

Phytogéographie et caractérisation des peuplements de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) dans la forêt classée de Yapo-Abbé, Côte d'Ivoire

Kouassi KOUADIO*, Sopie Cybèle DOFFOU et Sié Fernand Pacôme OUATTARA

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, Unité Pédagogique et de Recherche de Botanique et de Biologie Végétale, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

(Reçu le 09 Juin 2021 ; Accepté le 11 Août 2021)

* Correspondance, courriel : attowoula@yahoo.fr

Résumé

La présente étude réalisée dans les herbiers nationaux, d'une part, et dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA), d'autre part, porte sur la phytogéographie et la caractérisation des peuplements de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) dans le MFYA, afin de contribuer à la gestion rationnelle et durable de cette essence forestière menacée. Ainsi, ce travail cartographie la distribution de Makoré dans les zones phytogéographiques de la Côte d'Ivoire, d'une part, et détermine les paramètres structuraux de l'espèce dans le MFYA, d'autre part. Pour la phytogéographie du Makoré, trois herbiers nationaux ont été consultés, pour collecter des données sur les localités de récolte de l'espèce. Par contre, pour mesurer les paramètres structuraux, 60 dispositifs d'échantillonnage d'un hectare de superficie, chacun, ont été installés dans les trois blocs du MFYA. Une analyse des lacunes de représentation (gap analysis) des habitats favorables au Makoré dans les différentes formations végétales a été effectuée et les valeurs moyennes des paramètres structuraux ont été traitées par ANOVA à 5 % de seuil de significativité, à l'aide du test de Kruskal-Wallis. Les résultats montrent que le Makoré est inféodé aux zones denses humides, en Côte d'Ivoire. Ainsi, le MFYA constitue-t-il un refuge pour l'espèce, vu qu'elle y présente une forte densité de tiges. Mais, le potentiel de régénération du MFYA est faible, quoique la forêt naturelle présente un taux élevé de jeunes tiges, contrairement à la forêt reboisée et à la jachère. Cette étude sera un exemple de recherches pour d'autres essences forestières menacées et pourrait servir de guide aux gestionnaires forestiers pour l'aménagement des forêts ivoiriennes.

Mots-clés : *Tieghemella heckelii*, espèce menacée d'extinction, aire de distribution, paramètres structuraux, Côte d'Ivoire.

Abstract

Phytogeography and characterization stands *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) in the Yapo-Abbé classified forest, Côte d'Ivoire

The present study carried out in the national herbaria, on the one hand, and in the Yapo-Abbé forest massif, on the other hand, deals with the phytogeography and the characterization of the stands of *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) in the MFYA, in order to contribute to the rational and sustainable

management of this threatened forest species. Thus, this work maps the distribution of Makoré in the phytogeographic zones of the Côte d'Ivoire, on the one hand, and determines the structural parameters of the species in the MFYA, on the other hand. For the phytogeography of Makoré, three national herbaria were consulted, to collect data on the localities where the species was harvested. In contrast, to measure structural parameters, 60 sampling devices, each one hectare in area, were installed in the three blocks of the MFYA. A gap analysis of habitats favorable to Makoré in the various plant formations was carried out and the average values of the structural parameters were processed by ANOVA at 5 % significance level, using the test of Kruskal-Wallis. The results show that Makoré is subservient to dense humid areas in Côte d'Ivoire. Thus, the MFYA constitutes a refuge for the species, since it presents a high density of stems. But, the regeneration potential of MFYA is low, although the natural forest has a high rate of young stems, unlike the reforested and fallow forest. This study will be an example of research for other threatened forest species and could serve as a guide for forest managers in the management of Ivorian forests.

Keywords : *Tieghemella heckelii*, endangered species, distribution area, structural parameters, Côte d'Ivoire.

1. Introduction

La flore de la Côte d'Ivoire renferme environ 4000 espèces de plantes supérieures de forêt et de savane, selon [1]. Considéré autrefois, comme l'un des écosystèmes tropicaux les plus diversifiés, le couvert forestier ivoirien est devenu aujourd'hui, l'un des plus menacés [2]. En effet, les performances agricoles, l'exploitation forestière pour grumes et l'urbanisation, en Côte d'Ivoire, ont entraîné la destruction de plus de 83 % des surfaces forestières. Aussi, elles ont occasionné la disparition ou la raréfaction de plusieurs espèces de plantes dont 53 % des essences forestières [3 - 6]. Comme conséquence, sur les 43 espèces de bois d'œuvre couramment exploitées pour la qualité technologique de leur bois, en Côte d'Ivoire, 26 sont inscrites sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature [6]. C'est le cas par exemple de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) ou Makoré. Cette essence forestière de grande valeur économique qui, autrefois, était rencontrée abondamment dans les forêts denses humides est, à ce jour, inscrite sur la liste rouge de l'UICN comme espèce en danger de disparition de la flore ivoirienne [6]. D'ailleurs, [7] indiquait que, les arbres de valeur de la Côte d'Ivoire ont été l'objet au cours de ce dernier quart de siècle d'une exploitation abusive dont le Makoré. L'auteur a montré que les densités moyennes de Makoré étaient de 0,1 et de 1,4 individu par hectare (diamètre supérieure à 10 cm), respectivement, dans les forêts classées de Mopri et d'Irobo.

Dans le même ordre d'idée, [8] ont montré que les arbres de Makoré devenaient rares même si parfois ils se rencontraient en groupe de quelques individus, dans les forêts tropicales. Cette remarque avait été faite déjà par [9] qui avançait que sur une superficie de 23 hectares, on ne rencontrait qu'un seul individu de gros diamètre. Aujourd'hui, en Afrique de l'Ouest et singulièrement en Côte d'Ivoire, les reliques d'écosystèmes qui constituent de véritables refuges pour ces espèces menacées, notamment, le Makoré, sont les parcs nationaux, les forêts classées et les réserves naturelles [10 - 12]. Les travaux des auteurs tels que [13 - 19] attestent de la richesse floristique, en générale, et celle des espèces menacées d'extinction dans les aires protégées, en particulier. Malheureusement, ces aires protégées sont soumises à des pressions non seulement anthropiques (pression démographique, activités agricoles clandestines et prélèvement des produits forestiers non ligneux), mais aussi climatique, comme l'ont signalé certains auteurs tels que [20, 21]. Cependant, le Massif Forestier Yapo-Abbé (MFYA), qui est l'une des 231 forêts classées en Côte d'Ivoire, est encore bien conservé du fait de sa richesse en espèces endémiques (126 espèces) et la présence des espèces à statut particulier (51 espèces) de la flore ivoirienne [22]. De ce fait, la probabilité de rencontrer le Makoré dans cette forêt classée pourrait être élevée. Ainsi, l'objectif général de cette étude porte sur la

phytogéographie et la caractérisation des peuplements de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA), afin de contribuer à la gestion rationnelle et durable de cette essence forestière menacée. Il s'agit, d'une part, de cartographier la distribution de Makoré dans les zones phytogéographiques de la Côte d'Ivoire, et d'autre part, de déterminer les paramètres structuraux de Makoré dans le MFYA.

