



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020-2021

N° D'ORDRE : 0399/2021

N°CARTE D'ETUDIANT :
CI0416008733

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

THEME

**DIVERSITE ET DISTRIBUTION SPATIALE DES
RUBIACEAE DE COTE D'IVOIRE**

LABORATOIRE :
BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

Présenté par :

DJE Yao Jean Baptiste

JURY

**Président : M. AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. KPANGUI Kouassi Bruno, Maître Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement

Le : 05/10/2021.....



UJLoG

UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

THEME

**DIVERSITE ET DISTRIBUTION SPATIALE DES
RUBIACEAE DE COTE D'IVOIRE**

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

Présenté par :

DJE Yao Jean Baptiste

JURY

**Président : M. AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. KPANGUI Kouassi Bruno, Maître Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement

Le : 05/10/2021.....

Dédicaces

DEDICACES

Je dédie ce document à la mémoire de ma grande mère DOLLOU Akouassi et mon père N'DA Yao Nazaire, qui m'ont assisté moralement tout au long de mon parcours scolaire. En vous, j'ai trouvé le courage et la force. Je vous serai reconnaissant durant toute ma vie.

Remerciements

REMERCIEMENTS

Nous exprimons toute notre gratitude à la Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, le Professeur TIDOU Abiba Sanogo pour avoir autorisé notre inscription dans cette institution.

Nous remercions le Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'UFR Environnement pour tous les efforts qu'il consent pour le bon encadrement des étudiants de l'UFR Environnement.

Notre gratitude va également à l'endroit de notre responsable de parcours, le Docteur SANGNE Yao Charles, Maître de Conférences, dont les conseils nous ont été utiles pour la réalisation de ce travail.

Nous témoignons notre sincère gratitude à notre Directeur scientifique le Docteur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences et à notre encadreur le Docteur KPANGUI Kouassi Bruno, Maître Assistant pour avoir encadré ce mémoire. Leur disponibilité et leur rigueur scientifique nous ont été d'une aide inestimable pour nos premiers pas dans la recherche.

Nos remerciements vont également à l'endroit des Docteurs BAMBA Issouf, N'GOURAN Kobenan Pierre, KOUAKOU Akoua Tamia, KOUAKOU Kouassi Apollinaire, ZANH Golou Gizèle, ASSALE Adjo Annie Yvette et KOFFI N'guessan Achille ainsi qu'aux doctorants KOUA Kadio Noël, KOUMAN Kouame Jean Marc, KONAN Gislain Danmo et tous membres du Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE), pour leurs critiques et leur soutien moral tout au long de ces travaux.

Nos remerciements vont à l'endroit des membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'apprécier ce travail.

Nous ne saurions terminer nos remerciements sans penser à tous les étudiants de Master Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes option Ecologie Végétale et les mémorants du Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE) qui nous ont apporté un grand soutien moral.

AVANT – PROPOS

Ce mémoire s’inscrit dans le cadre de la réalisation d’un projet de recherche intitulé, « Modernisation et renforcement de capacités des Herbiers de Côte d’Ivoire » dont l’objectif est d’améliorer la qualité des collections d’herbier de Côte d’Ivoire, financé par le Sud Expert Plantes Développement Durable (SEP2D). Ce projet a été obtenu par le Docteur IPOU Ipou Joseph du laboratoire de Botanique de l’Unité de Formation et de Recherche (UFR) Biosciences de l’Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB) d’Abidjan et exécuté en partenariat avec les principaux détenteurs d’herbiers en Côte d’Ivoire (Centre National de Floristique – CNF, Centre Suisse de Recherche Scientifique - CSRS, Institut Botanique Aké-Assi d’Andokoi - IBAAN et l’Université Jean Lorougnon Guédé - UJLoG).

TABLE DES MATIERES

	Page
DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
AVANT – PROPOS	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
Première partie : Généralité.....	3
I.1. Généralités sur la zone d'étude	3
I.1.1 Situation géographique	3
I.1.1.1. Relief.....	3
I.1.1.2. Climat.....	4
I.1.1.3. Hydrographie	5
I.1.1.4. Végétation	6
I.2. Généralités sur les Rubiaceae	7
I.2.1. Cladogramme des Rubiaceae	7
I.2.2. Répartition des Rubiaceae.....	8
I.2.3. Description générale des Rubiaceae	8
I.2.4. Importance et utilisation des Rubiaceae	11
Deuxième partie : Matériel et méthodes	12
II.1. Matériel.....	12
II.1.1. Matériel biologique.....	12
II.1.2. Matériel technique	12
II.2. Méthodes d'études	12
II.2.1. Collecte de données	12
II.2.2. Analyse des données.....	14
II.2.2.1. Analyse de la diversité des Rubiaceae.....	14
II.2.2.1.1. Richesse spécifique.....	14
II.2.2.1.2. Composition floristique	14

Table des matières

II.2.2.2. Analyse de la répartition des Rubiaceae	14
II.2.2.3. Modélisation de l'aire de distribution des Rubiaceae.....	15
II.2.2.3.1. Choix des espèces à modéliser	15
II.2.2.3.2. Approche de modélisation et outils préconisés	15
II.2.2.3.3. Principe de la méthode MaxEnt.....	15
II.2.2.3.4. Mise en œuvre et évaluation de la qualité du modèle du maximum d'entropie	16
II.2.2.3.5. Cartographie des espèces modélisées	17
Troisième : Résultats et discussion	19
III.1. Résultats	18
III.1. 1. Diversité floristique des Rubiaceae	18
III.1.2. Composition floristique.....	18
III.1.2.1. Type biologique.....	18
III.1.2.2. Affinité chorologique	19
III.1.3. Espèces à Statut particulier	20
III.1.3.1. Espèces endémiques	20
III.1.3.2. Espèces menacées	20
III.1.4. Distribution spatiale des Rubiaceae	21
III.1.4.1. Distribution des Rubiaceae dans les mailles	21
III.1.5. Modélisation de l'aire de distribution des Rubiaceae recensées	24
III.1.5.1. Niche de <i>Sericanthe toupetou</i>	24
III.1.5.2. Niche de <i>Psychotria abouabouensis</i>	25
III.1.5.3. Niche de <i>Monosalpinx guillaumetii</i>	26
III.1.5.4. Niche de <i>Geophila flaviflora</i>	27
III.1.5.5. Niche de <i>Cephaëlis castaneopilosa</i>	28
III.1.5.6. Niche de <i>Tarenna hutchinsonii</i>	29
III.2. Discussion	30
III.2.1. Diversité des Rubiaceae en Côte d'Ivoire	30
III.2.2. Répartition des Rubiaceae de Côte d'Ivoire.....	31
III.2.3. Qualités du modèle et contribution des variables environnementales	31
III.2.4. Niche potentielle des espèces	32
CONCLUSION.....	36

Table des matières

REFERENCES 37

ANNEXE

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Type biologique

Ch	:	Chaméphyte
Lnp		nanophanérophytes lianescentes
Lmp	:	microphanérophytes lianescentes
LmP		mésophanérophytes lianescentes
mP	:	mésophanérophyte
MG	:	Mégaphanérophyte
mp	:	microphanérophyte
np	:	nanophanérophyte
Th	:	Thérophyte

