

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
FACULTE DES SCIENCES



UNIVERSITY OF YAOUNDE I
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

Diversité floristique, stocks de carbone et facteurs de dégradation des forêts sacrées de la Région de l'Ouest Cameroun: cas de Bandrefam et Batoufam.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des Organismes
Végétaux
Option : *Botanique-Ecologie*

Par :

MBAIRE MATINDJE Karl Marx
Licencié ès Sciences
Matricule : 21T2183

Sous la direction de :

MAFFO MAFFO Nicole Liliane
Chargé de Cours

Année académique : 2023-2024

DEDICACE

A mon papa, ALYO Matindjé.

.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, ma reconnaissance va à l'endroit de Dieu tout puissant pour la santé et la protection qu'il m'a accordé durant ces cinq années de formation. Nos sincères remerciements s'adressent :

- au Dr. MAFFO MAFFO Nicole Liliane, superviseure de ce mémoire, qui m'a initié à la recherche et suivi jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma sincère reconnaissance, surtout pour ses conseils, sa disponibilité et sa rigueur ;
- au Pr. AMBANG Zachée, Chef de Département de la filière Biologie et Physiologie végétales et à tous les enseignants qui ne ménagent aucun effort pour le rayonnement dudit Département par la rigueur scientifique et la qualité des enseignements dispensés ;
- au Dr. MOUNMEMI KPOUMIE Hubert pour son soutien multiforme tant sur le terrain, la lecture du présent mémoire et pour les conseils prodigués dans cette rédaction ;
- à mes parents mesdames LABEU Issa, DENETOLEM MINGAMADJI Victorine et YOHOSGUIRAM MARIE-Bibiène et monsieur DINGAMTOUDJI MATINDJE Michel pour leurs soutiens tant morale que matériel ;
- à tous les membres du laboratoire de Botanique-Ecologie / Unité de recherche de systématique et Evaluation de stock de carbone de l'Université de Yaoundé I pour leurs remarques et suggestions qui ont contribué à améliorer la qualité de ce travail ;
- à mes camarades de promotion pour une bonne ambiance et la convivialité observée tout au long de notre formation académique ;
- -à GUENDJO KENMOUGNE Paule Mariette, et MEDJUBIT YOTCHOU Emile André pour leur soutien ;
- aux membres du jury qui examineront ce travail, nous tenons à leur exprimer notre gratitude pour leurs remarques et suggestions qui nous permettent de l'améliorer ;
- à tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail, qu'ils reçoivent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
RESUME	viii
ABSTRACT	ix
CHAPITRE I. GENERALITES.....	1
I.1. Introduction.....	1
I.2. Revue de la littérature.....	3
I.2.1. Définition des concepts.....	3
I.2.2. Séquestration du carbone.....	6
I.2.3. Biomasse ligneuse et stock de carbone.....	8
I.2.4. Equations allométriques.....	10
I.2.5. Mécanisme REDD et son évolution	11
I.2.6. Facteurs de dégradations des forêts	12
I.2.7. Présentation de la zone d'étude	12
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES	17
II.1. Matériel	17
II.1.1. Justificatifs du choix de la zone d'étude	17
II.1.2. Présentation de la zone d'étude	17
II.1.3. Matériel spécifique	17
II.2. Méthodes	18
II.2.1. Evaluation de la diversité ligneuse	18
II.2.2. Structures des végétations des différentes forêts sacrées étudiées	24
II.2.3. Estimation des stocks de carbone des forêts sacrées étudiées.....	27
II.2.4. Facteurs de dégradation des différentes forêts sacrées.....	30
CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION	32
III.1. Résultats	32
III.1.1. Evaluation de la diversité ligneuse dans les forêts sacrées étudiées	32
III.1.2. Paramètres structuraux des flores étudiées	37

III.1.3. Corrélations entre les variables	45
III.1.4. Estimation du stock de carbone	49
III.1.5. Facteurs de dégradation des forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam	56
III.2. Discussion	58
III.2.1. Inventaire floristique	58
III.2.2. Statuts de conservation des espèces selon UICN.....	59
III.2.3. Estimation du stock de carbone	59
III.2.4. Facteurs de dégradation	60
CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	61
IV.1. Conclusion.....	61
IV.2. Perspectives	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	63
ANNEXES.....	I

LISTE DES FIGURES

Fig .1. Localisation de la zone d'étude	18
Fig. 2. Dispositif d'inventaire de la diversité floristique	19
Fig.3. Mesure des diamètres des espèces inventoriées	20
Fig 5. Courbes de raréfaction des différents sites d'études.....	32
Fig. 6. Diversité générique des sites échantillonnés	35
Fig.7. Diversité des familles dans la forêt sacrée de Bandrefam	36
Fig.8. Diversité des familles dans la forêt sacrée de Batoufam	37
Fig.10. Distribution des surfaces terrières dans les sites d'études.	38
Fig.11. Densité des arbres de chaque site d'étude	40
Fig.12. FIV des différents sites de collecte des échantillons	42
Fig. 13. IVI des différentes zones d'étude	43
Fig.14. Statuts de conservation des espèces selon IUCN	45
Fig. 15. Corrélations entre densité relative et dominance relative des espèces à Bandrefam.....	46
Fig.16.Corrélations entre densité relative et dominance relative des espèces à Batoufam.....	47
Fig .17. Corrélations entre densité relative et dominance relative des familles à Bandrefam	48
Fig.18. Corrélations entre densité relative et dominance relative des familles à Batoufam	48
Fig. 19. Variation des stocks de carbone par classes de diamètre dans les sites d'étude	52
Fig.20. Corrélations entre les stocks de Carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces de Bandrefam.....	53
Fig.21. Corrélations entre les stocks de Carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces Batoufam.....	54
Fig.22. Relations entre la surface terrière, les stocks de Carbone et les diamètres d'espèces végétales à Bandrefam.....	55
Fig.23. Relations entre la surface terrière, les stocks de carbone et le diamètre espèces végétales Batoufam.....	56
Fig.24. Facteurs de dégradation dans les deux sites d'études	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Stratification des sites selon Letouzey (1985).	24
Tableau II. Indice de richesse et de diversité floristiques	33
Tableau III : Quotient générique des sites échantillonnés.....	35
Tableau IV : Surfaces terrières des espèces dans les deux sites d'études	39
Tableau V. Classes de diamètre total dans les sites d'étude	41
Tableau VI : Régénération des espèces dans les forêts sacrées	44
Tableau VII : Stocks de carbone	49
Tableau VIII : Carbone souterrain	50
Tableau IX : Stocks de carbone totaux.....	50
Tableau X : Valeur écologique et économique des différentes forêts sacrées.....	51

LISTE DES ABREVIATIONS

AFAUT	:	Agriculture, Foresterie et Autres Utilisations des Terres
C		Carbone
CCNUCC	:	Convention-Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques
CH ₄	:	Méthane
CO ₂	:	Dioxyde de Carbone
COMIFAC		Commission des forêts d’Afrique Centrale
DBH	:	Diamètre à Hauteur de Poitrine
FAO	:	Organisation des Nations-Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture
FS		Forêt Sacrée
GES	:	Gaz à Effet de Serre
GIEC	:	Groupe d’Experts Intergouvernementaux sur l’évolution du Climat
GPS	:	Global Positionning System
LiDAR	:	Light Detection and Ranging
MEA	:	Millenium Ecosystem Assesment
RADAR	:	Radio Detection And Ranging
REDD ⁺	:	Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts
ST		Surface Terrière
UICN	:	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UNESCO		Organisation des Nations Unies pour l’Education, la Science et la Culture

RESUME

Les forêts sacrées jouent un rôle précieux dans la conservation de la biodiversité locale et fournissent des nombreux services écosystémiques au Cameroun. L'étude a été réalisée dans les forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam (ouest-Cameroun). Elle avait pour objectif d'estimer la diversité des ligneux, les stocks de carbone et les facteurs de dégradation de ces forêts sacrées. L'inventaire floristique a été réalisé dans des parcelles de 25 m × 25 m pour les individus de diamètres supérieurs à 10 cm ; 5 m × 5 m pour les individus de diamètres inférieurs à 10 cm. L'estimation des stocks de carbone a été faite à partir de la méthode non destructive et des équations allométriques de Fayolle et *al.* (2018) ; Chave et *al.* (2014) et Ntomen (2020). Les données sur les facteurs de dégradation ont été collectées à l'aide d'enquêtes semi-structurées dans les quartiers de Bandrefam et Batoufam. L'inventaire floristique a permis de recenser 65 espèces réparties en 57 genres et 30 familles dans la FS de Bandrefam et 45 espèces réparties en 42 genres et 27 familles FS de Batoufam. Dans la forêt sacrée de Bandrefam, les familles les plus représentées sont les *Moraceae* et *Phyllanthaceae* (9 espèces chacune), *Fabaceae*, *Lamiaceae* et *Olacaceae* (8 espèces chacune). A Batoufam, les familles les plus représentées sont les *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Phyllanthaceae* et *Rubiaceae* (9 espèces chacune), *Araliaceae*, *Malvaceae*, *Meliaceae* et *Moraceae* (8 espèces chacune). La forte densité de peuplement est observée dans la forêt sacrée de Bandrefam (303,89 tiges). Le stock de carbone total est de 469,26 tC/ha à Batoufam et 291,41 tC/ha à Bandrefam. La valeur économique quant à elle varie entre 15 823 877,05 fcfa à Batoufam et 9 825 530,528 Fcfa à Bandrefam). Cette étude montre que malgré le caractère sacré de ces forêts, elles subissent des facteurs de dégradation tels que les feux de brousse (35,42 %), la création des plantations (23,96 %), l'exploitation illégale des bois d'œuvre (21,88 %), le désintérêt des jeunes à la notion de conservation (9,38 %), des changements climatiques (7,29 %) et l'urbanisation grandissante (2,08 %). Ces facteurs menacent la biodiversité et réduisent le stockage de carbone dans ces forêts.

Mots clés : forêts sacrées, facteurs de dégradation, stocks de carbone, enquêtes semi-structurées.

ABSTRACT

Sacred forests play a valuable role in conserving local biodiversity and provide numerous ecosystem services in Cameroon. The study was carried out in the sacred forests of Bandrefam and Batoufam (western Cameroon). The aim was to estimate the diversity of woody species, carbon stocks and degradation factors in these sacred forests. The floristic inventory was carried out in plots measuring 25 m × 25 m for trees with diameters greater than 10 cm, and 5 m × 5 m for trees with diameters less than 10 cm. Carbon stocks were estimated using the non-destructive method and the allometric equations of Fayolle *et al.* (2018), Chave *et al.* (2014) and Ntomen (2020). Data on degradation factors were collected using semi-structured surveys in the Bandrefam and Batoufam neighbourhoods. The floristic inventory identified 65 species divided into 57 genera and 30 families in the Bandrefam sacred forest, and 45 species divided into 42 genera and 27 families in the Batoufam sacred forest. In the Bandrefam sacred forest, the most represented families are Moraceae and Phyllanthaceae (9 species each), Fabaceae, Lamiaceae and Olacaceae (8 species each). At Batoufam, the most represented families are Fabaceae, Lamiaceae, Phyllanthaceae and Rubiaceae (9 species each), Araliaceae, Malvaceae, Meliaceae and Moraceae (8 species each). The highest stand density was observed in the Bandrefam sacred forest (303.89 stems). The total carbon stock is 469.26 tC/ha at Batoufam and 291.41 tC/ha at Bandrefam. The economic value varies between 15 823 877.05 CFA francs at Batoufam and 9 825 530.528 CFA francs at Bandrefam.) The study shows that despite the sacred nature of these forests, they are subject to degradation factors such as bush fires (35.42 %), the creation of plantations (23.96 %), illegal timber exploitation (21.88 %), young people's lack of interest in the notion of conservation (9.38 %), climate change (7.29 %) and growing urbanisation (2.08 %). These factors threaten biodiversity and reduce carbon storage in these forests.

Key words: sacred forests, degradation factors, carbon stocks, semi-structured surveys.

CHAPITRE I. GENERALITES

I.1. Introduction

Les forêts tropicales sont des réservoirs précieux de carbone et de biodiversité et jouent un rôle crucial dans la lutte contre le changement climatique (Anonyme 1, 2015). Les forêts du bassin du Congo constituent le second plus grand massif des forêts denses tropicales du monde après le massif amazonien, avec une superficie totale estimée à environ 200 millions d'hectares et couvrant 90 % des forêts tropicales denses d'Afrique (Doetinchen & Megevend, 2013). Leur dégradation entraîne non seulement la perte du couvert forestier, mais également une réduction de leur capacité à fournir des biens et services tels que le stockage du carbone, la régulation du climat et la conservation de la biodiversité (Berenguer et *al.*, 2014).

Au Cameroun, les forêts occupent plus de 19,09 millions d'hectares, ce qui représente 11 % des forêts du bassin du Congo et 41,3 % du territoire national (Anonyme 2, 2008). Ces forêts revêtent une grande importance car, elles fournissent des biens et services essentiels à plus de 1,2 milliards de personnes dans le monde (Anonyme 3, 2004). De plus, elles abritent plus de 8000 espèces végétales réparties dans 220 familles et 1800 genres, ce qui fait du Cameroun l'un des pays les plus diversifiés d'Afrique en termes de biodiversité végétale (Letouzey, 1985 ; Onana, 2011). Bien conscient de cette importance, le pays a pris en considération la gestion forestière en adoptant la loi forestière du 20 janvier 1994 qui régit les forêts, la faune et la pêche dans une perspective du développement durable. Cependant, il convient de noter que cette loi ne prend pas en considération les Forêts Sacrées (FS). Ce vide juridique s'ajoute aux nombreuses menaces auxquelles sont confrontées ces FS (Ngounou & Maroy, 2022).

En plus d'être considérés comme derniers refuges de la biodiversité, les FS constituent aussi des reliques uniques d'importance socio-culturelle et écologique. Elles abritent des écosystèmes forestiers uniques et sont considérées comme des lieux spirituels et religieux importants. Elles se présentent généralement sous la forme de parcelles de végétation non exploitées, sont relativement mieux protégées que les autres forêts et contribuent non seulement à la conservation de la biodiversité, mais aussi à augmenter les moyens de subsistance des communautés locales (Tchindjang et *al.*, 2022 ; Talukdar et Gupta, 2018 ; Tura et *al.*, 2013). Des études indiquent aussi que cette biodiversité est caractérisée par un degré élevé d'endémisme (Ngounou et *al.*, 2023). Elles sont préservées par les communautés autochtones selon leurs croyances religieuses et leurs tabous (Abdullah et *al.*, 2022).

Par ailleurs, les FS contribuent à atténuer de la menace mondiale changement climatique par le stockage du carbone (C) et un service écosystémique régulateur (Pala et *al.*, 2013). De ce fait, leur

conservation et valorisation s'avèrent indispensables pour les besoins des populations locales d'une part et ceux du monde d'autre part. Ainsi, elles intéressent de plus en plus les chercheurs et les organismes de protection de la nature comme la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC), l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO), la Convention sur la diversité Biologique (CDB) et la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) à travers son initiative REDD⁺ (Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation) (Agbani et *al.*, 2018).

La Région de l'Ouest Cameroun compte parmi celles où la tradition semble encore être relativement bien conservée et se comporte paradoxalement comme une zone de forte densité humaine où le maintien des systèmes traditionnels est prégnant (Tchindjang et *al.*, 2022). Ces fortes densités humaines riment avec intensification des activités agricoles et agropastorales qui impliquent une forte dégradation des terres. Ainsi, depuis des décennies, les forêts sacrées de cette zone subissent de plus en plus une urbanisation accrue et des pressions anthropiques (pression foncière, poussée démographique, pratiques agricoles, exploitation illégale, feux de végétation, etc.) (Ibrahima et *al.*, 2014). Ces nombreux facteurs de dégradation restent donc une préoccupation écologique majeure dans ces FS car ils menacent leurs biodiversités, leurs intégrités écologiques et leur rôle écosystémique (Lounang et *al.*, 2018 ; Cardelùs et *al.*, 2019 ; Ngounou 2023). Les forêts sacrées de Bandrefam et de Batoufam situées dans la région de l'Ouest-Cameroun, n'en demeurent pas moins concernées par tous ces fléaux cités plus haut. Par ailleurs, au regard de la composition floristique et de la séquestration en carbone que ces reliques des forêts peuvent contenir, leur prise en compte dans les politiques de la REDD⁺ et de crédits carbone s'impose.

Plusieurs auteurs ont réalisé des études dans les forêts sacrées de l'ouest Cameroun. Ainsi, Ngounou (2023) a étudié la diversité floristique et le stockage du carbone dans les forêts sacrées de la Commune de Bazou. Tiokeng et *al.* (2020) ont mené une étude détaillée sur l'importance des forêts sacrées de Mbing Mekoup, Bamendjinda et de Bamendjo en faisant une étude détaillée de la composition floristique de ces dernières et le statut de conservation des espèces qui y ont été recensées. Lounang et *al.* (2018) ont inventorié les arbres et estimé les stocks de carbone dans la forêt sacrée de Konoghap, en les comparant à ceux des haies et plantations d'*Eucalyptus*. Nkongmeneck (2010) a fait une cartographie et une étude diagnostic des forêts sacrées du Cameroun. Cependant, une insuffisance de données est observée sur les études de la diversité floristique et le potentiel de stockage de carbone des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam. Il s'avère donc nécessaire de continuer des études dans ces forêts sacrées car en plus d'être d'un apport considérable pour le renforcement du système de

gestion locale, elles contribuent à la connaissance de la diversité floristique, du potentiel de séquestration du carbone (lutte contre les changements climatiques) et permettent d'enrichir la base des données du Cameroun dans son processus d'atteintes aux objectifs de la REDD+.

D'où la question principale de savoir quels sont les facteurs de dégradation, la composition floristique et le potentiel de séquestration de carbone actuel des forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam, tous situés dans la région de l'Ouest-Cameroun ?

Les hypothèses à vérifier au cours de cette étude sont les suivantes :

- les activités humaines pratiquées dans les forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam auraient un impact sur la distribution et la diversité floristique et le potentiel de séquestration de carbone des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam ;
- le potentiel de la diversité végétale des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam serait sous la menace constante de l'urbanisation accrue et des activités anthropiques avec pour conséquence la rareté et la disparition de plusieurs espèces végétales ;
- la structure des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam serait sous la menace constante des divers facteurs de dégradation et des activités anthropiques avec pour conséquence la rareté et la disparition de plusieurs espèces à statut particulier ;
- les facteurs de dégradation résultant des activités anthropiques diminueraient le potentiel de séquestration du carbone de ces forêts sacrées ;

L'objectif visé de ce travail était d'estimer la diversité ligneuse, les stocks de carbone et les facteurs de dégradation des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam.

Plus spécifiquement, il s'agissait de :

- inventorier des diversités ligneuses des forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam ;
- déterminer la structure des forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam ;
- estimer les stock de carbone dans lesdites forêts ;
- déterminer des facteurs de dégradation dans ces forêts sacrées.

I.2. Revue de la littérature

I.2.1. Définition des concepts

I.2.1.1. Biodiversité

La biodiversité est, dans l'article 2, du cadre de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) du 05 juin 1992, définie comme étant « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre-autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les

complexes écologiques dont ils font parties ; cela comprend la diversité au sein des espèces ainsi que celle des écosystèmes » (Anonyme 4, 1992). D'autre part, la biodiversité est également définie comme étant l'ensemble des interactions entre la diversité génétique, interaction entre la diversité des espèces, interactions entre la diversité des écosystèmes (Le Guyader, 2008).

En Afrique centrale, des millions de personnes dépendent des forêts tropicales pour leur subsistance. Ces écosystèmes abritent une biodiversité unique et fournissent des services écosystémiques (SE) essentiels. Ces services peuvent varier en fonction des stratégies de gestion et sont définie par le Millenium Ecosystem Assesment (MEA) comme étant des biens et des services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (Sofowora, 2010).

I.2.1.2. Forêt

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) définit la forêt comme une surface de territoire d'une aire minimale comprise entre 0,5 et 1 ha, dont la couverture forestière minimale est comprise entre 10 et 30 % et est assurée par des arbres susceptibles d'atteindre une hauteur minimale de 2 à 5 m à maturité (Anonyme 5, 2003). Ainsi, les forêts sont définies à partir des trois critères suivants :

- superficie minimale du peuplement : 0,5 ha ;
- hauteur minimale définissant les arbres adultes : 5 m ;
- taux de recouvrement de la canopée : plus de 10 %.

La loi camerounaise (N°94/01) définit la forêt comme les terrains comportant une couverture végétale dans laquelle prédominent les arbres, les arbustes et autres espèces susceptibles de fournir des produits autres qu'agricoles (Anonyme 6, 1994). La forêt désigne ainsi une formation forestière dense, ou des arbres forment plusieurs étages, couvrent une forte proportion de sol et une formation forestière ouverte (Laitat et *al.*, 2004).

I.2.1.3. Changement climatique

Le changement climatique correspond à une modification permanente des paramètres statistiques du climat global de la terre ou de ses divers climats régionaux. Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) définit le changement climatique comme une variation de l'état du climat, qu'on peut déceler (par exemple au moyen des tests statistiques) par une

modification de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant les décennies ou plus (Qin et *al.*, 2013).

La Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) quant à elle, définit les changements climatiques comme « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observé au cours des périodes comparables » (Qin et *al.*, *op cit.*).

I.2.1.4. Déforestation

La FAO définit la déforestation comme une conversion de la forêt à d'autres utilisations des terres indépendamment du fait qu'elle soit anthropique ou pas (Anonyme 7, 2018). La Convention-Cadre de Nations Unies pour le Changement Climatique (CCNUCC) quant à elle, définit la déforestation comme la conversion anthropique directe d'une superficie continue d'au moins 0,10 ha de terres forestières en terre non forestière (Anonyme 8, 2017). Le GIEC quant à lui, la définit comme la « suppression permanente du couvert forestier et la conversion des terres forestières à d'autres usages, que ce soit délibérément ou en raison des circonstances » (Ngoy, 2011). La déforestation représente donc la réduction du recouvrement de la canopée à la suite de l'exploitation forestière en dessous du seuil défini par un pays (Nasi et *al.*, 2008). Il est important de noter que dans le cadre des négociations climat et de la REDD⁺, la déforestation et la dégradation des forêts sont considérées uniquement sous le prisme des stocks de carbone, la biodiversité et d'autres fonctions de la forêt étant ignorées (Atyi et *al.*, 2008).

I.2.1.5. Dégradation des forêts

La dégradation des forêts est la conversion d'une classe de forêt ayant une densité des stocks de carbone plus élevés que la moyenne en une autre classe de forêt ayant une densité plus basse que la moyenne (Doetinchem & Megevand, 2013). La dégradation d'une forêt est la réduction de sa capacité à fournir des biens et des services. Dans le contexte de la REDD⁺, la dégradation peut être perçue comme une perte partielle (diminution) des stocks de biomasse ou de carbone causée par des activités humaines (Kanninen et *al.*, 2007). D'une manière générale, la dégradation des forêts est un type d'intervention anthropique entraînant la modification du couvert, de la structure et/ou de la composition et de la fonction des forêts (Souza et *al.*, 2015). Cependant, cette définition ne permet pas un suivi rigoureux de la quantité de carbone émise par les forêts qui se dégradent (Nasi et *al.*, 2008).

I.2.1.6. Généralité sur les forêts sacrées

Les forêts sacrées sont des forêts protégées par les croyances religieuses et les traditions de différents groupes humains. En effet, pour les communautés, ces forêts abritent les dieux, les totems (la plupart étant des animaux présents), les esprits des ancêtres fondateurs du village qui protègent le village contre ses ennemis et les calamités diverses. Ce sont des lieux mythiques et mystérieux où sont gardés de grands secrets d'initiation et des objets sacrés (Ngounou, 2023). Dans ces forêts chaque espèce a une signification et une importance. L'accès étant interdit, seuls les notables, les personnes initiées, celles autorisées et accompagnées par des initiés y ont accès (Pradelle de Latour, 1997).

En pays Bamiléké on distingue deux types de forêts sacrées : les forêts sacrées de quartier ou forêts sacrées lieux de cultes et les forêts sacrées de chefferies.

Les forêts sacrées de quartier sont des îlots de forêts naturelles que l'on rencontre dans la quasi-totalité des quartiers de chaque village. Pour les populations, ces forêts abritent les dieux qui les protègent ou leur viennent en aide en cas de difficultés. En général, un sanctuaire est construit dans chacune de ces forêts pour servir de lieu de culte animiste. Les gens y offrent régulièrement des sacrifices aux dieux individuellement ou collectivement au dépens de la nature de la cause de ces sacrifices (Nkongmeneck et al., 2010).

Les forêts sacrées de chefferie sont des îlots de forêts naturelles rencontrées autour de la chefferie de chaque village. Elles sont le lieu des rites initiatiques des différents clans présents dans le village. Les dignitaires du village ou les dignitaires de sociétés secrètes tiennent des réunions hebdomadaires. Ces forêts sont également considérées comme un sanctuaire pour les totems des chefs et des célébrités et des autres divinités protectrices du village (Nkongmeneck et al. *op.cit.*).

I.2.2. Séquestration du carbone

Selon la CCNUCC, le stock de carbone se définit comme la quantité totale de carbone contenue à l'intérieur d'un système doté de la capacité d'accumuler ou de libérer du carbone à un moment spécifié (Anonyme 9, 1997). Le stock de carbone correspond au carbone séquestré par la végétation, le sol, le bois mort et la litière (Jean et Philippe, 2021). On peut décliner sa compréhension à trois niveaux : puits de carbone, réservoirs ou pools de carbone et enfin cycle de carbone.

I.2.2.1. Puits de carbone

La séquestration du carbone (piégeage ou emprisonnement) désigne les processus d'absorption du dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère terrestre et de leur stockage dans les puits de carbone. En l'an 2000, le GIEC a défini le puits de carbone comme « tout processus ou mécanisme qui absorbe un gaz à effet de serre (CO₂ et le méthane (CH₄)) présent dans l'atmosphère ». Le concept de puits de carbone s'est diffusé avec le protocole de Kyoto créé dans le but de réduire les concentrations croissantes de CO₂ atmosphérique et de lutter ainsi contre le réchauffement climatique. L'écosystème forestier séquestre et emmagasine d'énormes quantités de carbone dans le bois, les racines, le sol et l'écosystème via la photosynthèse (Pignard et *al.*, 2004). Un puits a au contraire une source qui consiste en une émission du CO₂ ou gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et la variation entre ces entités constitue le flux (Lekeufack, 2019).

I.2.2.2. Réservoirs ou pools de carbone

Les réservoirs ou pools de carbone désignent des unités physiques capables de stocker du carbone par suite d'une action de puits (par exemple la séquestration par les arbres) ou captage (par exemple dans une formation géologique). La quantité de carbone accumulée dans un réservoir désigne un stock. Le carbone forestier est stocké dans cinq réservoirs, il s'agit des arbres vivants (partie aérienne et souterraine), le bois mort (nécromasse), la végétation du sous-bois, la litière et le sol (matière organique) (Kaire et *al.*, 2013).

I.2.2.3. Cycle de carbone

Dans les écosystèmes forestiers les flux de carbone les plus importants sont causés par la photosynthèse (fixation de carbone) et la respiration (émission de carbone) (Giasson, 2005). Les plantes assimilent le CO₂ atmosphérique et le transforment en sucres. La majorité de la photosynthèse se fait dans le feuillage mais aussi (très peu) dans les tiges, les branches, l'écorce, les cotylédons, les bourgeons et les fruits (Lekeufack, *op.cit.*). En général, plus de 35 à 60 % du carbone fixé est remis sous forme de CO₂ par la respiration qui est liée à la croissance et à l'entretien des tissus des végétaux, la moyenne étant d'environ 50 % (Waring et Running, 1998). La respiration est le processus métabolique qui permet à l'arbre de libérer et d'utiliser l'énergie emmagasinée dans les glucides synthétisés durant la photosynthèse.

La différence entre la quantité de carbone fixée en photosynthèse et émise par la respiration des plantes constitue la production primaire nette, c'est-à-dire la quantité de carbone contenue dans les

branches, les feuilles, les racines et les réserves énergétiques produites. La matière organique morte produite par les plantes sert quant à elle à alimenter une multitude d'animaux et de microorganismes, entraînant une émission de CO₂ dans l'atmosphère (Waring et Running, *op cit.*).

Sur une base annuelle, les écosystèmes forestiers non perturbés constituent généralement des puits de carbone, c'est-à-dire que la quantité de carbone fixée est supérieure à celle émise (Giasson, 2005). Ces écosystèmes peuvent toutefois constituer des sources de carbone au cours de certaines années (Lindroth et *al.*, 1998). D'un autre côté, au sein des écosystèmes récemment perturbés, les émissions de carbone dépassent habituellement la séquestration, transformant ces sites en sources de carbone (Giasson, *op cit.*). Ce bilan, qui inclut également les pertes directes de carbone survenues lors de la perturbation (matière organique brûlée), est appelé production nette de l'écosystème.

I.2.3. Biomasse ligneuse et stock de carbone

I.2.3.1. Biomasse ligneuse

La FAO définit « la biomasse ligneuse aérienne » comme « la quantité totale de matière ligneuse aérienne (tronc principal, écorce, branches, brindilles) des arbres vivants ou non, arbustes et buissons, à l'exclusion des souches et des racines, du feuillage, des fleurs et des semences » (Anonyme 10, 1997). En écologie, la biomasse désigne la quantité ou masse totale de matière vivante de toutes les espèces présentes dans un milieu donné. En foresterie, la biomasse végétale se présente sous de deux formes : biomasse épigée et biomasse hypogée. La biomasse épigée est la masse de parties aériennes des végétaux vivants ou morts alors que la biomasse hypogée est la biomasse végétale de la partie souterraine constituée des racines. La biomasse varie en fonction des facteurs géographiques ou physique (précipitation, topographie), des facteurs biologiques (composition végétative) et des facteurs anthropiques (usage historiques des sols) (Lekeufack, 2019).

La biomasse permet d'estimer la quantité potentielle de carbone pouvant être libérée dans l'atmosphère sous forme de CO₂ en cas de destruction de la surface forestière et la quantité de carbone pouvant être captée à travers les plantations ou la reforestation (Brown, 1997). De nombreuses recherches effectuées sur la séquestration du carbone montrent que la quantité de carbone séquestrée varie en fonction du type d'utilisation de terres et de la composition floristique des systèmes étudiés (Ibrahima et *al.*, 2002 ; Tayo, 2014 ; Njila, 2017).