2. Méthodologie

2-1. Site d'étude

La présente étude a été réalisée dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA), situé au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, dans la région administrative de l'Agneby-Tiassa, entre le 5°40'02" et 5°47'32" de latitude Nord et 3°57'02" et 4°11'37" de longitude Ouest [23]. Avec ses 28790 hectares de superficie, le massif forestier est composé de trois principaux blocs forestier : le bloc forêt naturelle secondaire (19001,04 hectares) ; le bloc plantation forestière (4318,5 hectares) et le bloc jachère (5470,1 hectares). Le matériel biologique utilisé au cours de cette étude est composé des individus jeunes (moins de 10 cm de diamètre et plus de 1,30 m de hauteur) et adultes (plus de 10 cm de diamètre) de Makoré. Selon [24, 25], le Makoré est l'un des géants des forêts denses humides sempervirentes tropicales. L'arbre admet un fût assez droit portant des feuilles simples subalternes, lâchement onduleuses, groupées au sommet des rameaux. Les fruits sont des baies ovoïdes, de couleur jaune-verdâtre à maturité (**Figure 1**). Pour la cartographie de la distribution géographique des occurrences, le logiciel Arcgis10.1. a été utilisé et le logiciel Statistica 7.1 a été utilisé pour l'analyse statistique des effectifs des individus de Makoré inventoriés.

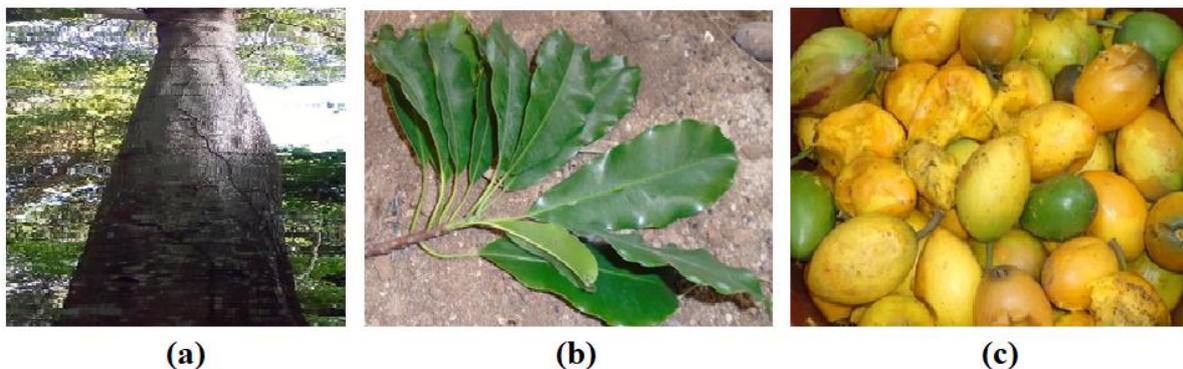


Figure 1 : Aperçu de différents organes de Makoré (a) fût observé chez un individu adulte, (b) rameau feuillé et (c) fruits matures (jaune-verdâtre) et non matures (vert)

2-2. Collecte des données sur les occurrences de Makoré

Pour la collecte des données sur les occurrences de Makoré, les spécimens herborisés ont été recensés dans les trois herbiers de Côte d'Ivoire. Il s'agit de l'Herbier National de Côte d'Ivoire logé au Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Felix HOUPHOUET-BOIGNY, de l'Herbier de l'Institut Botanique Aké-Assi (IBAAN) situé à Yopougon-Anonkoi et de l'herbier du Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS) situé à Adiopodoumé. Aussi des individus de Makoré ont été inventoriés dans les différentes zones phytogéographiques de la Côte d'Ivoire, notamment, dans les forêts classées, les parcs nationaux et réserves et dans les jardins botaniques du CNF, de Bingerville et également dans les plantations agricoles. Pour chaque planche d'herbier consultée et les individus inventoriés, les informations portant les coordonnées géographiques ont été notés. Des informations

additionnelles relatives à l'inventaire de Makoré dans certaines localités du pays ont été obtenues à partir de la base de données du GBIF (Global Biodiversity Information Facility) et dans des articles, des livres et des thèses. Pour certaines planches d'herbier dont les coordonnées géographiques (longitude et latitude) sont manquantes, elles ont été corrigées à partir des données extraites dans le *Gazetiers de Côte d'Ivoire*.

2-3. Collecte des données sur les paramètres structuraux de Makoré

Le dispositif d'échantillonnage est constitué d'un placeaux carré de 100 m de côté, soit une superficie d'un hectare. Sur chaque lignes médianes, 7 placettes carrés de 10 m de côté (100 m^2) équidistant de 5 m ont été installées l'une par rapport à l'autre (*Figure 2*). Dans chacun des trois blocs de la forêt classée de Yapo-Abbé, 20 dispositifs d'étude ont été installés, équidistant d'au moins 500 mètres, soit un total de 60 dans ladite forêt (*Figure 3*). Les circonférences des individus de Makoré, de plus de 31,4 cm, ont été mesurées et leurs coordonnées géographiques ont été aussi notées, dans chacun des dispositifs d'étude. Pour ce faire, les habitats tels que les bas-fonds, les plaines, les pentes ou versants et plateaux, ont été considérés. Concernant la régénération naturelle de Makoré, dans les différentes placettes de 100 m^2 de superficie, les individus jeunes de moins de 31,4 cm de circonférence et plus de 1,30 m de hauteur ont été comptés.