Affinités Chorologiques

GC	:	Espèce de la zone Guinéo-Congolaise
GCi	:	Espèce endémique de la Côte d'Ivoire
GC-SZ	:	Espèce des zones Guinéo-Congolaise et Soudano- Zambézienne
GCW	:	Espèce endémique de l'Afrique de l'Ouest
i	:	Espèce introduite
SZ	:	Espèce de la zone Soudano- Zambézienne

Autres

AUC	:	Area Under Curve (Surface incluse sous la courbe)
CSV	:	Séparateur, point-virgule
SDM	:	Modélisation de la distribution des espèces
UICN	:	Union Internationale pour la Conservation de la Nature

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau I : 19 variables bioclimatiques de Worldclim	13
Tableau II : Validité du test de MaxEnt suivant les valeurs de l'AUC	17
Tableau III : Diversité floristique des Rubiaceae dans les différents herbariums de Côte d'Ivoire	18
Tableau IV : Diversité des espèces endémiques par herbarium	20
Tableau V : Diversité des espèces menacées par herbarium.....	21

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Situation géographique et territoires phytogéographiques de la Côte d'Ivoire	3
Figure 2 : Carte des zones climatiques de la Côte d'Ivoire.....	5
Figure 3 : Cladogramme des principaux ordres d'angiospermes selon «Angiosperm Phylogeny Group ».....	7
Figure 4 : Répartition géographique des espèces de la famille des Rubiaceae	8
Figure 5 : Photos illustrant la description de quelques espèces de Rubiaceae https://www.gettyimages.fr/photos/rubiaceae#	10
Figure 6 : Spectre de répartition des types biologiques	19
Figure 7 : Spectre de répartition des affinités Chorologiques	19
Figure 8 : Taille des mailles en fonction du pourcentage des mailles vides	22
Figure 9 : Représentation de mailles de 07° x 07° numérotées de 0 à 77 sur toute l'étendue de la Côte d'Ivoire.....	22
Figure 10 : Répartition spatiale des échantillons de Rubiaceae par maille	23
Figure 11 : Répartition spatiale des espèces de Rubiaceae par maille	24
Figure 12 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Sericanthe toupetou</i> en Côte d'Ivoire	25
Figure 13 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Psychotria abouabouensis</i> en Côte d'Ivoire	26
Figure 14 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Monosalpinx guillaumetii</i> en Côte d'Ivoire	27
Figure 15 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Geophila flaviflora</i> en Côte d'Ivoire	28
Figure 16 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Cephaëlis castaneopilosa</i> en Côte d'Ivoire	29
Figure 17 : Distribution potentielle actuelle et future de <i>Tarenna hutchinsonii</i> en Côte d'Ivoire	29

INTRODUCTION

Introduction

Les forêts tropicales caractérisées par une richesse biologique très importante avec des structures et des compositions floristiques variées, au point qu'un nombre important d'entre elles fait partie des « hotspots » de la biodiversité mondiale et constitue une priorité en matière de conservation de la nature (Myers *et al.*, 2000). En Afrique, cette flore se développe dans divers écosystèmes, ce qui induit une flore et une végétation très diversifiée (Gnagbo, 2015). Avec les menaces qui pèsent sur la biodiversité, certaines de ces espèces deviennent de plus en plus rares au niveau de leurs habitats naturels. Parmi ces espèces figurent celles de la famille des Rubiaceae.

Les Rubiaceae sont une famille riche en espèces dans le monde, avec un nombre d'espèces estimé à 13143 réparties en 611 genres environ (Davis *et al.*, 2009). Elle occupe la quatrième plus grande famille d'angiospermes, par rapport à sa richesse spécifique et représente l'une des plus vastes de la flore forestière tropicale (Ntore, 2008). En Côte d'Ivoire, les Rubiaceae, représentent la première famille la plus importante avec 316 espèces réparties en 86 genres (Aké Assi, 2002). Au plan économique, les Rubiaceae présentent une grande importance socioculturelle, économique et médicinale (Duvigneaud, 1980). C'est le cas du café (*Coffea* L.), qui est de loin la plante économique la plus importante de la famille et le produit de base le plus important au monde après le pétrole (Vega *et al.*, 2003). La plupart des espèces de Rubiaceae sont de petits arbres ou des arbustes. On y trouve également de grands arbres et rarement des formes de vies succulentes ou aquatiques (Robbrecht, 1988 ; Davis & Bridson, 2007). Elles sont utilisées dans plusieurs ouvrages traditionnels, notamment les ponts, les bois de soutènement, dans la construction des maisons et de mortiers, des médicaments (Mwanga Mwanga *et al.*, 2013). Par ailleurs, plusieurs autres espèces de cette famille sont utilisées comme plantes ornementales ou mellifères. Certaines espèces, notamment en Afrique, sont consommées comme légumes à la manière des épinards, ou sont employées en médecine traditionnelle, en particulier pour cicatriser les plaies (Lachenaud, 2013).

Cette famille de plante a une répartition cosmopolite, mais la majorité des espèces se concentre dans les régions tropicales et subtropicales (Davis *et al.*, 2009), notamment dans les forêts tropicales humides où elle constitue souvent la famille des plantes ligneuses les plus abondantes. Dans les régions tempérées, cette famille est moins fréquente et moins diversifiée (Davis & Bridson, 2007).

En dépit de son abondance, la diversité des Rubiaceae est contrôlée par un endémisme élevé, aggravé par la sensibilité écologique (Barbhuiya *et al.*, 2004). En effet, sur les 13143

Introduction

espèces de Rubiaceae, 8456 sont endémiques, soit 64 % au niveau mondiale. Cet endémisme augmente la vulnérabilité à l'extinction, en particulier pour les genres monotypiques. La susceptibilité des Rubiaceae est encore présence de 72 % des genres avec moins de 10 espèces et 211 genres monotypiques (Davis *et al.*, 2009). Ainsi, la distribution restreinte de certaines Rubiaceae dans les forêts secondaires souligne la sensibilité écologique de la famille et le risque incommensurable d'extinction. Les espèces de Rubiaceae sont sensibles aux perturbations et se trouvent rarement dans les forêts secondaires, précisément des régions tropicales (Davis *et al.*, 2006 ; Sohmer & Davis, 2007). Ce comportement de la famille limite leur diversification dans les lieux perturbés et sert d'indicateur de la qualité des habitats naturels mais aussi ceux en reconstitution. Malheureusement, la couverture forestière de la Côte d'Ivoire qui était de 16 millions d'hectares est passée de 2, 802 millions d'hectares entre 1900 à 2007 (Koné *et al.*, 2014), suite aux défrichements, l'exploitation forestière et les feux de brousse. Cette importante disparition du couvert forestier ivoirien a provoqué la perte et la raréfaction de plusieurs espèces végétales dont celles de la famille des Rubiaceae. En effet, face à ces phénomènes comme la déforestation et le changement climatique, l'état actuel des Rubiaceae et leur répartition écologique en Côte d'Ivoire est d'une importance capitale.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer la diversité et la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'agira de :

- déterminer la diversité floristique des Rubiaceae de Côte d'Ivoire
- analyser la distribution des spécimens des Rubiaceae en Côte d'Ivoire
- modéliser la distribution spatiale des spécimens des Rubiaceae en Côte d'Ivoire

Outre l'introduction et la conclusion, le présent mémoire s'articulera autour de trois (3) parties. La première partie est consacrée aux généralités, la seconde partie présente le matériel et les méthodes utilisées et la troisième partie du document présente les résultats suivis de leur discussion.