I.2.3.2. Estimation de la biomasse

Pour estimer la biomasse aérienne d'un peuplement forestier donné, une équation allométrique liant biomasse et certains paramètres (hauteur, Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP), densité), doit être établie (Anonyme 11, 2008). Une telle allométrie est construite soit à partir de la méthode destructive, soit à partir de la méthode non destructive. La méthode destructive consiste à prendre les mesures dendrométriques d'une superficie ou d'un échantillon d'individus qui sont par la suite coupés à blanc. Toutes les parties de l'arbre (souches, tiges, branches, feuilles, etc.) sont séchées à l'étuve et pesées. Le poids sec constitue la biomasse de l'échantillon et est utilisé pour calculer les stocks de carbone (Marvouroulou, 2012). La méthode non destructive consiste à mesurer sur une parcelle les paramètres tels que le DHP, la hauteur, la densité du bois et les utiliser pour estimer les stocks de carbone. Il est à noter que l'allométrie ainsi construite n'est valable que pour l'endroit où elle a été établie et que pour une gamme de données de diamètre ou de hauteur. Dans le bassin du Congo, des modèles globaux d'estimation de biomasse basés sur de larges échantillons englobant plusieurs régions tropicales ont été déjà élaborés (Ibrahima et *al.*, 2002 ; Djomo et *al.*, 2010 ; Chave et *al.*, 2014). Ces méthodes basées sur les mesures directes produisent des résultats très précis malgré qu'elles soient coûteuses et lentes (Gibbs et *al.*, 2007 ; Machar et *al.*, 2016).

Des méthodes de télédétection ont été développées et sont de plus en plus utilisées pour l'estimation de la biomasse aérienne des forêts. Elles ont un grand potentiel pour la détermination des stocks de carbone dans la végétation (Pechanec et *al.*, 2017). De plus dans des zones inaccessibles, la télédétection représente la seule possibilité d'estimer les stocks de carbone dans le couvert végétal. C'est la raison pour laquelle de nombreuses études l'utilisent (Vicharnakorn et *al.*, 2014). La télédétection peut être utilisée pour l'estimation des stocks de carbone de deux moyens. La première est une évaluation de la biomasse sur la base d'un paramètre écophysologique sélectionné (production primaire, activité photosynthétique) et le calcul des stocks de carbone (Awange et Kyalo Kiema, 2013 ; Pechanec et *al.*, 2014). La seconde méthode est la cartographie de l'occupation des sols et la dérivation des différents caractères de base suivie de la combinaison de ces données avec ceux des inventaires forestiers (Pachavo et Murwira, 2014 ; Lizuka et Tateishi, 2015, Danilova et *al.*, 2017). La télédétection est utilisée à de grandes échelles de territoires permettant d'obtenir la biomasse sur des superficies à l'échelle régionale ou nationale et même globale (Saatchi et *al.*, 2011, Pechanec et *al.*, 2017).

I.2.4. Equations allométriques

Les équations allométriques sont des modèles développés pour le calcul de la biomasse sèche d'un arbre à partir de caractéristiques dendrométriques plus facile à mesurer (et de manière non destructive). En effet, le problème majeur posé dans l'estimation de la biomasse est l'absence de modèles standards de conversion des variables dendrométriques des arbres (densité du bois, diamètre, hauteur) en biomasse aérienne. L'usage des modèles allométriques est une étape cruciale dans l'estimation de la Biomasse aérienne (Chave et *al.*, 2001). On distingue les équations allométriques pantropicales et les équations locales.

I.2.4.1. Equations allométriques pantropicales

En l'absence d'équations allométriques calibrées localement, des équations pantropicales sont utilisées en Afrique tropicale. Plusieurs équations pantropicales développées par Chave et *al.* (2005) ont été largement utilisées en Afrique tropicale. Toutefois, la validité de ces équations en Afrique tropicale a été fortement discutée compte tenu de l'absence de données provenant d'Afrique tropicale dans la calibration des équations. Feldpausch et *al.* (2012) ont proposé deux équations pantropicales incorporant des données de biomasse pour 116 arbres d'Afrique tropicale dans leur construction. Enfin, Chave et *al.* (2014) ont effectué une révision des équations allométriques pantropicales en intégrant les données de biomasse pour 4004 arbres dont 1006 arbres d'Afrique tropicale. Ces équations allométriques développées par Chave et *al.* (2014) sont plus performantes et robustes et leur utilisation conduit à une précision de 90 % dans les estimations de la biomasse à l'échelle de 0,25 ha dans les forêts tropicales humides.

I.2.4.2. Equations allométriques locales

Ce sont des équations allométriques calibrées à l'échelle locale. On compte 1058 équations allométriques de biomasse et de volume répertoriées pour l'Afrique sub-saharienne (Henry et *al.*, 2011). Les forêts tropicales sont structurellement complexes et riches en espèces ; il est illusoire de développer des équations allométriques pour chaque espèce. Il apparaît indispensable d'avoir recours à des équations plurispécifiques intégrant la densité du bois dans le jeu des prédicteurs (Chave et *al.*, 2005). En Afrique tropicale, peu d'équations de ce type ont été établies selon un protocole adéquat (c'est-à-dire supérieur à 100 arbres bien répartis sur la gamme de diamètre, Chave et *al.*, *op cit.*). Leur rareté est encore plus flagrante en ce qui concerne la prise en compte de la biomasse souterraine. Certaines équations allométriques de biomasse ont été construites à partir d'un nombre limité

d'individus et d'autres intègrent très peu d'arbres de gros diamètres, de 1 à 79 cm de diamètre (Djomo et al., 2010). Selon Panzou et al., (2016), seulement trois études menées en Afrique tropicale suivent les recommandations de Chave et al., (2004). Deux études réalisées en Afrique centrale ont permis d'établir des équations locales pour l'estimation de la biomasse aérienne des arbres des forêts denses humides de transition du sud-est du Cameroun (Fayolle et al., 2013) et du nord-est du Gabon (Ngomanda et al., 2014). La dernière a été réalisée en Afrique de l'Est dans les forêts de type Miombo, en Tanzanie (Mugasha et al., 2013) et a intégré l'estimation de la biomasse souterraine. Toutefois, l'utilisation des équations allométriques locales dans les sites autres que ceux pour lesquels elles ont été développées pourrait entraîner des biais importants. Fayolle et al. (2018) ont produit des équations allométriques utilisables dans toutes les forêts d'Afrique centrale améliorant ainsi la précision des estimations des stocks de carbone.

1.2.5. Mécanisme REDD et son évolution

La Réduction des Emissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts (REDD) est un mécanisme financier qui vise à rémunérer à partir de 2018 les efforts fournis par les pays en développement comme le Cameroun pour éviter la déforestation et la dégradation des forêts. Le mécanisme vise ainsi à récompenser les pays qui limitent les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère (Nlom et Sonwa, 2013). Elle représente donc une initiative de paiement ou de compensation pour la restauration ou la séquestration du carbone émis dans les différents secteurs d'activité dont l'agriculture et l'utilisation des terres (Tchindjang et al., 2016). Ce concept part de l'hypothèse selon laquelle les forêts ne contribuent à l'atténuation des changements climatiques que si leur valeur augmente faisant de leur protection quelque chose de compatible avec des stratégies de développement viable. Le mécanisme REDD⁺ consiste à compenser les pays en voie de développement qui effectueraient des réductions de GES à travers des activités de réduction de la déforestation, de dégradation forestière, de conservation, de gestion durable des forêts et d'accroissement des stocks de carbone forestier (Lekeufack, 2019).

Depuis sa présentation à la conférence des parties 11 en 2005, le concept de la Réduction des Emissions dues à la Déforestation (RED) a été élargi pour inclure la dégradation des forêts devenant ainsi la Réduction des Emissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts (REDD) en 2007. On est ensuite passé à la REDD⁺, le « + » indiquant la promotion de la conservation, la gestion durable des forêts et l'amélioration des stocks de carbone forestiers en 2009 (Anonyme 12, 2015). Il y a eu également des propositions pour prendre en compte les émissions provenant de l'agriculture et autres

utilisations des terres, dans le cadre du programme AFAUT (Agriculture, Foresterie et Autres Utilisations des Terres). Il faut noter que d'autres scientifiques ont proposé que l'examen du secteur de l'agriculture soit aussi poursuivi de manière distincte de la REDD, notamment à travers les approches de coopérations sectorielles spécifiques (Minang et *al.*, 2009).

I.2.6. Facteurs de dégradations des forêts

Les facteurs de dégradation des forêts peuvent être divisés en deux catégories : les perturbations naturelles et les perturbations anthropiques.

Les perturbations naturelles résultent des événements d'ordre naturel à savoir, la sécheresse, les épidémies d'insectes et de maladies, les feux de forêts, le chablis. Ces types de perturbations contribuent au renouvellement naturel des forêts et font partie intégrante du cycle de la vie des forêts (Gauthier et *al.*, 2001).

Les perturbations anthropiques sont considérées comme des actions intentionnelles ou non faites par l'homme qui ont, à leur tour, des impacts néfastes sur la biodiversité. Pour subvenir à ses besoins, l'homme n'a pas cessé de transformer son environnement (paysage). Ces transformations s'intensifient au fil des années avec la croissance démographique. Elles sont connues sous le nom de perturbations anthropiques. Ces dernières sont beaucoup plus marquées dans les pays en développement (Mézard, 2018).

De ce fait, toutes modifications du milieu résultant de l'activité humaine, qu'elles soient conscientes ou inconscientes, portent le nom d'anthropisation (Betsch et *al.*, 1998). Ces actions ont les mêmes conséquences que celles des perturbations naturelles. Selon Delvingt (2007) les causes de l'anthropisation du milieu sont inhérentes aux rapports socio-culturels.

I.2.7. Présentation de la zone d'étude

La présente partie est consacrée à la présentation de la zone d'étude, à savoir les villages de Batoufam et de Bandrefam, toutes situées dans l'Arrondissement de Bayangam. Il convient de noter que cette présentation ne vise pas à être exhaustive, mais plutôt à fournir une vue d'ensemble sur les plans géographiques, socio-économiques, ainsi que les caractéristiques biophysiques telles que le climat, la morphologie et la végétation.

I.2.7.1. Climat

La Commune de Bayangam est soumise à l'influence du climat équatorial de type guinéen, qui se caractérise par quatre saisons de durée inégale. Ces saisons comprennent : une grande saison sèche de novembre à mi-mars, une petite saison pluvieuse de mi-mars à mi-juin, une petite saison sèche de mi-juin à août et une grande saison pluvieuse de mi-août à fin octobre.

La moyenne annuelle des précipitations s'élève à 1577 m, tandis que la température annuelle est de 25 °C. Ce climat propice permet la réalisation de deux campagnes agricoles chaque année (Anonyme 13, 2014).

I.2.7.2. Végétation

La région de l'Ouest-Cameroun est caractérisée par une végétation qui est plus influencée par le relief que par la diversité des sols, en raison de la prédominance du phénomène de ferralitisation (Marin, 1989). La végétation présente dans cette zone est de type « savane humide d'altitude », faisant partie du secteur guinéo-soudanien des savanes péri-forestières. On y trouve notamment les savanes chétivement arbustives dominées par *Annona senegalensis* et *Bridelia ferruginea*, des savanes herbeuses avec *Pennisetum purpureum* ou encore les savanes à *Imperata cylindricum*. Parmi les principales essences exploitées dans l'Arrondissement de Bayangam, on trouve *Cenchrus purpureus*, *Eucalyptus globulus*, ainsi que des produits forestiers non ligneux utilisés dans l'artisanat tels que le rotin, *Raphia* sp. et ses dérivés, *Bambusa* sp., et certaines lianes.

Selon les descriptions de Jacques Félix (1950) et Letouzey (1968), le paysage phytogéographique de l'ouest-Cameroun était autrefois composé de différentes zones végétales, notamment :

- la forêt sempervirente de moyenne altitude, également appelée « forêt biafréenne » caractérisée par sa richesse en légumineuses, surtout les Césalpiniacées. Cette forêt était principalement présente dans le Bamiléké méridional (les 2/3 sud des départements du Haut-Nkam et du Ndé) ;
- la forêt semi-décidue dominée par des espèces telles que les Sterculiacées et Ulmacées qui prospéraient sur les contreforts orientaux du Bamiléké et du Bamoun, ainsi que dans les plaines du Noun ;
- les résidus forestiers de moyenne altitude : cette forêt semi-décidue qui a recouvert une grande partie des hautes terres de l'Ouest, des plateaux entre 1000 et 1800 m, mais on ne peut plus actuellement parler que de témoins forestiers tant l'exploitation humaine et défrichements anciens ou récents ont affecté cette formation qui s'est considérablement réduite ;

- les galeries forestières le long de cours d'eaux de savane. Il s'agit de formations denses parfois difficilement pénétrables, parmi lesquelles on reconnaît souvent de grands arbres caractéristiques de la forêt semi-décidue.

I.2.7.3. Relief

La Commune de Bayangam présente un relief assez accidenté et varié par endroit (présence des plaines, des terrains intermédiaires et des vallées) (Anonyme 13, 2014). Elle est constituée de :

- plaines : cette zone est la plus favorable à plusieurs variétés de cultures. Elle reçoit les alluvions charrières par les fleuves et les eaux pluviales d'autres régions. Il faut la situer dans la zone constituée des plateaux de Hiala et Kassap, située à une altitude de 1460m ;
- la région intermédiaire, dispersée en escaliers, coupée par la forêt de galeries ;
- la région montagneuse située à la fois au centre, à l'ouest et au sud-ouest, le point culminant étant de 1911 m. Les sommets rencontrés sont : Kouon Kaala (1838 m), Dyemto (1911 m), Bom Kouon (1809 m) au centre ; Kouin Katchouo (1845 m) à l'Ouest ; Kouon Senkouo (1859 m).

I.2.7.4. Hydrographie

La Commune de Bayangam est située le long de plusieurs cours d'eau tels que Kouoploué (7 km), Makom (3 km) et Tchala (9 km). Ces cours d'eau, ainsi que les petites sources présentes dans les vallées, prennent leur source dans la zone montagneuse de Bayangam. Malgré la présence de ces ressources aquatiques, l'activité de pêche permanente reste difficile à observer. La pratique de la pisciculture est encore peu développée, ce qui rend les espèces de poissons élevées peu connues. La quasi-absence d'étangs piscicoles ainsi que le manque d'intérêt des habitants de Bayangam pour la sensibilisation et la pratique de cette activité nécessitent un renforcement des capacités. Il est recommandé de soutenir, d'organiser et de former les associations de pisciculteurs par le biais des institutions de soutien à l'élevage et à la production. Cette initiative vise à promouvoir et développer la pisciculture dans l'intérêt de la Commune de Bayangam (Anonyme 13, *op cit.*).

I.2.7.5. Géologie

Dans la Commune de Bayangam, le matériau parental des sols est principalement composé de granites. Il existe trois principaux types de sols dans cette localité, à savoir les sols ferrallitiques, les sols limoneux et les sols volcaniques (Anonyme 13, *op cit.*).

Les sols ferrallitiques ou latéritiques se caractérisent par leur texture sablo-argileuse. Ils sont pauvres en éléments nutritifs, acides et fragiles, avec une coloration souvent brun foncé ou rougeâtre. Ces sols se trouvent principalement dans les zones ouest et sud-ouest de la Commune et conviennent principalement à l'agriculture vivrière et pérenne, telles que la culture du café et des fruits. Les sols limoneux se trouvent principalement dans les zones marécageuses le long des cours d'eau, ainsi que dans les bas plateaux et les plaines riveraines. Ils se forment à partir des dépôts de débris végétaux, animaux ou rocheux transportés par les eaux de ruissellement dans les zones basses. Ces sols limoneux sont les plus fertiles et constituent les principales zones agricoles de la région. Cependant, leur exploitation peut être difficile pendant la saison de pluie en raison de l'engorgement. Les sols volcaniques sont issus des roches volcaniques récentes et sont généralement de couleur noire ou grise. Bien qu'ils soient fertiles, ils sont moins répandus dans la Commune. On y trouve principalement sur les versants de Koum Ka'ala.

I.2.7.6. Faune

La faune de la Commune de Bayangam est principalement composée d'animaux sauvages, notamment des petits rongeurs tels que les rats, les écureuils, les lièvres, les chats tigres et les porcs épics. On peut également trouver des espèces telles que les aulacodes et différents types de serpents (vipères, mambas verts, boas et couleuvres). En ce qui concerne les oiseaux, on peut rencontrer des oiseaux gendarmes, des pélicans, des touracos, des marins-pêcheurs, des corbeaux, etc. Quant aux animaux domestiques, on trouve des chiens, des chats, des moutons, des chèvres, des porcs et des volailles.

La chasse est une activité secondaire, voire tertiaire, pour les habitants de la Commune. Les fusils de chasse sont largement utilisés, même si les détenteurs ne possèdent pas toujours de permis de port d'armes ou de chasse. Les pièges à fil de fer traditionnels, sont également couramment utilisés. Les agriculteurs les utilisent occasionnellement pour obtenir des revenus afin de subvenir à leurs besoins quotidiens. Cependant, certains individus, appelés braconniers, en ont fait une activité permanente (Anonyme 13, 2014).

I.2.7.7. Démographie

L'arrondissement de Bayangam englobe trois villages : Bayangam, Batoufam et Bandrefam, avec une superficie totale de 44 km². Sa population est d'environ 20129 habitants, ce qui équivaut à

une densité de population de 468 habitants par km². Les groupes ethniques présents dans cette Commune sont les bamilékés, les bororos et les anglophones (Anonyme 13, *op cit.*).

I.2.7.8. Activités économiques

Dans la Commune de Bayangam, les principales activités économiques sont étroitement liées aux activités menées par les habitants de cette région. L'agriculture et l'élevage jouent un rôle prépondérant dans le développement de l'économie locale. On peut également citer d'autres activités telles que le petit commerce, l'artisanat et divers emplois tels que les maçons, les charpentiers, les conducteurs de mototaxis, etc. Ces activités économiques locales se divisent en deux secteurs principaux : le secteur primaire et le secteur tertiaire.

Le secteur primaire est dominé par les activités informelles et constitue une source de revenus pour les habitants de la Commune. Il englobe l'agriculture pratiquée à la fois en périphérie urbaine et dans les zones rurales, l'élevage domestique, l'exploitation des produits forestiers non ligneux tels que les kolas et les fruits noirs qui sont très demandés dans la région. On y trouve aussi l'exploitation artisanale limitée de certaines ressources naturelles comme les carrières de sable, de pierre et latérite. Quant au secteur tertiaire, bien qu'il soit précaire, il contribue au développement et à la renommée de la Commune. On y trouve également la gestion des structures d'accueil et d'hébergement, le transport de biens et de personnes, le commerce de détails, les services de bureautique tels que la saisie et le traitement de textes, les photocopies, les garages de dépannage automobile et de véhicules à deux roues (Anonyme 13, 2014).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Justificatifs du choix de la zone d'étude

Ce présent travail a été réalisé dans la Région de l'ouest Cameroun plus précisément dans les forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam. Le choix de cette zone est motivé par diverses raisons :

- les forêts sacrées abritent souvent une grande diversité d'espèces végétales. En étudiant ces écosystèmes, il sera possible d'évaluer l'impact de dégradation sur la biodiversité locale et de comprendre comment la protection de ces forêts contribue à maintenir l'équilibre écologique ;
- la rareté des travaux de recherche sur la diversité floristique, les facteurs de dégradation et le potentiel de séquestration du carbone réalisés dans ces forêts sacrées.

II.1.2. Présentation de la zone d'étude

La présente étude s'est déroulée dans les forêts sacrées Bandrefam et de Batoufam toutes situées dans l'Arrondissement de Bayangam, Département du Koung-khi, Région de l'Ouest (Cameroun) (figure 1). Cet Arrondissement est limité au nord par les Communes de Bandjoun et Demdeng, au sud par la Commune de Banganté, à l'est par la Commune de Baham. Il s'étend entre 5°29'76" et 5°17'52" de latitude nord, et entre 10°46'41" et 10°25'51' de longitudes est (Anonyme 13, 2014).

II.1.3. Matériel spécifique

Pour la réalisation de l'étude, le matériel suivant a été utilisé :

- un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 60 CSx utilisé pour la prise des coordonnées géographiques des sites de collecte des données ;
- une boussole pour s'orienter ;
- un appareil photographique numérique (SAMSUNG) pour la prise des vues ;
- une machette pour ouvrir les layons, tailler les piquets pour faire des jalons ;
- des ficelles pour délimiter les parcelles ;
- un penta décimètre pour délimiter les aires d'échantillonnage ;
- un DBH-mètre pour mesurer des diamètres des arbres ;
- des sécateurs servant à la récolte des échantillons ;
- des carnets de note, crayons ordinaires et gommes utilisés pour la prise des notes ;
- des papiers journaux, des presses en bois et de l'alcool (dilué à 70 °C) sécher et conserver les spécimens récoltés sur le terrain ;

- une étuve pour le séchage des échantillons.

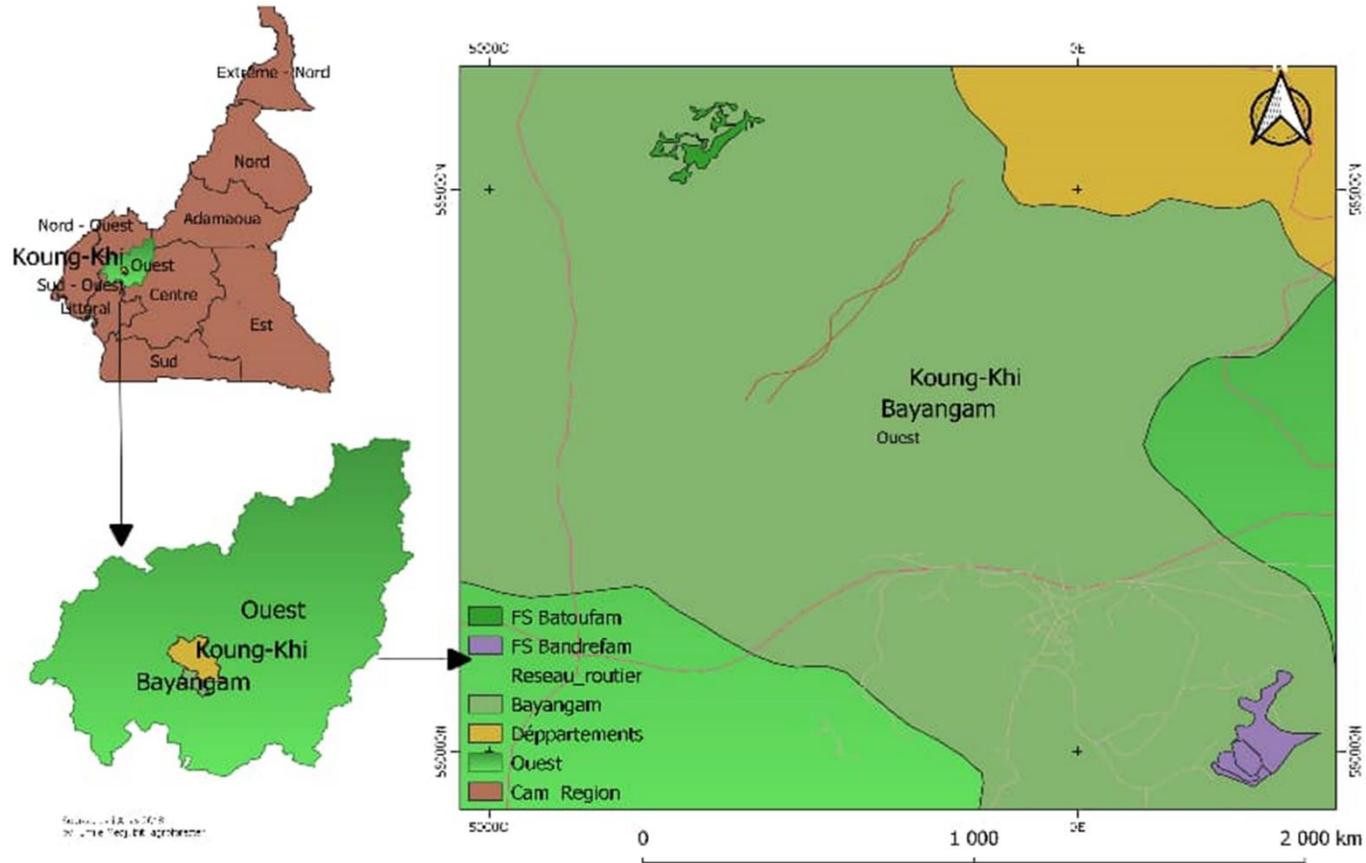


Fig .1. Localisation de la zone d'étude (Medjubit, 2023)

II.2. Méthodes

La méthodologie utilisée dans cette étude comprend une recherche bibliographique (collecte des données secondaires) et les travaux de terrain proprement dits (collecte des données primaires).

II.2.1. Evaluation de la diversité ligneuse

La diversité floristique a été évaluée afin de déterminer la disponibilité et la représentativité des espèces végétales de la zone d'étude.

II.2.1.1. Collecte des données

La collecte des données s'est déroulée dans les forêts sacrées de Batoufam et Bandrefam dont l'accès facile a fait l'objet de cette étude. Dans chaque village ou quartier, un laissez-passer a été obtenu auprès des autorités traditionnelles.

II.2.1.1.1. Dispositif d'échantillonnage

Après identification des sites de collecte, le premier travail a consisté à délimiter les parcelles-échantillons. Le dispositif expérimental (méthode des parcelles non permanentes) s'est inspiré des travaux de Tiokeng *et al.* (2020) et Tchindjang *et al.* (2021). Ainsi, des parcelles de 25 m x 25 m ont été installées au niveau des différentes forêts sacrées de manière éparées et tous les individus avec un Diamètre à Hauteur de Poitrine (DBH = 1,30 m du sol) ≥ 10 cm ont été inventoriés (figure 2). Pour le cas des arbres avec un défaut (contreforts ou à racines échasses), cette mesure a été faite à 30 cm au-dessus de ceux-ci. Les individus de diamètre < 10 cm quant à eux étaient inventoriés dans deux sous-parcelles de 5 m x 5 m imbriquées aux extrémités nord-ouest et sud-est dans chaque parcelle (figure 2). Le nombre de parcelles était fonction de la superficie des sites. En dépit de la faible superficie de ces reliques forestières, ces placettes ont été établies de façon à couvrir les différents types de formations végétales présentes. Au total, 19 parcelles de 625 m² (1,125 ha) ont été parcourues dans le cadre de cette étude.

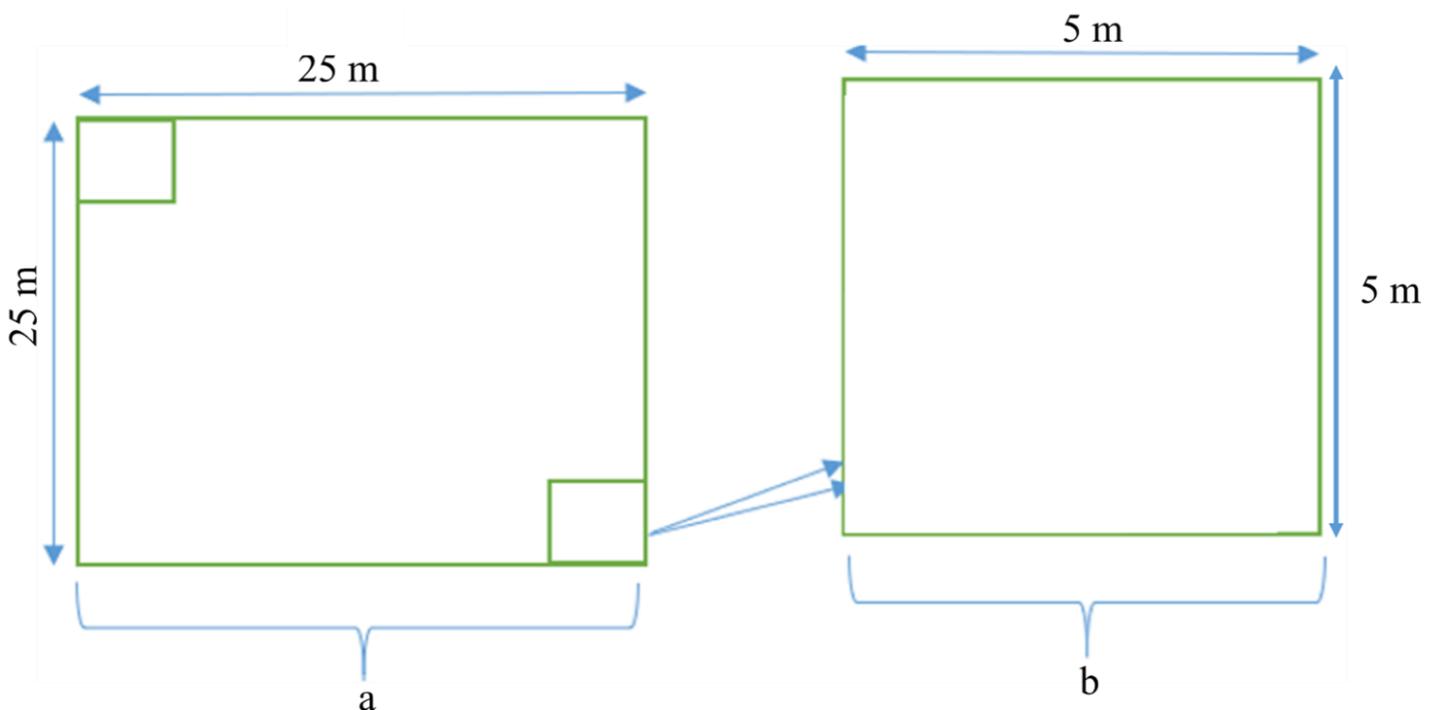


Fig. 2. Dispositif d'inventaire de la diversité floristique (Tchindjang *et al.*, 2021).

(a : placette pour les individus de dbh ≥ 10 cm ; b : sous-placette pour les individus de diamètre < 10 cm).

