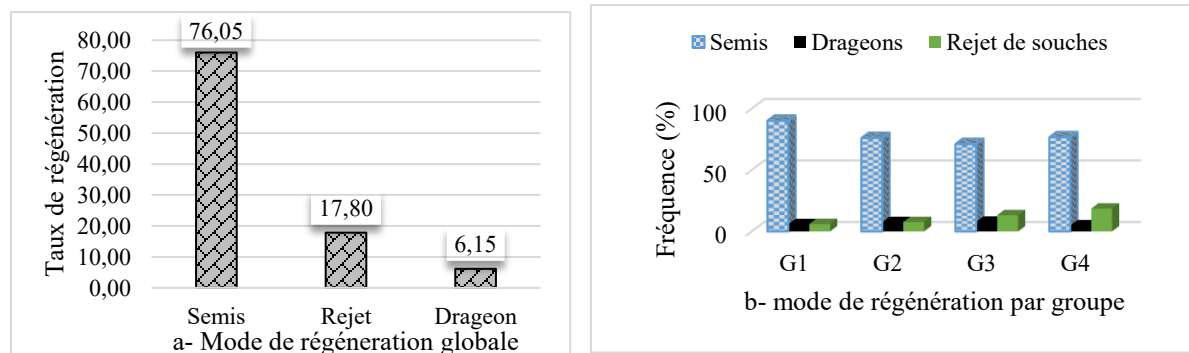


Figure 16 : Spectre des différents modes de régénération des espèces végétales

L'évaluation de l'état de santé des semis montre que 80,66 % sont sains (figure 17a). Cependant ce taux varie selon les différents groupes. Il est plus élevé dans le groupe 1 (16,27%), suivi du groupe 2 (14,15%) ; du groupe 4 (12,77%) et du groupe 3 avec un taux de (3,03%) (figure 17b), ce qui témoigne un taux faible de régénération des semis pour ce dernier.

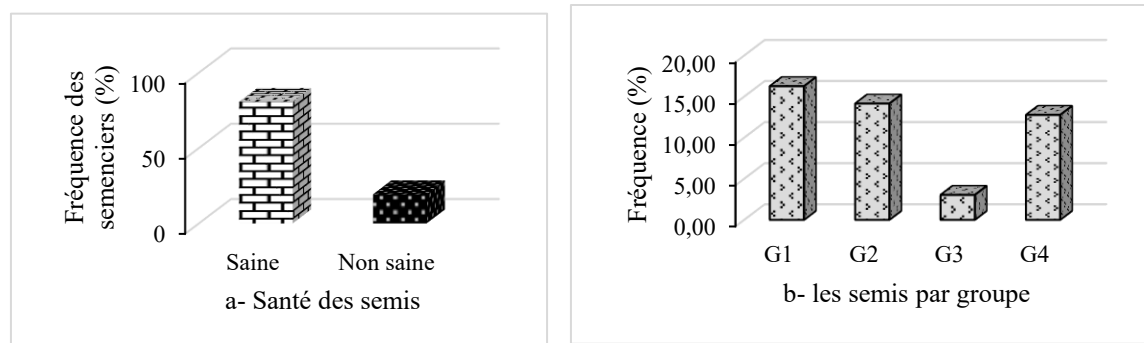


Figure 17 : Spectre de l'état de santé

4. Discussion

La florule des îlots de forêts montre 158 espèces ligneuses et herbacées réparties en 137 genres et 59 familles. Une nouvelle signalisation est faite pour ces habitats forestiers avec *Harrisonia abyssinica*. Ces résultats sont approximativement comparables à ceux de (Bigma *et al.*, 2022), qui ont trouvé 158 espèces réparties en 129 genres et 43 familles sur les ceintures vertes villageoises de la préfecture de l'Avé au Togo (Afrique de l'Ouest), ainsi qu'à ceux de Koumoï (2020) sur les îlots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa, où 193 espèces ont été inventoriées, réparties en 170 genres et 55 familles. En effet, ces travaux se situent dans une même zone géographique (préfecture de l'Avé), ce qui justifie ces résultats. Par contre, ces derniers sont relativement faibles par rapport aux travaux de (Kokou *et al.* 1999) dans les îlots forestiers de la plaine côtière du sud du Togo, où 649 espèces et 90 familles avaient été recensées, ainsi qu'à ceux de (Seou *et al.* 2022) toujours au sud du Togo, où 371 espèces appartenant à 271 genres et 82 familles avaient été recensées. Ces différences s'expliquent par la superficie des différentes zones d'étude et les méthodologies adoptées.