Première partie :

Généralité

I.1. Généralités sur la zone d'étude

I.1.1 Situation géographique

La présente étude porte sur toute l'étendue de la Côte d'Ivoire. La Côte d'Ivoire, un pays de l'Afrique de l'Ouest, membre de la CEDEAO est située dans l'hémisphère nord, entre les coordonnées 4°30' à 10°30' de latitude Nord et 2°30' à 8°30' de longitude Ouest (Figure 1). D'une superficie de 322 462 Km², elle est limitée au Nord par le Mali et le Burkina Faso, à l'Ouest par le Liberia et la Guinée, à l'Est par le Ghana et au Sud par l'océan Atlantique (Anikpo *et al.*, 2010).

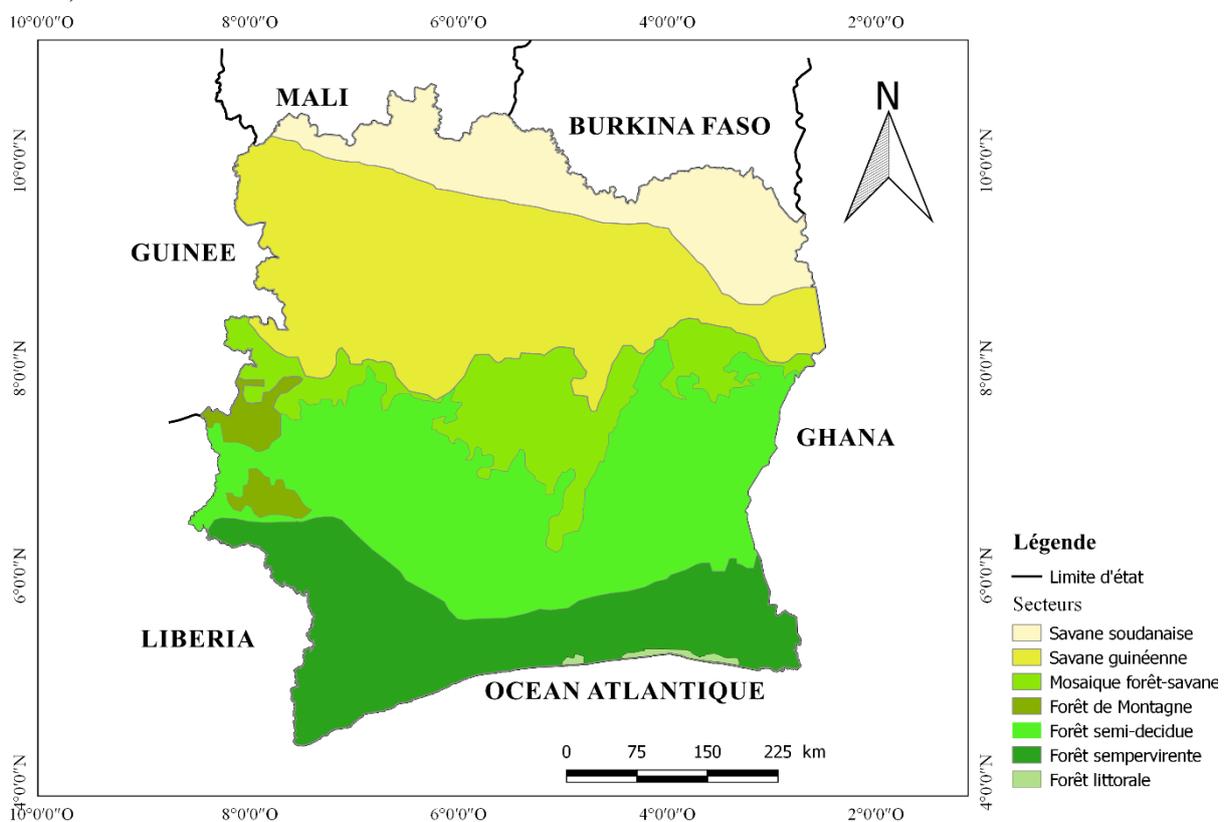


Figure 1 : Situation géographique et territoires phytogéographiques de la Côte d'Ivoire

I.1.1.1. Relief

Le relief en Côte d'Ivoire est relativement peu accidenté. Dans la partie Nord du pays, le relief se compose essentiellement de plateaux d'où émergent quelques collines. Les régions Centre et Est sont essentiellement constituées de plaines. Quant au Sud, il est composé de bas-plateaux et des plaines tout le long du littoral. La région Ouest est la seule qui présente un relief montagneux.

Elle présente quelques sommets de plus de 1 000 m de hauteur tels que le Mont Tonkpi (1 200 m) et le Mont Nimba (1 752 m) (Taufiq, 2019).

I.1.1.2. Climat

La Côte d'Ivoire se situe dans la zone de transition entre le climat équatorial humide et le climat tropical sec (Figure 2). Ainsi, le pays peut être divisé en deux zones principales : le Sud et le Nord. La température en général varie entre ces deux zones, mais également le long de l'année en fonction des saisons (Goula *et al.*, 2007).