II.2.1.1.2. Mesure des paramètres dendrométriques

Pour chaque arbre identifié, les paramètres tels que : le diamètre, les noms scientifiques ou commerciaux ont été notés. Pour les individus de diamètre supérieur à 10 cm les mesures se faisait à

1,30 m du sol et à 30 cm au-dessus des défauts. Les individus de diamètre inférieur à 10 cm étaient mesurés à 50 cm du sol. Pendant les opérations de l'inventaire, tous les individus comptés ont été marqués pour éviter le double comptage. Les correspondances entre noms locaux, commerciaux et noms scientifiques ont été établies à l'aide des lexiques botaniques (Wilks & Issembé, 2000 ; Eyog Matig et *al.*, 2006). Les coordonnées géographiques de chaque parcelle ont été relevées à l'aide du GPS. Les échantillons des espèces non identifiées sur le terrain ont été collectés, pressés, puis conservés dans l'alcool dilué à 70°C. Ces derniers ont été utilisés pour confirmer plus tard leur identification à l'Herbier National du Cameroun. La nomenclature espèces taxonomiques adoptée était la classification botanique phylogénétique des angiospermes (APG IV).



Fig.3. Mesure des diamètres des espèces inventoriées (Mbaire, 2023).

II.2.1.2. Analyse des données floristique

Les données collectées sur le terrain ont été analysées afin de caractériser la flore des forêts sacrées de Batoufam et de Bandrefam. Les espèces inventoriées dans les parcelles ont permis de quantifier et décrire la flore à l'aide des calculs des différents indices. Les informations obtenues ont été codifiées dans une base de données puis traitées et analysées statistiquement avec les logiciels Excel 2013, PAST 3.0.0.0 et R version 4.1.2. Les paramètres ci-dessous ont été déterminés afin d'effectuer une analyse qualitative et quantitative de la flore étudiée.

II.2.1.2.1. Composition floristique et richesse spécifique

L'étude des compositions floristiques a été faite à partir d'une liste des espèces ligneuses inventoriées qui a été dressée dans chaque site. Pour chaque placette, le nombre d'espèces, de genres et de familles a été établi, de même que le calcul des indices de diversité. La composition floristique représente le nombre d'espèces végétales, familles et genres rencontrées dans une surface donnée pour un nombre donné d'individus. Elle est réalisée pour illustrer la variation de diversité avec la zone considérée.

La richesse spécifique (S) d'une communauté est le nombre d'espèces que compte une communauté ou le nombre total d'espèces dans un relevé (Fobane et *al.*, 2017). Une estimation de celle-ci consiste à recenser toutes les espèces présentes dans chacune des parcelles d'échantillonnage. Elle a été estimée à partir des données d'abondance des espèces issues des relevés floristiques établies dans les deux forêts sacrées.

II.2.1.2.2. Indice de diversité Alpha

La diversité ligneuse des forêts sacrées a été étudiée à partir des indices de diversité qui fournissent plus d'informations sur la composition par rapport à la simple richesse spécifique (Thiambiano et *al.*, 2016). Ces indices de diversité ont été utilisés pour mieux comprendre la diversité floristique dans les forêts sacrées. Il s'agit de l'indice de diversité de Shannon, l'Equitabilité de Piélou, l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Fisher-alpha.

II.2.1.2.2.1. Indices de diversité de Shannon

L'indice de diversité de Shannon (Shannon, 1949) est utilisé dans l'étude comparative des communautés, car, il est indépendant de la taille de la population étudiée. Par ailleurs, il accorde plus d'importance aux espèces rares. Il est noté H' et s'exprime en bits. Les valeurs élevées de cet indice montrent que la flore étudiée est fortement diversifiée et que toutes les espèces sont bien représentées ou encore que le nombre d'espèces est élevé et que leurs proportions sont voisines. Les valeurs faibles suggèrent une prédominance d'un petit nombre d'espèces par rapport aux autres. Cet indice de diversité varie en fonction du nombre d'espèces présentes (Maffo, 2018).

Selon Frontier et Pichod-Viale (1993), H' est maximal quand tous les individus sont repartis d'une façon égale sur toutes les espèces. Il est cependant minimal si dans un peuplement, une espèce est dominante et toutes les autres espèces appartiennent à une seule et même espèce. $H'_{max} = \ln S$, S étant le nombre d'espèces. A nombre égal d'espèces, un peuplement est plus diversifié si les espèces

qui le composent il ya des effectifs plus voisins. L'équilibre entre les espèces qui donne une valeur forte de H' est considéré comme caractéristique d'une bonne biodiversité susceptible de se maintenir durablement (Adou et *al.*, 2007).

La formule mathématique est la suivante :

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \quad (\text{Shannon, 1949}).$$

Où H' = indice de Shannon ; n_i = nombre d'individus d'une espèce i ; N = nombre total d'individus de toutes les espèces et ln = logarithme népérien.

H' < 2,5 = diversité faible ; 2,5 ≤ H' < 3 = diversité moyenne ; H' ≥ 3 = diversité élevée (Barmo et *al.*, 2019).

II.2.1.2.2.2. Indice d'Equitabilité de Pielou

L'équitabilité de Pielou (Pielou, 1969 ; Lebreton et Yaccoz, 1987 ; Frontier et Pichod-Viale, 1993) encore appelé indice d'équi-répartition. Il exprime le degré de régularité des espèces. On le note EQ. Il correspond au rapport entre la diversité effective (H') et la diversité maximale théorique (H'max = lnS) et permet de comparer la diversité de deux quadrats qui auraient des indices de diversités différents. EQ varie entre 0 et 1 : Il tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des individus appartiennent à une seule espèce et prend la valeur 1 quand toutes les espèces ont le même nombre d'individus. Ceci permet d'affirmer qu'on a une bonne équi-répartition entre les relevés des groupements étudiés. Cet indice est faible pour EQ < 0,6 ; moyen pour EQ ∈ [0,6 - 0,70] ; Elevé pour EQ ≥ 0,8 (Barmo et *al.*, 2019). La formule mathématique est la suivante :

$$EQ = \frac{H'}{\ln S}$$

Où EQ est l'indice d'Equitabilité de Pielou ; S le nombre total d'espèces dans un site ; ln = logarithme népérien.

II.2.1.2.2.3. Indice de Simpson

L'indice de diversité de Simpson (Simpson, 1949 ; Lebreton et Yaccoz, *op. cit.*) mesure la probabilité pour que deux individus extraits au hasard d'une communauté appartiennent à la même espèce. Il est noté D. C'est un indice de dominance car, d'une part, sa valeur maximale est atteinte lorsqu'il n'y a qu'une seule espèce présente (dominance complète) et, d'autre part, sa valeur tend vers 0 lorsqu'il y a un grand nombre d'espèces, chacune de ces espèces ne représentant qu'une très petite fraction du total (absence de dominance). Il favorise donc les espèces abondantes.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Avec p_i : le nombre d'individus de l'espèce i ; S : le nombre total d'individus de toutes les espèces. D varie de 0 à 1. Plus la valeur de D est élevée, plus le milieu à caractériser est hétérogène et la diversité est grande.

II.2.1.2.2.4. Indice de Fisher-alpha

Cet indice (α) a l'avantage d'être peu sensible à la méthode d'échantillonnage et ne nécessite que la connaissance du nombre total d'individus et d'espèces d'une communauté forestière. Il prend en compte les espèces rares et est stable en fonction du nombre d'individus (Fischer et *al.*, 1943 ; Leigh et De lao, 2000 et Boyemba, 2011). La constante α quantifie l'augmentation du nombre d'espèces observées quand la taille de l'échantillon est augmentée. Il s'exprime par la formule suivante :

$$S = \alpha \ln(1+N/\alpha)$$

Où S : richesse spécifique, N : nombre d'individus ; α : indice de Fisher-alpha.

II.2.1.2.3. Diversité bêta ou indice de similarité

L'intérêt de l'étude de la diversité bêta est de compléter l'étude de la diversité alpha (richesse spécifique et indices de diversité). Elle peut être mesurée en utilisant divers coefficients à l'instar de Jaccard et Sorensen. Dans le cadre de cette étude, seul le coefficient de similarité de Sorensen a été utilisé.

➤ Coefficient de similarité de Sorensen

Il est noté K_s . Il exprime le taux de ressemblance entre les différents sites, deux à deux sur le plan floristique. Ce coefficient dénote le pourcentage d'espèces communes entre deux peuplements (Sorensen, 1948) utilisé par plusieurs auteurs (Priso et *al.*, 2011 ; Ngomanda et *al.*, 2013 ; Kimpouni et *al.*, 2013). Il est compris entre 0 et 100 %. Pour $K_s > 50$ %, on peut conclure que les deux peuplements comparés appartiennent à une même communauté végétale. Dans le cas contraire, ils appartiennent à des communautés végétales différentes (Djogo et *al.*, 2012). Sa formule est la suivante : $K_s = \frac{2C}{A+B} \times 100$ Où K_s est le coefficient de similitude de Sorensen ; A le nombre d'espèces d'une liste appartenant à un site ; B , le nombre d'espèces d'une liste appartenant à un site B ; C , le nombre total d'espèces communes aux deux sites que l'on veut comparer.

II.2.1.2.4. Quotient spécifique

Le Quotient Spécifique (QS) ou richesse générique est un indice qui permet de caractériser une flore (Evrard, 1968). Il ne renseigne pas sur la répartition des espèces entre les différents genres et

différentes familles. Il désigne le rapport du nombre d'espèces sur le nombre de genres. (Sonké, 1998). Ce quotient est particulièrement recommandé par Lebrun (1960) car il est très simple et directement démonstratif. Une flore est diversifiée lorsqu'elle renferme moins de grands genres plurispécifiques (Aké-Assi, 1984). Une valeur faible de ce quotient indique une pauvreté en espèce et une richesse en genres. Par contre, une valeur élevée de ce quotient indique que le territoire est riche en espèce. Sa valeur égale ou très proche de 1 indique une végétation stable et donc ancienne.

Sa formule est la suivante :
$$QS = \frac{\text{Nombre d'espèces}}{\text{Nombre de genre}}$$

Si la valeur de QS est supérieure à 1, la famille étudiée est riche en espèces et pauvre en genres. Si par contre, elle est inférieure à 1, on a une pauvreté en espèces et une richesse en genres. Lorsque ce quotient est de 1 ou très proche, il indique une végétation stable et donc ancienne (Sonké, *op cit.*).

II.2.2. Structures des végétations des différentes forêts sacrées étudiées

Elle consiste à établir la structure horizontale et verticale des végétations étudiées.

II.2.2.1. Structure verticale

La délimitation des strates est faite sur la base du diamètre maximal atteint et en s'inspirant de l'échelle de grandeur de Letouzey (1985) (Tableau I). Ce paramètre exprime une réponse aux perturbations et la capacité de plantes à occuper l'espace avec le temps (Mounmeni, 2021 ; Ngueguin, 2014). La physionomie de la végétation est imposée par la prédominance d'une ou plusieurs espèces et résulte de la forme biologique de ces espèces dominantes (arbres, arbustes).

Tableau I. Stratification des sites selon Letouzey (1985).

(Ø : diamètre ; H : hauteur)

Grand arbre	Ø > 70 cm	Strate supérieure
Arbre moyen	Ø ∈ [30 – 70] cm	Strate moyenne
Petit arbre	Ø ∈ [20 - 30 [cm	
Grand arbuste	Ø ∈ [10 - 20 [cm	
Arbuste moyen	Ø < 10 cm	Strate arbustive

II.2.2.2. Structure horizontale

Les principales variables utilisées pour déterminer la structure horizontale d'un peuplement sont les suivants : la surface terrière, la densité des tiges par hectare, la dominance, la fréquence et la densité relative.

II.2.2.2.1. Surface terrière des peuplements

La Surface Terrière moyenne (ST) d'un arbre est la surface de la section transversale de cet arbre à 1,30 m au-dessus du sol et à 0,30 m au-dessus des défauts s'il en possède. La surface terrière d'une parcelle, représente donc la somme des surfaces terrières des individus pris individuellement, qui composent la parcelle (Botelanyele et *al.*, 2016). C'est la surface occupée par un arbre à l'hectare. Ce paramètre est caractéristique de la stabilité d'un milieu donné. Il permet d'apprécier la stabilité des parcelles en particulier et de la forêt en général. La formule appliquée est la suivante :

$ST = \frac{\pi D^2}{4}$; avec $\pi = 3,14$; D = Diamètre de l'arbre (cm). Le facteur d'expansion a aussi été utilisé pour extrapoler la surface terrière à l'hectare.

II.2.2.2.2. Structure diamétrique des peuplements

Elle correspond à la répartition des arbres par classe de diamètre en fonction de la densité moyenne des tiges et permet d'apprécier le degré de perturbation ou de conservation du biotope et rend compte de ses conditions de vie. Les arbres inventoriés sur les parcelles ont été groupés en classes de diamètre d'amplitude 10 pour réaliser la structure diamétrique. A partir de ce regroupement, l'histogramme des structures diamétrique a été réalisé. Ces classes sont réparties comme suit : [10 - 20[, [20 - 30[, [30 - 40[, [40 - 50[, [50 - 60[, [60 - 70[, [70 - 80[, [80 - 90[, [100 - + ∞ [.

II.2.2.2.3. Densité des tiges à l'hectare par forêt sacrée

La densité est la valeur du nombre total d'individus par unité de surface ou de volume. Dans ce travail, elle correspond au nombre de tiges à l'hectare dans une forêt sacrée. Par ailleurs, le nombre de placettes dans lesquelles les individus ont été recensés varie d'une forêt sacrée à une autre. Ainsi, elle s'évalue suivant la formule : $D = \frac{N}{S \times P} \times 10000$; avec N = nombre total d'individus dans la placette d'échantillonnage ; S = superficie de la placette d'échantillonnage (ha) ; D = densité (nombre de pieds / ha) ; P = le nombre de placettes échantillonnée par forêt sacrée et 10000, la valeur d'un hectare.

II.2.2.2.4. Fréquence relative (FR).

Selon Reitsma (1988), la fréquence d'une espèce désigne, le nombre d'unités d'échantillonnages contenant une espèce. Elle s'exprime en pourcentage et se calcule suivant la formule ci-après :

$$FR = f / F \times 100$$

Où f est le nombre d'apparition de l'espèce ; F est la somme des apparitions de toutes les espèces. Elle permet d'apprécier l'homogénéité floristique des communautés végétales.

II.2.2.2.5. Dominance relative (DoR)

La dominance relative tient compte de la taille des individus pour mettre en évidence les taxons qui occupent une grande surface dans la forêt. Elle se calcule par la proportion de la surface terrière d'une espèce ou d'une famille par rapport à la surface globale et s'exprime en pourcentage (Ouango et *al.*, 2016).

$$\text{DoR} = \frac{S_t}{S} \times 100$$

Où S_t est la surface terrière d'une espèce ; S la surface terrière de toutes les espèces.

II.2.2.2.6. Densité relative

La densité relative exprime le nombre de tiges d'une espèce (ou famille), ramené au nombre total de tiges et multiplié par 100 (Jean-Léon et *al.*, 2016). Sa formule :

$$\text{DeR} = \frac{\text{Nombre de tiges de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individus de l'échantillon}}$$

II.2.2.2.7. Importances écologiques des espèces et valeurs d'importance des familles

L'analyse consistait à déterminer et à sommer les paramètres tels que la fréquence relative (FR), la dominance relative (DoR) et la densité relative (DeR) de chaque espèce végétale et de chaque famille respectivement. Cela a permis de voir l'importance relative des différentes espèces (Indice d'importance des espèces ou *Importance Value Index* (IVI)) et des familles (Indice d'importance des familles ou *Family Importance Index* (FIV)) présentes dans les sites et de caractériser la stabilité d'un peuplement végétal (Cottam et Curtis, 1959). Formule :

$$\text{IVI} = \text{FR} + \text{DoR} + \text{DeR} \quad \text{Où FR, DoR et DeR sont celles d'une espèce.}$$

$$\text{FIV} = \text{FR} + \text{DoR} + \text{DeR} \quad \text{Où FR, DoR et DeR sont celles d'une famille.}$$

II.2.2.2.8. Indice de Régénération

Les capacités de régénération naturelle des espèces sont appréciées par le calcul de l'indice de régénération (IR). L'IR est donné par le rapport en pourcentage de l'effectif total des individus de diamètre inférieur à 10 cm ($d_{hp} < 10$ cm) sur l'effectif total des individus. Si l'IR est supérieur ou égal à 75 %, le milieu est équilibré ; ce qui implique une bonne régénération naturelle. Si la valeur de cet indice est inférieure à 50 %, la population d'individus juvéniles est déficitaire ou les possibilités de

régénération du milieu sont faibles (Hakizimana et *al.*, 2011). La formule mathématique est la suivante :

$$IR = \frac{\text{Nombre d'individus de diamètre inférieur à 10 cm}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

II.2.2.3. Statuts de conservation des espèces dans les différentes forêts sacrées

Une liste d'espèces de grande valeur ayant un statut de conservation de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a été faite. Les espèces identifiées lors de l'inventaire ont été classées dans les différentes catégories de la liste rouge de l'UICN (2004). Cette liste est de plus en plus utilisée pour alerter la communauté internationale et scientifique sur la régression de certaines espèces (ou leur disparition), mais parfois, elle permet de justifier les actions à mener. Son principal but est d'alerter le public, les aménageurs, les scientifiques et les responsables politiques sur l'ampleur du risque d'extinction d'une ou plusieurs espèces.

La liste rouge de l'UICN comprend 11 catégories. Mais dans ce travail, seules cinq catégories ont été utilisées. Il s'agit de : DD = données insuffisantes ; LC = Préoccupation mineure ; NE = Non évaluée ; VU = Vulnérable ; CR = Danger critique.

II.2.3. Estimation des stocks de carbone des forêts sacrées étudiées

La quantification des stocks de carbone dans les forêts tropicales est essentielle pour la mise en œuvre des stratégies d'atténuation des changements climatiques, et notamment le mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et la dégradation (REDD⁺) (Panzou, 2016).

II.2.3.1. Choix des équations allométriques

II.2.3.1.1. Choix de la méthode

Il n'existe pas une méthode fixe pour estimer les stocks de biomasse, mais plusieurs selon l'échelle considérée (Gibbs et *al.*, 2007). La détermination du potentiel de carbone séquestré par un écosystème passe par l'estimation de la biomasse, qui, elle s'appuie généralement sur les équations allométriques (Ngoufo et *al.*, 2019). L'estimation de la biomasse peut se faire par la méthode destructive qui consiste à abattre l'arbre et estimer sa biomasse à partir de son poids frais et son poids sec, ou par la méthode non destructive qui consiste à mesurer le diamètre de l'arbre et estimer sa biomasse en utilisant les équations allométriques (Brown, 1997). Dans le cadre de cette étude, les biomasses ont été estimées à partir de la méthode non destructive ou indirecte et les équations allométriques différaient suivant les diamètres. Dans les écosystèmes forestiers, le carbone est stocké

dans la biomasse vivante (biomasse aérienne et biomasse souterraine), le bois mort, la matière organique du sol et la litière (Anonyme 14, 2003).

II.2.3.1.2. Biomasse aérienne

La biomasse aérienne a été estimée à partir de toutes les espèces inventoriées situées dans les placettes de 625 m² (25 m × 25 m) conçues pour l'inventaire floristique des espèces de diamètre ≥ 10 cm (figure 2a) et dans les deux sous parcelles de 5 m x 5 m imbriquées aux extrémités nord-ouest et sud-est dans chaque parcelle pour les espèces de diamètre < 10 cm (figure 2b). Elle a été estimée en utilisant des équations allométriques pour convertir les variables collectées sur chaque arbre en biomasse. Les valeurs de densité du bois des arbres échantillonnés ont été obtenues de la littérature du « Global Wood Density Data Base » (Zanne *et al.*, 2009).

L'évaluation de la biomasse aérienne (BA ou AGB) a été réalisée comme suit :

- -Pour les individus de $D \geq 10$ cm, l'équation allométrique suivante a été utilisée :

$$BA = e^{(a+bx \log(\rho)+cx \log(D)+dx(\log(D))^2+exE)} \quad (\text{Fayolle et al., 2018}).$$

$$BA = e^{(-2,3027+1,1599x \log(\rho)+3,0484x \log(D)+-0,0807x(\log(D))^2+0,3197xE)}$$

Avec BA : Biomasse épigée en Kg; D: Diamètre (cm); ρ : densité spécifique d'une espèce exprimée en g/cm³; E: indice climatique; a, b, c et d sont des estimations du coefficient (a = -2,3027; b = 1,1599; c = 3,0484; d = -0,0807; e = 0,3197).

- -Pour les individus $05 \text{ cm} \leq D < 10$ cm, l'équation de ci-après a été utilisée :

$$BA = e^{(-1.803-0.976E+0.976 \ln(\rho)+2.6731 \ln(D)-0.0299(\ln(D))^2)} \quad (\text{Chave et al., 2014})$$

Avec BA : Biomasse épigée en Kg; D: Diamètre (cm); ρ : densité spécifique d'une espèce exprimée en g/cm³; E: indice climatique. Cette équation prend en compte le diamètre de l'arbre, la densité du bois et l'indice climatique

- Pour les individus $D < 05$ cm l'équation ci-dessous a été utilisée :

$$BA = \text{Exp}(-2,145 + 2,451x \ln(D) + 1,120x \ln(\rho) \times CF) \quad (\text{Ntomen, 2020})$$

Avec D : diamètre (cm); ρ : densité spécifique d'une espèce; CF: facteur d'expansion (CF = 0,09).

Pour les espèces ayant plusieurs densités venant de différents auteurs pour un même système, la densité moyenne est considérée. Pour les espèces dont il n'existe pas une littérature disponible sur la densité, la valeur par défaut ($\rho_{\text{défaut}} = 0,58 \text{ g/cm}^3$) pour les forêts tropicales d'Afrique, a été utilisée (Reyes *et al.*, 1992).

II.2.3.1.3. Biomasse souterraine (BGB)

Elle a été calculée suivant la relation établie par le GIEC (Anonyme 15, 2006).

$$BGB = R \times AGB$$

Avec $AGB = \textit{aboveground biomass}$ ou biomasse épigée (kg), BGB est la biomasse souterraine ou $\textit{Belowground biomass}$ (t/ha). Ici, $R = 0,24$ en raison de l'appartenance de notre forêt au domaine tropical (Mounmeni, 2021).

II.2.3.1.4. Biomasse totale

La biomasse totale des ligneux correspond à la somme de la biomasse épigée et la biomasse hypogée : $BAt = AGB + BGB$

Avec $BAt = \textit{Biomasse totale}$; $AGB = \textit{aboveground biomass}$ ou biomasse épigée (kg), BGB est la biomasse souterraine ou $\textit{Belowground biomass}$ (t/ha).

II.2.3.2. Calcul des stocks de carbone

Pour déterminer la quantité de carbone séquestré par les FS, les valeurs des biomasses obtenues dans chaque réservoir carbone ont été multipliées par le facteur de conversion égal à 0,475 (Anonyme 15, *op. cit.*). $\text{Stocks de Carbone (kg)} = \text{Biomasse (kg)} \times 0,47$

Le facteur d'expansion a été adopté pour extrapoler les valeurs obtenues par parcelle par hectare. Ce facteur indique la surface de chaque placette ou sous-parcelle représentée afin d'interpréter aisément les résultats et de pouvoir faire des comparaisons avec d'autres études (Moumemi, 2021). La formule mathématique est la suivante :

$$\text{Facteur d'expansion} = \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{Surface totale de la placette ou sous-parcelle}}$$

II.2.3.3. Estimation du CO₂ équivalent

Pour le calcul du CO₂ équivalent il se fait en tenant compte du fait que la masse molaire du CO₂ (MCO₂) est égale à 44, la masse molaire du carbone (MC) est égale à 12 et la masse molaire de l'oxygène (MO) est égale à 16. Ainsi, le rapport des masses molaires du CO₂ et du C est de 3,67. Le CO₂ équivalent est estimé en multipliant le carbone stocké issu de la biomasse par 3,67.

$$\text{CO}_2 \text{ éq} = \text{Stocks de carbone} \times 3,67.$$

II.2.3.4. Estimation des valeurs économiques des stocks de carbones

La valeur monétaire a été obtenue en multipliant les quantités de CO₂ par le coût moyen de la tonne de dioxyde de carbone (tCO₂) sur le marché qui est de l'ordre de 8 € (Anonyme 16, 2022). Correspondant à 5 247,66 FCFA (Anonyme 17, 2023).

II.2.4. Facteurs de dégradation des différentes forêts sacrées

Les données sur les facteurs dégradations des différentes FS étudiées ont été collectées à l'aide des enquêtes semi-structurées en langues locales et françaises, ceci à l'aide de la fiche standard d'enquête utilisée par plusieurs chercheurs (Atakpamat et *al.*, 2012). Ainsi, les informations étaient obtenues à travers une conversation orale dans laquelle les questions ouvertes ont été privilégiées en vue d'éviter de compromettre la spontanéité des réponses (Bruni et *al.*, 1997). Les questions étaient orientées vers les populations riveraines de ces FS et les questions portaient sur : l'état civil, le nom de la forêt sacrée, sa superficie, sa fonction, son caractère originaire, les éléments considérés comme sacrés dans ces forêts, les arbres réputés 'incarner ces forêts, les menaces pesant sur ces forêts, leur gestion, les mesures prises pour protéger ces FS, leur accessibilité, les sanctions encourues en cas de violation, les défis à relever en matière de conservation et de valorisation, etc. (annexe 3).

Les enquêtes ont été menées dans les quartiers des deux zones d'étude, après l'obtention du consentement des autorités locales, des chefferies et des informateurs. Les personnes- ressources étaient réparties en fonction du sexe, l'âge, le niveau d'étude, le niveau de connaissance sur l'historique des FS de ces localités. Les personnes enquêtées ont été sélectionnées au hasard, sans distinction du sexe, mais avec un âge minimum de 18 ans (figure 4).



Fig.4. Enquêtes menées dans les deux sites d'étude (Mbaire, 2023)
(a = Bandrefam ; b = Batoufam)

II.2.5. Analyses statistiques des données

Les données collectées dans les parcelles d'échantillonnages ont été saisies et compilées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013 pour le calcul des différentes variables. Le logiciel Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 23 a servi à réaliser l'analyse de variances (ANOVA) des différents facteurs. Les logiciels statistiques R version 4.1.2 et PAST 3.0.0.0 ont servi pour les analyses autres que l'ANOVA. Les tests de comparaisons multiples (LSD) ont été réalisés entre les stocks de carbone des systèmes, les richesses spécifiques moyennes de différentes forêts sacrées ont été déterminées et comparées à l'aide du test statistique de Kruskal-Wallis à 5 %. Le logiciel Arcgis quant à lui a servi à l'élaboration des cartes géographiques.

Les corrélations ont été également établies pour déterminer la liaison et la linéarité entre ces différentes variables avec une erreur de 5 % ($p < 0,05$). Le coefficient de rang Spearman (r) a été utilisé pour déterminer le degré d'association entre les différentes distributions. Il varie entre -1 et +1 et la liaison est plus forte quand la valeur de r est proche de -1 ou de +1. La probabilité du test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisée pour déterminer le niveau de dépendance et la significativité entre les variables au seuil de confiance 95 %.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Evaluation de la diversité ligneuse dans les forêts sacrées étudiées

III.1.1.1. Courbe de raréfaction

Dans l'ensemble des deux sites d'études (Bandrefam et Batoufam), on observe une disparité entre le nombre d'individus recensés et le nombre d'espèces identifiées dans les différents sites d'étude. Par ailleurs la figure 5 montre que la flore inventoriée dans chacun des deux sites est représentative de ces sites et que l'effort d'échantillonnage dans chacun de ces sites est atteint. Par ailleurs, plus on augmente le taux d'échantillonnage, plus il y a apparition du nombre d'espèces.

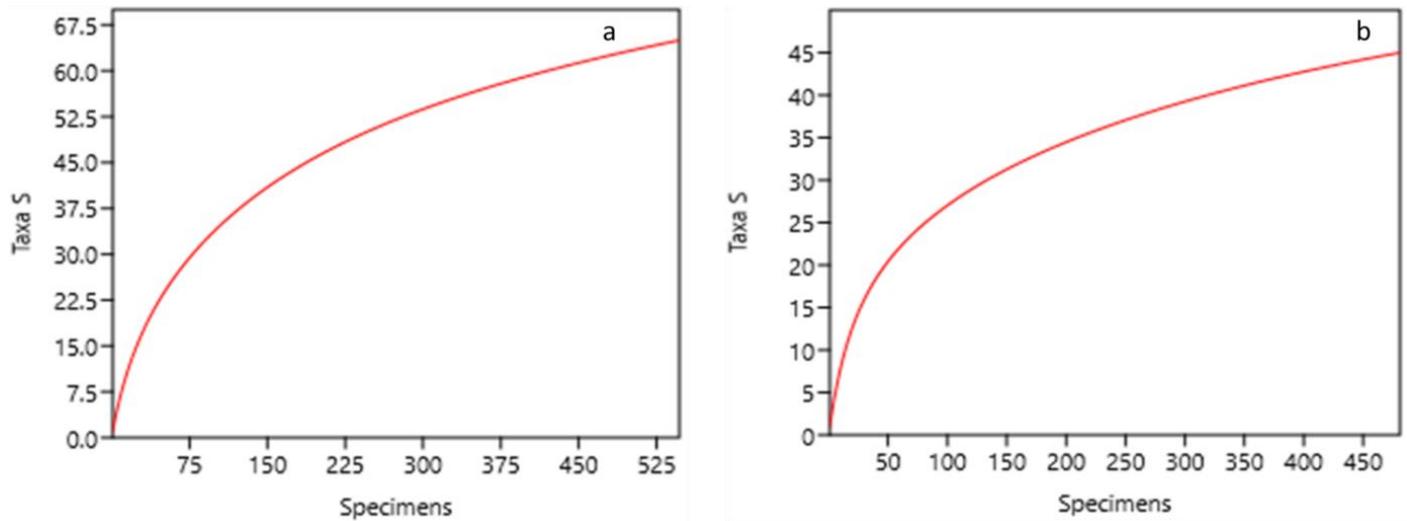


Fig 5. Courbes de raréfaction des différents sites d'études (a = Bandrefam ; b = Batoufam)

III.1.1.2. Composition et diversité floristiques

L'inventaire floristique dans les deux FS a permis de recenser 1028 individus repartis en 83 espèces, 73 genres et 36 familles. Parmi ces espèces, 704 individus repartis en 76 espèces, 66 genres et 35 familles avaient un diamètre ≥ 10 cm ; 324 individus repartis en 48 espèces, 45 genres et 31 familles avaient un diamètre < 10 cm.