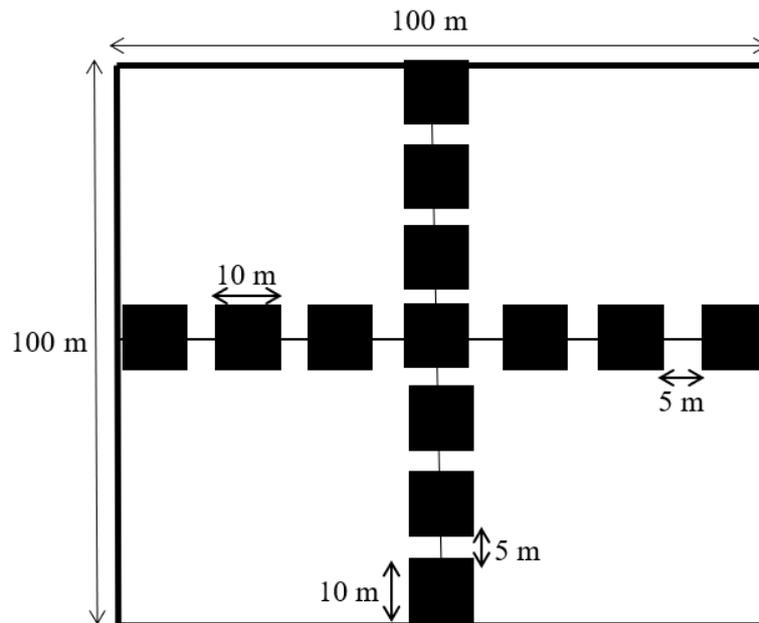


Figure 2 : Configuration des dispositifs d'échantillonnage pour l'inventaire des individus adultes et régénérés de Makoré

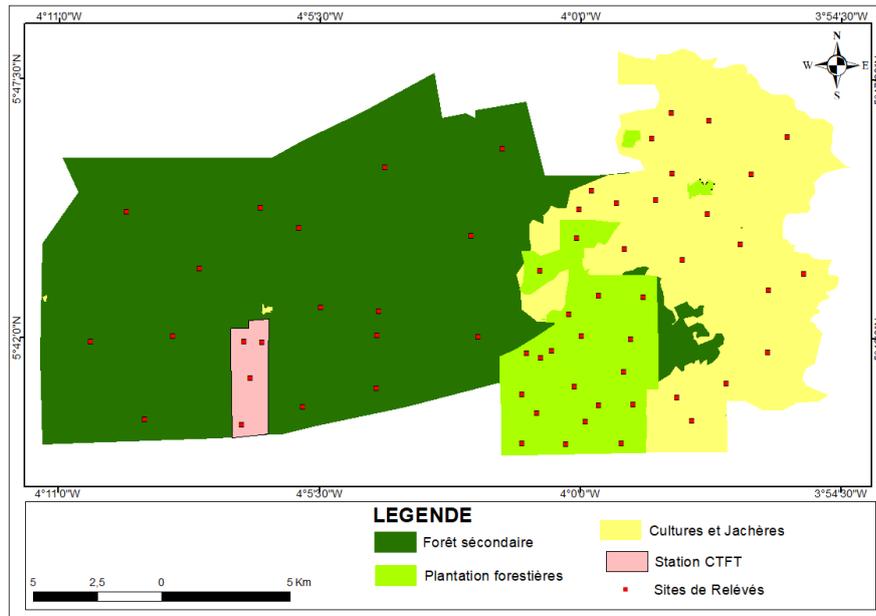


Figure 3 : Carte de distribution des sites d'échantillonnage dans la forêt classée de Yapo-Abbé

2-4. Analyse des données

Pour la cartographie de l'aire de distribution de Makoré, en Côte d'Ivoire, les coordonnées géographiques des 85 occurrences de Makoré collectées ont été enregistrées dans un fichier au format CSV et exportées dans le logiciel QGIS (version 2.12.3), selon la méthode de [26]. Pour évaluer la capacité des zones phytogéographiques à conserver les espèces végétales de façon générale et le Makoré en particulier, une analyse des lacunes de représentation (gap analysis) des habitats favorables au Makoré dans celles-ci a été effectuée. Ainsi, chaque résultat issu de l'analyse a été superposé aux différentes formations végétales de la Côte d'Ivoire. Pour évaluer la structure horizontale du peuplement adulte de Makoré, les paramètres tels que la densité, l'aire basale et la distribution des tiges par classes de diamètre ont été considérés.

2-4-1. Densité

La densité (D) correspond au nombre d'individus pour une surface donnée [27]. Elle traduit l'occupation du sol par les espèces. Dans le cadre de cette étude, les densités totale et moyenne de Makoré ont été évaluées pour chacun des trois blocs du Massif Forestier de Yapo-Abbé, en comptant le nombre d'individus inventoriés par site d'échantillonnage, ramené à l'hectare. La **Formule** mathématique utilisée est la suivante :

$$D = N/S \tag{1}$$

Avec, N le nombre d'individus de Makoré dénombrées et S la surface totale exprimée en hectare.

2-4-2. Aire basale

L'aire basale correspond à la somme des sections horizontales des troncs, prises par convention à 1,30 m au-dessus du sol [27]. Cet indice traduit mieux l'occupation horizontale du sol par les individus de Makoré. Pour l'estimer, les valeurs de circonférence ont été converties d'abord en diamètre, par la **Formule** mathématique suivante :

$$D = C / \pi \quad (2)$$

Avec, D = diamètre des individus de Makoré, C la circonférence des individus et π la constante qui est égale à 3,14.

Ensuite, les valeurs obtenues ont servi de base pour le calcul de l'aire basale grâce à la **Formule** suivante :

$$S = \sum (\pi/4 \times D^2) \quad (3)$$

Avec, S = aire basale des différents blocs, D le diamètre des individus et π la constante qui est égale à 3,14.

Au cours de cette étude, les aires basales totale et moyenne dans les trois blocs ont été évaluées.

2-4-3. Distribution des tiges par classes de diamètre et par habitats dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé

Les données sur les diamètres des individus obtenus à partir des calculs de l'aire basale ont permis de construire la courbe de distribution des tiges par classes de diamètres, pour déterminer l'état de conservation du peuplement de Makoré dans la forêt classée de Yapo-Abbé. L'analyse de la courbe a été faite en fonction des effectifs de tiges par classes de diamètre comme indiqué par [12]. Pour ce faire, dix (10) classes de diamètre à intervalle de 10 cm ont été considérées ; il s'agit des classes de [10-20[à [100-110[. Les individus inventoriés ont été aussi distribués en fonction des habitats, en considérant les plaines, les plateaux, les pentes ou versants et les bas-fonds. Pour évaluer le potentiel de régénération naturelle de Makoré dans le Massif Forestier Yapo-Abbé, les valeurs totales et moyennes dans les 3 blocs ont été calculées.

2-4-4. Analyse statistique des données

Les variations des valeurs moyennes des densités, aires basales et la régénération des individus de Makoré des trois (03) blocs ont été traitées par l'Analyse de Variance (ANOVA) à 5 % de seuil de significativité, à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Pour ce faire, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé car l'hypothèse de normalité n'est pas acceptable.