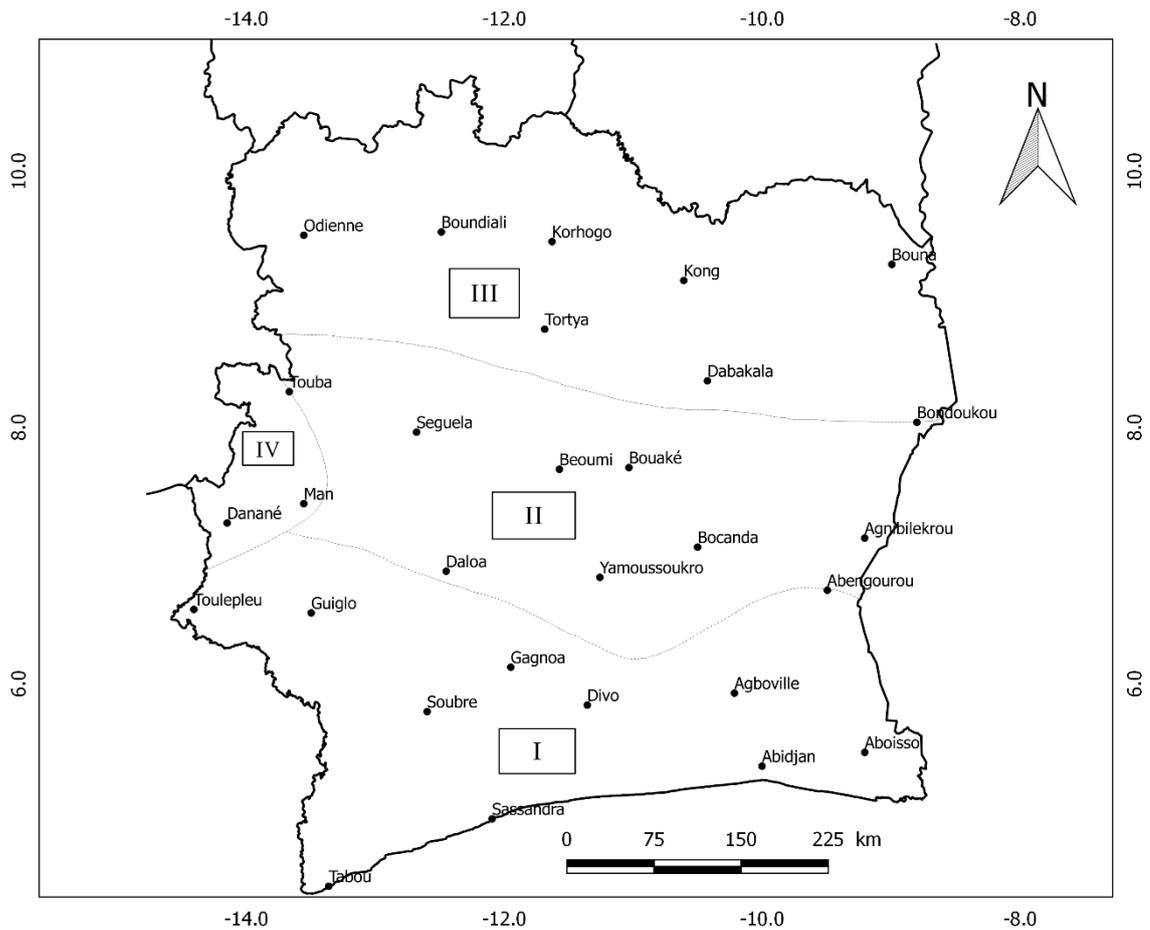
Dans le Sud, c'est-à-dire en dessous d'une ligne horizontale passant par Yamoussoukro, le climat est équatorial, donc très humide. La température est relativement constante, entre 29 et 32°C. On distingue quatre saisons principales :

- avril à mi-juillet : grande saison des pluies, avec de fréquentes précipitations et de nombreux orages ;
- mi-juillet à septembre : petite saison sèche, le ciel pouvant rester couvert ;
- septembre à novembre : petite saison des pluies, avec quelques petites précipitations ;
- décembre à mars : grande saison sèche, marquée par les alizés du nord (harmattan).

Dans la partie Nord, le climat est tropical et plus sec, et les saisons sont moins marquées. La température évolue généralement entre 28°C et 37°C. On distingue deux saisons principales :

- juin à septembre : grande saison des pluies ;
- octobre à mai : grande saison sèche.

Première partie : Généralités



Légende

- Villes
- Limites des zones climatiques

I Regime équatorial de transition
(climat attiéen)

III Regime tropical de transition
(climat soudanais)

II Regime équatorial de transition
atténué (climat baouléen)

IV Regime de montagne

Figure 2 : Carte des zones climatiques de la Côte d'Ivoire

I.1.1.3. Hydrographie

La Côte d'Ivoire est constituée de quatre principaux bassins que sont : la Comoé, le Sassandra, le Cavally et le Bandama prenant leur source respectivement au Burkina Faso, en Guinée, et à Boundiali (Brou, 2005). Par ailleurs, le Tabou, le San Pédro, le Niouniourou, le

Boubo, l'Agnéby, la Mé et la Bia, représentent les petits fleuves côtiers. Le Baoulé et la Gbanhala sont les affluents respectifs des fleuves Niger et Volta.

Ces bassins se jettent dans les lagunes côtières ou directement en mer. Le Cavally prend sa source en Guinée au Nord du Mont Nimba, à environ 600 m d'altitude, sous le nom de Djougou et est un fleuve constituant la frontière Ouest entre la Côte d'Ivoire et le Libéria jusqu'à l'Océan Atlantique et à Tabou. Son bassin versant couvre une superficie de 28800 km², dont environ 15000 km² en Côte d'Ivoire. Le Sassandra reçoit deux affluents importants sur sa rive droite : le Bafing et le N'Zo. Il prend également sa source en Guinée dans la région de Beyla, sous le nom de Féroudogou à une altitude de 650 km et rejoint l'Océan Atlantique. Son bassin versant couvre une superficie voisinant 75000 km², dont 62000 km² en Côte d'Ivoire. Le Bandama, le seul fleuve qui a son bassin versant situé entièrement en Côte d'Ivoire. Il est formé du Bandama-blanc et du Bandama-rouge appelé également Marahoué. Ils prennent tous les deux leur source dans la région de Boundiali. Sa longueur est de 1050 km et son bassin versant total est d'environ 97000 km², dont 24300 km² pour la Marahoué et 35000 km² pour le N'zi. La Comoé prend sa source dans les plateaux gréseux du Burkina Faso, dans la région de Banfora. Avec un cours de 1160 km, la Comoé est le plus long fleuve de la Côte d'Ivoire. Son bassin versant couvre une superficie d'environ 78000 km². Ce fleuve n'a aucun affluent important même si, en rive gauche, on peut citer le Diore, le Ba, le Béki et le Manzan et, en rive droite, le Kossa (Savané & Konaré, 2010).

I.1.1.4. Végétation

La végétation de la Côte d'Ivoire est subdivisée en Domaines et Secteurs basés surtout sur les formations végétales dominantes dans le paysage. On distingue deux domaines que sont les domaines guinéens et soudanais. Le domaine guinéen comprend, du Sud vers le Nord : le secteur littoral ; le secteur ombrophile ; le secteur mésophile ; le secteur montagnard. Quant au domaine soudanais, il comprend du Sud vers le Nord : le secteur Sub-soudanais et le secteur soudanais. Le domaine guinéen est dominé par la forêt dense humide constituée de 2 types principaux de forêt dense humide : la forêt dense humide sempervirente ou ombrophile et la forêt dense humide semi-décidue ou mésophile. Il est caractérisé par la présence de *Cephaëlis abouabouensis*, *Cephaëlis schnellii*, *Geophila flaviflora*, *Mitragyna ciliata*, *Nauclea diderrichii*, *Nauclea gillettii* et *Monosalpinx guillaumetii*, etc.

Quant au domaine soudanais, il est constitué des forêts claires et de savanes caractérisé par *Spermacoce pusilla*, *Rytigynia senegalensis* et *Thecorchus wauensis*. Aujourd'hui, les

derniers vestiges de la végétation naturelle ivoirienne sont représentés par les cent quatre-vingt-huit forêts classées, les huit parcs nationaux et les six réserves naturelles (Sangne *et al.*, 2015).

I.2. Généralités sur les Rubiaceae

I.2.1. Cladogramme des Rubiaceae

Selon Angiosperm Phylogeny Group (APG II, 2003), les Rubiaceae sont des Angiospermes de la classe des Eudicotylédones, de la sous-classe des Asteridae et de l'ordre des Gentianales. La Figure 3 montre la position de l'ordre des Gentianales par rapport aux autres ordres au sein des Angiospermes.