III.1.1.3. Richesse et diversité spécifiques

Dans l'ensemble des deux FS échantillonnées, 83 espèces, 73 genres et 36 familles ont été inventoriées. Les individus de $D \geq 10$ cm renferme 704 individus repartis en 76 espèces, 66 genres et 35 familles. Les individus de $D < 10$ cm quant à eux renferment 324 individus repartis en 48 espèces, 45 genres et 31 familles.

L'analyse des résultats consignés dans le tableau II montre que dans la FS de Bandrefam 65 espèces ont été identifiées. Elles sont réparties en 57 genres et 30 familles. Les individus de $D \geq 10$ cm renferment 61 espèces réparties en 53 genres et 30 familles. Les individus de $D < 10$ cm quant à eux renferment 30 espèces réparties en 29 genres et 21 familles. L'indice de diversité de Shannon dans cette FS est estimé à 3,4 bits, l'indice d'équitabilité de Pielou à 0,81 et l'indice de Fischer-Alpha de 19,21. Ces valeurs d'indices signifient que cette FS a une bonne diversité et la répartition entre les espèces est relativement bonne au sein de la FS. L'indice de Simpson étant de 0,93, proche de 1 montre que la probabilité pour que deux individus pris au hasard dans ce site appartiennent à deux espèces différentes est élevée (tableau II).

La flore de la FS de Batoufam renferme 45 espèces réparties en 42 genres et 27 familles. Les individus de $D \geq 10$ cm renferme 41 espèces réparties en 39 genres et 25 familles. Les individus de $D < 10$ cm quant à eux renferment 30 espèces réparties en 29 genres et 24 familles. L'indice de diversité de Shannon dans cette FS est estimé à 3,2 bits, l'indice d'équitabilité de Pielou à 0,83 et l'indice de Fischer-Alpha de 12, 15,63. Cela signifie que cette FS a une bonne diversité et la répartition entre les espèces est relativement bonne au sein de la FS. L'indice de Simpson proche de 1 (0,94) montre que la probabilité pour que deux individus pris au hasard dans ce site appartiennent à deux espèces différentes est élevée.

Tableau II. Indice de richesse et de diversité floristiques

Ni: number of individuals ; Ne: number of species ; Ng: number of genera ; H': Shannon index ; Eq : Pielou index ; D': Simpson index ; α : Alpha-Fisher Index

		Ni	Ne	Ng	Nf	H'(Bit)	Eq	D'	α		
Bandrefam	$D \geq 10$ cm	368	61	53	30	3,3	0,80	0,91	20,85		
	$D < 10$ cm	179	30	29	21	2,9	0,85	0,92	10,31		
	Total	547	65	57	30						
Batoufam	$D \geq 10$ cm	336	41	39	25	3,2	0,86	0,94	12,25		
	$D < 10$ cm	145	30	29	24	2,9	0,85	0,91	11,49		
	Total	481	45	42	27						
Total	$D \geq 10$ cm	704	76	66	35	3,44	0,80	0,94	21,64		
	$D < 10$ cm	324	48	45	31	3,29	0,85	0,95	15,57		
	Total	1028	83	73	36	3,38	0,81	0,93	19,21		

III.1.1.4. Coefficient de similitude de Sorensen

Le calcul de cet indice a permis d'obtenir une valeur de 83 % ce qui permet de conclure qu'il existe une très grande similarité floristique entre les deux sites.

III.1.1.5. Diversité générique

Au niveau des genres, l'ensemble des espèces identifiées appartiennent à 72 genres. Les genres les plus diversifiés en termes d'espèces sont classés par ordre décroissant, comme suit : les genres *Trichillia*, *Ficus* et *Albizia* (03 espèces chacun) et les genres *Cola*, *Diospyros*, *Strombosia*, *Tetrorchidium*, *Vitex*, et *Macaranga* (02 espèces chacun). Par ailleurs le reste de genres (63) possède une ou deux espèces (figure 6).

Les genres les plus représentés dans la FS de de Bandrefam sont répartis dans l'ordre décroissant comme suit : *Ficus* (3 espèces), *Albizia*, *Cola*, *Diospyros*, *Strombosia*, *Tetrorchidium*, *Trichillia* et *Vitex* (2 espèces chacun) et 48 genres ont chacun une seule espèce.

Dans la FS de Batoufam les genres sont répartis dans l'ordre décroissant ainsi qu'il suit : *Albizia* (3 espèces), *Macaranga* et *Trichillia* (2 espèces chacun) et 39 genres ont une seule espèce.

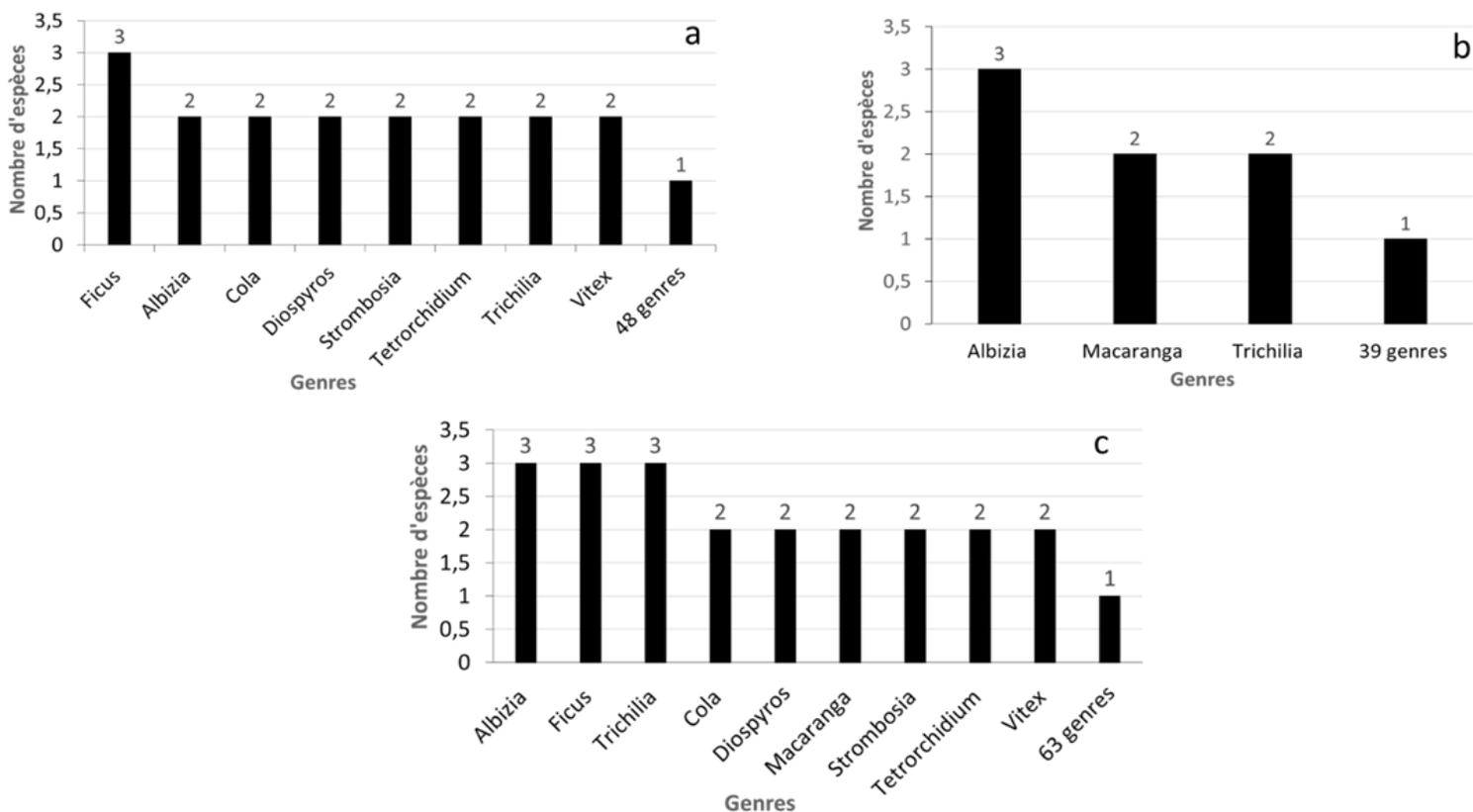


Fig. 6. Diversité générique des sites échantillonnés
(a : Bandrefam b : Batoufam: c : Total)

III.1.1.6. Quotient générique

Le tableau III montre que les valeurs des Quotients Génériques (QS) sont en général supérieures à 1, ce qui suggère une richesse en termes d'espèces et de genres dans les deux FS. De plus, ces valeurs proches de 1, indiquent que ces différentes végétations sont relativement stables et anciennes (Tableau III).

Tableau III : Quotient générique des sites échantillonnés

Sites d'études	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Quotient générique (QS)
Bandrefam	30	56	65	1,16
Batoufam	28	42	46	1,09
Total	36	72	83	1,15

III.1.1.7. Diversité des familles

Les familles les plus représentées dans la FS de de Bandrefam sont répartis dans l'ordre décroissant comme suit : Moraceae et Phyllanthaceae (9 espèces chacune), Euphorbiaceae, Fabaceae,

Lamiaceae et Olacaceae (8 espèces chacune), Malvaceae, Meliaceae, Sapindaceae, Simaroubaceae (7 espèces chacune), Rubiaceae (6 espèces chacune), Araliaceae et Burseraceae (5 espèces chacune), Myristicaceae (4 espèces chacune), Anacardiaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Cannabaceae, Ebenaceae, Rutaceae (3 espèces chacune), Asteraceae, Clusiaceae, Irvingiaceae, Ruscaceae, Salicaceae, Boraginaceae (2 espèces chacune) et Lepidobotryaceae, Mangaceae, Thomandersiaceae, Zygophyllaceae ont chacun une seule espèce (figure 7).

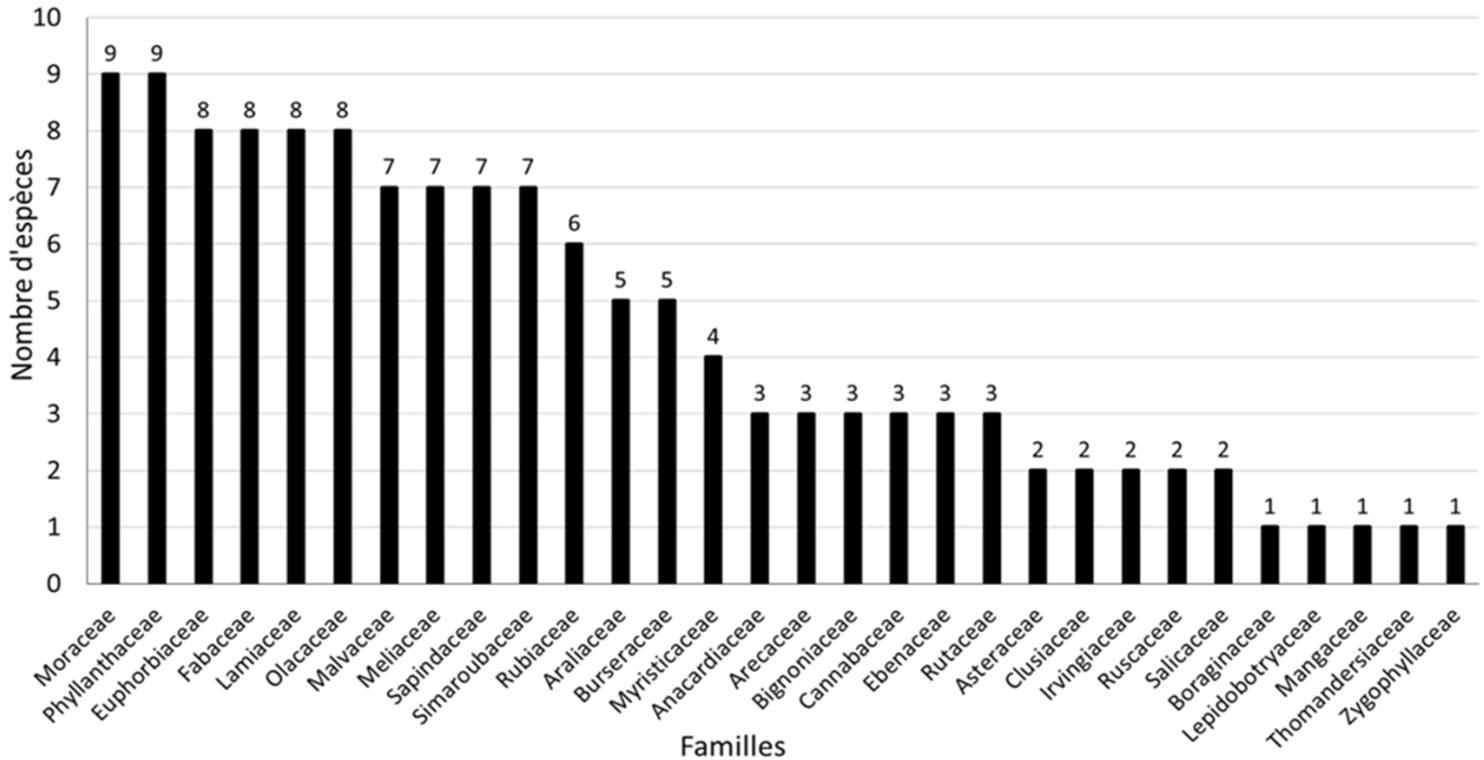


Fig.7. Diversité des familles dans la forêt sacrée de Bandrefam

Dans la FS de Batoufam les familles sont réparties dans l'ordre décroissant ainsi qu'il suit : Fabaceae, Lamiaceae, Phyllanthaceae et Rubiaceae (9 espèces chacune) ; Araliaceae, Malvaceae, Meliaceae et Moraceae (8 espèces chacune), Anacardiaceae (7 espèces chacune), Apocynaceae et Bignoniaceae (6 espèces chacune), Sapindaceae (5 espèces chacune), Burseraceae Euphorbiaceae Mangaceae et Myristicaceae (4 espèces chacune), quatre (04) familles ont 3 espèces chacune, deux (02) familles ont 2 espèces chacune et cinq familles sont représentées par une seule espèce (figure 8).

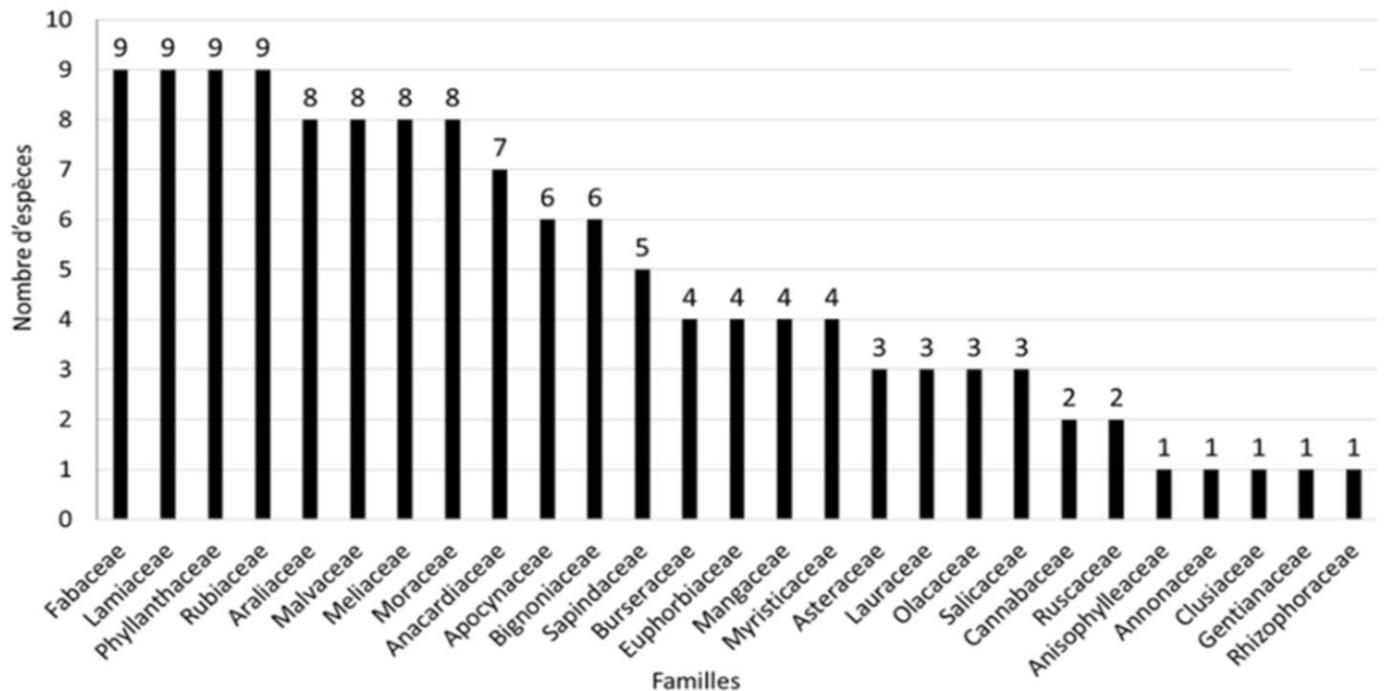


Fig.8. Diversité des familles dans la forêt sacrée de Batoufam

III.1.2. Paramètres structuraux des flores étudiées

III.1.2.1. Structure verticale

La figure 9 illustre la physionomie végétale des différents sites étudiés. Ainsi, la strate moyenne constituée d'arbres de diamètre compris entre 10 cm et 70 cm est plus représentée avec respectivement 361 et 319 espèces à Bandrefam et à Batoufam. La strate supérieure constituée d'arbres de diamètre supérieur à 70 cm est plus dense dans la FS de Batoufam (25 espèces). Toutefois, la forte représentativité de la strate moyenne dans ces sites montre que ces écosystèmes tendent à la maturité. Ceci est due à un déficit de tiges de diamètre supérieur à 70 cm et se justifie par le fait que l'absence de grandes tiges dans ces forêts favorise la pénétration du rayonnement lumineux à travers le couvert végétal, ce qui entraîne l'augmentation des individus de la strate moyenne. Par ailleurs, la strate arbustive est dominante dans le site de Bandrefam avec 179 espèces (figure 9).

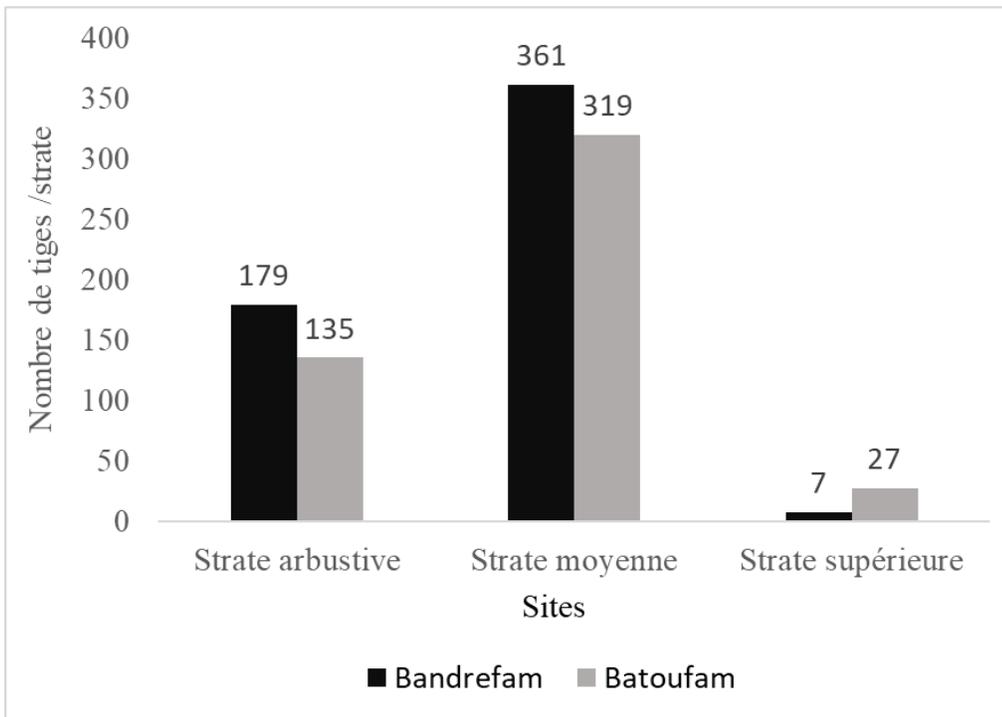


Fig. 9. Structure verticale des forêts sacrées étudiées

III.1.2.2. Structures horizontales des flores étudiées

III.1.2.2.1. Surface terrière

Elle varie en fonction des sites rencontrés dans la zone d'étude. Dans l'ensemble, elle est extrêmement faible dans la FS de Batoufam soit $33,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ et élevée dans la FS de Bandrefam ($83,06 \text{ m}^2/\text{ha}$) (figure 10).

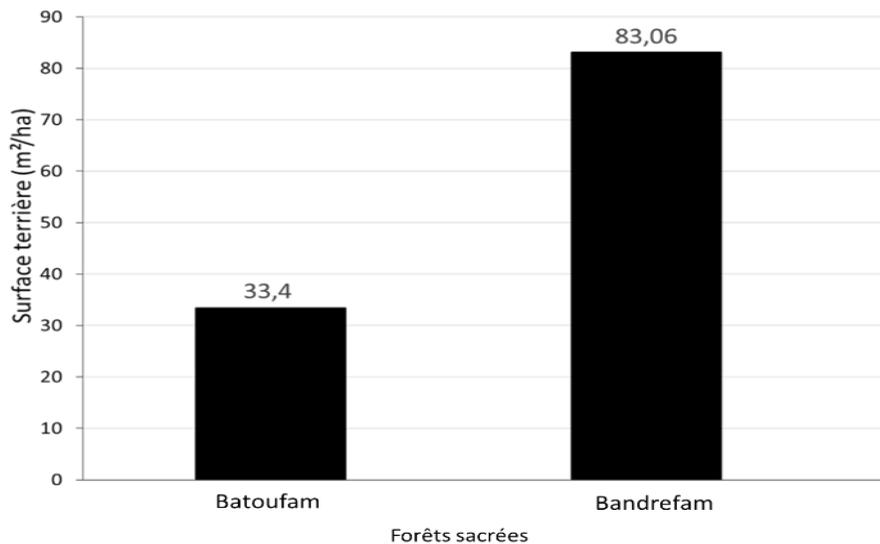


Fig.10. Distribution des surfaces terrières dans les sites d'études.

Dans la FS de Bandrefam, les espèces *Malacantha alnifolia* (9,18 m²/ha), *Vitex grandifolia* (2,43 m²/ha) et *Sapium ellipticum* (1,63 m²/ha) présentent les valeurs de surfaces terrières les plus élevées. Par ailleurs, *Thomandersia hensii* (0,39 m²/ha), *Ficus* sp. (0,43 m²/ha) et *Phyllanthus discoideus* (0,41m²/ha) ont les valeurs les plus faibles (tableau III).

Dans la FS de Batoufam, les espèces *Malacantha alnifolia* (5,51 m²/ha), *Vitex grandifolia* (4,26 m²/ha), *Polyscias fulva* (3,07 m²/ha) et *Bosqueia angolensis* (2,99 m²/ha) enregistrent les valeurs de ST les plus élevées. Par ailleurs, *Trema orientalis* (0,58 m²/ha), *Pentaclethra macrophylla* (0,58 m²/ha) *Poga oleosa* (0,57 m²/ha) et *Beilschmiedia obscura* (0,54 m²/ha) enregistrent les valeurs de ST plus faibles (tableau IV).

Tableau IV : Surfaces terrières des espèces dans les deux sites d'études

Surfaces terrières (m ² /ha)					
Bandrefam	ST (m ² /ha)	Batoufam	ST (m ² /ha)	Total	ST (m ² /ha)
<i>Malacantha alnifolia</i>	9,18	<i>Malacantha alnifolia</i>	5,51	<i>Malacantha alnifolia</i>	14,70
<i>Vitex grandifolia</i>	2,43	<i>Vitex grandifolia</i>	4,26	<i>Vitex grandifolia</i>	6,69
<i>Sapium ellipticum</i>	1,63	<i>Polyscias fulva</i>	3,07	<i>Bosqueia angolensis</i>	4,48
<i>Bosqueia angolensis</i>	1,49	<i>Bosqueia angolensis</i>	2,99	<i>Polyscias fulva</i>	4,09
<i>Hannoa klaineana</i>	1,28	<i>Canarium schweinfurthii</i>	2,48	<i>Canarium schweinfurthii</i>	3,08
<i>Allophyllus africanus</i>	1,12	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	2,47	<i>Sterculia tragacantha</i>	3,06
<i>Sterculia tragacantha</i>	1,05	<i>Phyllanthus discoideus</i>	2,22	<i>Trichilia welwitschii</i>	2,93
<i>Trichilia welwitschii</i>	1,04	<i>Sterculia tragacantha</i>	2,01	<i>Phyllanthus discoideus</i>	2,62
<i>Polyscias fulva</i>	1,03	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	1,96	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	2,47
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,98	<i>Trichilia welwitschii</i>	1,89	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	2,12
<i>Albizia glaberrima</i>	0,96	<i>Psychotria</i> sp.	1,50	<i>Psychotria</i> sp.	2,02
<i>Markhamia tomentosa</i>	0,71	<i>Markhamia tomentosa</i>	1,18	<i>Sapium ellipticum</i>	1,99
<i>Sorindeia grandifolia</i>	0,66	<i>Funtumia elastica</i>	1,06	<i>Markhamia tomentosa</i>	1,89
<i>Ficus exasperata</i>	0,61	<i>Ficus exasperata</i>	0,88	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	1,78
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0,60	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,80	<i>Ficus exasperata</i>	1,49
<i>Lannea welwitschii</i>	0,57	<i>Blighia welwitschii</i>	0,71	<i>Albizia glaberrima</i>	1,30
<i>Psychotria</i> sp.	0,52	<i>Trema orientalis</i>	0,58	<i>Hannoa klaineana</i>	1,28
<i>Ficus</i> sp.	0,43	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,58	<i>Allophyllus africanus</i>	1,12

<i>Phyllanthus discoideus</i>	0,41	<i>Poga oleosa</i>	0,57	<i>Blighia welwitschii</i>	1,08
<i>Thomandersia hensii</i>	0,39	<i>Beilschmiedia obscura</i>	0,54	<i>Funtumia elastica</i>	1,06

III.1.2.2.2. Densité des arbres par sites d'études

La densité des arbres dans l'ensemble des deux sites, variait entre 303,89 tiges/ha (FS Bandrefam) et 267,22 tiges/ha (FS Batoufam). Il ressort de ces analyses que la FS de Bandrefam enregistre la valeur la plus élevée par rapport à la FS de Batoufam (figure 11).

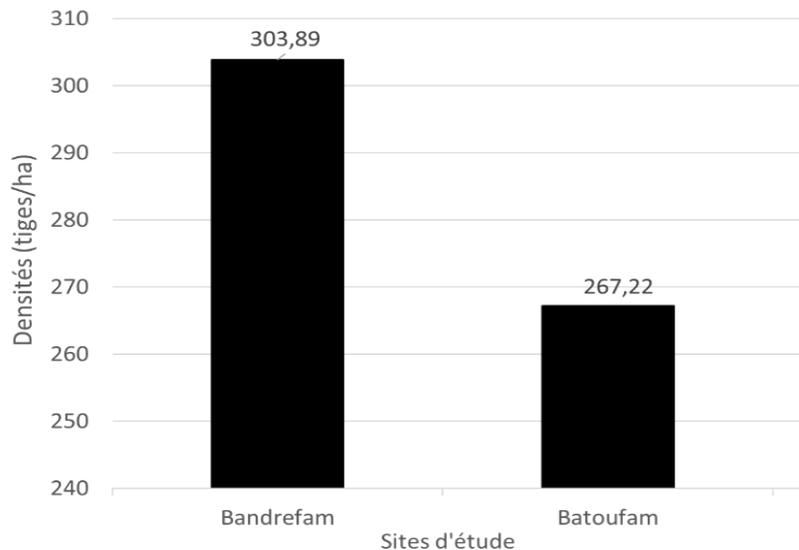


Fig.11. Densité des arbres de chaque site d'étude

III.1.2.2.3. Structure diamétrique ou horizontale

Le tableau V représente la classe de diamètre des deux FS étudiées. D'une manière générale, la distribution des tiges par classes de diamètre évolue de façon décroissante, signe de vigueur écologique et de garantie de la pérennité, les jeunes individus devant assurer le remplacement des individus disparus. Aussi bien à Bandrefam qu'à Batoufam, la classe de diamètre [0-10[cm est celle qui enregistre le plus grand nombre d'individus, suivi de la classe de [10-20[cm. Tandis que les arbres de classe de diamètre compris entre [90-170[cm sont pratiquement faibles.

Dans la FS de Bandrefam, la classe de [0-10[cm est celle dans laquelle le plus grand nombre d'individus a été enregistré, soit 179 tiges/ha, suivi de la classe [10-20[cm soit 132 tiges/ha. Les classes de [20-30[, [30-40[, [40-50[, [50-60[et [60-70[ont respectivement 76 tiges/ha, 57 tiges/ha, 53 tiges/ha, 28 tiges/ha, 15 tiges/ha. Les classes de [70-80[, [80-90[et [90-100[sont celles où trouve les plus faibles densités de tiges soit 4, 2 et 1 tiges/ha respectivement. Les classes de diamètres [120-130[et [160-170[ne sont pas représentées (tableau V).

Dans la FS de Batoufam, la classe de [0-10[renferme le plus grand nombre d'individus, soit 145 tiges/ha, suivi de la classe [10-20[, soit 96 tiges/ha. Les classes de [20-30[, [30-40[, [40-50[, [60-70[et [70-80[ont respectivement 48 tiges/ha, 40 tiges/ha, 32tiges/ha, 25 tiges/ha et 13tiges/ha. Les classes de diamètres [80-90[, [90-100[, [120-130[, et [160-170[sont celles où trouve les plus faibles densités de tiges soit 9 tiges/ha, 6 tiges/ha et 1 tige/ha.