cependant Charahabil *et al.* (2013) ont trouvé, dans les forêts communautaires du Sénégal, une flore riche de 43 espèces réparties en 34 genres et 23 familles. La différence entre les résultats de la présente étude et ceux de (Charahabil *et al.* 2013) serait due au fait que les forêts communautaires étudiées ne se situent pas dans les mêmes zones climatiques. En effet, les forêts communautaires de la présente étude appartiennent à la zone guinéenne, avec une pluviométrie supérieure à 1100 mm, tandis que celles étudiées par Charahabil *et al.* (2013) au Sénégal se trouvent dans la zone soudano-sahélienne, avec une pluviométrie oscillante entre 250 mm et 500 mm. Dans la présente étude, les familles d'espèces dominantes sont les Fabaceae, caractéristiques des savanes guinéennes, comme l'ont signalé (Atakpama *et al.* 2017b). Par ailleurs, les types biologiques les plus fréquents sont représentés par les microphanérophytes, mésophanérophites, nanophanérophites, avec une très faible proportion de lianes. La distribution des types biologiques (nanophanérophites, microphanérophytes, mésophanérophites, géophytes) met en évidence le caractère boisé de la zone étudiée (Atakpama *et al.*, 2017 ; Dourma *et al.*, 2017) Les grands arbres sont faiblement représentés : les mégaphanérophites et mésophanérophites regroupent essentiellement des espèces caducifoliées, qui constituent la strate supérieure (*Antiaris africana*, *Ceiba pentandra*, *Celtis zenkeri*). Ce résultat est comparable à celui de (Kouami et Guy, 2000).

Le spectre phytogéographique permet de constater l'importance des espèces guinéo-congolaises (GC), c'est-à-dire du domaine de la forêt tropicale humide, suivies des espèces péri-forestières (pantropicales : Pan) et des espèces soudano-zambéziennes, propres aux savanes. Ces résultats sont conformes aux travaux de (Kouami et Guy, 2000 ; La structure des populations, révélée par l'histogramme de distribution des effectifs par classes de diamètre et de hauteur, est caractérisée par une prédominance des individus jeunes (individus de moins de 50 cm de diamètre), ce qui reflète la jeunesse des peuplements de cette zone. Ce résultat est similaire aux travaux antérieurs de (Birregah, 2016 ; Bigma, 2016 ; Gbadamassi, 2016). Les activités anthropiques perturbent et influencent la structure horizontale et verticale des peuplements (Folega *et al.*, 2017b). Cette situation montre que la régénération naturelle est faible. L'exploitation des plantes spontanées et l'agriculture, principale activité de la population (80 %), sont les principales causes de la diminution des ressources, ce qui concorde avec les conclusions d'une étude similaire dans une aire protégée du Burkina Faso (Mbayngone et Thiombiano 2011).

Cela s'explique par le fait que la principale source de revenus est l'agriculture. Les forêts communautaires sont des exemples de traditions locales contribuant à la préservation de la flore et de la faune menacées de disparition (Camara, 1994 ; Chandrashekara et Sankar, 1998 ; Kokou *et al.*, 1999). Compte tenu de cet important rôle, les chefs de village, les Comités villageois de Développement (CVD) et les personnes âgées, garants de la tradition, ont mis en place des règlements visant à conserver la biodiversité et à protéger les localités contre les incendies. Toute personne allant à l'encontre de ces règlements est soumise à des sanctions. Ce résultat est similaire à celui obtenu par sur les pratiques culturelles de conservation de la biodiversité en Afrique de l'Ouest et du Centre, où il été a mis en évidence les avantages de la mise en place de lois et de règlements dans la gestion des bois et forêts sacrées de cette région. Seulement 17,5 % des îlots faiblement conservés ne bénéficient ni de l'appui de la Banque mondiale ni de l'ATPH, mais disposent d'un plan simple de gestion, avec comme responsable le chef du village ou le doyen.