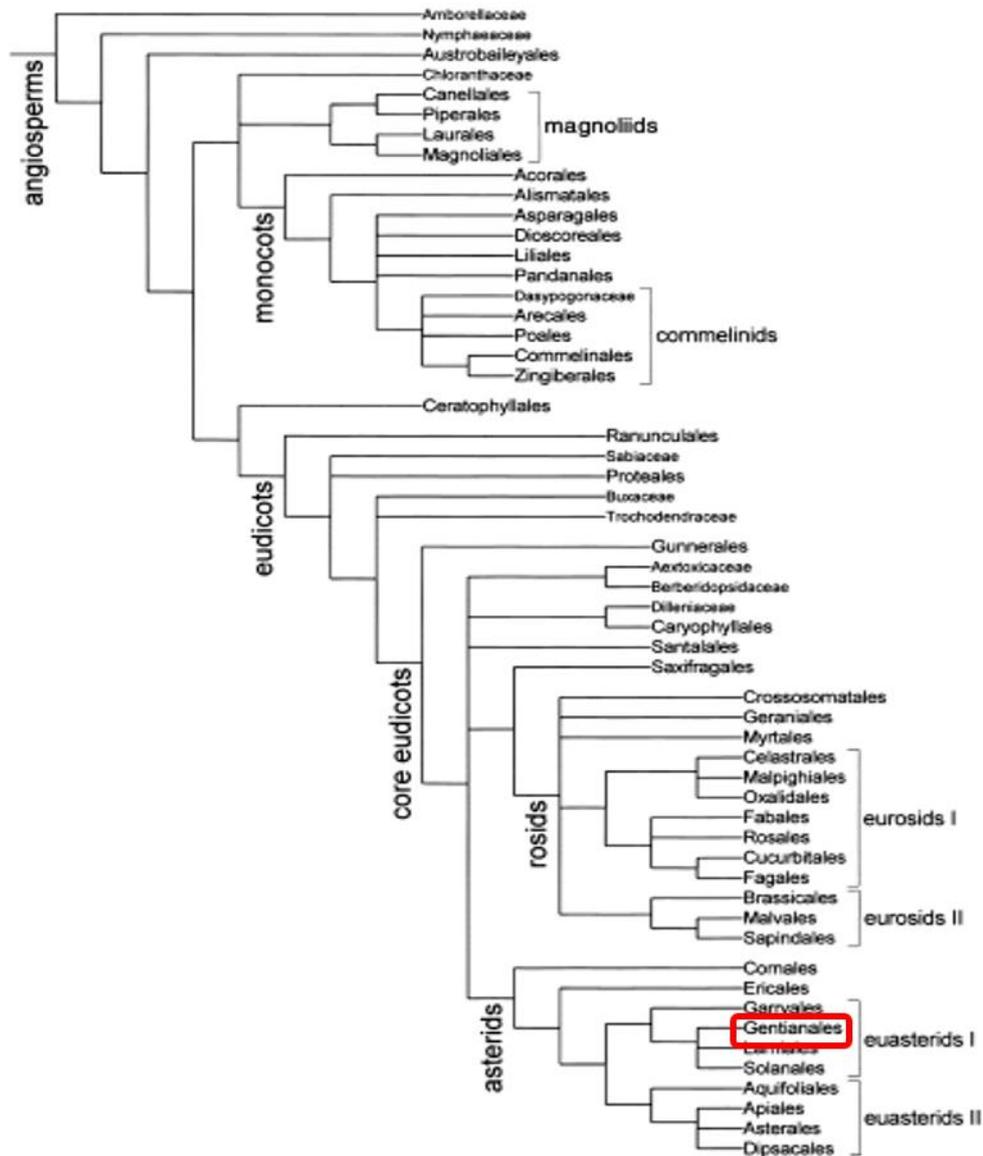


Figure 3 : Cladogramme des principaux ordres d'angiospermes selon «Angiosperm Phylogeny Group ».

I.2.2. Répartition des Rubiaceae

Les Rubiaceae sont présentes dans toutes les régions du monde et sont plus concentrées dans les régions tropicales et subtropicales, avec quelques espèces présentes dans les régions tempérées et même de l'Arctique (Figure 4).

À l'échelle du globe, il y a peu de familles de Magnolopsides qui soient à la fois aussi importantes et aussi diversement réparties que les Rubiaceae. Cependant, les Rubiaceae absentes des stations typiquement aquatiques et des stations de haute montagne. La forêt dense humide compte la majorité des espèces, et les types biologiques y sont les plus variés.

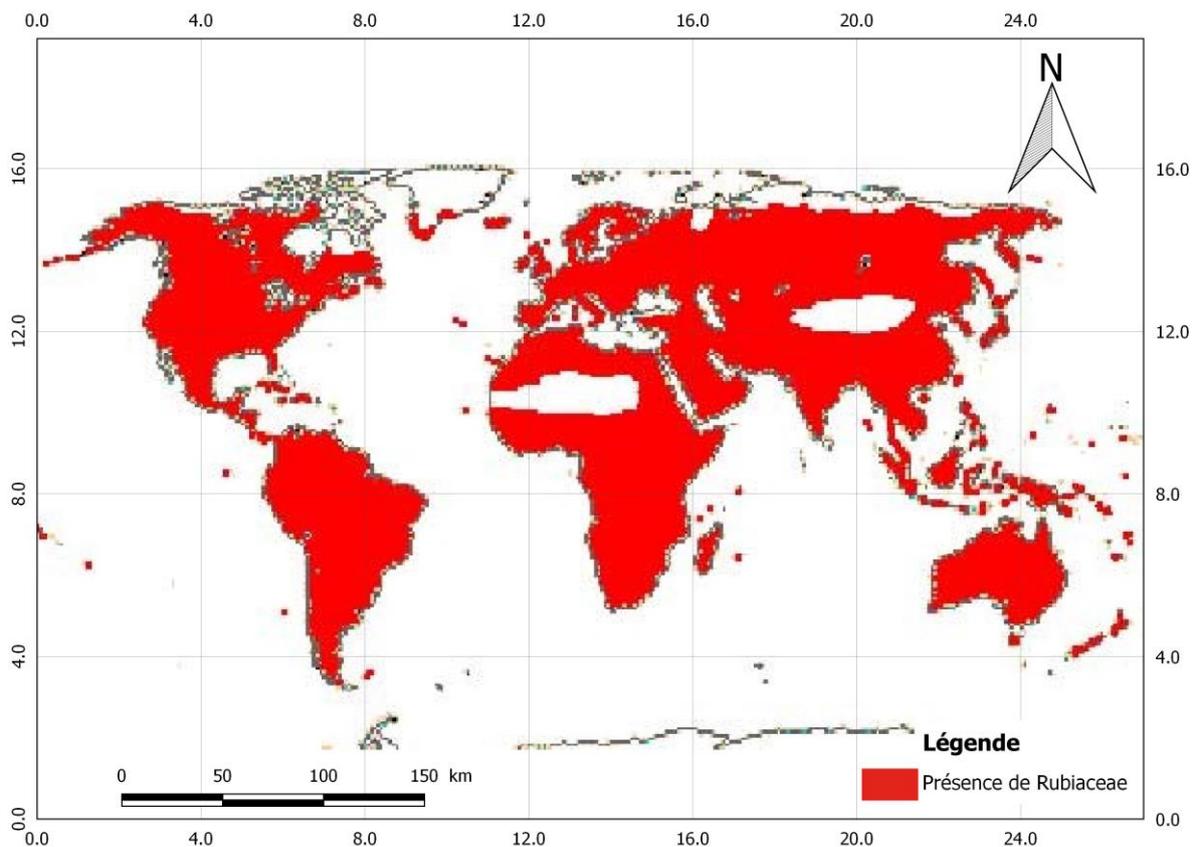


Figure 4 : Répartition géographique des espèces de la famille des Rubiaceae

I.2.3. Description générale des Rubiaceae

Les Rubiaceae sont l'une des plus grandes familles de plantes à fleur qui compte environ 13143 espèces regroupées en 611 genres environ (Davis *et al.*, 2009). En Europe, elles sont presque toutes herbacées et on y dénombre que 6 genres. Mais ce sont des exceptions donnant une fausse idée de la famille, qui est surtout tropicale avec une majorité de végétaux ligneux. Des modes divers de pollinisation, des mécanismes particuliers de protandrie, des téguments