Tableau V. Classes de diamètre total dans les sites d'étude

Classes de diamètre	Bandrefam	Batoufam	Total
[0-10[	179	145	324
[10-20[	132	96	228
[20-30[	76	68	144
[30-40[	57	48	105
[40-50[	53	40	93
[50-60[	28	32	60
[60-70[	15	25	40
[70-80[	4	13	17
[80-90[	2	7	9
[90-100[	1	5	6
[120-130[	-	1	1
[160-170[	-	1	1

III.1.2.2.4. Importance écologique des familles

Les valeurs des FVI (Family *Value Index*) ont été calculées pour chaque FS (figure 12).

De manière générale, les familles écologiquement importantes à Bandrefam sont par ordre décroissant : *Phyllanthaceae* (53,98 %), *Moraceae* (21,69 %), *Lamiaceae* (20,15 %), *Simaroubaceae* (19,50 %), *Fabaceae* (18,86 %), *Malvaceae* (16,26 %), *Euphorbiaceae* (14,57 %), *Anacardiaceae* (14,15 %), *Meliaceae* (12,73 %), *Olacaceae* (12,43 %), *Sapindaceae* (11,83 %), *Rubiaceae* (10,29 %), *Thomandersiaceae* (8,89 %), *Bignoniaceae* (7,67 %), *Burseraceae* (7,58 %), *Araliaceae* (7,38 %), *Arecaceae* (5,68 %), *Myristicaceae* (5,63 %), le reste des familles (12) a des FVI inférieures à 5 %.

Dans la FS de Batoufam, les familles suivantes sont les plus importantes : *Phyllanthaceae* (39,73 %), *Fabaceae* (28,47 %), *Araliaceae* (23,77 %), *Moraceae* (23,43 %), *Rubiaceae* (22,45 %), *Lamiaceae* (22,01 %), *Malvaceae* (18,11 %), *Meliaceae* (16,49 %), *Bignoniaceae* (13,93 %), *Anacardiaceae* (12,02 %), *Apocynaceae* (11,23 %), *Sapindaceae* (10,58 %), *Burseraceae* (10,54 %), *Myristicaceae* (6,43 %), *Euphorbiaceae* (6,08 %), le reste des familles (12) a des FVI inférieures à 5 %.

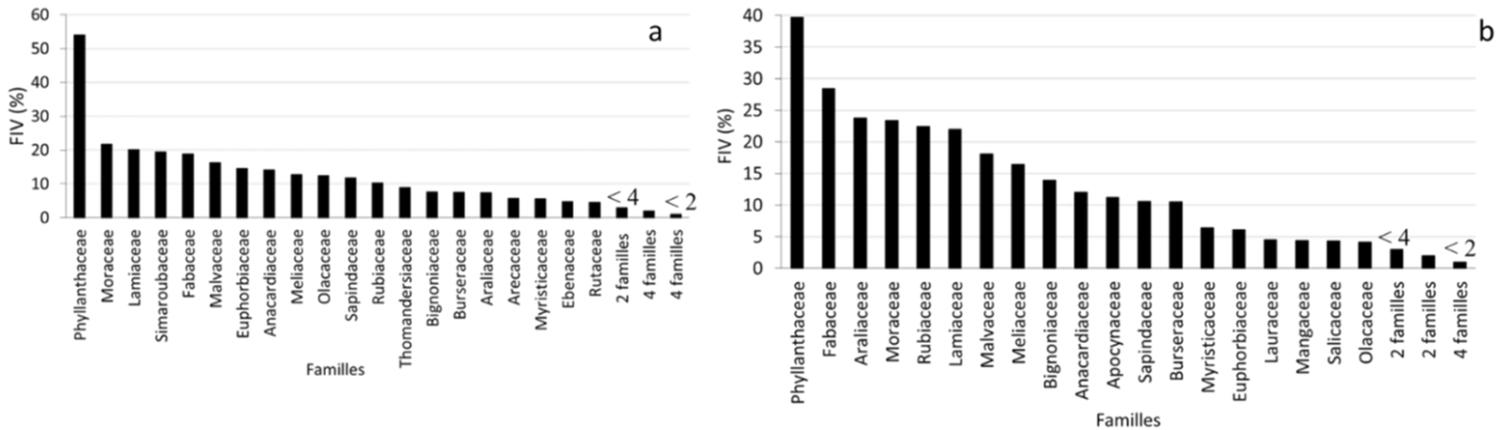


Fig.12. FIV des différents sites de collecte des échantillons (FIV : *Family Importance Value* ; a : Bandrefam ; b : Batoufam)

III.1.2.2.5. Importance écologique des espèces

Les valeurs des IVI (*Importance Value Index*) ont été calculées pour chaque FS (figure 13).

De manière générale, les espèces écologiquement importantes à Bandrefam sont par ordre décroissant : *Malacantha alnifolia* (55,14%), *Vitex grandifolia* (18,43 %), *Bosqueia angolensis* (15,06 %), *Hannoa klaineana* (11,81 %), *Sapium ellipticum* (10,92 %), *Sterculia tragacantha* (10,64 %), *Trichillia welwitschii* (10,12 %), *Piptadeniastrum africanum* (7,91 %) *Markhamia tomentosa* (7,59 %) *Sorindeia grandifolia* (7,45 %) *Polyscias fulva* (7,34 %) *Thomandersia hensii* (6,99 %) *Psychotria* sp. (6,80 %) *Strombosia pustulata* (6,40 %), *Allophyllus africanus* (5,97 %), *Heisteria parvifolia* (5,43 %), *Phoenix reclinata* (5,40 %), *Blighia welwitschii* (5,23 %), *Canarium schweinfurthii* (5,08 %), le reste des espèces (46) ont des IVI inférieures à 5 %.

Dans la FS de Batoufam, les espèces suivantes sont les plus importantes : *Malacantha alnifolia* (28 %), *Polyscias fulva* (22,73 %), *Psychotria* sp. (21,28 %), *Vitex grandifolia* (20,84 %), *Bosqueia angolensis* (17,97 %), *Sterculia tragacantha* (17,07 %), *Trichillia welwitschii* (14,26 %), *Markhamia tomentosa* (13,15 %), *Phyllanthus discoideus* (13,14 %), *Pseudospondias microcarpa* (11,11 %), *Funtumia elastica* (10,17 %), *Canarium schweinfurthii* (10,02 %), *Blighia welwitschii* (9,93 %), *Amphimas pterocarpoides* (8,50 %), *Piptadeniastrum africanum* (8,06 %), *Ficus exasperata* (6,98 %), *Pentaclethra macrophylla* (6,07 %), *Pycnanthus angolensis* (5,46 %), le reste des espèces (27) a des IVI inférieures à 5 % (figure 13).

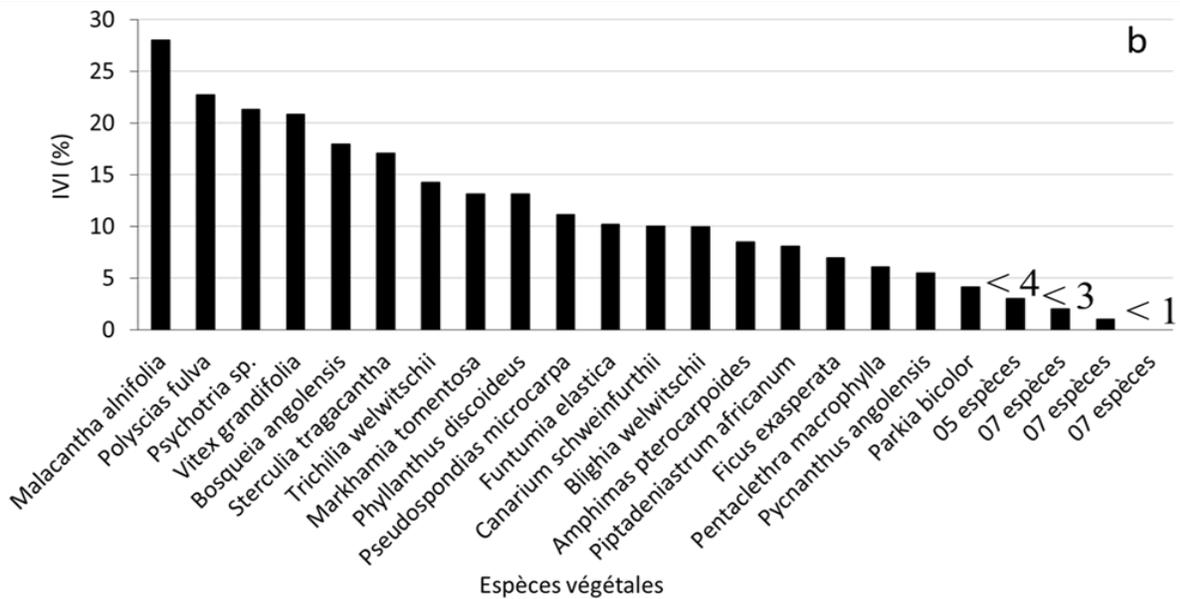
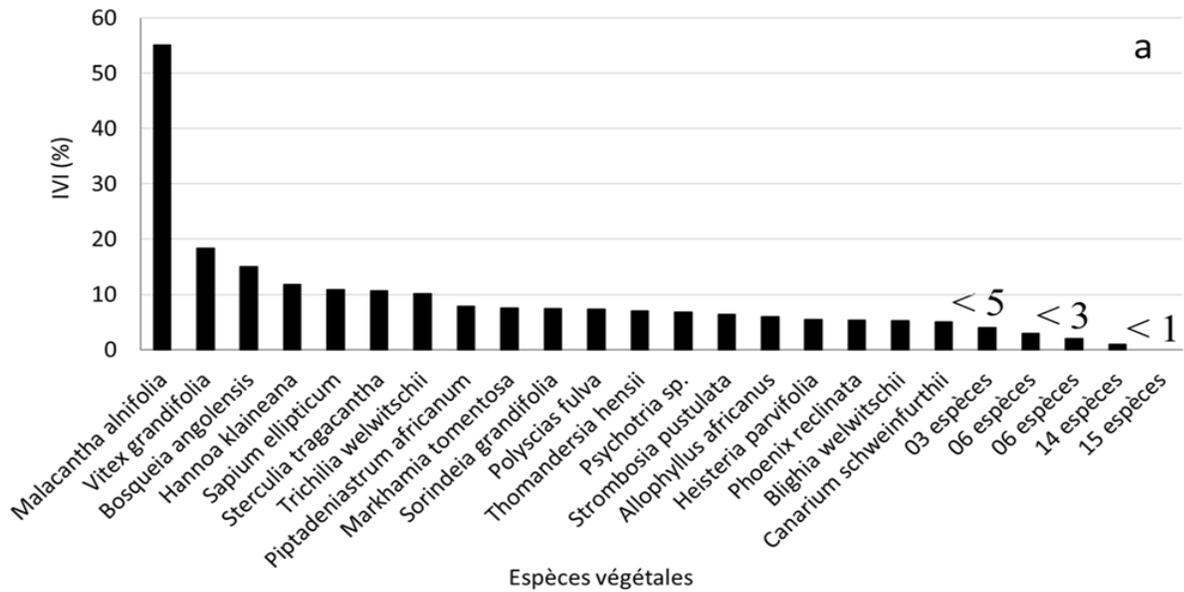


Fig. 13. IVI des différentes zones d'étude
(IVI : *Important Value Index* ; a : Bandrefam ; b : Batoufam)

III.1.2.2.6. Comparaison entre les deux forêts sacrées

Les familles communes aux deux FS sont les suivantes : *Phyllanthaceae*, *Fabaceae*, *Moraceae*, *Lamiaceae*, *Malvaceae*, *Rubiaceae*, *Meliaceae*, *Anacardiaceae*, *Sapindaceae*. Trois genres sont présents dans les deux FS. Il s'agit de : *Albizia*, *Macaranga*, *Trichillia*. Par ailleurs, on note la présence de 27 espèces communes entre les deux sites (*Albizia glaberrima*, *Albizia zygia*, *Blighia welwitschii*, *Bosqueia angolensis*, *Canarium schweinfurthii*, *Casearia* sp., *Celtis zenkeri*, *Christiana africana*, *Coelocaryon preussi*, *Dracaena arborea*, *Ficus exasperata*, *Malacantha alnifolia*,

Markhamia tomentosa, Millettia sanagana, Parkia bicolor, Phyllanthus discoideus, Piptadeniastrum africanum, Polyscias fulva, Pseudospondias microcarpa, Psychotria sp., Pycnanthus angolensis, Sapium ellipticum, Sterculia tragacantha, Strombosia pustulata, Trichilia welwitschii, Vernonia conferta, Vitex grandifolia).

III.1.2.2.7. Régénération des espèces dans les forêts sacrées

Les indices de régénération dans les différentes FS sont inférieurs à 50 %, ce qui indique que la population d'individus juvéniles est déficitaire ou que les possibilités de régénération du milieu sont faibles (Hakizimana et al., 2011). Le taux de régénération est de 32,85 % pour la FS de Bandrefam et de 30,29 % pour la FS de Batoufam. Cependant cette régénération est plus élevée dans la FS de Bandrefam. Cette différence peut s'expliquer par les conditions écologiques et édaphiques plus favorables pour l'installation des jeunes pousses dans cette FS (tableau VI).

Tableau VI : Régénération des espèces dans les forêts sacrées

Sites d'étude	Indices de régénération (IR) (%)
Bandrefam	32,85
Batoufam	53,29

III.1.2.3. Statuts de conservation des espèces selon UICN

Au sein des FS étudiées, les espèces menacées identifiées se répartissent en quatre catégories : danger critique (CR), Vulnérable (Vu), Préoccupation mineure (LC), et données insuffisantes (DD).

Dans l'ensemble de deux sites, 61 espèces sont classées dans la catégorie de préoccupation mineure, 3 espèces Vulnérables, une espèce en danger critique et 18 espèces donc les données insuffisantes (figure 14).

Dans la FS de Bandrefam, une espèce est en danger Critique (*Psychotria sp.*), deux espèces sont Vulnérables (*Dacryodes igaganga, Diospyros crassiflora*), 44 espèces sont classées en Préoccupation mineure et en données insuffisantes 18 espèces. Dans la FS de Batoufam, on note qu'une espèce en danger Critique (*Psychotria sp.*), une espèce Vulnérable (*Anopyxis klaineana*), préoccupation mineure (36 espèces) et 7 espèces donc les données insuffisantes : *Bosqueia angolensis, Casearia sp., Celtis zenkeiri, Phyllanthus discoideus, Pseudospondias microcarpa, Vernonia conferta* .

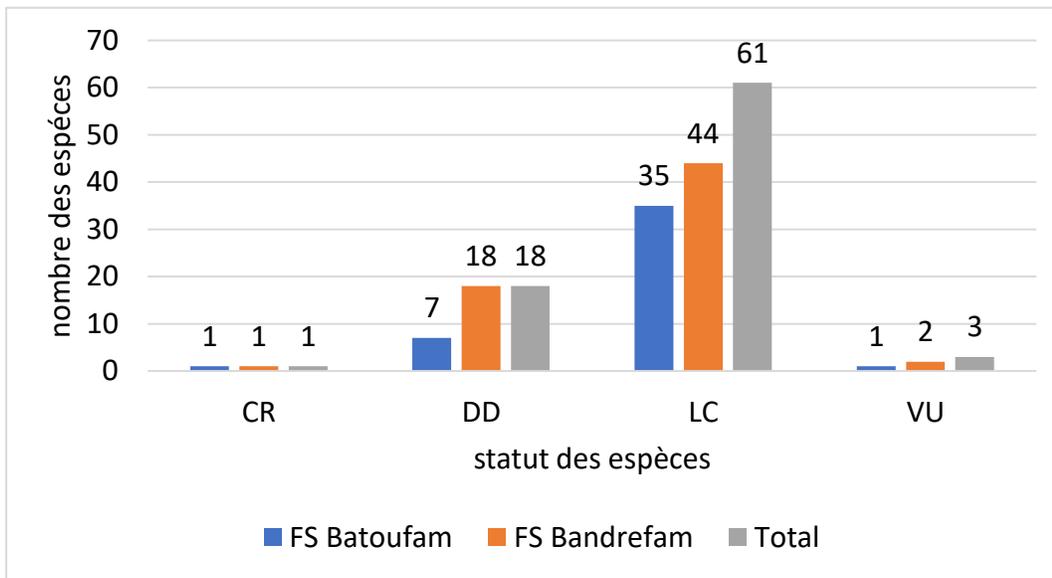


Fig.14. Statuts de conservation des espèces selon IUCN (LC= Préoccupation Mineure ; CR= Danger Critique ; VU= Vulnérable ; DD= Données Insuffisantes)

III.1.3. Corrélations entre les variables

III.1.3.1. Corrélations entre densité relative et dominance relative des espèces

➤ Cas de Bandrefam

La figure 15 illustrant la corrélation existante entre densité relative et dominance relative des espèces à Bandrefam montrent que ces deux variables ne suivent pas une droite linéaire et donc n'évoluent pas dans le même sens ou ne sont pas corrélées. Cette corrélation est très significative avec $r = 0,86$ et $r^2 = 0,74$. En effet, le test de Kolmogorov aussi donne une valeur de probabilité (p-value = 0,0001) inférieure au seuil ($\alpha = 0,05$) et révèle qu'il existe une grande différence significative entre ces deux variables. La figure 15 démontre que la densité des espèces n'est pas fonction de la dominance des espèces à Bandrefam et que l'espèce *Malacantha alnifolia* est de loin la plus représentée.

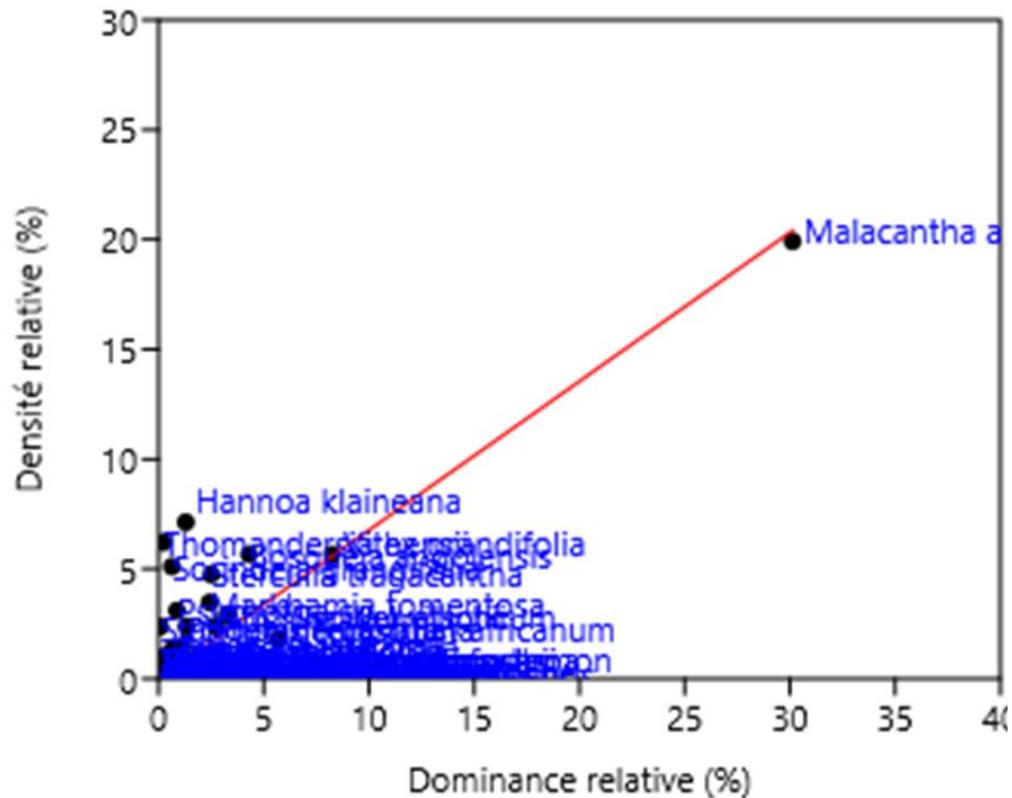


Fig. 15. Corrélations entre densité relative et dominance relative des espèces à Bandrefam

➤ Cas de Batoufam

La figure 16 de la corrélation entre densité relative et dominance relative des espèces à Batoufam montrent que ces deux variables ne suivent pas une droite linéaire et donc n'évoluent pas dans le même sens ou ne sont pas corrélées. Cette corrélation est très significative avec $r = 0,71$ et $r^2 = 0,51$. Par ailleurs les tests statistiques montrent qu'il y a une différence très hautement significative ($p\text{-value} = 0,0001$) entre ces deux variables. La figure 16 démontre que l'augmentation de la densité des espèces n'est pas fonction de la dominance des espèces. Toutefois l'espèce *Psychotria* sp. est la plus représentée et présente la densité relative la plus élevée.

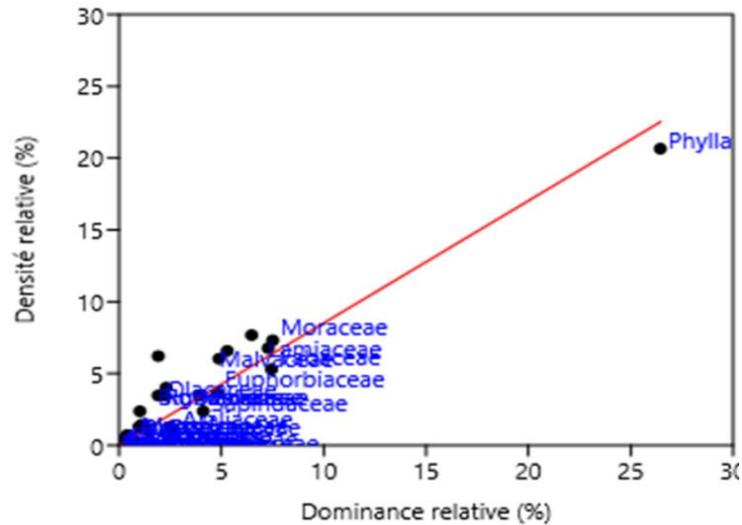


Fig .17. Corrélations entre densité relative et dominance relative des familles à Bandrefam

➤ Cas de Batoufam

La corrélation entre densité relative et dominance relative des familles à Batoufam montre que ces deux variables ne suivent pas une relation linéaire et donc n'évoluent pas de manière cohérente ou ne sont pas corrélées. Cette corrélation est très significative, avec un coefficient de corrélation (r) de 0,7832 et coefficient de détermination (r^2) de 0,61339. Par ailleurs les tests statistiques montrent qu'il y a une différence très hautement significative (p -value= 0,0002) entre ces deux variables. La figure 18 confirme que l'augmentation de la densité de familles n'est pas liée à la dominance des familles. Toutefois, ce graphique confirme qu'à Batoufam, la famille la plus représentée est celle des Phyllanthaceae avec la densité relative la plus élevée.

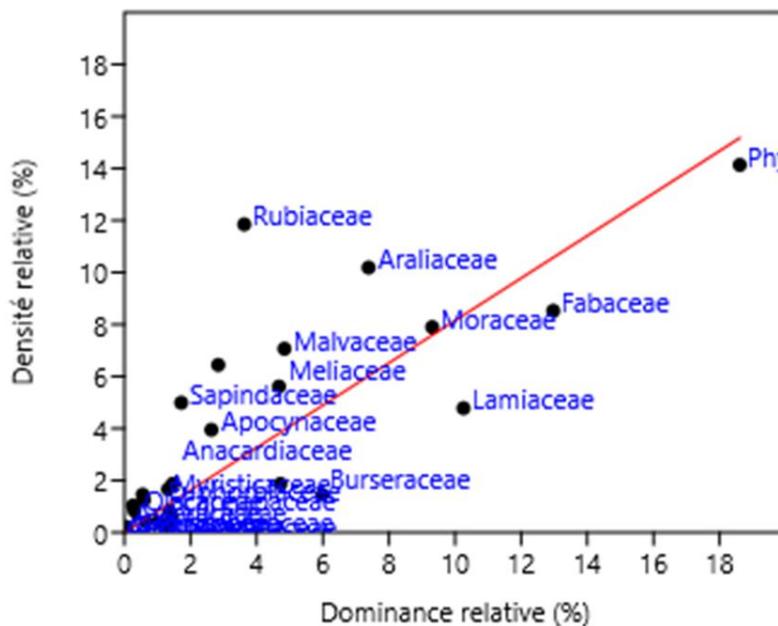


Fig.18. Corrélations entre densité relative et dominance relative des familles à Batoufam

III.1.4. Estimation du stock de carbone

III.1.4.1. Carbone aérien

Les estimations des stocks de carbone aérien dans différentes Forêts sacrées (FS) ont été réalisées en fonction du diamètre des arbres, en utilisant des équations allométriques spécifiques à chaque mesure de diamètre.

- Pour les individus de $D \geq 10$ cm

L'estimation des stocks de carbone aérien dans les différentes FS révèle que la FS de Batoufam présente le stock de carbone aérien le plus élevé, avec une valeur de 377,34 tC/ha et celle de Bandrefam affiche un stock de 233,43 tC/ha (tableau VII).

- Pour les individus de $5 \leq D < 10$ cm

Les valeurs moyennes des stocks de carbone montrent que la FS de Bandrefam présente le stock le plus élevé avec une valeur de 1,51 tC/ha. La FS de Batoufam présente une valeur de 1,03 tC/ha (tableau VII).

- Pour les individus de $D < 5$ cm

La valeur des stocks de carbone dans les deux FS est identique dans les deux FS (0,02 tC/ha) (tableau VII).

Tableau VII : Stocks de carbone

(D = Diamètre ; AGB = stocks de carbone aérien)

Diamètres des arbres(cm)	AGB (tC/ha)		
	Bandrefam	Batoufam	Total
$D > 10$	233,43	377,34	610,77
$5 \leq D < 10$	1,51	1,03	2,53
$D < 5$	0,02	0,02	0,04
Total	234,95	378,38	613,34

III.1.4.2. Carbone souterrain

Dans l'ensemble, les stocks de carbone souterrain ont été estimés pour un total de 147,23 tC/ha répartis comme suit : 146,58 tC/ha, 0,61 tC/ha, 0,03 tC/ha respectivement dans la FS de Bandrefam et de Batoufam (Tableau VIII).

- Les individus de $D \geq 10$ cm

L'estimation des stocks de carbone souterrain dans les deux FS révèle qu'elle est plus élevée dans la FS de Batoufam (96,56 tC/ha) par rapport à la FS de Bandrefam (56,02 tC/ha).

- Cas des individus de $5 \leq D < 10$ cm

Les valeurs moyennes des stocks de carbone sont plus élevées dans la FS de Bandrefam (0,36 tC/ha) que dans la FS de Batoufam (0,25 tC/ha).

- Les individus de $D < 5$ cm

Les valeurs moyennes des stocks de carbone souterrain dans les deux FS sont les mêmes, 0,02 tC/ha) chacune.

Tableau VIII : Carbone souterrain

(D = Diamètre ; BGB = stocks de carbone souterrain)

Diamètres des arbres (cm)	BGB (tC/ha)		
	Bandrefam	Batoufam	Total
$D > 10$	56,02	90,56	146,58
$5 \leq D < 10$	0,36	0,25	0,61
$D < 5$	0,02	0,02	0,03
Total	56,40	90,82	147,23

III.1.4.3. Stocks de carbone totaux

L'analyse des résultats des stocks de carbone totaux (tableau IX) montre que dans l'ensemble de deux FS stockent 760,67 tC/ha, répartis comme suit : 469,26 tC/ha pour la FS de Batoufam et 291,41 tC/ha pour la FS de Bandrefam.

Pour les individus de $D \geq 10$ cm, la FS de Batoufam (467,90 tC/ha) présente une valeur des stocks de carbone plus élevé par rapport à la FS de Bandrefam (289,45 tC/ha).

Pour les individus de $5 \leq D < 10$ cm, les valeurs moyennes des stocks de carbone totaux montrent que la FS de Bandrefam (1,87 tC/ha) présente une valeur plus élevée que la FS de Batoufam (1,28 tC/ha).

Enfin pour les individus de $D < 5$ cm, l'analyse a montré que ces deux FS présentent une valeur identique des stocks de carbone totaux (0,04 tC/ha).

Tableau IX : Stocks de carbone totaux

(BDFam = Bandrefam ; BTFam = Batoufam)

Diamètres des arbres (cm)	Carbone total (tC/ha)								
	Carbone aérien			Carbone souterrain			Carbone totaux		
	BDFam	BTFam	Total	BDFam	BTFam	Total	BDFam	BTFam	Total
$D > 10$	233,43	377,34	610,77	56,02	90,56	146,58	289,45	467,90	757,35
$5 \leq D < 10$	1,51	1,03	2,53	0,36	0,25	0,61	1,87	1,28	3,14
$D < 5$	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08
Total	234,95	378,38	613,34	56,40	90,82	147,23	291,41	469,26	760,57

III.1.4.4. Evaluation des valeurs écologiques et économiques des stocks de carbone

L'analyse de donnée des valeurs écologiques a permis d'obtenir au total 2789,13 tCO₂eq/ ha répartis, 1068,51 tCO₂ / ha dans la FS de Bandrefam et 1 720,61 tCO₂/ ha dans la FS de Batoufam.

Les valeurs économiques augmentent en fonction des stocks de carbone. Ainsi, la valeur économique est de 14 955,71 € soit 9 825 530,528 FCFA pour la FS de Bandrefam et 24 085,51 € soit 15823 877,05 FCFA pour la FS de Batoufam. Il convient de noter que la FS de Batoufam a la plus grande valeur économique par rapport à la FS de Bandrefam. Dans l'ensemble de deux sites, elle est de 39 041,22 € soit 25 649 407,58 FCFA (Tableau X).

Tableau X : Valeur écologique et économique des différentes forêts sacrées

Sites d'étude	BT (t/ha)	C (tC/ha)	CO ₂ eq	Valeur monétaire (€)	Valeur monétaire (FCFA)
Bandrefam	613,50	291,41	1 068,51	14 955,71	9 825 530,528
Batoufam	987,91	469,26	1 720,61	24 085,51	15 823 877,05
Total	1 601,41	760,67	2 789,13	39 041,22	25 649 407,58

III.1.4.5. Variation des stocks de carbone par classes de diamètre

La figure 19 présente les variations de carbone par classes de diamètre dans les deux forêts sacrées. Ainsi, dans la FS de Batoufam, la classe de diamètre de [40-50] stocke plus de carbone 74,28 tC/ha, suivi de la classe de [50-60[avec 61,44 tC/ha, [60-70[avec 45,46 tC/ha et [30-40[avec 41,15 tC/ha. Les classes de [80-90[, [5-10[et [0-5[sont celles qui stockent moins de carbone, avec des valeurs 9,55 tC/ha, 1,87 tC/ha et 0,09 tC/ha respectivement.