3. Résultats

3-1. Distribution des occurrences de Makoré dans les zones phytogéographiques de la Côte d'Ivoire

Les résultats de la **Figure 4** montrent que la distribution de Makoré est localisée préférentiellement dans les forêts denses humides de la Côte d'Ivoire. Cette distribution s'étend du Sud-Est au Sud-Ouest en passant par le Sud-Littoral avec un prolongement dans l'Ouest montagneux du pays. Plus de 84,71 % des échantillons des individus de Makoré ont été prélevés dans les forêts denses humides sempervirentes et à un degré moindre dans les forêts denses humides semi-décidues avec 11,76 %. Les échantillons prélevés dans le Littoral du pays sont de l'ordre de 2,35 % contre 1,18 % pour les zones savaniques.

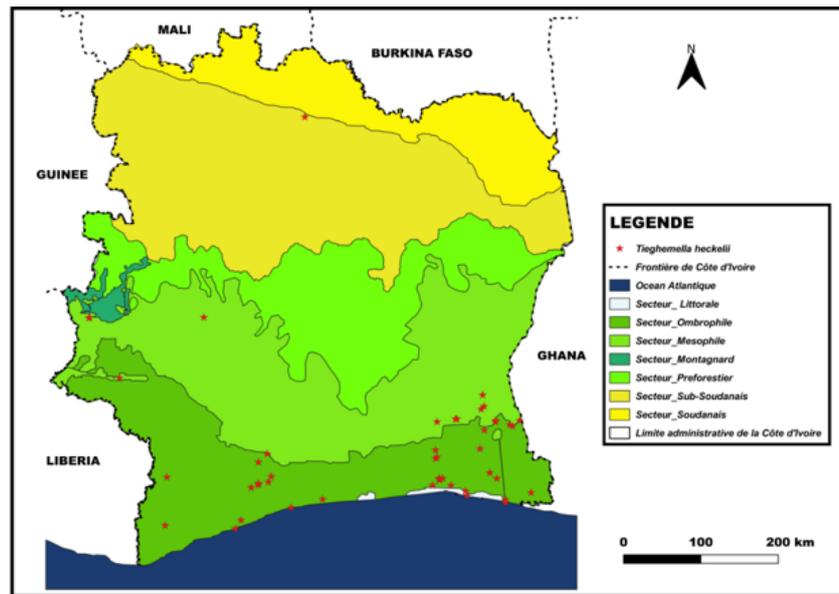


Figure 4 : Carte de distribution des individus de Makoré dans les zones phytogéographiques de la Côte d'Ivoire

3-2. Caractéristiques des peuplements de Makoré du Massif Forestier de Yapo-Abbé

3-2-1. Cas des individus adultes de Makoré du Massif Forestier de Yapo-Abbé

Le nombre d'individus de Makoré inventoriés sur l'ensemble des trois blocs du Massif Forestier de Yapo-Abbé est de 699 pour 60 hectares, soit 11,65 tiges/hectare. Le nombre de tiges ramené à la superficie totale dudit massif est de 2,43 tiges/hectare. Les densités moyennes calculées au niveau des trois (03) biotopes varient de $0,1 \pm 0,31$ à $34,45 \pm 58,93$ tiges/hectare et le biotope le plus peuplé de Makoré est la forêt naturelle avec $34,45 \pm 58,93$ tiges/hectare. A l'opposé, les biotopes forêt reboisée et jachère sont les moins peuplées avec respectivement $0,4 \pm 0,50$ et $0,1 \pm 0,31$ tiges/hectare (Tableau 1). L'analyse statistique des résultats du Tableau 1 montre qu'il existe une différence significative ($F = 7,91$; $P = 0,01$) entre la valeur moyenne de la densité de Makoré de la forêt naturelle et celles de la forêt reboisée et de la jachère dont les valeurs moyennes ne sont pas significatives entre elles. La forêt naturelle est densément peuplée d'individus de Makoré, de l'ordre 95,69 %, surtout à la périphérie de la parcelle du Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) et le point de jonction du bloc jachère. A l'opposé, les proportions sont faibles dans la forêt reboisée et la jachère qui sont plus ou moins dégradées (Figure 5).

Tableau 1 : Comparaisons des valeurs totale et moyenne des densités et des aires basales de Makoré dans les biotopes du Massif Forestier de Yapo-Abbé

Biotopes	Paramètres structuraux					
	Valeurs des densité (tiges/ha)			Valeurs des aires basale (m ² /ha)		
	Totale	Moyenne	Valeurs statistiques	Totale	Moyenne	Valeurs statistiques
Forêt naturelle	689	$34,45 \pm 58,93^a$	$F = 7,91$ $P = 0,01$	42,26	$2,11 \pm 3,34^a$	$F = 8,18$ $P = 0,01$
Forêt reboisée	8	$0,4 \pm 0,50^b$		3,74	$0,19 \pm 0,39^b$	
Jachère	2	$0,1 \pm 0,31^b$		0,99	$0,05 \pm 0,21^b$	