séminaux complexes chez les espèces les plus évoluées l'Antarctique à petites graines, des entomodomaties, des modèles architecturaux nombreux donnent à cette famille un extrême intérêt biologique. Les caractères botaniques des espèces de la famille des Rubiaceae se présentent comme suit :

Les espèces de la famille des Rubiaceae sont principalement des arbustes, des arbres, des lianes ligneuses ou herbacées. On peut citer entre autres les genres (G.) tels que le G. *Coffea*, le G. *Tricalysia*, le G. *Psychotria*, etc. Certains sont épiphytes tels que le G. *Hillia*, le G. *Hydnophytum* et le G. *Myrmecodia*.

Le port est généralement polycaulé. Certains genres possèdent des rameaux épineux ; les épines provenant de ramilles ou de pédoncules modifiés, d'autres possèdent des tiges ailées comme le G. *Hedyotis* et le G. *Rubia* ou applaties (G. *Wendlandia*).

La myrmécophilie y est bien représentée. De gros renflements contenant un réseau de cavités se développent sur les racines et sont habités par les fourmis. Même si la plante et les insectes ont développés une symbiose profitant à chacun : la fourmi protégeant la plante, et recevant le gîte en retour. Il n'a pas été prouvé qu'ils étaient dépendants l'un de l'autre. Les feuilles sont opposées-décussées ou distiques, parfois verticillées par 3-5, simples et entières ou plus rarement lobées tels que le G. *Hymenodictyon*, le G. *Morinda*), parfois anisophylles, pétiolées ou sessiles, à nervures pennées, plus rarement réticulée (Figure 5). Les pétioles peuvent être articulés à la base chez le G. *Ixora* (Anonyme1, 2021).

Les stipules sont un caractère important de la famille. Persistants ou caducs, interpétiolaires ou intraxillaires, ils sont insérés sur le rameau, séparément ou jumelées, effilées ou foliacées, parfois soudées et tubuleuses. Les stipules peuvent se réunir en une seule pièce qui peut ensuite se subdiviser. Leur forme est généralement lobée, mais elles peuvent aussi être laciniées, tronquées ou caudées. Chez les G. *Galium*, on assiste au même phénomène, mais les feuilles, reconnaissables à ce qu'elles axillent généralement un bourgeon, sont très simplifiées, sessiles et sans pétiole. Conjointement les stipules sont devenues foliacées, tout à fait semblables aux vraies feuilles, et l'ensemble constitue autour de la tige un pseudo-verticille. Secondairement, la disposition opposée des feuilles entraîne chez les G. *Galium* et plantes affines, comme pour les Lamiaceae, une tige carrée, mais là encore, cette disposition ne peut se manifester que chez les espèces herbacées : si les formations secondaires fonctionnent, on a une section circulaire (Anonyme1, 2021).

Enfin, certaines espèces présentent, à la naissance des nervures secondaires et à la face inférieure du limbe, des cavités ou scrobicules à l'intérieur desquelles vivent de petits acariens.

Les fleurs de Rubiaceae sont généralement tétra ou pentamères, hermaphrodites et actinomorphes (Figueiredo, 2008 ; Ntore, 2008), avec un calice gamosépale, souvent réduit ou parfois accrescent et à corolle sympétale. Leurs étamines ont des filets insérés généralement sur la corolle. Elles présentent un gynécée à carpelles généralement 2 (-5) soudés, et à ovaire infère ; ovule 1 à nombreux par loge. Les fruits sont des capsules, baies, drupes ou des gousses (Mwanga Mwanga *et al.*, 2013).



Figure 5 : Photos illustrant la description de quelques espèces de Rubiaceae
<https://www.gettyimages.fr/photos/rubiaceae#>

A : *Psychotria nervosa* Sw., feuilles ; B : *Psychotria horizontalis* Sw., stipule ; C : *Chassalia elongata* Hutch. & Dalziel, fleurs ; D : *Gardenia ternifolia* Schumach. & Thonn., fruits.

I.2.4. Importance et utilisation des Rubiaceae

La famille des Rubiaceae fait partie des familles les plus importantes de la flore tropicale tant sur le plan floristique par l'abondance et la variété de ces espèces que sur le plan économique, alimentaire, médical, ornemental et socioculturelle (Duvigneaud, 1980).

Certaines espèces du genre (*G.*) tels que le *G. Coffea* L. et le *G. Cinchona* fournissent le café et de la quinine, utilisée comme traitement contre le paludisme. Les espèces du genre *Psychotria* L. sont utilisées pour leurs propriétés vomitives. De plus les espèces du genre *Gardenia*, sont appréciées en ornement, c'est le cas pour l'espèce *Crucianella stylosa*. et *Galium mollugo* L.

Les espèces de la famille des Rubiaceae sont également utilisées dans l'alimentation humaine et en pharmacopée. L'espèce *Fadogia agrestis* Schweinf. ex Hiem passe pour un bon anti dysentérique. Il sert aussi dans le traitement de la blennorrhagie, des maux de reins, des dents et du rachitisme des enfants. Les espèces du genre *Gardenia* ont un caractère magique qui sont très généralement utilisés pour préserver des sorts, des empoisonnements et soigner les maladies réputées d'origine diabolique. Les espèces *Geophila obvallata* et *Geophila repens* sont employés pour soigner les douleurs gastro-intestinales et intercostales, les céphalées, les maux de dents, les otites, la tachycardie et la stérilité des femmes. *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, *Mitragyna ciliata* Aubrév. & Pellegr. ou *Mitragyna stipulosa* (DC.) Kuntze sont utilisés par les guérisseurs. Elles sont aussi recommandées dans le traitement de l'aménorrhée et pour faciliter les accouchements. Les écorces de *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze sont aussi utilisées comme anti lépreux diurétique et analgésique ; celles de *Mitragyna stipulosa* (DC.) Kuntze sont utilisées pour soigner le pian, les maux de ventre, les convulsions des enfants et les troubles de la vue (Bouquet & Debray, 1974).

Deuxième partie :

Matériel et méthodes

II.1. Matériel

Pour la réalisation de cette étude, du matériel biologique et technique a été nécessaire.

II.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est composé des échantillons d'herbier des espèces de la famille des Rubiaceae récolté dans les années 1905 à 2020 dans les herbariums de Centre National de Floristique (CNF), du Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS), de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) et de l'Institut Botanique Aké-Assi d'Andokoi (IBAAN).