Cette gestion repose essentiellement sur des règles coutumières non écrites et transmises de génération en génération. Tout prélèvement est soumis à une autorisation préalable du détenteur du pouvoir. Ce résultat est similaire aux travaux de Bigma *et al.*, 2022), respectivement sur les forêts sacrées de l'aire Ouatchi, au sud-est du Togo, et sur les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières, ainsi que sur les ceintures vertes villageoises de la préfecture de l'Avé au Togo (Afrique de l'Ouest) : diversité floristique, menaces et modes de gestion.

L'analyse du potentiel de régénération révèle que la densité des plants d'avenir est estimée à 2666 pieds/ha. Le faible nombre de rejets de souches s'explique par le fait qu'il y a moins de coupes dans ces îlots. Le taux de régénération est estimé à 55,51 %, ce qui témoigne d'une régénération faible. Ce taux, pris par groupe, donne 62,15 % et 59,62 % respectivement pour les groupes G1 et G4. Le groupe 3 présente un taux relativement faible (36,05 %). La répartition des espèces par mode de

régénération montre que ces espèces se régénèrent essentiellement par semis (76,05 %), faiblement par rejet de souche (17,80 %), et rarement par drageonnage (6,15 %), en raison de l'absence de feux de végétation et de coupes (Kouami *et al.*, 2005 ; Koumoï, 2020). Le potentiel obstacle à la régénération de ces formations végétales pourrait résider dans le faible renouvellement des espèces par drageon et par rejet de souche.

La réussite de la régénération dans la zone d'étude exige une assistance, consistant au moins à protéger les plantules dans les premières années de leur croissance contre le pâturage, les actions des insectes. Malgré cette relative stabilité, les forêts mieux conservées aujourd'hui peuvent devenir fragiles demain si de meilleures techniques de conservation ne sont pas mises en place dès maintenant, Cela pourrait même conduire à leur disparition totale. Elles sont menacées par des facteurs anthropiques tels que le pâturage, l'action des insectes et les pourritures. Elles sont également affectées par les modifications climatiques lentes qui semblent toucher l'Afrique de l'Ouest, modifications qui seraient elles-mêmes induites par les changements dans la couverture végétale.

5. Conclusion

Cette étude a permis de caractériser les formations végétales et la diversité des espèces des îlots forestiers dans la Préfecture de l'Avé. Un total de 158 espèces, réparties en 137 genres et 59 familles, a été recensé. Quatre groupements végétaux distincts ont été identifiés, avec une forte représentation des familles Fabaceae, Malvaceae et Combretaceae. Le spectre biologique est dominé par les microphanérophytes, tandis que le spectre phytogéographique est dominé par les espèces guinéo-congolaises. Les formations végétales mieux conservées, notamment celles dominées par *Holarrhena floribunda*, se caractérisent par des structures de distribution en « J inversé » et en « cloche ». Bien que ces habitats restent des réservoirs de biodiversité, ils subissent des pressions anthropiques dues aux conditions socio-économiques défavorables, et les changements climatiques qui entraînent une dégradation progressive. Une gestion durable et la collaboration entre décideurs et communautés locales sont essentielles pour préserver ces écosystèmes. Des mesures de protection rigoureuses sont urgentes pour éviter la dégradation de ces habitats d'ici 2050, en respectant les normes d'exploitation en vigueur au Togo.

6. Remerciements

En mémoire de Yao Agbelessessi WOEGAN, dont les précieux conseils et l'accompagnement bienveillant ont grandement contribué à la réalisation de ce travail. Son dévouement et sa rigueur scientifique resteront une source d'inspiration. Les auteurs tiennent également à exprimer leur profonde gratitude envers toutes les personnes-ressources qui ont participé à la collecte des données sur le terrain. Enfin, nos sincères remerciements vont aux évaluateurs dont les propositions et suggestions constructives ont permis d'améliorer significativement le présent document.

7. Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Tagba
Gestion des données	Tagba
Analyse formelle	Tagba, Dourma
Enquête et investigation	Tagba, Akpegnon, N'Dri
Méthodologie	Tagba
Supervision Validation	Folega, Wala, Batawila, Akpagana
Écriture – Préparation	Tagba
Écriture – Révision	Tagba

References

- Akoègninou A., Van der Burg WJ., Van der Maesen LJG. (2006). Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers
- Aleza K., Wala K., Bayala J. (2015). Population structure and regeneration status of *Vitellaria Paradoxa* (CF Gaertner) under different land management regimes in Atacora department, Benin. *Agroforestry Systems* 89:511–523.
- Atakpama W., Asseki E., Amana EK. (2018). Importance socio-économique de la forêt communautaire d'Edouwossi-copé dans la préfecture d'Amou au Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 6:55–63.
- Atakpama Wouyo, Folega Fousseni, Azo AK. (2017a). Cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'Amavénou dans la préfecture d'Agou au Togo. *Rev Géog Univ Ouagadougou* 6:59–82.
- Atakpama Wouyo, Folega Fousseni, Azo AK. (2017b). Cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'Amavénou dans la préfecture d'Agou au Togo. *Rev Géog Univ Ouagadougou* 6:59–82.
- Bigma B., Woegan Yao A., Bawa A. (2022). Ceintures vertes villageoises de la préfecture de l'Avé au Togo (Afrique de l'ouest) : diversité floristique, menaces et modes de gestion. 12.
- Bigma B., Woegan Yao A., Koumantiga D. (2021). Cartographie et analyse diachronique des ceintures vertes villageoises de la préfecture de l'avé au Togo (Afrique de l'ouest). *Dynamiques environnementales Journal international de géosciences et de l'environnement* 1–22.
- Birregah Bigma.W. (2016). Usages endogènes des plantes dans la préfecture de Doufelgou: exploitations, menaces et méthodes de conservation. Mémoire: Université de Lomé (Togo).
- Bouko BS., Sinsin B., Soulé BG. (2007). Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin.
- Bruhier SV., Moyne M.L., Brun JJ. (1998). La richesse spécifique: un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace - Application en Haute Maurienne (Aussois, Savoie).
- Brunel J-F., Hiepko P., Scholz H. (1984). Flore analytique du Togo: phanérogames. *Englera* 3–751.
- Chandrashekar UM., Sankar S. (1998). Ecology and management of sacred groves in Kerala, India. *Forest Ecology and Management* 112:165–177.
- Charahabil M., Diallo A., Ngom D. (2013). Importance of Combretaceae in community forests in the Sudano-Sahelian region of Senegal. *Science et Changements Planétaires - Secheresse* 24:39–47. <https://doi.org/10.1684/sec.2012.0368>
- Djakambi. (2019). Appui aux collectivités locales de la plaine du mono pour la promotion et la gestion durable des forêts communautaires au togo.
- Dourma (2008). Les forêts claires à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf et *I. tomentosa* (Harms) Craib & Stapf (Fabaceae) en zone soudanienne du Togo : éco logie, régénération naturelle et activités humain.
- Dourma Marra, Batawila Komlan, Wala Kperkouma. (2009a). Régénération naturelle des peuplements à *Isoberlinia* spp. en zone soudanienne au Togo. *Acta Botanica Gallica* 156:415–425. <https://doi.org/10.1080/12538078.2009.10516167>.
- Dourma Marra, Batawila Komlan, Wala Kperkouma. (2009b). Régénération naturelle des peuplements à *Isoberlinia* spp. en zone soudanienne au Togo. *Acta Botanica Gallica* 156:415–425. <https://doi.org/10.1080/12538078.2009.10516167>.
- Dourma Marra, Soou E., Amana EK. (2017). La foret classée d'Atakpame : diversité, typologie, sequestration de carbone et activites anthropiques. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* 19:29–45
- Ern H. (1979). Die vegetation togos. gliederung, gefährdung, erhaltung. *Willdenowia* 295–312 11.
- Folega F, Wouyo A, Kperkouma W, Beckline M, Shibata S, Osawa A, Zhao XH, Akpagana K (2019) Land use patterns and tree species diversity in the Volta Geological Unit, Togo. *Journal of Mountain Science*; 16(8):1869–1882.
- Folega Fousseni. (2017). Potentialités écologiques et socio-économiques de la forêt communautaire d'Agbédougbe (Région des Plateaux-Togo). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 19 (2) : 31–49.
- Folega Fousseni, Zhang C., Woegan Y. (2014). structure and ecology of forest plant community in togo. *Journal of Tropical Forest Science*
- Goba A.E., Koffi KG., Sié R.S. (2019). Structure démographique et régénération naturelle des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) des savanes de Côte d'Ivoire. *Bois & forets des tropiques* 341:5–14. <https://doi.org/10.19182/bft2019.341.a31750>.
- Guinochet M. (1982). Josias Braun—Blanquet (1884–1980). *Bulletin de la Société Botanique de France Lettres Botaniques* 129:73–76. <https://doi.org/10.1080/01811797.1982.10824529>.
- Kokou Kouami., Atato A., Bellefontaine R. (2006). Diversité des forêts denses sèches du Togo (Afrique de l'Ouest). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie* 61:225–246.
- Kokou K., Caballé G. (2000). Les îlots forestiers de la plaine côtière togolaise. *bois & forets des tropiques* 263:39–51. <https://doi.org/10.19182/bft2000.263.a20059>.
- Kokou Kouami, Caballé G., Akpagana Koffi (1999). Analyse floristique des îlots forestiers du sud du Togo. *Acta Botanica Gallica* 146:139–144. <https://doi.org/10.1080/12538078.1999.10515812>
- Kouami kokou, guy c. (2000). les îlots forestiers de la plaine côtière to g o l a i s e. Université de Lomé, pp 39–51