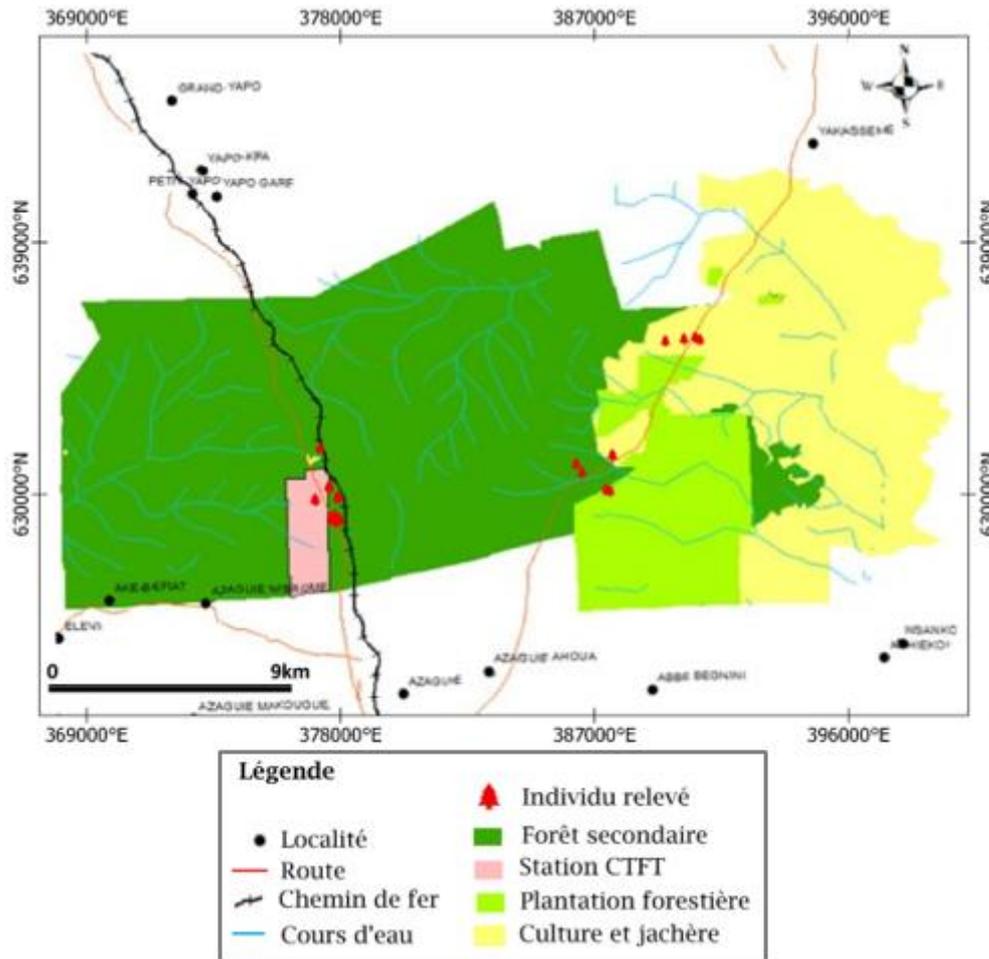


Figure 5 : Carte de distribution des individus de Makoré inventoriés dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé

L'aire basale des individus de Makoré recensés et calculée est de 47 m² pour 60 hectares, soit 0,78 m²/ha. Au niveau des biotopes, les valeurs moyennes des aires basales varient de 0,05 ± 0,21 à 2,11 ± 3,34 m²/ha. Avec une valeur moyenne de 2,11 ± 3,34 m²/ha, la forêt naturelle secondaire occupe une surface terrière relativement moyenne, contrairement à la forêt reboisée (0,19 ± 0,39 m²/ha) et la jachère (0,05 ± 0,21 m²/ha) dont les individus ont enregistré les plus faibles valeurs d'aire basale (**Tableau 1**). La valeur moyenne de l'aire basale de la forêt naturelle est statistiquement différente de celles des deux autres biotopes ($F = 8,18$; $P = 0,01$) qui sont statistiquement égales entre elles (**Tableau 1**). La courbe de distribution des tiges par classes de diamètre présente, d'une manière générale, une allure en forme de « J inversé » ou de « L » (**Figure 6**). Cette allure de la courbe montre que le peuplement de Makoré dans la forêt classée de Yapo-Abbé est assez bien conservé, dans son ensemble. L'interprétation de l'allure de la courbe montre que le peuplement adulte de Makoré présente une structure horizontale qui conforme à la norme standard des peuplements de forêts denses humides tropicales moins perturbées. Cela signifie que le peuplement adulte de Makoré est écologiquement équilibré dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé.

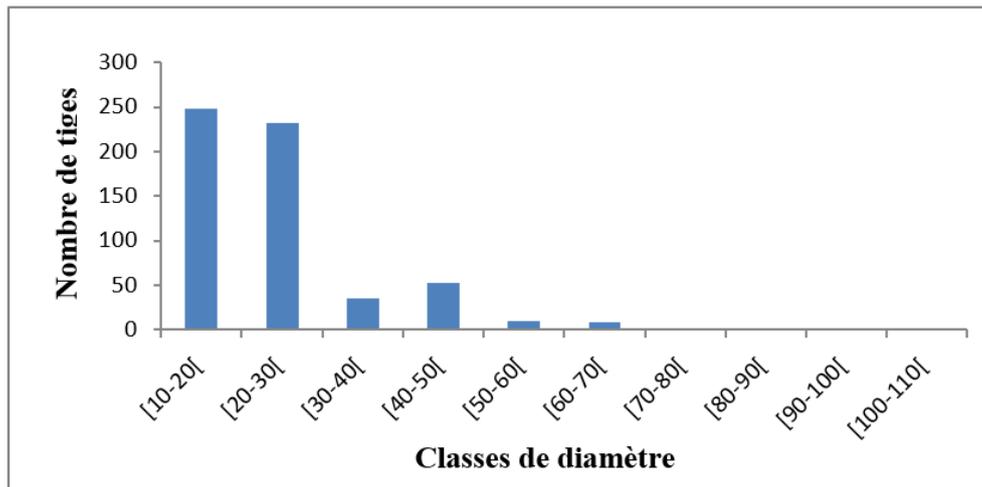


Figure 6 : Distribution des tiges de Makoré par classes de diamètre dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé

La distribution des tiges de Makoré, en fonction des habitats dans la forêt classée de Yapo-Abbé, montre que les plaines sont densément peuplées avec 356 tiges, soit plus de la moitié (50,91 %) du nombre total de tiges inventoriées. Par contre, les pentes, plateaux et bas-fonds ont enregistré respectivement 215, 124 et 4 tiges de Makoré, soit 30,73 %, 17,71 % et 0,65 % des 699 tiges recensées (**Figure 7**).

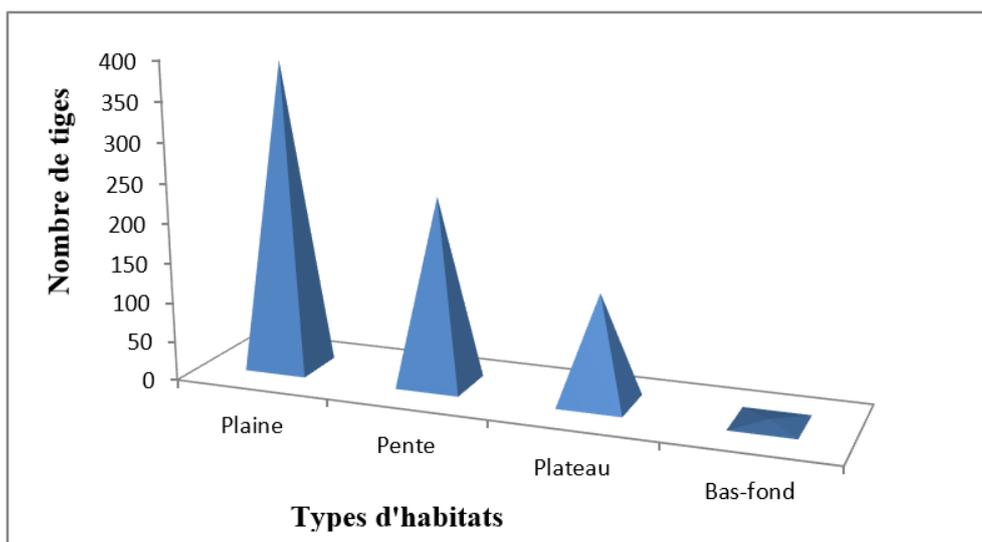


Figure 7 : Distribution des tiges de Makoré dans les différents habitats du Massif Forestier de Yapo-Abbé