II.1.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour la collecte des données relative aux espèces de la famille des Rubiaceae est divers. Ce matériel est composé d'une part, des bases de données floristiques des herbariums du CNF, du CSRS, de l'UJLoG et de l'IBAAN. Le matériel comprenait également, la base de données du Worldclim version 1.4 via le site www.worldbioclim.org avec une résolution de 2,5 arc-minute au sol et de données de CCAFS (www.ccafs-climate.org). Ces données concernent 19 variables bioclimatiques. Ensuite, le matériel ayant servie à la modélisation et à la réalisation des cartes de distribution sont les logiciels MaxEnt, DIVA-GIS et QGIS. Nous avons eu recours au logiciel en ligne Geolocate (<http://www.museum.tulane.edu/geolocate/>) pour générer les coordonnées géographiques des échantillons récoltés dans les lieux bien précis telles que les villages, les villes ou encore les zones protégées dans le but de faire la distribution.

II.2. Méthodes d'études

II.2.1. Collecte de données

Les données utilisées proviennent des bases de données des herbariums du CNF, d'IBAAN, du CSRS et de l'UJLoG. Ces différentes bases de données ont été par la suite fusionnées pour obtenir une base unique. De cette base, nous avons extrait toutes les données concernant les espèces de la famille des Rubiaceae. Ces données portaient sur le nom scientifique complet de l'espèce, le lieu et la date de récolte, le nom du récolteur et les coordonnées géographiques.

Dans le cas de notre étude, les variables environnementales qui influencent la distribution des espèces, au nombre de 19 (dix-neuf) ont été utilisées et obtenues à partir des données brutes de Worldclim (Fick & Hijmans, 2017) avec une résolution de 2.5 minutes (Tableau I). Il s'agit des projections environnementales actuelles (Fick & Hijmans, 2017 ;

<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>) téléchargées sur le site de Worldclim et des variables environnementales du futur téléchargées sur le site d'Africlim (https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim/GeoTIFF_150s/); (Platts *et al.*, 2014). Ces variables ont permis de prédire la distribution des espèces ainsi que leur niche écologique dans le futur.

Tableau I : 19 variables bioclimatiques de Worldclim

Variables	Description
Bio1	Température moyenne annuelle
Bio2	Variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle)
Bio3	Ratio de l'amplitude thermique journalière sur l'amplitude thermique annuelle
Bio4	Saisonnalité de la température (écart-type *100)
Bio5	Température maximale du mois le plus chaud
Bio6	Température minimale du mois le plus froid
Bio7	Variation annuelle de température
Bio8	Température moyenne du trimestre le plus humide
Bio9	Température moyenne du trimestre le plus sec
Bio10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
Bio11	Température moyenne du trimestre le plus froid
Bio12	Précipitation annuelle
Bio13	Précipitation du mois le plus humide
Bio14	Précipitation du mois le plus sec
Bio15	Saisonnalité de la précipitation
Bio16	Précipitation du trimestre le plus humide
Bio17	Précipitation du trimestre le plus sec
Bio18	Précipitation du trimestre le plus chaud
Bio19	Précipitation du trimestre le plus froid

II.2.2. Analyse des données

II.2.2.1. Analyse de la diversité des Rubiaceae

II.2.2.1.1. Richesse spécifique

La richesse spécifique est définie comme le nombre d'espèces présentes dans un milieu. Sa mesure consiste à faire le décompte de toutes les espèces recensées dans chaque biotope sans tenir compte de leur fréquence, ni de l'abondance, ni même de la taille et de la productivité des taxons rencontrés (Kouamé, 1998). Dans cette étude, l'étude de la richesse floristique des Rubiaceae a permis de recenser le nombre d'échantillons de genres et d'espèces pour l'ensemble des Herbariums et pour chaque zone phytogéographique. Les noms des espèces, genres et familles ont été corrigés selon APG IV (IV, 2016).

II.2.2.1.2. Composition floristique

L'analyse de la composition floristique a consisté à relever pour chaque espèce, le type biologique, l'affinité chorologique et le statut de conservation.

A cet effet, les espèces de notre base de données ont été regroupées en type chorologique et en type biologique afin d'avoir le pourcentage de chaque type chorologique et biologique.

Par la suite, nous avons également répertorié sur la liste rouge de l'UICN (2020) et la liste proposée par Aké Assi (1998) concernant des plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction. Au niveau des espèces endémiques, la liste de Poorter *et al.* (2004) a été utilisée pour les espèces de la région de la Haute Guinée (HG) et la liste de Aké-Assi (2001, 2002) a été utilisée pour identifier les espèces Ouest africaines (GCW) et les espèces endémiques à la Côte d'Ivoire (GC).

II.2.2.2. Analyse de la répartition des Rubiaceae

Pour cette étude, un système de maillage a été utilisé avec une démarche analytique par l'utilisation des mailles de différentes tailles : 0,25 ° - 0,40 ° - 0,50 ° - 0,60 ° - 0,7° - 0,75° - 0,8 ° - 1° avec le logiciel DIVA-GIS comme utilisé par plusieurs auteurs tels que Koffi (2008) et Tuo *et al.* (2017). Ces analyses ont pour but de choisir la taille qui permet d'avoir au moins 10 % de mailles vides afin d'éviter la perte énorme d'informations.

Dans la suite du travail, la maille de taille 0.7° a été utilisé pour réaliser les différentes cartes à l'aide du logiciel QGIS.

En effet, nos données ont été converties en format CSV (séparateur, point-virgule). Ces données converties en format CSV sont importées dans DIVA-GIS en respectant la taille de maille choisit et enregistré en format shaphefile pour pouvoir réaliser la carte de distribution sur QGIS.

II.2.2.3. Modélisation de l'aire de distribution des Rubiaceae

II.2.2.3.1. Choix des espèces à modéliser

Pour cette étude, six espèces ont servi de modèle. Elles ont été choisies en tenant compte de leur statut particulier. C'est à dire les espèces rares, espèces endémiques à la Côte d'Ivoire (GCi) et les espèces inscrites sur la liste rouge d'UICN (2020). Ces espèces sont *Sericanthe toupetou* (Aubrév. & Pellegr.) Robbr., *Cephaëlis castaneopilosa* Aké Assi, *Geophila flaviflora* Aké Assi, *Psychotria abouabouensis* Schnell Verdc., *Monosalpinx guillaumetii* N. Hallé et *Tarenna hutchinsonii* Bremek.

II.2.2.3.2. Approche de modélisation et outils préconisés

La modélisation de la distribution des espèces (SDM) représente une démarche de prédiction en écologie de la conservation (Guisan & Zimmermann, 2000 ; Elith *et al.*, 2006 ; Phillips *et al.*, 2006 ; Austin, 2007 ; Franklin & Miller, 2010 ; Guisan *et al.*, 2017). Elle consiste à construire une fonction de paramètres environnementaux qui permet d'observer les types de relations qui lient une espèce avec des conditions environnementales biotiques et abiotiques et de prédire par la suite la probabilité de présence de l'espèce étudiée.