Dans la FS de Bandrefam, la classe de diamètre [60-70[est la classe qui stock plus de carbone avec une valeur de 85,05 tC/ha, suivi de [50-60[avec 70,87 tC/ha, [70-80[avec 59,26 tC/ha, et [40-50[avec 55,56 tC/ha. Les classes de diamètre [5-10[et [0-5[cm sont celles qui stockent moins de carbone, avec les valeurs 1,28 tC/ha et 0,08 tC/ha respectivement.

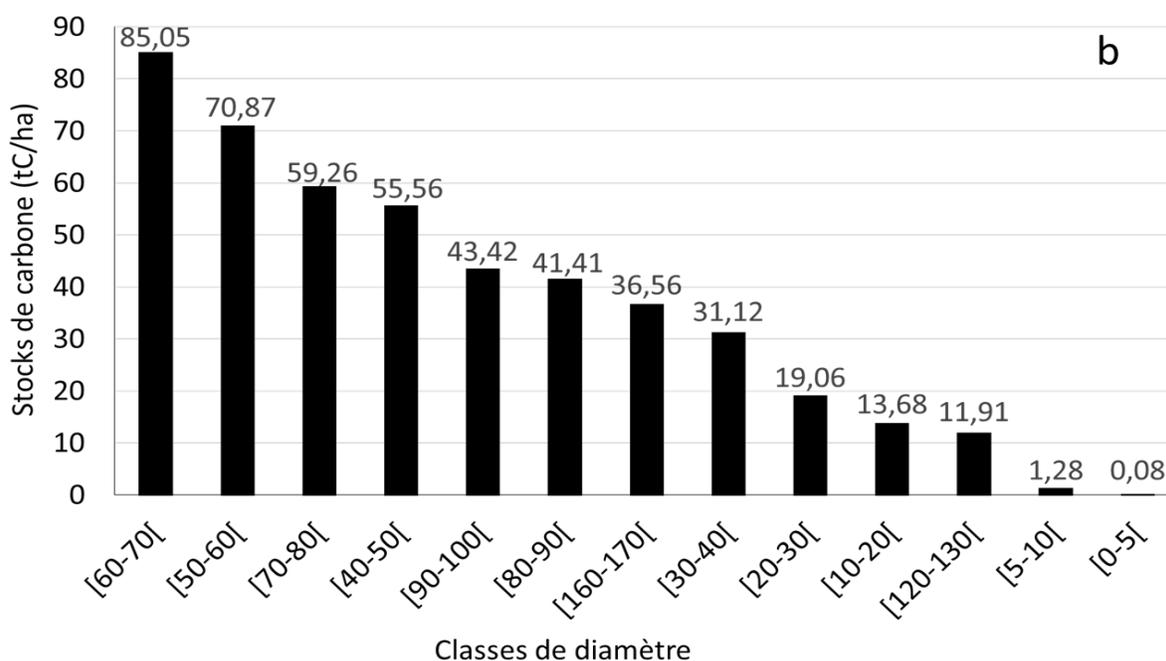
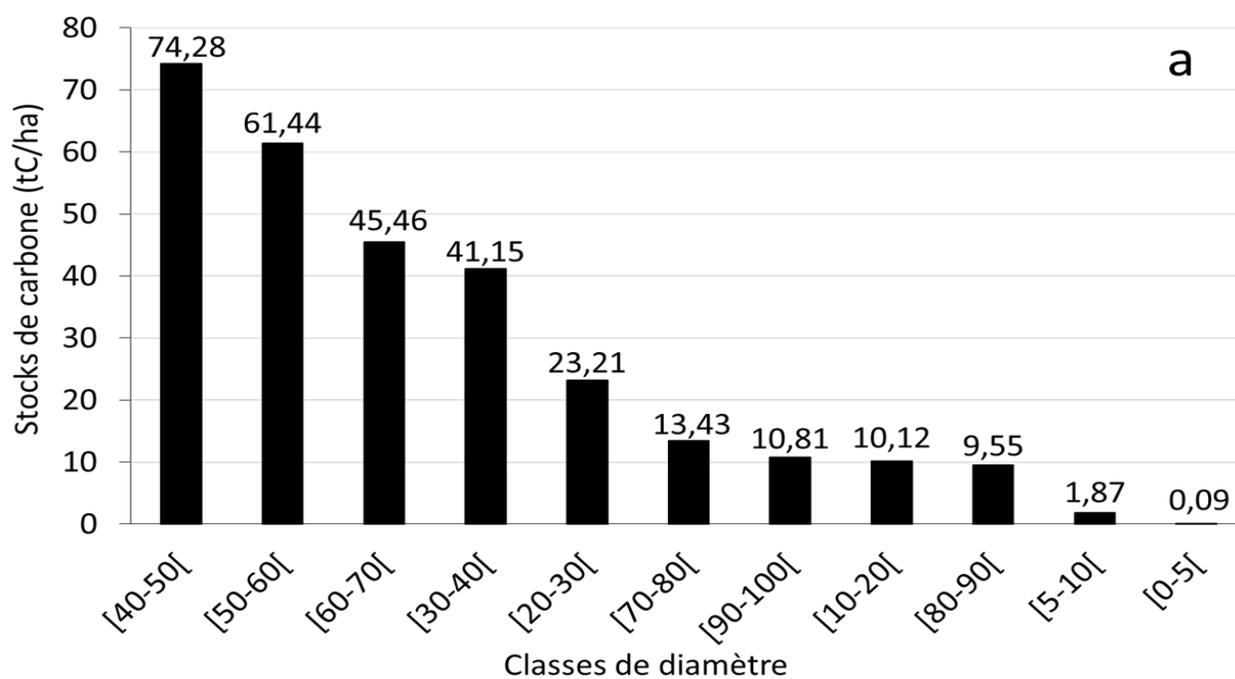


Fig. 19. Variation des stocks de carbone par classes de diamètre dans les sites d'étude (a : Banbrefam ; b : Batoufam).

III.1.4.6. Corrélations entre les stocks de carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces

➤ Cas de Bandrefam

L'analyse du graphe de la corrélation entre les stocks de carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces montre que ces variations ne suivent pas une droite linéaire et donc n'évoluent pas

dans le même sens ou ne sont pas corrélées. Cette corrélation est très significative avec $r = 0,018514$ et $r^2 = 0,0003428$. Par ailleurs le test de Kolmogorov donne une valeur de probabilité (p-value=0,9623), supérieur au seuil de ($p < 0,05$) et révèle qu'il existe différence une significative entre ces différentes variables. La figure 20 permet aussi de dire que le nombre d'espèces influence la quantité des stocks de carbone dans une forêt, plus spécifique que, plus le nombre d'espèces dans une classe de diamètre est élevée, plus les valeurs de stocks de carbone sont élevées (figure 20).

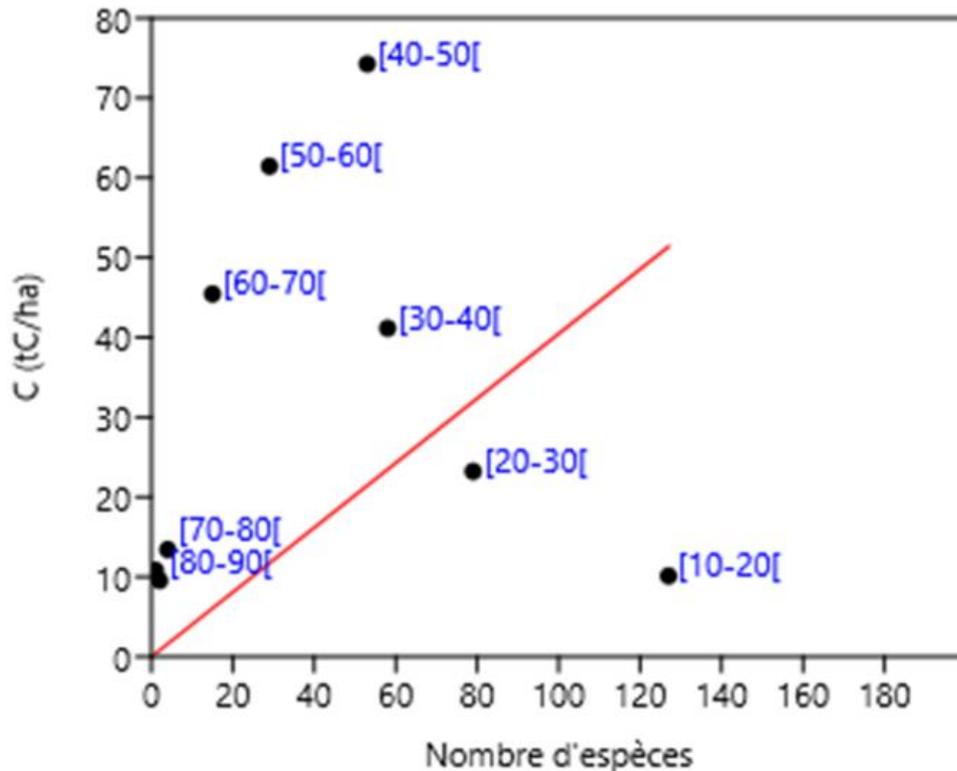


Fig.20. Corrélations entre les stocks de Carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces de Bandrefam

➤ Cas de Batoufam

La corrélation est négative entre les stocks de Carbone, la classe diamétrique et le nombre d'espèces Batoufam montrent que ces variables ne suivent pas une droite linéaire et donc n'évoluent pas dans le même sens ou ne sont pas corrélées. Cette corrélation est très significative avec $r = -0,32736$ et $r^2 = 0,10717$. Par ailleurs les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas une significative (p-value= 0,3362) entre ces variables (figure 21). La figure permet aussi de dire que le nombre d'espèces influence la quantité des stocks de carbone dans une forêt, plus spécifiquement que, plus le nombre d'espèces dans une classe de diamètre est élevée, plus les valeurs de stocks de carbone sont élevées.

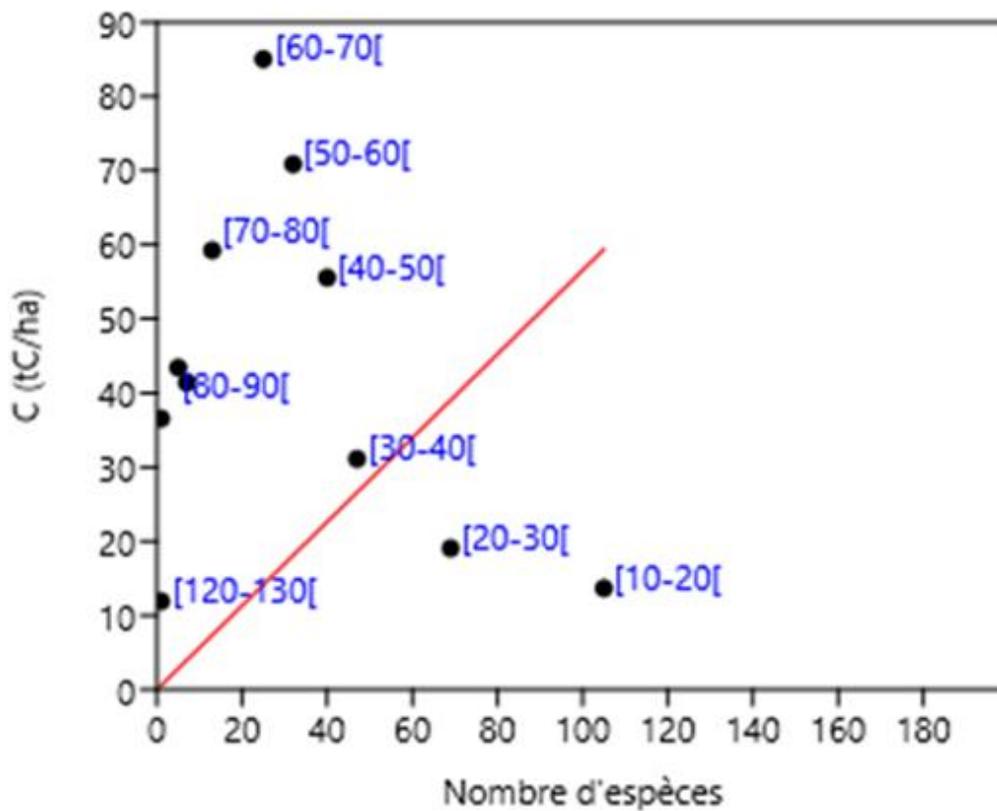


Fig.21. Corrélations entre les stocks de Carbone, les classes diamétriques et le nombre d'espèces Batoufam.

II.1.4.7. Relation entre la surface terrière, les stocks de Carbone et les diamètres des espèces végétales

➤ Cas de Bandrefam

La corrélation est fortement positive entre la surface terrière et les stocks de carbone (0,99739), la surface terrière et le diamètre des espèces végétales (0,98682) et le diamètre et les stocks de carbone (0,98334). Plus les diamètres des espèces végétales sont élevés, plus la surface terrière est élevée et plus les stocks de carbone sont élevés (figure 22).

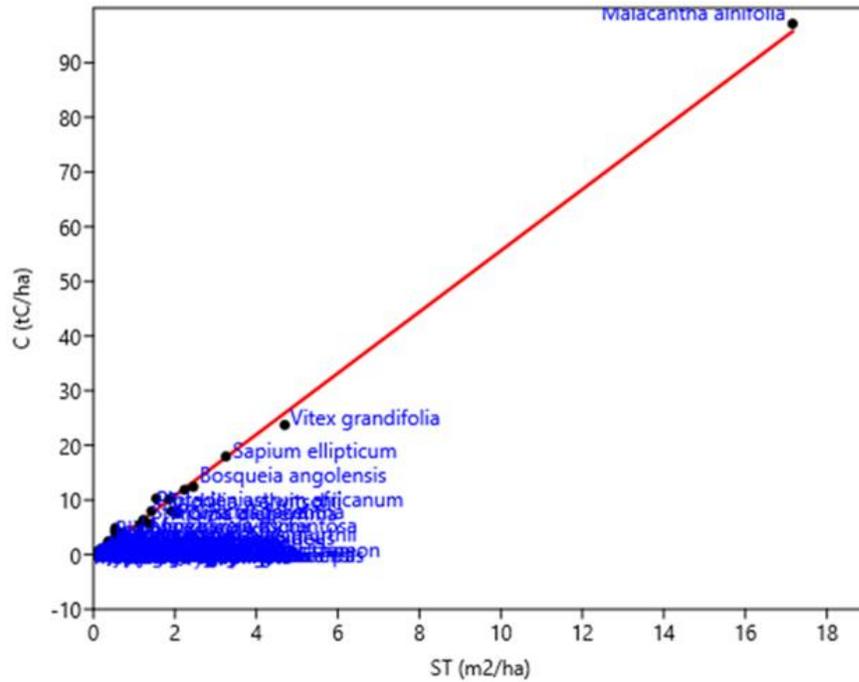


Fig.22. Relations entre la surface terrière, les stocks de Carbone et les diamètres d'espèces végétales à Bandrefam

➤ Cas de Batoufam

La corrélation est fortement positive entre la surface terrière et les stocks de carbone (0,96483), la surface terrière et le diamètre des espèces végétales (0,91891) et le diamètre et les stocks de carbone (0,83209). Plus les diamètres des espèces végétales sont élevés, plus la surface terrière est élevée et plus les stocks de carbone sont élevés (figure 23).

climatiques (10,64 %). En revanche, l'urbanisation présente un impact moindre sur la dégradation de ces forêts (2,13 %) (figure 24).

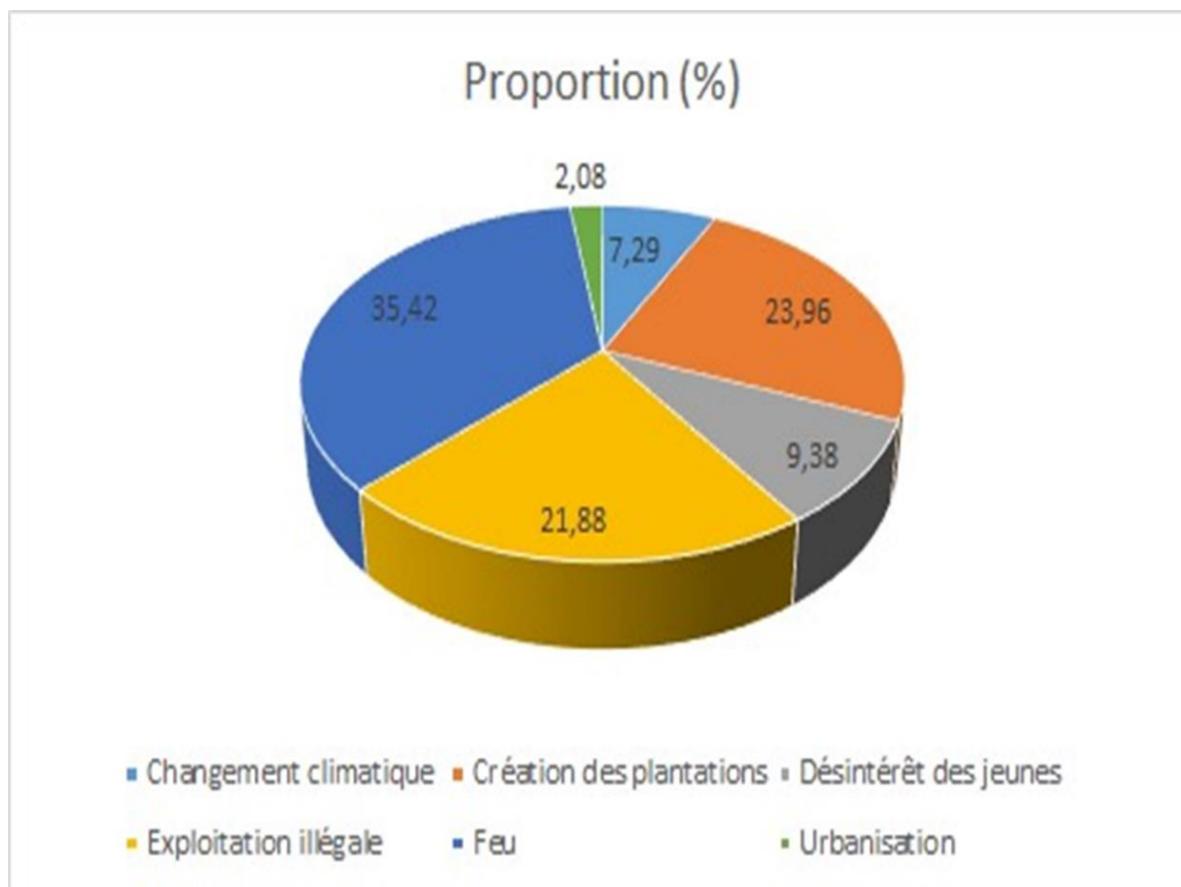
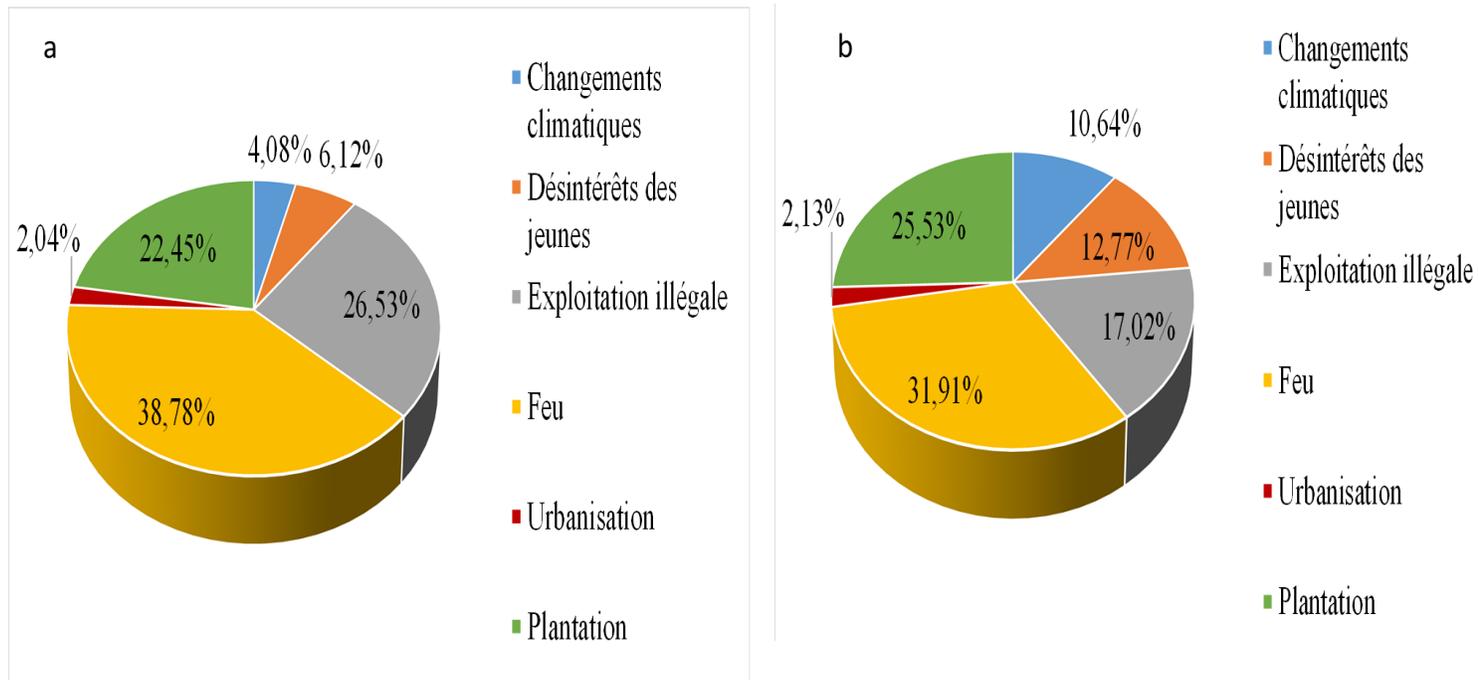


Fig.24. Facteurs de dégradation dans les deux sites d'études

(a=Batoufam ; b=Bandrefam ; c=Total)

III.2. Discussion

III.2.1. Inventaire floristique

L'inventaire floristique a permis de recenser 83 espèces réparties en 72 genres et 30 familles. Ce résultat est inférieur à celui de Ngounou (2023) qui, dans les FS de Bazou (région de l'Ouest Cameroun) avait identifié 151 espèces réparties en 94 genres et 38 familles et également à celui de Javid et *al.*, (2022), dans les forêts sacrées de l'Inde ont identifié 109 espèces appartenant à 90 genres et 40 familles. Cette différence serait liée à la méthodologie échantillonnage utilisées pour les inventaires et à la superficie de la surface échantillonnée. Ainsi (Javid et *al.* Op.cit.) avaient utilisés trois parcelles de 20 m × 20 m dans chaque forêt sacrée, et subdivisées en quatre quadrats de 10 m × 10 m.

De manière générales, les familles écologiquement les plus représentées sont des Phyllanthaceae (47,64 %), Fabaceae (24,08 %), Moraceae (22,69 %), Lamiaceae (21,70 %). Ces résultats obtenus sont en désaccord avec celle trouvée par (Ngounou, 2023) dans les forêts sacrées de Bazou avait les familles des Clusiaceae, Fabaceae, Burseraceae et Phyllanthaceae. Cette différence s'expliquerait par les divers changements subits par la forêt due aussi bien aux changements climatiques qu'aux activités anthropiques (Guenodjo, 2022).

L'indice de Shannon élevé correspond à des conditions de milieux favorables permettant l'installation de nombreuses espèces (Sonké, 1998). Dans le cadre de cette étude, l'indice de Shannon varie entre 3,38 et 3,17 bits à Bandrefam et à Batoufam. Ces valeurs fortes traduisent une forte diversité spécifique des FS étudiées. D'après Kent et Cooker (2003), une communauté est considérée comme étant riche, lorsqu'elle présente un indice de diversité de Shannon supérieur ou égal à 3,5 bits. Cette valeur de l'indice de diversité de Shannon enregistrée dans cette étude est proche de celle trouvée par Lounang et *al.* (2018) qui ont montré que la FS de Batoufam possède une bonne diversité ligneuse (3,51 bits). L'indice de Simpson était de 0,9489 bits, elle est moyenne et traduit une diversité moyenne des sites (Tiokeng et *al.*, 2020). Les valeurs de l'indice d'équitabilité de piélou et l'indice de Fisher alpha obtenues après l'analyse des résultats de l'inventaire sont respectivement : 0,79 bit et 21,3 bits. Toutefois, les valeurs de l'équitabilité de Piélou et l'indice de Simpson justifient la représentativité de la flore par quelques espèces du point de vue de leur abondance (Sonké, 1998).

Les valeurs des surfaces terrières obtenues dans les deux sites sont comprises entre 34,4 m²/ha et 83,06 m²/ha sont toutes inférieures à celles trouvées par Noumi (2012) dans la FS de Kouhgap et

Noumi & Tiam (2016) dans la FS du Mont oku (205,02 m²/ha). Elles sont supérieures à celle trouvées par Ngounou (2023) dans les FS de Bazou (30,35 m²/ha et 77,64 m²/ha). Ces résultats observés, indiquent la présence au sein de ces FS, d'une abondance élevée non seulement des individus à faibles diamètres mais aussi des espèces représentées par très peu d'individus (Tiokeng et al., 2020).

La structure diamétrique des arbres dans ces forêts présente une densité de régénération constante. Le résultat de cette étude relève de façon globale que la classe de [0-10[cm présente le plus grand nombre d'individus dans les deux sites. La présence d'une population importante de jeunes arbres avec une diminution progressive en fonction du diamètre suggère que ces forêts offrent des conditions favorables à la survie des arbres en l'absence de perturbation (Ngounou, *op.cit.*). Par ailleurs, cette distribution est différente à celles décrites par Tiokeng et al. (2020) dans les FS de hautes Terres de l'Ouest-Cameroun. En effet, ils ont recensé le plus grand effectif dans la classe [10-20[cm.

III.2.2. Statuts de conservation des espèces selon UICN

La présence de certaines espèces à statut particulier selon la liste rouge de l'IUCN a traduit des FS des lieux de conservation spéciale (Tiokeng et al. 2020). En effet, une étude menée en Inde par Bhagwat et al. (2005) a montré que les espèces menacées de la liste rouge de l'IUCN sont plus importantes dans les FS que dans les forêts denses d'une région touchée par une forte déforestation. Les forêts sacrées sont traditionnellement conservées depuis longtemps, sans intervention gouvernementale, par des méthodes de gestion spécifique (Rath & Ormsby, 2020 ; Tiokeng et al. 2019 ; Aday et al., 2013). Ces reliques forestières jouent donc un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité locale et régionale, la préservation de l'intégrité socioculturelle des communautés locales ainsi que les services écosystémiques qu'elles fournissent, il est impératif de protéger ces forêts (Pradhan et al. 2009).

III.2.3. Estimation du stock de carbone

L'évaluation des stocks de carbone dans les forêts tropicales est devenue une priorité mondiale dans le cadre de la mise en place du mécanisme REDD⁺ (Loubota-Pandzou et al., 2016). L'analyse des stocks de carbone montre que la FS de Batoufam (469,26 tC/ha) stock plus de carbone par rapport à la FS de Bandrefam (291,41 tC/ha). La quantité totale de carbone séquestré est de 760,57 tC/ha. Ce résultat est différent à ceux obtenus par Ngounou (2023) dans les FS de Bazou-(1709,26 tC/ha), à ceux de Louanang et al. (2018) dans la FS de Kouhgap (128 tC/ha), ainsi que ceux de Javid et al., (2022) dans les 59 forêts sacrées de l'Inde centrale (92,4 tC/ha). Cette différence peut être due au choix de

l'équation allométrique utilisée ainsi qu'à la superficie des forêts sacrées étudiées. En effet, la méthodologie d'échantillonnage ainsi que le type d'équation allométrique utilisé expliquent les variations de stocks de carbone obtenue en zone tropicale (Chave et *al.*, 2014 ; Mounmeni, 2016 ; Lounang et *al.*, 2018 ; Javid et *al.*, 2022 ; Ngounou, 2023). La biomasse souterraine a été évaluée en utilisant un facteur de conversion contrairement à ceux de Javid et *al.*, (2022) qui ont utilisé le rapport racine/pousse de Mokany et *al.*, (2006) (0,563 ou 0,275) en fonction de la taille de biomasse souterraine. En outre, la séquestration de carbone est plus importante lorsque la biomasse grande et augmente avec la classe de diamètre des arbres (Ngounou, 2023). Ces observations sont en accord avec les résultats de Tsoumou et *al.*, (2016).

La valeur économique dans l'ensemble de deux sites s'élève à 39 041,22 € soit 25 649 407,58 FCFA. Elle est inférieure à celle de Ngounou *op.cit.*), dans les FS de Bazou avait trouvé 1949110610 FCFA. La différence est due à la superficie des forêts sacrées étudiées. Bien que cette valeur varie d'une forêt sacrée à l'autre, elle pourrait non seulement fournir aux communautés riveraines des moyens pour améliorer leurs conditions de vie, mais aussi renforcer la gestion de ces forêts. Cette valeur économique, le nombre d'espèces protégées selon la liste Rouge de l'UICN et la diversité de ces sites prouvent que ces forêts ne doivent pas être négligées. Leur prise en compte effective et l'harmonisation des coûts de la tonne de carbone équivalent (tCO₂) compte tenu de sa grande variation sur le marché constituent donc un moyen efficace de lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts tropicales (Ngounou, 2023).