3-2-2. Cas de la régénération de Makoré du Massif Forestier de Yapo-Abbé

La régénération de Makoré dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA) varie d'un biotope à un autre. Dans la forêt naturelle, le nombre de jeunes tiges dénombrées est de 69 pour les 20 hectares contre 6 tiges et 1 tige, respectivement, dans les biotopes forêt reboisée et jachère (**Tableau 2**). Ainsi, la densité totale des individus régénérés de Makoré du MFYA est-elle de 0,34 tiges/hectare. Pour les valeurs moyennes, elle est de $3,45 \pm 6,83$ pour la forêt naturelle, de $0,3 \pm 0,47$ pour la forêt reboisée et de $0,5 \pm 0,22$ pour la jachère. Le taux de régénération de Makoré dans le MFYA est évalué dans l'ordre de 1,27 % qui est considéré comme relativement faible.

Tableau 2 : Comparaisons des valeurs totale et moyenne de la régénération de Makoré dans les biotopes du massif forestier Yapo-Abbé

Biotopes	Valeurs des individus régénérés (tiges/ha)		Valeurs statistiques
	Totale	Moyenne	
Forêt naturelle	69	3,45 ± 6,83 ^a	F = 8,05 P = 0,02
Forêt reboisée	6	0,3 ± 0,45 ^b	
Jachère	1	0,05 ± 0,22 ^b	

4. Discussion

4-1. Aire de distribution potentiellement favorable au Makoré

Les résultats des inventaires des occurrences ont montré que la distribution du Makoré n'est pas favorable à la grande partie de la couverture végétale de la Côte d'Ivoire, en se référant à la carte de distribution de l'espèce en Côte d'Ivoire. L'aire de distribution du Makoré est abondante, préférentiellement, dans les forêts denses humides sempervirentes. Cette forte présence de l'espèce dans ces zones phytogéographiques indique qu'elle est inféodée aux milieux écologiques à forte pluviométrie et humidité. Ce constat témoigne du grand endémisme de Makoré pour les zones ombrophiles. En effet, selon [7], le Makoré est préférentiellement abondant dans la zone ombrophile des forêts ivoiriennes, même si des individus sont rencontrés dans la zone mésophile. De nos jours, la probabilité de rencontrer cette espèce n'est élevée que dans les aires protégées ; notamment les parcs nationaux, les réserves biologiques, les forêts classées et les jardins botaniques. C'est donc à juste titre que [28] ait mentionné que les aires protégées constituent d'importants refuges qui favorisent encore la conservation de la biodiversité végétale, telles que les espèces endémiques et internationalement ou localement en danger d'extinction. Dans le même ordre d'idée, [29, 30] ont signalé que, suite à la forte destruction du couvert végétal ivoirien, la majorité des espèces de grande valeur commerciale et inscrites sur la liste rouge de l'UICN version 2019, comme le Makoré, ne se rencontre que dans les aires protégées. Ils ont cité par exemple, *Entandrophragma angolense* (Wehv.) C DC (Meliaceae) ou Tiamia, *Entandrophragma cylindricum* (Sprague) Sprague (Meliaceae) ou Aboudikro, *Guarea cedrata* (A. Chev.) Pellegr. (Meliaceae) ou Bossé, *Guibourtia ehie* (A. Chev.) J. Léonard (Fabaceae) ou Amazakoué, *Khaya ivorensis* A. Chev. (Meliaceae) ou Acajou de Grand-Bassam, *Lophira alata* Gaertn. f. (Ochnaceae) ou Azobé, *Tarrietia utilis* (Sprague) Sprague (Malvaceae) ou Niangon, etc. Cependant, selon [11, 12, 15, 19, 22], la proportion des espèces susmentionnées varie en fonction de leurs zones de prédilection et leurs statuts de conservation. Par exemple, les travaux de [19] ont montré que le Niangon, est l'espèce la plus représentée dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé, alors que le Makoré est rarement rencontré dans le même milieu d'étude. Selon [11, 12], les espèces telles que *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) Cap. (Malvaceae) ou Kotibé, *Pterygota macroparva* Schumann (Malvaceae) ou Koto et *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev. (Malvaceae) ou Bété sont abondantes dans la forêt classée de Bossematié tandis que Aboudikro et Tiamia y sont faiblement représentées.

4-2. Caractérisation du peuplement adulte de Makoré du Massif Forestier de Yapo-Abbé

L'analyse des valeurs totales et moyennes de densité et d'aire basale montre qu'il existe une forte corrélation entre les aires basales et les densités de tiges de Makoré dans les trois biotopes inventoriés. En effet, plus la densité de tiges est forte dans un biotope donné, plus l'aire basale est élevée, telle que obtenue dans le bloc forêt naturelle. La faible densité de tiges de Makoré dans le bloc jachère, est liée, certainement, à l'état de dégradation avancé de ce biotope. En effet, cette partie du Massif Forestier de Yapo-Abbé est sujette aux

activités agricoles, notamment l'installation des plantations agricoles, aux coupes des arbres pour la production de charbon de bois et aussi pour le bois d'énergie [15, 19, 21, 22]. Cependant, l'aire basale totale obtenue, dans cette étude, pour l'ensemble du massif forestier, semble moyenne car elle est en dessous 50 %. Cette valeur moyenne peut s'expliquer par le fait que la majorité des tiges de Makoré inventoriées dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA) est de diamètre moyen. Néanmoins, en considérant, la densité de tiges de Makoré de l'ensemble du MFYA, elle semble être élevée par rapport aux résultats de la recherche bibliographique. En effet, le résultat de cette étude (2,43 tiges/hectare) est largement supérieur à ceux obtenus par [30] dans certaines forêts classées ivoiriennes, telles que Mopri et Irobo qui comptaient, respectivement, 0,1 et 1,4 tiges/hectare. Cet important résultat obtenu, au cours de cette étude, atteste que le Makoré est fortement inféodé aux forêts denses humides sempervirentes et montre aussi que le MFYA est assez-bien conservé, dans son ensemble. En effet, la forêt classée de Irobo est dans la même zone phytogéographique que le MFYA, mais présente une faible densité, probablement liée à la dégradation avancée de cette forêt. Quant à la forêt classée de Mopri, située dans la zone semi-décidue, la faible présence de Makoré est relative à son aire de répartition, comme l'ont signalé [7, 11, 12, 22]. Cela signifie que ce massif forestier constitue un potentiel refuge pour cette espèce et certainement d'autres ayant le même statut écologique. La forte densité des tiges de Makoré à la périphérie et probablement dans la « parcelle CTFT » pourrait s'expliquer par la prise en compte de l'espèce dans des programmes antérieurs de reboisement des espèces de grande valeur commerciale et menacées d'extinction de la flore ivoirienne dans cette partie de la forêt.