- Kouami Kokou, Kossi A., Klaus H. (2005). Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.2456>
- Koumoï Achraf. (2020). État de conservation des ilots de forêts communautaires du bassin versant de Klikpa dans la préfecture de l'Avé (Togo). Mémoire Master, Université de Lomé
- Langunu S., Konga., Billy S., N'tambwe Nghonda Dieudonné. (2022). Influence des facteurs écologiques sur la répartition de Juvéniles sous semenciers et Modèle écologique de recrutement de *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg dans une forêt semi-décidue du nord-est de la RD Congo [Influence of ecological factors on the distribution of juveniles under seedlings and ecological model of recruitment of *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg in a semi-deciduous forest in northeastern DR Congo]. 302–314.
- Lévêque A. (1970). L'origine des concrétions ferrugineuses dans les sols du socle granito-gneissique au Togo : approche du problème.
- Lévêque C. (2007). À propos de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire : l'économie de l'environnement à l'épreuve des faits. *Natures Sciences Sociétés* 15:77–80. <https://doi.org/10.1051/nss:2007029>.
- Mbayngone E., Thiombiano A. (2011). Dégradation des aires protégées par l'exploitation des ressources végétales: cas de la réserve partielle de faune de Pama, Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Fruits* 66:187–202.
- N'Da DH, Adou YCY, N'Guessan E, Kone M. (2008) Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.
- Ousseina S., Fortina R., Marichatou H., Yenikoye A. (2015). Diversité, structure et régénération de la végétation ligneuse de la Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous, Niger. *Int J Bio Chem Sci* 9:910. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.29>.
- Rakotoarimanana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N., Carrière S. (2008). Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragère d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Science et changements planétaires/Sécheresse* 19:39–46. <https://doi.org/10.1684/sec.2008.0120>.
- Riera B. (1995). Rôle des perturbations actuelles et passées dans la dynamique et la mosaïque forestière. *Revue d'Écologie* 50:209–222
- Seou E., Akame L., Boukpepsi T. (2022). Diversité floristique et caractéristiques structurales des groupements végétaux du bassin du Zio (Sud-Togo). *Physio-Géo Géographie physique et environnement* 83–98. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.13984>.
- Straub F. (2006). Efficacité autoépuration de tracés aérien et karstique d'un effluent de station d'épuration (La Ronde, Jura suisse) : valeur indicative des diatomées. La Ronde
- Tran-Ha M., Cordonnier T., Vallet P., Lombart T. (2011). Estimation du volume total aérien des peuplements forestiers à partir de la surface terrière et de la hauteur de Lorey.
- Woegan Y.A. (2011a). Diversité des formations végétales ligneuses du Parc national de Fazao- Malfakassa et de la réserve d'Aledjo (Togo). *Acta Botanica Gallica* 158:445–449. <https://doi.org/10.1080/12538078.2011.10516286>.
- Woegan Y.A. (2011b). Diversité des formations végétales ligneuses du Parc national de Fazao- Malfakassa et de la réserve d'Aledjo (Togo). *Acta Botanica Gallica* 158:445–449. <https://doi.org/10.1080/12538078.2011.10516286>.
- Wouyo A., Fousséni F., Kokouvi A.A. (2017). cartographie, diversité et structure démographique de la forêt communautaire d'amavenou dans la préfecture d'Agou au Togo.