III.2.4. Facteurs de dégradation

Malgré les systèmes d'interdiction, les forêts sacrées rencontrent de nombreux problèmes. Selon Caillault et *al.* (2020) et Mathieu (2010), ces problèmes concernent essentiellement deux points : une diminution de la superficie de l'espace boisé, provoquée par la forte pression sur les terres, et la surexploitation des ressources des forêts. La coupe clandestine est en constante augmentation, malgré les interdictions traditionnelles, notamment en raison de la demande en bois de chauffage dans les zones urbaines (Salfo et *al.*, 2011). Juhé-Beaulaton (2005), Kokou et *al.* (2005) ont également mis en évidence plusieurs facteurs qui contribueraient à la dégradation de la diversité biologique dans les forêts sacrées. Il s'agit de l'urbanisation, changement climatique, création des plantations, désintérêts des jeunes pour la préservation de ces écosystèmes, et en fin l'exploitation illégale.

CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

IV.1. Conclusion

La présente étude avait pour objectif général d'estimer la diversité ligneuse, les stocks de carbone et les facteurs de dégradation des FS de Batoufam et de Bandrefam. Elle a consisté à inventorier leurs diversités ligneuses, leurs stocks de carbone et leurs facteurs de dégradation.

L'inventaire floristique a été réalisé sur des parcelles de 25 cm × 25 cm pour les individus de diamètres supérieur à 10 cm et 5 cm × 5 cm pour les individus de diamètres inférieur à 10 cm. L'estimation des stocks de carbone a été fait à partir de la méthode non destructive et des équations de Fayolle et *al.*, (2018), Chave et *al.*, (2014), Ntomen (2020). Les enquêtes socio-économiques ont été menées auprès des populations et autorités locales de ses localités afin de déterminer les facteurs de dégradation de ces forêts sacrées.

L'inventaire floristique a permis de recenser 65 espèces réparties en 57 genres et 30 familles dans la FS de Bandrefam et 45 espèces réparties en 42 genres et 27 familles FS de Batoufam. Dans la forêt sacrée de Bandrefam, les familles les plus représentées sont les *Moraceae* et *Phyllanthaceae* (9 espèces chacune), *Fabaceae*, *Lamiaceae* et *Olacaceae* (8 espèces chacune). A Batoufam, les familles les plus représentées sont les *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Phyllanthaceae* et *Rubiaceae* (9 espèces chacune), *Araliaceae*, *Malvaceae*, *Meliaceae* et *Moraceae* (8 espèces chacune). La forte densité de peuplement est observée dans la forêt sacrée de Bandrefam (303,89 tiges). Le stock de carbone total est de 469,26 tC /ha à Batoufam et 291,41 tC/ha à Bandrefam. La valeur économique quant à elle varie entre 15 823 877,05 fcfà à Batoufam et 9 825 530,528 fcfà à Bandrefam). La densité des arbres la plus élevée est observée dans la FS de Bandrefam tandis que la surface terrière la plus élevée est observée dans la FS de Batoufam. Le statut global des espèces selon la liste rouge de l'IUCN montre que 61 espèces sont en état de Préoccupations Mineures, trois espèces en situation d'espèces Vulnérables (*Anopyxis klaineana*, *Dacryodes igaganga*, *Diospyros crassiflora*), une en danger critique (*Psychotria* sp.) et 18 dont les données sont insuffisantes. Les facteurs des dégradations des forêts sacrées dans l'ensemble des sites sont les suivants : les feux de brousse (35,42 %), création des plantations (23,96 %), exploitation illégale (21,88 %), désintérêt des jeunes face aux forêts sacrées (9,38 %), changement climatique (7,29 %), et urbanisation (2,08 %).

Par ailleurs, les forêts sacrées de Bandrefam et Batoufam séquestrent une quantité importante de carbone, mais elles sont confrontées à des facteurs de dégradation qui nécessitent une gestion durable. Par conséquent, il est crucial de les inclure dans les politiques de REDD⁺ afin de valoriser leur rôle dans la lutte contre le changement climatique. Une protection accrue ferait de ces îlots forestiers pourraient servir de refuge pour la faune et la flore.

IV.2. Perspectives

Afin d'approfondir cette étude, il serait judicieux de :

- Evaluer le carbone du bois mort et du sol pour l'estimation du carbone dans ces FS ;
- Faire une Cartographie des stocks de carbone dans ces FS,
- Faire des études relatives aux autres FS du pays, dans le but d'améliorer leur préparation vis-à-vis des atteintes du pays aux mécanismes de la REDD⁺.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIES

- Abdullah, K. S. M., Haq Z. U., Ahmad Z., 2022. Bosquets de cimetières musulmans : diversité Végétale, services écosystémiques et conservation des espèces dans le Nord-Ouest du Pakistan Dans C Coggins & B Chen (Eds) Forêts sacrées d'Asie () Routledge, pp 7787.
- Adou Yao C.Y., Kpangui K. B., Kouao K. J., Adou L. M. D., Vroh B. T. A., N'Guessan K.E., 2013. Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. *Vertigo - Env. Sci.* 13 (1).15 p.
- Agbani P. O., Amagnide A., Goussanou C., Azihou F. et Sinsin B., 2018. Structure des peuplements ligneux des formations végétales de la forêt sacrée de Nassou en zone soudanienne du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12 (6): 2519-2534.
- Aké-Assi L., 1984. Flore de la Côte d'Ivoire : *Etude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques*. Thèse de Doctorat, Université Nationale d'Abidjan, 206 p.
- Anonyme 1, 2015. Forêts et changements climatiques. COMIFAC, Belgique, 17p.
- Anonyme 2, 2008. Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Glossary of CDM Terms. 41 p.
- Anonyme 3,2004. Approche Par Écosystème (Lignes Directrices de la CDB). Montréal : Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Canada. 51 p.
- Anonyme 4, 1992. La Convention sur la Diversité Biologique. 32 p.
- Anonyme 5, 2010. Strategy for Forests and Forestry. Rome. 71 p.
- Anonyme 6, 1994. Le défi de l'aménagement durable des forêts. Quel avenir pour les forêts Mondiales. Rome, 28 p.
- Anonyme 7. 2018. Termes et définitions – FRA 2020. Évaluation des ressources forestières mondiales. Document de travail 188. Rome. 10p.
- Anonyme 8 ,2017. Présentation à la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique. Niveau d ' Emissions de Référence pour les Forêts de la Côte d ' Ivoire. p 1-50.
- Anonyme 9, 1997.Stratégie d'assistance dans le bassin du Congo : Analyse des causes de la dégradation des ressources forestières dans le bassin du congo.Rome.32p.
- Anonyme 10. 1997. FRA 2000 - Termes et définitions. Document de travail de FRA N° 1. Rome. 54p.
- Anonyme 11, 2008. Convention-cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC).Glossary of CDM Terms.41p.
- Anonyme 12, 2015. Comprendre la REDD⁺ et la CCNUCC. UNCC/ 18 p.
- Anonyme 13, 2014.Plan communal de développement de bayangam. PCD. 32p.
- Anonyme 14, 2003. IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraiishi T.,Krug T, Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Tanabe T. K., Wagner F. (Eds). Japan. 590 p.
- Anonyme 15, 2006. GIEC. Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre. Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres, institut pour les stratégies environnementales mondiales. Institute for Global Environmental Strategies. Japon. 4: 46-52.
- Anonyme 16, 2022. 8 milliards d'arbres. (2022). <https://8billiontrees.com>. Consulté 01/2023.
- Anonyme 17, 2023. <http://fr.exchange-rates.org/Rate/USD/XOF>. Consulté en janvier 2023.

- Assogbadjo A. E, Glèlè Kakaï R. L., Sinsin B., Dieter P., 2009. Structure of *Anogeissus leiocarpa* Guill., Perr. natural stands in relation to anthropogenic pressure within Wari-Marô forest reserve in Benin. *African Journal of Ecology*, 48(3): 644–653.
- Atakpama W. et al., 2012. Ethnobotanical knowledge of *Sterculia setigera* Del. In the Sudanian zone of Togo (West Africa). *ISRN Bot.*, 2012, ID 723157.
- Atyi R.E., Devers D., de Wasseige C., Maisels F., 2009, « État des forêts d’Afrique centrale : Synthèse sous-régionale », in C. de Wasseige, D. Devers, P. de Marcken, R. Eba’a Atyi, R. Nasi. Et P. Mayaux, 2009. Les forêts du Bassin Du Congo État des forêts 2008, pp. 17-44, Luxembourg, Office des publications de L’Union européenne, 426 p ISBN 978-92-79-132 11-7, doi : 10.2788/32456.
- Awange J., Kiema K., J.B., 2013. Environnemental geoinformatics. Monitoring and management. *Environmental Science*, New York, *Springer*, 533p.
- Barmo S., Amani A., Soumana I., Ichaou A., Karim S., Mahamane A., 2019. Structure et diversité des parcs agroforestiers adjacents à la forêt protégée de Baban Rafi, Niger - Afrique de l’Ouest. *Afr. Sci.* 15(2) : 166 – 185.
- Bhagwat S. A., Kushalappa C. G., Williams P. H., Brown N. D., 2005. Une approche paysagère de la conservation de la biodiversité des bosquets sacrés dans les Ghâts occidentaux de l’Inde. *Biologie de la conservation*, 19 : 1853–1862.
- Botelanye F. K., Kahola P.K., Kambale J.-L. K., Assani N.S., Yokana E.I., Yangayobo P.S., Habimana H.N., Mawunu M., Ngbolua K. t. N., 2016. Structural study of *Gilbertiodendron dewevrei* mono-dominant forest based on mature individuals in the Masako forest reserve (Tshopo province, RDC). *Trop. Pl. Res.*, 3 (3) : 491–500.
- Boyemba B.F., 2011. *Ecologie de Pericopsiselata (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée*. Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles, Belgique. 206 p.
- Brown S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO, forestry paper. Rome, Italy. 134 p.
- Bruni A., Ballero M., Poli F., 1997. Quantitative ethno-pharmacological study of Campidano Valley and Urzulei District, Sardinia, Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 7 : 97-104.
- Caillault S., Delahaye D., Ballouche A., 2010. *Des cultures temporaires face à la forêt classée. Exemples des paysages à l’Ouest du Burkina Faso*, projet de paysage. Burkina Faso, p. 13.
- Cardelús C. L., Woods, C. L., Bitew M. A., Dexter S., Scull P., & Tsegay B. A., 2019. Les perturbations humaines ont un impact sur l’intégrité des forêts sacrées des églises, en Éthiopie. *PLoS One*, 14(3), e0212430.
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M. A., Chambers J. Q., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J. P., Nelson B. W., Ogawa H., Riéra B., Yamakura T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145 (1) : 87-99.
- Chave J., Condit R., Aguilar S., Hernandez A., Lao S. and Perez R., 2004. Error propagation for tropical forest biomass estimates. *Philos. Trans.R.soc.London*, 359 (1443) : 409-420.
- Chave J., Réjou-Méchain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan M. S., Delitti W.B. C., Dudque A., Eid T., Fearnside P. M., Goodman R. C., Henry M., Martinez-Yrizar A., Mugasha W. A., Muller-Landau H. C., Mencuccini M., Nelson B. W., Ngomanda A., Nogueira E. M., Ortiz-Malavassi E., Pélissier R., Ploton P., Ryan C. M., Saldarriaga J. G., Vielledent G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical tress. *Global Change Biology*, 20 :3177-3190.

- Chave J., Rejou-Mechain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan S. M., Delitti B. C. W., & Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical. *Glob. Chan. Biol.*, doi : 10.1111/gcb.12629.
- Chave J., Riera B., and Dubois M. A., 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana : spatial and temporal variability. *J.of Trop.Eco.*, 17 :79-96.
- Cottam G. et Curtis J. T., 1959. The use of distance measures in phytosociological sampling. 37 (3). 451- 460.
- Danilova I. V., Ryzhkova V. A., Korets M. A., 2017. Mapping of vegetation Cover and Soil Carbon Stpck Using Geographic Information System Tools, Remote Sensing Data and Digital Elevation Model. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 10(6) :775-782.
- Dar J. A., Kothandaraman S., Khare P. K., & Khan M. L., 2022. Sacred groves of Central India: Diversity status, carbon storage, and conservation strategies. *Biotropica*, 00 :1–12. <https://doi.org/10.1111/btp.13157>.
- Delvingt W., 2007. La forêt des hommes ; la forêt humide tropicale en Afrique centrale. *Num. spéc., Parcs et Réserves*, 62 : 4-17.
- Djogo J., Gibigaye M., Tente B. et Sinsin B., 2012. Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *An. Agro. Sci.* 6 (2): 705 – 713.
- Djomo A. N., Ibrahima A., Saborowski J. G., 2010. Allometric equation for biomass estimations in Cameroun and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*, 260 : 1873-1885.
- Doetinchem N. & Megevend C., 2013. Dynamiques de déforestation dans le bassin duCongo : réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt. Document de travail, n°2, exploitation forestière, CIRAD, Paris, France. 43 p.
- Dudley N., Higgins-Zogib L., Mansourian S. 2009. Les liens entre aires protégées, confessions et sites naturels sacrés. In : *Biologie de la conservation*, 23(3), 568–577. Édition. Paris: Masson. Paris. 447 p.
- Evrard C., 1968. Recherche écologique sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette congolaise. Publ. INEAC, série scientifique. 110, 295 p.
- Eyog Matig O., Ndoeye O., Kengue J., Awano A., 2006. Les fruitiers forestiers comestibles du Cameroun. Cotonou. Ipgri/Saforgen/Irad/Cifor, 204 p.
- Fayolle A., Ngomanda A., Mbasic M., Barbier N., Bocko Y., Boyemba F., Couteron P, Fonton N., Kamdem N., Katembo J., Kondaoule H. J., Loumeto J., Maïdou H. M., Mankou G., Mengui T., Moundounga Q., Nguimbousi L., Nsue Nchama N., Obiang D., Meye Asuel F. O., Picardi N., Rossi V., Senguela Y.-P., Sonké B., Viard L., Yongo O. D., Zapfack L. & Medjibe V. P., 2018. A regional allometry for the Congo basin forests based on the largest ever-destructive *Forest Ecology and Management*, 430 : 228–240.
- Feldpausch T. R., Lloyd J., Lewis S. L., Brien R. J. W., Gloor E., Monteagudo M. A., Lopez-Gonzalez G., Banin L., Abu Salim K. and Affum-Baffoe K., 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, 9(8) : 3381-3403.
- Fischer R. A., Corbet A. S., & Williams C. B., 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. anim. Ecol.* 12 : 42-58.
- Fobane J. L., Onana J. M., Zekeng J. C., Biye H. E. and Mbolo Abada M., 2017. Flora diversity and characterization of plant groups in atlantic forests of Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 10 (5): 163-176.

- Frontier S. & Pichod-Viale D., 1993. Ecosystème : structure, fonctionnement, évolution, 2^{ème} *Gilbertiodendron dewevrei* mono-dominant forest based on mature individuals in the Masako forest reserve (Tshopo province, RDC). *Trop. Pl. Res.*, 3 (3) : 491–500.
- Giasson M.A., 2005. *Flux de carbone à l'échelle de l'écosystème avant et après scarifiage au sein d'un parterre de coupe de forêt boréale dans l'Est du Canada*. Mémoire Maitrise. Université de Laval, 131p.
- Gibbs H. K., Brown S., Niles O. J., and Foley A. J., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Res. Lett 2(4):2* 045023. DOI 10.1088/1748-9326/2/4/045023.
- Guenodjo K.P.M., 2021. *Impact de l'exploitation forestière sur la diversité floristique et les stocks de carbone dans la forêt communale de Dimako*. Mémoire de Master, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1. 56p.
- Hakizimana P., Bangirinama F., Havyarimana F., Habonimana B. et Bogaert J., 2011. Analyse de l'effet de la structure spatiale des arbres sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Sci. Inst. of Nat. Envir. and Conser.* 9 : 46-52.
- Hunyet O., 2013. Rapport de l'étude d'inventaire de la biodiversité des forêts sacrées des sites Ramsar 1017 et 1018 du Bénin 1. 12p.
- Ibrahima A., Schmidt P., Ketner P. Mohren G. J. M., 2002. Phytomasse et cycle des nutriments dans la forêt tropicale dense humide du Sud cameroun. Tropenbos-Cameroun, Documents 9, 81p.
- Beaulaton J. D. 2005. Enjeu économique et Sociaux autour des bois sacrés et «la Conservation de la biodiversité» Benin, Burkina Faso et Togo. Actes de l'atelier Paris, pp 25.
- Kaire M., Ouedraogo J. S., Sarr B. et Belem M., 2013. Guide de Mesure et de Suivi du Carbone dans le système sol-végétation des formations forestières et agroforestières en Afrique de l'Ouest. *UE/AMPC/AGRHYMET*. 46 p.
- Kent M. & Coker P., 2003. *Vegetation Description and Analysis - a Practical Approach*. John Wiley & Son Eds: UK; 354p.
- Kifle E. T., Noulékoun F., Son Y., & Khamzina, A. 2022. Diversité des espèces ligneuses, composition structurelle et utilisation humaine des forêts d'église dans le centre de l'Éthiopie. *Écologie et gestion forestières*, 506, 119991.
- Kimpouni V., Mbou P., Gakosso G. & Motom M., 2013. Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(3) : 1255-1270.
- Kokou K., Adjossou K, Hamberger K. 2005. Les forêts sacrées de l'aire Quatchi au Sud-est du Togo et les contraintes Actuelles des modes de gestion locales des Ressources forestières. *Vertigo*, 6(3) : 110.
- Laurance W. F., Goosem M., Laurance S. G., 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends Ecol. Evol.* 24 : 659–669.
- Lebreton J. & Yaccoz N., 1987. Multivariate analysis of bord count data. *Acta Oecol. Oecol. Gener.*, 8: 125-144.
- Lebrun J., 1960. Etude sur la flore et la végétation des champs de larves au nord du lac kivu. *Parc Nat. C.B.* 352p.
- Leigh E. G. et De Lao S. L., 2000. Fisher's Alpha: measuring tree diversity. Center for *Trop. For. Sci.*, 7-12.
- Le Guyader H., 2008. La biodiversité : un concept flou ou une réalité scientifique ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, (55) : 7-26. Le Noe J., 2022. Bilan de carbone : l'accélération de la croissance des forêts ne compense que partiellement la déforestation 1990–2020. Combemore P.(ed).10p.

- Lekeufack A., 2019. *Cartographie des stocks de carbone dans le massif forestier de Ngog-Mapubi/Dibang, région du Centre-Cameroun. Mémoire de master 2*, Université Yaoundé I. p 5-9.
- Letouzey R., 1985. *Notice de la Carte Phytogéographique du Cameroun au 1/500000*. IRA/Inst. Cart. Intern. Végétation : Toulouse, France. 240 p.
- Lindroth A., Grelle A. et Morén A. S., 1998. Long-term measurements of boreal forest carbon Balance reveal large temperature sensitivity. *Global Change Biology*, 4, 443-450.
- Lounang T. F. C., Chimi D. C., Tajeukem V. C., Djibrilla P. & Youta H. J., 2018. Studies on Diversity, Structure and Carbon Stocks from Three Pools in the Kouoghap Sacred Forest, Hedgerows and Eucalyptus Plantations in the Batoufam Locality, West Cameroon. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 6(4) :160-169.
- Maffo Maffo Nicole Liliane, 2018. *Plantes médicinales de la zone Littorale (Cameroun) : diversité floristique, concentrations des éléments traces métalliques dans quelques plantes fréquemment utilisées*. Thèse de doctorat/PhD, Université Yaoundé I. p 55.
- Magnago L. F. S. Magrach A., Laurance W. F., Martins S. V., Meira Neto J. A. A., Simonelli, M. & Edwards D. P., 2015. La protection des fragments de forêts tropicales apportera-t-elle des bénéfices carbone et biodiversité dans le cadre de la REDD+ ? *Biologie du Changement global*, 21p.
- Marvouroulou M., 2012. Développement des équations allométriques afin d'estimer les stocks de carbone du bassin du Congo pour la REDD : étude comparative conduite sur 22 types forestiers, 4 pays et un dispositif d'aménagement de 4,8 millions d'ha. *Biological Sciences*. 361 : 2433-244.
- Matthieu S. 2010. Espaces politiques, espaces Rituels : les bois sacrés de l'ouest Cameroun Presses de Sciences Po, 3(55) :1938.
- Mezard C., 2018. *Caractérisation des perturbations anthropiques de la forêt des pins d'Haïti : Cas de l'unité 2*. Mémoire de Master en production intégrée et préservation des ressources Naturelles en milieu urbain et péri-urbain, Université de Liège, Belgique, 79 p.
- Mounmeme K. H., 2016. *Influence des activités d'exploitation forestière sur les stocks de carbone : cas de l'Unité Forestière d'Aménagement 08-003*. Mémoire de Master, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. 65 p.
- Mugasha A. W., Ballandsas M. O., Malimbwi E. R., Chamshama O. A. S., Zahabu E., Katani Z. J., 2014. Allometric models for prediction of above- and belowground biomass of trees in the miombo woodlands of Tanzania. *Elsevier*, pp. 87-101.
- Nasi R., Mayaux P., Devers D., Bayol N., Eba'a A. R., Mugnier A., Cassagne B., Billand A., & Sonwa D. J., 2009. Un aperçu des stocks de carbone et leurs variations dans les forêts Du Bassin du Congo. In : de Wasseige C., Devers D., de Marcken P., Eba'a Atyi R., Nasi R., & Mayaux (eds.). *Les Forêts du Bassin du Congo : état des Forêts 2008*, 199216. Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne. 57p.
- Ngomanda A., Lebamba J., Engone-Obiang N. L., Lepengue N. & M'Batchi B., 2013. Caractérisation de la Biomasse sèche des mosaïques forêt-savane des plateaux Okouma et Bagombé au sud-est du Gabon. *J. Appl. Biosci.* 68: 5417–5428.
- Ngoufo R., Zapfack L., Tiomo E. D., Ngoufo T. L. S., Guimdo M. S. C., Aurélien C., Djomo C. C., Lekeufack A., Neckdem F., Kana E. C., 2019. Évaluation et spatialisation du carbone stocké dans le massif forestier de Ngog-Mapubi (Cameroun). *HAL. Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique*. Cotonou. 26 p.

- Ngounou W. P., 2023. *Diversité ligneuse et stocks de carbone dans les forêts sacrées de la région de l'Ouest Cameroun : cas de la Commune de Bazou*. Mémoire de master 2, Université Yaoundé I. p 31-41.
- Ngounou B. et Maroy M. I., 2022. RDC-Cameroun : la perte des forêts sacrées préoccupe. In : *The Ecological and Human Impact of the Disappearance of Sacred Forests in Central Africa: The Case of Cameroon and DRC*. Cameroun. 65p.
- Ngoy C., et Mukungu J., 2013. Etude qualitative des moteurs de la deforestation et de la degradation forestiere dans le territoire de bolobo, province du bandundu projet r-pan wwf. 11p.
- Ngueguin, 2014. Biodiversité et croissance des ligneux en forêt dense du Cameroun, Omnisriptom GmbH & Co.KG, Paris, 272 p.
- Nkongmeneck B.-A., Francis M. N., Nguenang G. M., Beligne V. T., Fongnzossie E., Kemeuze V. A., Jiofack R. B., 2010. Inventaire, cartographie et étude diagnostic des forêts sacrées du Cameroun : contribution à l'élaboration d'une stratégie nationale de gestion durable. *Millennium Ecologic Museum*, 181-182: 74.
- Nlom J. H et Sonwa D., (2013). Les Services Environnementaux Carbone, Eau, Sol et Analyse thématique du secteur forestier et faunique du Cameroun, Rapport MINFOF. Yaoundé, Cameroun. pp. 211-236.
- Noumi E., 2012. Ligneous flora diversity of a submountain forest of west Cameroon: the Kouoghap sacred forest of the village Batoufam. *Journal of Ecology and the Natural Environment* : 4(1) : 8-28.
- Noumi E. & Tiam T. A. G., 2016. Floristic Inventory of Woody Species of the Oku Sacred Forest in the North-West Cameroon, Theoretical and Philosophical Approach. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*. 3(1): 66-91.
- Ntomen Y. F. A, 2020. *Contribution des individus du sous-bois dans les stocks de carbone : cas de la forêt communautaire de Mindourou*. Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé 1, 156 p.
- Savadogo O. M., Ouattara K., Pare S., Ouedraogo I., Sawadogo-Kaboré S., Barron J. et Zombre N. P., 2016. « Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso », *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 16 Numéro 1 P12.
- Onana J. M., 2011. The vascular plants of Cameroon: A taxonomic checklist with IUCN assessments. Darwin initiative / National Herbarium of Cameroon. Yaoundé, 195 p.
- Pala N. A Negi AK Gokhae Y. Azem S. Vikrant K. K., Todara N. P. 2013. Estimation du stock de carbone pour les espèces d'arbres de la forêt sacrée De Sem Mukhem à Garhwal Himalaya, Inde. *Journal de la recherche forestière*, 24 457-460.
- Pan Y., Birdsey R., A., Fang J., Houghton R., Kauppi P. E., Kurz W. A., Phillips O. L., Shvidenko A., Lewis S. L., Canadell J. G., Cias P., Jackson R. B., Pacala S. W., Mc Guire A. D., Piao S., Rautiainen A., Sitch S. & Hayes D., 2011. Un puits de carbone important et Persistant dans *Les forêts du monde Sciences*, 333, 988–993.
- Panzou L. G. J., Doucet J.-L., Loumeto J.-J., Biwole A., Bauwens S. & Fayolle A., 2016. Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 20 (4): 508-522.
- Pignard G., Hanza N. et Dupouey J., 2004. Estimation des stocks et des flux de carbone dans la Biomasse des forêts françaises à partir des données de l'Inventaire forestier national. Rapport Final du projet CARBOFOR : Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers En France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios Climatiques et sylvicoles. Juin 2004. 87 p.

- Pielou E. C., 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-intersciences, Ed. New York, 286 p.
- Pradelles de latour C-H., 1997. Le crâne qui parle (deuxième édition d’Ethnopsychanalyse en pays bamiléké), Paris. *EPEL Ed.* 289p.
- Pradhan A., Ormsby A., & Behera N., 2019. A Comparative Assessment of Tree Diversity, Biomass and Biomass Carbon Stock between a Protected Area and a Sacred Forest of Western Odisha, India. *Ecosci.* 26: 195-204.
- Priso R. J., Nnanga J. F., Etame J., Din N. & Amougou A., 2011. Les produits forestiers non ligneux d’origine végétale : valeur importance dans quelques marchés de la Région du Littoral-Cameroun. *J. of Appl. Biosci.*, 40 : 2715-2726.
- Rath, S. Banerjee S et John R., 2020. Une plus grande structure de la communauté des arbres Complexité de la nature dans la forêt sacrée par rapport aux systèmes de tenure des Terres forestières de réserve dans l’est de Inde. *Protection de l’environnement*, 47,52, 59.
- Reitsma, T. M., 1988. Végétation forestière du Gabon. *Tropenbos Techn.* Libreville, 47p.
- Saatchi S. S., Hama N. L., Brown S., Lefakyd M., Mitchard E. T. A., Salai W. Zutta B. R., Buermann W., Lewis S. L., Hagen S., Petrovine S., White L., Silmani M., et Morel A., 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical region across three continents. *PNAS*, 108 (24)-9899-9941.
- Salfo S., Augustin K., Adjima T., 2011. Diversité et enjeux de conservation des bois sacrés en société Mossi (Burkina Faso) face aux mutations socioculturelles actuelles. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4) : 1639-1658.
- Simpson E. H., 1949. *Measurement of diversity*. *Nature*, 163 : 688-698.
- Sofowora A., 2010. *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique*. Karthala, Paris, 378p.
- Sonké B., 1998. *Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun)*. Thèse de doctorat, Université Yaoundé I. 276 p.
- Sonké B., 2004. Forêt de la réserve du Dja (Cameroun). Etudes floristiques et structurales, Jardin botanique national de Belgique. *Scripta Botanica*, 32 : 114-127.
- Sorensen T., 1948. A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyse of the vegetation on Danish commons. *Kong. Danske Viden. Selskabs Biologiske Skrifter*, 5 (4): 1-34.
- Souza C., Brown S., Jukka M., Achard F., Herold M., 2015. Module 2.2 Suivi des données sur Les activités concernant les forêts restant des forêts y compris la dégradation des forêts, 54 pp
- Taukdar S & Gupta, A. 2018. Attitudes envers la forêt et la faune, et traditions axées sur La conservation autour du sanctuaire de faune de Chakrashila Assam Inde. *Orix*, 52, 508–518.
- Tchatchou B., Sonwa D. J., Ifo S et Tiani A. M., 2015. Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives. Papier occasionnel 120. Bogor, Indonésie : CIFOR.
- Tchindjang M., Mounmeni H. et Kengne T., 2022. Rapport final du projet APAC Batoufam et de Bandrefam. Projet de conservation et de valorisation des forêts sacrées de la chefferie Batoufam et de Bandrefam et du site sacré de Nkogfi. 141p.
- Thiombiano A., Glele K. R., Bayen B. J. I., Mahamane A., 2016. Méthodes et dispositifs pour les inventaires forestiers en Afrique de l’Ouest : Inventaire et propositions d’harmonisation. *Annal. des sci. Agrono.* 20, 15-31.

- Tiokeng B., Lilie Ngougni M., Nguetsop V. F., Solefack M., Zapfack L., 2020. Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'Ouest-Cameroun : Intérêt dans la conservation de la biodiversité. *Eur. Sci. J.1, ESJ*. 16 (36) : 1. 234 - 256.
- Tsoumou B. R., Lumandé K. J., Kampé J. P., Nzila J. D., 2016. Estimation de la quantité de carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-ouest de la République du Congo). *Revue Scientifique et Technique Forêt & Environnement du Bassin du Congo.*, 6: 39–45 p.
- Tura T. T. Argaw M., & Eshetu Z., 2013. Estimation du stock de carbone dans les forêts des Églises : implications pour la gestion des forêts des Églises pour aider à la réduction Des émissions de carbone. *Technologies Intelligentes face au climat*, pp 403-414.
- Vicharnakorn P, Shrestha P. R., Nagai M., Salam P. A. and Kiratiprayoon S., 2014. Carbon Stock Assessment Using Remote Sensing and Forest Inventory Data in Savannakhet, Lao PDR . *Remote Sensing* .5452-5479 ; *doi:10.3390/rs6065452*.
- Waring R. H. et Running S. W., 1998. Forest ecosystems : analysis at multiple scales, Second Sdition. Press, San Diego, CA. 370 p.
- Wassie, A, Sterck FJ et Bongers, F. 2010. Diversité des espèces et de la structure des Forêts d'église dans un paysage fragmenté des hautes terres éthiopiennes. *Journal of Vegetation Science* 21(5), 938948.
- Wilks C. & Issembé Y., 2000. Guide pratique d'identification. Les arbres de la Guinée équatoriale. 27p.
- Wjedasa L. S., Jain A., Ziegler A. D., Evans T. A., et Fung T. 2020. Estimation de la biomasse de carbone dans les forêts à l'aide de données incomplètes *Biotropca*, 53, 397-408
- MondeCIm .2019. Données climatiques et météorologiques mondiaes <https://wwwmonde.clmorg/>.