Cependant, pour une essence forestière en danger d'extinction telle que le Makoré [6], il est souhaitable que la SODEFOR, structure de gestion de cette forêt classée, puisse étendre le reboisement dans toute la forêt classée. La courbe des classes de diamètre en fonction du nombre de tiges présentant une allure en forme de « J inversé » est fréquemment obtenue dans le cas de la plupart des forêts denses tropicales moins perturbées. En effet, Selon [12], la forme de « J inversé » de cette courbe montre que ces formations végétales tropicales sont assez-bien conservées. Le résultat de cette étude en conformité avec l'hypothèse de ces auteurs, atteste de la bonne conservation du peuplement de Makoré dans la végétation de la forêt classée de Yapo-Abbé. Cela signifie que le peuplement de Makoré et par analogie l'ensemble de la végétation de ladite forêt classée est assez stable. D'ailleurs, la présence de tiges de plus de 100 centimètres de diamètre est la preuve remarquable et significative de cette bonne conservation. L'allure de la courbe obtenue dans cette étude est semblable à celles décrites par [31] dans la forêt semi-décidue du Haut-Sassandra et par [10] dans la forêt sempervirente du Sud du Parc National de Taï en Côte d'Ivoire. La similarité entre l'allure en forme de « J inversé » des courbes de ces trois forêts denses humides montre qu'elles sont en général moins perturbées, donc bien conservées, dans leur ensemble. D'ailleurs pour apprécier la dynamique des peuplements des espèces végétales, les travaux de [32 - 35] ont montré qu'il existe une relation entre les comportements des espèces et la distribution de leurs tiges de d.b.h. ≥ 10 cm, par classes de diamètre. Dans les forêts denses moins dégradées, les espèces ont une distribution exponentielle négative des tiges en forme de « J inversé ». Cela signifie que la répartition des tiges est équilibrée et les individus de ces espèces sont alors considérés comme stables.

4-3. Potentiel de régénération de Makoré du Massif Forestier de Yapo-Abbé

L'analyse des résultats de la régénération de Makoré est conforme à ceux obtenus pour la densité des tiges adultes. Les valeurs moyennes des jeunes tiges sont relativement importantes, en nombre décroissant, de la forêt naturelle à la jachère; ce qui est proportionnel à la densité de tiges adultes dans les trois biotopes. Cependant, le potentiel de régénération de Makoré dans le massif forestier Yapo-Abbé est faible. Cette faible régénération de Makoré est similaire à d'autres espèces de même valeur commerciale et est liée, soit à des prédateurs, soit à des agents disséminateurs, selon [36, 37]. La majorité des fruits produits par le Makoré sont soit détruites par des prédateurs, soit transportées ailleurs par les agents disséminateurs. Par conséquent, le taux de germination des graines est très faible voir nul sous le semencier. En effet, dès que

les fruits tombent, ils constituent, immédiatement, la nourriture des Eléphants de forêt, Céphalopes bais, Antilopes royales, Grands écureuils de Stanger, Funisciures à patte rousse, Athérures africains ou hérisson, Rats, etc. Aussi, selon [38, 11], le Makoré tout comme les graines à consistance huileuse de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb (Myristicaceae) ou Ilomba, celles des *Entandrophragma* spp. (Meliaceae) et *Khaya* spp. (Meliaceae), de même composition, sont également détruites rapidement par les insectes lorsqu'elles tombent au sol. Ces auteurs soutiennent que même les quelques rares jeunes pousses du Makoré sous les semenciers sont aussi consommées par les animaux suscités. En conséquence, la combinaison de tous ces facteurs rendent difficile la régénération de l'espèce.

5. Conclusion

Cette étude a montré que le Makoré est potentiellement représenté dans les forêts denses humides, en générale, et singulièrement dans les zones sempervirentes, alors qu'il est quasi-absent dans les zones pré-forestières et savanicole. Pour l'occurrence des individus adultes de l'espèce dans le Massif Forestier de Yapo-Abbé (MFYA), les valeurs de la densité et de l'aire basale sont élevées dans le bloc forêt naturelle tandis qu'elles sont moyennes et faibles, respectivement, dans les biotopes forêt reboisée et jachère. Pour l'ensemble du MFYA, la densité et l'aire basale totale de Makoré sont élevées contrairement aux autres aires protégées des mêmes zones phytogéographiques dont les résultats sont déjà connus. Concernant de la distribution des individus par classes de diamètre, l'allure en « J inversé » ou « L » de la courbe indique que le peuplement adultes de Makoré est assez bien conservé et atteste que la végétation du MFYA est stable et équilibré. Plus de la moitié des individus de Makoré inventoriées sont rencontrées sur les plaines, contrairement aux pentes, plateaux où la présence des individus est relativement faible. On peut affirmer que le potentiel de régénération de Makoré dans le MFYA aussi est faible comme les résultats connus dans les autres aires protégées. Cette étude sur la phytogéographie et la caractérisation des peuplements de Makoré pourra servir d'exemple de recherches pour d'autres essences forestières menacées et aidera certainement la SODEFOR, gestionnaire des forêts classées ivoiriennes, dans ses prises de décision pour l'aménagement desdits forêts.

Références

- [1] - M. SCOUPPE, Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). Master, Université de Genève, Suisse, (2011) 194 p.
- [2] - F. N. TUO, J. K. KOUAO, F. A. KOUASSI, M. KONE, A. BAKAYOKO et J. BOGAERT, Etude de la diversité, de l'endémisme et de la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (2) (2017) 777 - 797
- [3] - L. AKE-ASSI, Préface. In Bois de Cote d'Ivoire : Précis de Reconnaissance des Arbres commercialisés. D. SATTLER (Eds), CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, (1997) 7 - 9
- [4] - E. DAVO, Contribution à l'évaluation de la biodiversité des espèces de faunes aviennes des collines. Mémoire de maîtrise Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2011) 85 p.
- [5] - D. KONAN, A. BAKAYOKO, F. H. TRA BI, B. G. A. BITIGNON et S. C. PIBA, Dynamisme de la Structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, Sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 94 (2015) 8869 - 8879
- [6] - UICN, IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. (2019), visité le 15 Mars 2021

- [7] - L. AKE-ASSI, Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, Suisse, *Boisseria*, 58 (2002) 441 p.
- [8] - P. SOUZA ROGERIA, F. M. IVANY and VALIO, Seedling growth of fifteen brazilian tropical tree species differing in successional status. *Revista. Brasil. Bot.*, 26 (1) (2003) 35 - 47
- [9] - A. AUBREVILLE, La flore forestière de Côte d'Ivoire. CTFT n° 15, (3 tomes) Nogent sur Marne, France, (1959) 1031 p.
- [10] - C. Y. ADOU YAO, Pratiques paysannes et dynamique de la biodiversité dans la Forêt de Monogaga (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Département Hommes Natures Sociétés, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France, (2005) 233 p.
- [11] - K. KOUADIO, Etudes de la flore, de la végétation et de l'impact de l'éclaircie sélective par dévitalisation, sur les essences principales de la forêt classée de Bossematié, Est de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2007) 192 p.
- [12] - K. KOUADIO, K. E. KOUASSI et N. H. DIBI, Effet de l'éclaircie sélective sur la dynamique de la végétation arborescente dans la forêt classée de Bossematié (Côte d'Ivoire). *Agron. Afr.*, 24 (3) (2012) 219 - 230
- [13] - C. Y. ADOU YAO et E. K. N'GUESSAN, Diversité botanique dans le sud du parc national de Taï, Côte d'Ivoire, *Afrique Science*, 01 (2) (2005) 295 - 313
- [14] - D. KOUAME, C. Y. ADOU YAO, K. E. KOUASSI, E. K. N'GUESSAN et K. AKOI, Preliminary floristic inventory and diversity in Azagny National Park (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 23 (2008) 537 - 547
- [15] - M. KOFFI, D. N. OUATTARA, M. KONE et A. Bakayoko, Étude floristique et diversité de la forêt des Marais Tanoé-Ehy (Sud- Est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25 (3) (2015) 3917 - 3938
- [16] - M. M. A. O. ADINGRA, Dynamique du peuplement et stock de carbone dans la mosaïque de végétation de la forêt classée de Bamo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2017) 158 p.
- [17] - N'G. E. J. ABROU, Activités Anthropiques, Diversité floristique et Dynamique de la végétation de l'espace de la forêt des Marais Tanoé-Ehy (FMTE), Sud-est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2019) 189 p.
- [18] - E. E. ASSEH, K. YAO et E. AKE-ASSI, Diversité et Connaissance Ethnobotanique des Espèces de la Famille des Acanthaceae de la Réserve Naturelle Partielle de Dahliafleur, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15 (9) (2019a) 444 - 459
- [19] - S. F. P. OUATTARA, K. KOUADIO et D. SORO, Diversité des espèces de bois d'œuvre menacées de disparition de la flore de la Côte d'Ivoire, dans le massif forestier Yapo-Abbé, *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°36 (2019) 213 - 229
- [20] - E. E. ASSEH, E. AKE-ASSI et K. J. KOFFI, Diversité biologique et influence des changements climatiques sur la distribution géographique de quelques espèces d'Acanthaceae en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (2) (2019b) 676 - 692
- [21] - S. C. DOFFOU, K. KOUADIO et H. N. DIBI, Effet des variations climatiques à l'horizon 2050 sur la distribution phytogéographique de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15 (2) (2021) 679 - 694
- [22] - D. KONAN, Etude de la dynamique floristique, structurale et du potentiel germinatif du stock semencier du sol de la forêt classée de yapo abbé : contribution pour une gestion durable des forêts classées de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2016) 217 p.

- [23] - SODEFOR, Plan d'aménagement de la forêt classée de Yapo-Abbé : 1999-2023. SODEFOR Edition, (1999) 141 p.
- [24] - S. C. DOFFOU, Effet des durées de conservations et du traitement à l'eau sur la germination de *Tieghemella heckelii* Pierre ex. A. Chev. (Sapotaceae) sous ombrière (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2019) 48 p.
- [25] - K. KOUADIO, S. SANOGO, K. E. KOUASSI et S. C. DOFFOU, Effet des durées de conservation et du traitement à l'eau sur la germination des graines de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (8) (2019) 2880 - 2892
- [26] - F. H. G. GBESSO, B. H. A. TENTE, N. G. GOUWAKINNOU et B. A. SINSIN, Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (5) (2013) 2007 - 2018
- [27] - B. ROLLET, La régénération naturelle en forêt dense humide sempervirente de la plaine en Guyane Vénézuélienne. *Bois et Forêt des Tropiques*, 124 (1979) 19 - 38
- [28] - M. HOUINATO, B. SINSIN et J. LEJOLY, Impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt de Bassila (Bénin). *Acta Bot. Gall.*, 148 (3) (2001) 237 - 251
- [29] - K. KOUADIO, N. H. DIBI, K. S. B. N'GORAN et S. F. P. OUATTARA, Diversité des espèces de bois d'œuvre dans l'arboretum du Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire). *Reb-Paseres*, 3 (1) (2018) 14 - 26
- [30] - J. G. BERTAULD, Étude de l'effet d'interventions sylvicoles sur la régénération naturelle au sein d'un périmètre expérimental d'aménagement, en forêt dense humide de Côte-d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Université de Nancy, Nancy, France, (19862) 54 p.
- [31] - N'. F. KOUAME, Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3e cycle, U.F.R. Biosciences, Université Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (1998) 227 p.
- [32] - B. ROLLET, L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. CTFT, Paris, France, (1974) 298 p.
- [33] - T. F. VELEN, F. M. SCHLEGEL and R. B. ESCOBAR, Structure and dynamic of old-growth Nothofagus forests in the Valdivian Andes, Chile. *Journ. Ecol.*, 68 (1980) 1 - 31
- [34] - C. J. GELDENHUYS, The use of diameter distributions in Sustained-Use Management of forest : examples from Southern Africa. In : G. D. Pearce and D. J. Gumbo (Eds.). The ecology and Management of Indigenous Forests in Southern Africa. Proceedings of an International Symposium, Victoria Falls, Zimbabwe, 27 - 29 July 1992. Zimbabwe Forestry Commission and SAREC, Harare, (1992) 154 - 167
- [35] - N. SOKPON, Recherche écologique sur la forêt dense semi-décidue de Pobé au SuEst du Benin groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, (1995) 350 p.
- [36] - A. GAUTIER-HION, Interactions among fruit and vertebrate fruit-eaters in an African tropical rain forest, In : Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants. UNESCO, (1990) 219 - 230
- [37] - W. D. HAWTHORNE, Forest regeneration after logging. Findings of study in the Bia South Game Production reserve, Ghana, London, England, N.R.I., serie, N°3 (1993) 52 p.
- [38] - D. T. ETTIEN, Potentiels de régénération des essences forestières commerciales par la germination des graines, dans la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3 ème cycle, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2005) 259 p.