ANNEXES

Annexe I : Tableau II. Importance écologique des espèces végétales dans les différents sites d'étude.

(IVI : *Importance Index Values* ; FR : Fréquence relative ; AbR : Abondance relative ; DoR : Dominance relative)

Bandrefam						Batoufam					
N°	Espèces végétales	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)	N°	Espèces végétales	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)
1	<i>Albizia glaberrima</i>	0,56	0,73	3,36	4,66	1	<i>Albizia adianthifolia</i>	0,65	0,62	1,21	2,48
2	<i>Albizia zygia</i>	1,69	0,55	1,07	3,31	2	<i>Albizia glaberrima</i>	0,65	0,21	0,82	1,68
3	<i>Allophyllus africanus</i>	1,13	0,91	3,93	5,97	3	<i>Albizia zygia</i>	1,29	0,42	0,47	2,18
4	<i>Balanites wilsoniana</i>	0,56	0,55	0,1	1,22	4	<i>Allanblackia floribunda</i>	0,65	0,21	0,04	0,89
5	<i>Blighia welwitschii</i>	2,82	1,46	0,94	5,23	5	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	1,94	0,62	5,94	8,5
6	<i>Bosqueia angolensis</i>	5,08	5,67	4,31	15,06	6	<i>Anopyxis klaineana</i>	0,65	0,42	0,66	1,72
7	<i>Calpocalyx dinklagei</i>	0,56	0,18	0,03	0,78	7	<i>Anthocleista schweinfurthii</i>	0,65	0,21	0,07	0,92
8	<i>Canarium schweinfurthii</i>	2,26	0,91	1,9	5,08	8	<i>Beilschmiedia obscura</i>	1,29	0,62	1,29	3,2
9	<i>Canthium arnoldianum</i>	0,56	0,18	0,15	0,9	9	<i>Blighia welwitschii</i>	3,23	4,99	1,72	9,93
10	<i>Casearia</i> sp.	1,13	0,37	0,32	1,82	10	<i>Bosqueia angolensis</i>	5,16	5,61	7,2	17,97
11	<i>Celtis zenkeri</i>	1,69	0,73	0,54	2,96	11	<i>Canarium schweinfurthii</i>	2,58	1,46	5,98	10,02
12	<i>Christiana africana</i>	0,56	0,18	0,3	1,05	12	<i>Casearia</i> sp.	1,94	1,46	0,55	3,94
13	<i>Coelocaryon preussi</i>	0,56	0,18	0,17	0,92	13	<i>Celtis zenkeri</i>	0,65	0,21	0,02	0,87
14	<i>Cola lateritia</i>	1,13	0,37	0,3	1,79	14	<i>Christiana africana</i>	2,58	1,04	0,26	3,88
15	<i>Cola nitida</i>	0,56	0,18	0,04	0,78	15	<i>Coelocaryon preussi</i>	0,65	0,21	0,25	1,1
16	<i>Cordia</i> sp.	0,56	0,18	0,08	0,83	16	<i>Dichostemma glaucescens</i>	1,29	0,42	0,09	1,8
17	<i>Dacryodes igaganga</i>	0,56	0,18	0,07	0,82	17	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	0,65	0,21	0,15	1
18	<i>Diospyros crassiflora</i>	0,56	0,37	0,56	1,49	18	<i>Dracaena arborea</i>	1,29	0,42	1,03	2,73
19	<i>Diospyros simulans</i>	1,69	0,73	0,3	2,73	19	<i>Ficus exasperata</i>	2,58	2,29	2,11	6,98
20	<i>Dracaena arborea</i>	1,13	1,28	1,08	3,49	20	<i>Funtumia elastica</i>	3,87	3,74	2,56	10,17
21	<i>Fagara zanthoxyloides</i>	1,69	1,28	0,6	3,57	21	<i>Isolona hexaloba</i>	0,65	0,21	0,02	0,88
22	<i>Ficus exasperata</i>	1,13	0,91	2,16	4,2	22	<i>Macaranga hurifolia</i>	1,29	0,62	0,08	2
23	<i>Ficus mucuso</i>	0,56	0,18	0,04	0,78	23	<i>Malacantha alnifolia</i>	5,16	9,56	13,27	28
24	<i>Ficus</i> sp.	0,56	0,55	1,29	2,4	24	<i>Markhamia tomentosa</i>	3,87	6,44	2,84	13,15
25	<i>Glyphaea brevis</i>	0,56	0,18	0,02	0,77	25	<i>Millettia sanagana</i>	0,65	0,21	0,07	0,92
26	<i>Grewia coriacea</i>	0,56	0,18	0,1	0,85	26	<i>Parkia bicolor</i>	1,94	1,25	0,98	4,16

27	<i>Hannoa klaineana</i>	3,39	7,13	1,29	11,81	27	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	2,58	2,08	1,41	6,07
28	<i>Harungana madagascariensis</i>	0,56	0,18	0,08	0,83	28	<i>Persea americana</i>	0,65	0,21	0,06	0,92
29	<i>Heisteria parvifolia</i>	2,82	1,46	1,15	5,43	29	<i>Phyllanthus discoideus</i>	3,23	4,57	5,34	13,14
30	<i>Irvingia robur</i>	1,13	0,37	0,93	2,43	30	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	3,23	2,91	1,93	8,06
31	<i>Lannea welwitschii</i>	1,69	0,55	2,01	4,26	31	<i>Poga oleosa</i>	0,65	0,21	1,37	2,22
32	<i>Lepidobotrys staudtii</i>	0,56	0,18	0,4	1,14	32	<i>Polyscias fulva</i>	5,16	10,19	7,38	22,73
33	<i>Lovoa trichilioides</i>	0,56	0,18	0,62	1,37	33	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	4,52	1,87	4,72	11,11
34	<i>Maesobotrya sp.</i>	0,56	0,18	0	0,75	34	<i>Psychotria sp.</i>	5,81	11,85	3,62	21,28
35	<i>Malacantha alnifolia</i>	5,08	19,93	30,12	55,14	35	<i>Pycnanthus angolensis</i>	2,58	1,66	1,22	5,46
36	<i>Markhamia tomentosa</i>	1,69	3,47	2,42	7,59	36	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	0,65	0,21	0,07	0,92
37	<i>Massularia acuminata</i>	0,56	0,18	0	0,75	37	<i>Sapium ellipticum</i>	1,29	0,42	0,88	2,58
38	<i>Millettia sanagana</i>	1,13	0,37	0,64	2,13	38	<i>Spondianthus preussii</i>	0,65	0,21	0,27	1,12
39	<i>Odyndyea gabonensis</i>	1,13	0,55	0,13	1,81	39	<i>Sterculia tragacantha</i>	5,16	7,07	4,84	17,07
40	<i>Pachyelasma tessmannii</i>	0,56	0,18	0,02	0,77	40	<i>Strombosia pustulata</i>	1,94	1,25	0,59	3,77
41	<i>Parkia bicolor</i>	2,26	0,91	0,74	3,91	41	<i>Trema orientalis</i>	0,65	0,42	1,41	2,47
42	<i>Phoenix reclinata</i>	1,69	2,38	1,32	5,4	42	<i>Trichilia dregeana</i>	1,29	0,42	0,12	1,83
43	<i>Phyllanthus discoideus</i>	1,13	0,55	1,42	3,1	43	<i>Trichilia welwitschii</i>	4,52	5,2	4,55	14,26
44	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	2,82	2,38	2,71	7,91	44	<i>Vernonia conferta</i>	1,94	0,83	0,3	3,07
45	<i>Polyscias fulva</i>	2,82	0,91	3,6	7,34	45	<i>Vitex grandifolia</i>	5,81	4,78	10,25	20,84
46	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	1,69	0,91	0,16	2,77						
47	<i>Psychotria sp.</i>	2,82	3,11	0,87	6,8						
48	<i>Pycnanthus angolensis</i>	0,56	0,37	1,01	1,94						
49	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	1,13	0,37	0,47	1,96						
51	<i>Santiria trimera</i>	0,56	0,18	0,98	1,72						
51	<i>Sapium ellipticum</i>	3,39	1,83	5,71	10,92						
52	<i>Sorindeia grandifolia</i>	1,69	5,12	0,63	7,45						
53	<i>Staudtia kamerunensis</i>	2,26	0,91	0,06	3,24						
54	<i>Sterculia tragacantha</i>	3,39	4,75	2,5	10,64						
55	<i>Strombosia grandifolia</i>	0,56	0,18	0,12	0,87						
56	<i>Strombosia pustulata</i>	3,95	2,38	0,07	6,4						
57	<i>Symphonia globulifera</i>	0,56	0,18	0,12	0,87						

58	<i>Tetrochidium</i> sp.	0,56	0,91	0,08	1,56						
59	<i>Tetrorchidium didymostemon</i>	1,69	0,91	0,65	3,26						
60	<i>Thomandersia hensii</i>	0,56	6,22	0,21	6,99						
61	<i>Trichilia</i> sp.	0,56	0,37	0,19	1,12						
62	<i>Trichilia welwitschii</i>	3,95	2,93	3,24	10,12						
63	<i>Vernonia conferta</i>	1,13	0,37	0,29	1,78						
64	<i>Vitex grandifolia</i>	4,52	5,67	8,24	18,43						
65	<i>Vitex rivularis</i>	1,69	1,1	1,04	3,84						

Total (Bandrefam + Batoufam)											
N°	Espèces végétales	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)	N°	Espèces végétales	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)
1	<i>Albizia adianthifolia</i>	0,30	0,29	0,67	1,26	43	<i>Lovoa trichilioides</i>	0,30	0,10	0,24	0,63
2	<i>Albizia glaberrima</i>	0,60	0,49	1,73	2,82	44	<i>Macaranga hurifolia</i>	0,60	0,29	0,05	0,94
3	<i>Albizia zygia</i>	1,51	0,49	0,67	2,66	45	<i>Maesobotrya</i> sp.	0,30	0,10	0,00	0,40
4	<i>Allanblackia floribunda</i>	0,30	0,10	0,02	0,42	46	<i>Malacantha alnifolia</i>	5,12	15,08	19,61	39,81
5	<i>Allophyllus africanus</i>	0,60	0,49	1,49	2,58	47	<i>Markhamia tomentosa</i>	2,71	4,86	2,53	10,10
6	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0,90	0,29	3,29	4,49	48	<i>Massularia acuminata</i>	0,30	0,10	0,00	0,40
7	<i>Anopyxis klaineana</i>	0,30	0,19	0,37	0,86	49	<i>Millettia sanagana</i>	0,90	0,29	0,28	1,48
8	<i>Anthocleista schweinfurthii</i>	0,30	0,10	0,04	0,44	51	<i>Odyendyea gabonensis</i>	0,60	0,29	0,18	1,08
9	<i>Balanites wilsoniana</i>	0,30	0,29	0,14	0,73	52	<i>Pachyelasma tessmannii</i>	0,30	0,10	0,00	0,40
10	<i>Beilschmiedia obscura</i>	0,60	0,29	0,72	1,61	53	<i>Parkia bicolor</i>	2,11	1,07	0,82	4,00
11	<i>Blighia welwitschii</i>	3,01	3,11	1,44	7,57	54	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	1,20	0,97	0,78	2,96
12	<i>Bosqueia angolensis</i>	5,12	5,64	5,98	16,74	55	<i>Persea americana</i>	0,30	0,10	0,04	0,43
13	<i>Calpocalyx dinklagei</i>	0,30	0,10	0,01	0,41	56	<i>Phoenix reclinata</i>	0,90	1,26	0,51	2,68
14	<i>Canarium schweinfurthii</i>	2,41	1,17	4,12	7,69	57	<i>Phyllanthus discoideus</i>	2,11	2,43	3,50	8,04
15	<i>Canthium arnoldianum</i>	0,30	0,10	0,06	0,46	58	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	3,01	2,63	2,38	8,02
16	<i>Casearia</i> sp.	1,51	0,88	0,43	2,81	59	<i>Poga oleosa</i>	0,30	0,10	0,76	1,16

17	<i>Celtis zenkeiri</i>	1,20	0,49	0,22	1,91	60	<i>Polyscias fulva</i>	3,92	5,25	5,46	14,63
18	<i>Christiana africana</i>	1,51	0,58	0,26	2,35	61	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	3,01	1,36	2,84	7,21
19	<i>Coelocaryon preussi</i>	0,60	0,19	0,20	1,00	62	<i>Psychotria</i> sp.	4,22	7,20	2,70	14,12
20	<i>Cola lateritia</i>	0,60	0,19	0,11	0,91	63	<i>Pycnanthus angolensis</i>	1,51	0,97	1,06	3,54
21	<i>Cola nitida</i>	0,30	0,10	0,01	0,41	64	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	0,30	0,10	0,04	0,44
22	<i>Cordia</i> sp.	0,30	0,10	0,03	0,43	65	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	0,60	0,19	0,22	1,02
23	<i>Dacryodes igaganga</i>	0,30	0,10	0,03	0,43	66	<i>Santiria trimera</i>	0,30	0,10	0,37	0,77
24	<i>Dichostemma glaucescens</i>	0,60	0,19	0,05	0,85	67	<i>Sapium ellipticum</i>	2,41	1,17	2,65	6,23
25	<i>Diospyros crassiflora</i>	0,30	0,19	0,21	0,71	68	<i>Sorindeia grandifolia</i>	0,90	2,72	0,88	4,51
26	<i>Diospyros simulans</i>	0,90	0,39	0,30	1,59	69	<i>Spondianthus preussii</i>	0,30	0,10	0,15	0,55
27	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	0,30	0,10	0,08	0,48	70	<i>Staudtia kamerunensis</i>	1,20	0,49	0,07	1,76
28	<i>Dracaena arborea</i>	1,20	0,88	1,07	3,15	71	<i>Sterculia tragacantha</i>	4,22	5,84	4,09	14,14
29	<i>Fagara zanthoxyloides</i>	0,90	0,68	0,36	1,94	72	<i>Strombosia grandifolia</i>	0,30	0,10	0,05	0,44
30	<i>Ficus exasperata</i>	1,81	1,56	1,99	5,35	73	<i>Strombosia pustulata</i>	3,01	1,85	0,67	5,53
31	<i>Ficus mucuso</i>	0,30	0,10	0,01	0,41	74	<i>Symphonia globulifera</i>	0,30	0,10	0,05	0,44
32	<i>Ficus</i> sp.	0,30	0,29	0,58	1,17	75	<i>Tetrochidium</i> sp.	0,30	0,49	0,05	0,84
33	<i>Funtumia elastica</i>	1,81	1,75	1,42	4,98	76	<i>Tetrochidium didymostemon</i>	0,90	0,49	0,25	1,64
34	<i>Glyphaea brevis</i>	0,30	0,10	0,10	0,50	77	<i>Thomandersia hensii</i>	0,30	3,31	0,51	4,12
35	<i>Grewia coriacea</i>	0,30	0,10	0,04	0,44	78	<i>Trema orientalis</i>	0,30	0,19	0,78	1,28
36	<i>Hannoa klaineana</i>	1,81	3,79	1,70	7,31	79	<i>Trichilia</i> sp.	0,30	0,19	0,15	0,65
37	<i>Harungana madagascariensis</i>	0,30	0,10	0,03	0,43	80	<i>Trichilia dregeana</i>	0,60	0,19	0,07	0,87
38	<i>Heisteria parvifolia</i>	1,51	0,78	0,45	2,73	81	<i>Trichilia welwitschii</i>	4,22	3,99	3,91	12,11
39	<i>Irvingia robur</i>	0,60	0,19	0,35	1,15	82	<i>Vernonia conferta</i>	1,51	0,58	0,28	2,37
40	<i>Isolona hexaloba</i>	0,30	0,10	0,01	0,41	83	<i>Vitex grandifolia</i>	5,12	5,25	8,93	19,30
41	<i>Lannea welwitschii</i>	0,90	0,29	0,76	1,96		<i>Vitex rivularis</i>	0,90	0,58	0,40	1,88
42	<i>Lepidobotrys staudtii</i>	0,30	0,10	0,15	0,55						

Annexe II : Importances écologiques des familles dans les différents sites d'étude.

FIV : *Family Importance Values* ; FR : Fréquence relative ; AbR : Abondance relative ; DoR : Dominance relative)

Bandrefam						Batoufam					
N°	Familles	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)	N°	Familles	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)
1	Anacardiaceae	2,29	6,58	5,28	14,15	1	Anacardiaceae	5,43	1,87	4,72	12,02
2	Araliaceae	3,82	0,91	2,65	7,38	2	Anisophylleaceae	0,78	0,21	1,37	2,35
3	Arecaceae	2,29	2,38	1,02	5,68	3	Annonaceae	0,78	0,21	0,02	1,01
4	Asteraceae	1,53	0,37	0,21	2,10	4	Apocynaceae	4,65	3,95	2,63	11,23
5	Bignoniaceae	2,29	3,47	1,91	7,67	5	Araliaceae	6,20	10,19	7,38	23,77
6	Boraginaceae	0,76	0,18	0,06	1,01	6	Asteraceae	2,33	0,83	0,30	3,46
7	Burseraceae	3,82	1,28	2,48	7,58	7	Bignoniaceae	4,65	6,44	2,84	13,93
8	Cannabaceae	2,29	0,73	0,40	3,42	8	Burseraceae	3,10	1,46	5,98	10,54
9	Clusiaceae	1,53	0,37	0,15	2,04	9	Cannabaceae	1,55	0,62	1,43	3,60
10	Ebenaceae	2,29	1,10	1,37	4,76	10	Clusiaceae	0,78	0,21	0,04	1,02
11	Euphorbiaceae	6,11	3,66	4,81	14,57	11	Euphorbiaceae	3,10	1,66	1,32	6,08
12	Fabaceae	6,11	5,30	7,45	18,86	12	Fabaceae	6,98	8,52	12,97	28,47
13	Irvingiaceae	1,53	0,37	0,68	2,58	13	Gentianaceae	0,78	0,21	0,07	1,05
14	Lamiaceae	6,11	6,76	7,28	20,15	14	Lamiaceae	6,98	4,78	10,25	22,01
15	Lepidobotryaceae	0,76	0,18	0,29	1,24	15	Lauraceae	2,33	0,83	1,35	4,51
16	Malvaceae	5,34	6,03	4,88	16,26	16	Malvaceae	6,20	7,07	4,84	18,11
17	Mangaceae	0,76	0,18	0,22	1,17	17	Mangaceae	3,10	1,04	0,26	4,40
18	Meliaceae	5,34	3,47	3,91	12,73	18	Meliaceae	6,20	5,61	4,67	16,49
19	Moraceae	6,87	7,31	7,50	21,69	19	Moraceae	6,20	7,90	9,31	23,41
20	Myristicaceae	3,05	1,46	1,11	5,63	20	Myristicaceae	3,10	1,87	1,46	6,43
21	Olacaceae	6,11	4,02	2,30	12,43	21	Olacaceae	2,33	1,25	0,59	4,16
22	Phyllanthaceae	6,87	20,66	26,45	53,98	22	Phyllanthaceae	6,98	14,14	18,61	39,73
23	Rubiaceae	4,58	3,47	2,23	10,29	23	Rhizophoraceae	0,78	0,42	0,66	1,85
24	Ruscaceae	1,53	1,28	1,16	3,97	24	Rubiaceae	6,98	11,85	3,62	22,45
25	Rutaceae	2,29	1,28	0,97	4,54	25	Ruscaceae	1,55	0,42	1,03	2,99
26	Salicaceae	1,53	0,37	0,24	2,13	26	Salicaceae	2,33	1,46	0,55	4,33
27	Sapindaceae	5,34	2,38	4,11	11,83	27	Sapindaceae	3,88	4,99	1,72	10,58

28	Simaroubaceae	5,34	7,68	6,48	19,50						
29	Thomandersiaceae	0,76	6,22	1,91	8,89						
30	Zygophyllaceae	0,76	0,55	0,49	1,80						

Total (Bandrefam + Batoufam)											
N°	Familles	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)	N°	Familles	FR (%)	AbR (%)	DoR (%)	IVI (%)
1	Anacardiaceae	3,85	4,38	4,48	12,70	19	Lauraceae	1,15	0,39	0,75	2,29
2	Anisophylleaceae	0,38	0,10	0,76	1,24	20	Lepidobotryaceae	0,38	0,10	0,15	0,63
3	Annonaceae	0,38	0,10	0,01	0,50	21	Malvaceae	5,77	6,52	4,57	16,86
4	Apocynaceae	2,31	1,85	1,46	5,61	22	Mangaceae	1,92	0,58	0,26	2,77
5	Araliaceae	5,00	5,25	5,46	15,71	23	Meliaceae	5,77	4,47	4,36	14,60
6	Arecaceae	1,15	1,26	0,51	2,93	24	Moraceae	6,54	7,59	8,56	22,69
7	Asteraceae	1,92	0,58	0,28	2,78	25	Myristicaceae	3,08	1,65	1,33	6,06
8	Bignoniaceae	3,46	4,86	2,52	10,85	26	Olacaceae	4,23	2,72	1,16	8,12
9	Boraginaceae	0,38	0,10	0,03	0,51	27	Phyllanthaceae	6,92	17,61	23,11	47,64
10	Burseraceae	3,46	1,36	4,51	9,34	28	Rhizophoraceae	0,38	0,19	0,37	0,95
11	Cannabaceae	1,92	0,68	1,00	3,60	29	Rubiaceae	5,77	7,39	2,76	15,93
12	Clusiaceae	1,15	0,29	0,10	1,54	30	Ruscaceae	1,54	0,88	1,07	3,49
13	Ebenaceae	1,15	0,58	0,51	2,25	31	Rutaceae	1,15	0,68	0,36	2,19
14	Euphorbiaceae	4,62	2,72	3,20	10,53	32	Salicaceae	1,92	0,88	0,43	3,23
15	Fabaceae	6,54	6,81	10,73	24,08	33	Sapindaceae	4,62	3,60	2,93	11,15
16	Gentianaceae	0,38	0,10	0,04	0,52	34	Simaroubaceae	2,69	4,09	1,88	8,66
17	Irvingiaceae	0,77	0,19	0,35	1,32	35	Thomandersiaceae	0,38	3,31	0,51	4,21
18	Lamiaceae	6,54	5,84	9,33	21,70	36	Zygophyllaceae	0,38	0,29	0,14	0,82

Annexe 3. Fiche d'enquête sur l'inventaire des pratiques et stratégies locales contribuant à la conservation des forêts sacrées.

N°	Questionnaire N°.....
	Date de l'interview :
	Région : Département : Arrondissement : Village :
	Coordonnées GPS du village : Longitude : Latitude : Altitude :
	Nom de l'enquêteur :
5	Nom de l'enquêté (facultatif) :
6	Sexe : <input type="checkbox"/> Masculin <input type="checkbox"/> Féminin
7	Age (ans) :
8	Situation matrimoniale : <input type="checkbox"/> Marié(e) <input type="checkbox"/> Célibataire <input type="checkbox"/> Veuf (ve) <input type="checkbox"/> Divorcé(e) Autre (préciser) :.....
9	Niveau d'instruction : <input type="checkbox"/> Analphabète <input type="checkbox"/> Primaire <input type="checkbox"/> Secondaire <input type="checkbox"/> Supérieur Aucun <input type="checkbox"/>
10	Profession : <input type="checkbox"/> Chasseur <input type="checkbox"/> Commerçant <input type="checkbox"/> Agriculteur <input type="checkbox"/> Elève Ménagère <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :.....
11	Taille de la famille : (nombre de personne): <input type="checkbox"/> Filles <input type="checkbox"/> Garçons
12	Nombre d'enfants scolarisés : <input type="checkbox"/> Filles <input type="checkbox"/> Garçons
13	Etes-vous sédentaire au village ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
14	Si non, où avez-vous vécu également ?.....
15	Combien de temps y passez vous par mois ?.....par semaine ?.....par an ?.....

1. Quel est le nom de la forêt sacrée ?.....
2. Quelle est sa superficie ?.....
3. Quelle est sa fonction principale ?.....
.....
4. Depuis quand (date ou période) cette forêt est-elle devenue sacrée ?.....
.....
5. Comment est-elle devenue sacrée ? qu'est-ce qui le consacre ?.....
.....
6. Pouvez-vous nous dire ce qui est sacré dans cette forêt ?
 Source un arbre un site autres
7. Est-ce que tous les arbres ont pour vous la même importance religieuse ?
 Oui Non

8. Citer les arbres qui ont la réputation d'incarner des divinités

Arbres	Divinités incarnées	
	Nom	Rôles

9. Quelles sont les divinités caractéristiques de cette localité ?.....

.....

10. Quelle est l'historique de ce village ?.....

.....

11. Existe-t-il un lien entre l'historique de ce village et la ou les forêt(s) sacrée(s) de cette localité ?

- Fondation Fétiche Catastrophe Epidémie Refuse

12. Quels sont les différents prélèvements autorisés au niveau de cette forêt ?

Prélèvement	Types d'usage	Nom commun	Nom scientifique

13. Quelles sont les procédures pour faire ces prélèvements ?

- Autorisation Offrande Initiation

Autres (préciser)

14. En dehors de ces prélèvements, cette forêt procure-t-elle d'autres bienfaits à la population ?.....

Citez-les :

- Pluie Protection sanitaire Prospérité Envoutement

Autres (préciser).....

15. Depuis sa création, l'étendue de la forêt a-t-elle été (Oui/Non et expliquez si possible) :

- a. Diminuée : Oui Non Explication :
- b. Restée stable : Oui Non Explication :
- c. Autres : Oui Non Explication :

16. Quelles sont les menaces qui pèsent sur la forêt ?
- a. Dégradation :
 - b. Feu :
 - c. Exploitation illégale
 - d. Pâturage.....
 - e. Changement climatique :
 - f. Urbanisation:.....
 - g. Désintérêt des jeunes:.....
 - h. Création des plantations:.....
 - i. Autres :
17. Par qui est causée/exercée cette pression ?.....
-
18. Par qui est gérée cette ou ces forêt(s) (rôle spécifique) ? Quelles sont les personnes ayant autorité sur cette /ces forêt(s) ? (Chef féticheurs, chef coutumiers, propriétaire terriens, autres, famille, état ?).....
-
19. Pourquoi cette/ces personne(s) s'en occupe ?
-
- Comment ces personnes sont-elles sélectionnées ?
-
20. Y a-t-il d'autres personnes ou membres d'autres communautés ou étrangers qui viennent dans cette/ces forêts ?
- a. Si oui, qui?.....
 - b. Pour quelle raison ?.....
 - c. Si non pourquoi ?.....
21. Y a-t-il des règles d'accès à la forêt ? (en fonction de ce qu'on va y chercher, besoin d'autorisations ?).....
-
22. Quelles sont les sanctions à l'égard des contrevenants ?
-
23. Citez des cas concrets :.....
-
-
24. Ces sanctions sont-elles efficaces ? Oui Non
25. Pour mettre fin à la réduction en superficies pensez-vous qu'une délimitation de la forêt en réalisant une bande plantée d'arbres serait respectée par les riverains ?
- Oui Avec quels types d'arbres ?.....
-
-
- Non Pourquoi ?.....
-

.....
.....
26. Pensez-vous que la réalisation de pare-feu à l'approche des saisons sèches peut préserver cette forêt contre les feux de brousse ?.....
.....

27. Quelles autres mesures souhaitez-vous pour protéger cette forêt ?.....
.....

28. Quelles sont les causes de non application de ces mesures ?.....
.....

29. Comment pensez-vous protéger/gérer votre forêt ?

Protection intégration Enrichissement Afforestation
Reboisement

Création de zone tampon autour

30. Quelles espèces végétales désirez-vous pour l'enrichissement de cette forêt ?.....
.....

Pourquoi ?

Utilités domestiques Comestibles Pharmaceutiques ornementales

31. Accepterez-vous que les touristes viennent visiter vos forêts sacrées ?

Oui A quelles conditions ?.....
.....

Non Pourquoi ?
.....

32. Y a-t-il des techniques, mesures pour conserver la forêt et ces ressources ?

a. Si non, pourquoi,
.....

b. si oui, lesquelles ?.....
.....

c. Par qui ? (population, chefs, politiques)
.....

d. Ces mesures sont-elles respectées ? [Oui/non].....
.....

33. Y a-t-il des investissements fait pour protéger cette/ces forêt(s) ? [oui/non].....
.....

a. Par qui?.....
.....

b. Dans quel but ?.....
.....

35. Accepterez-vous mettre en association avec les chefs traditionnels des autres villages et Communes pour mieux gérer vos forêts ?

Oui Non

Justifiez votre réponse :

36. Désirez-vous que l'Etat Camerounais prenne une loi pour garantir votre propriété sur vos forêts sacrées ?

Oui Non

37. Quelle est l'attitude de la jeunesse face aces forêts sacrées ?

Favorable Défavorable Indifférence

38. Y-a-t-il des jeunes initiés pour prendre la relève ?

Non Oui

Lettré Illettré

39. Vous utilisez la forêt pour :

a. Nourriture [oui/non] Fréquence : ___/jours___ /semaine ___/mois (précisez : légumes, graines, racines, gibiers, pêche)

b. Epices/herbes [oui/non] Fréquence : ___/jours___ /semaine ___/ mois

b. Plantes médicinales [oui/non] Fréquence : (précisez : pour quelles maladies, citez des plantes qu'on ne trouve que dans cette forêt)

b. d. Bois de feu [oui/non] Fréquence :

c. e. Bois de construction [oui/non] Fréquence :

d. f. Besoin ménager [oui/non] Fréquence : (précisez : éponges, brosses végétales, cuillères, matelas, stockage, paniers, cordage etc.)

e. g. Cérémonies [oui/non] Fréquence : (précisez : cérémonies funèbres, mariage, naissance, fêtes, rites, fétiche, etc.)

f. h. Autres

40. Quels sont les défis à relever pour la conservation et la valorisation des forêts sacrées ?.....

.....