Aujourd'hui, ce type de modélisation est de plus en plus utilisé pour répondre à des problématiques majeures que sont la description et la prédiction de l'aire de distribution potentielle d'une espèce, et l'identification des facteurs déterminant sa distribution (Kumar & Stohlgren, 2009 ; Moukrim *et al.*, 2019).

Plusieurs méthodes sont utilisées à savoir les modèles mécanistiques basés sur les caractéristiques physiologiques et écologiques de l'espèce (Marteau, 2013) et les modèles corrélatifs basés sur l'établissement de relations statistiques entre les distributions observées d'une espèce concernée et les variables environnementales qui gouvernent la distribution de celle-ci. Dans notre étude, le modèle utilisé pour la modélisation est le modèle corrélatif. Il s'agit de l'algorithme du Maximum d'Entropie (MaxEnt) comme utilisé par Asseh *et al.* (2019) et Doffou *et al.* (2021).

II.2.2.3.3. Principe de la méthode MaxEnt

Le modèle MaxEnt (maximum d'entropie) est un programme de modélisation de la distribution d'espèces qui permet d'approcher la distribution potentielle d'une espèce donnée (Phillips *et al.*, 2006). C'est un outil pratique pour identifier les zones dans lesquelles l'on a des chances de rencontrer une espèce.

Cet algorithme constitue l'une des méthodes pertinentes pour ce genre de modélisation (dite empirique ou corrélative) (Elith *et al.*, 2006), permettant de générer des modèles de distribution d'espèces fiables (Baldwin, 2009). Il est spécifiquement développé pour une utilisation avec des données de présence seulement et ne nécessite que peu de points de présence de l'espèce pour construire des modèles performants (Hernandez *et al.*, 2006 ; Phillips *et al.*, 2006 ; Wisz *et al.*, 2008 ; Feeley & Silman, 2011).

Aussi, il est relativement insensible aux différents biais spatiaux, essentiellement liés aux méthodologies d'identification des points de présence (Elith *et al.*, 2006). MaxEnt établit un rapport entre la niche de l'espèce et les jeux de données climatiques dans le but de déterminer la probabilité de réponse d'apparition des espèces aux gradients environnementaux (Tosso, 2013).

Ce modèle a l'avantage d'éviter l'erreur qui résulte de fausse absence, c'est-à-dire une présence non observée. Le fait qu'il soit indépendant de la quantité et de la qualité (source, méthode de collecte) de données (Preston *et al.*, 2006), lui donne un grand avantage, surtout qu'il y a souvent un manque de données disponibles pour modéliser la distribution de certaines espèces.

II.2.2.3.4. Mise en œuvre et évaluation de la qualité du modèle du maximum d'entropie

La modélisation de la niche écologique établit une relation statistique entre la présence d'une espèce et les valeurs des variables environnementales qui caractérisent les zones géographiques abritant des populations établies pour ensuite se servir de cette relation afin de « projeter » l'établissement potentiel de l'espèce dans d'autres zones géographiques ou dans des conditions futures (Ayihouenou *et al.*, 2016).

La modélisation de la niche écologique s'est faite en se basant sur les espèces rares et endémiques à la Côte d'Ivoire. Cette méthode a consisté à introduire dans l'algorithme de traitement de MaxEnt les coordonnées géographiques de présence de chaque espèce enregistrée dans un fichier au format CSV « Comma Separated Values » contenant trois colonnes correspondant aux catégories suivantes : Espèce, Longitude et Latitude.

Ces données ont été introduites dans l'algorithme de traitement de MaxEnt. Par la suite, les variables bioclimatiques actuelles et futures (horizon 2050) ont été intégrées dans le même algorithme. Les délimitations géographiques de la Côte d'Ivoire ont été ajoutées pour affiner la lecture du modèle.

La performance du modèle a été évaluée en utilisant la valeur statistique AUC (Area Under Curve) et le test de Jackknife. L'AUC permet d'établir une corrélation entre les données produites par MaxEnt et la vérité sur le terrain. Une forte valeur de l'AUC montre que les résultats présentés par le modèle sont fidèles à la distribution réelle de l'espèce dans les différents biotopes indiqués. Une faible valeur par contre, montre que les résultats du modèle ne reflètent pas la distribution réelle de l'espèce dans les différents biotopes. Araújo *et al.* (2005) proposent une interprétation suivante des valeurs de l'AUC générées pour un modèle (Tableau II). S'agissant du test de Jackknife, il consiste en une évaluation de l'apport de chaque variable environnementale au modèle (Phillips *et al.*, 2006). Pour chaque variable, il est possible d'obtenir un calcul de la contribution au modèle lorsque celle-ci est utilisée isolément et les variables restantes sont exclues de l'analyse. La contribution au modèle est aussi calculée si la variable est exclue de l'analyse contrairement aux autres variables. Ce test permet donc d'obtenir une vision claire de l'apport de chaque variable au modèle.

Tableau II : Validité du test de MaxEnt suivant les valeurs de l'AUC

Valeurs	Interprétations
0,90 < AUC < 1,00	Excellente
0,80 < AUC < 0,90	Bonne
0,70 < AUC < 0,80	Acceptable
0,60 < AUC < 0,70	Mauvaise
0,50 < AUC < 0,60	Invalide

AUC : Area Under Curve (Surface incluse sous la courbe)

II.2.2.3.5. Cartographie des espèces modélisées

Le logiciel QGIS pour cartographier la distribution géographique actuelle des habitats favorables de l'espèce et celles du futur a été utilisé. Ainsi, les résultats de modélisation produits de l'algorithmes MaxEnt ont été importés dans le logiciel de cartographie QGIS pour faire ressortir les cartes représentatives des habitats favorables à l'espèce aussi bien pour les conditions climatiques actuelles que pour celles du futur (Horizon 2050).

Troisième partie :
Résultats et discussion

III.1. Résultats

III.1.1. Diversité floristique des Rubiaceae

La fusion des bases de données a permis de dénombrer 2857 individus de Rubiaceae de Côte d'Ivoire.

Ces individus sont représentés en 353 espèces végétales et 95 genres sur l'ensemble du territoire national. L'herbarium du CNF compte le plus grand nombre d'individu avec 1039 individus repartis en 264 espèces et 74 genres. L'herbarium de UJLoG est celui qui compte le moins d'individus avec 94 individus repartis en 38 espèces et 25 genres (Tableau III).

Tableau III : Diversité floristique des Rubiaceae dans les différents herbariums de Côte d'Ivoire

Herbarium	Individus	Espèces	Genres
CNF	1039	264	74
CSRS	862	207	73
IBAAN	862	179	68
UJLoG	94	38	25
Total	2857	353	95

CNF : Centre National de Floristique, IBAAN : Institut Botanique d'Aké-Assi d'Andokoi, CSRS : Centre Suisse de Recherche Scientifique UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé

III.1.2. Composition floristique

III.1.2.1. Type biologique

Dans l'ensemble des listes obtenues les microphanérophytes (mp) représentent 33 % des espèces de notre base de données (Figure 6).

Ils sont suivis des nanophanérophites (np), 26 %, des microphanérophytes lianescentes (Lmp), 20 %, des Chaméphytes (Ch), 8 %, des Thérophytes (Th), 5 % et des mésophanérophites (mP), 2 %. Il faut souligner que 1 % des espèces sont les Mégaphanérophites (MP).

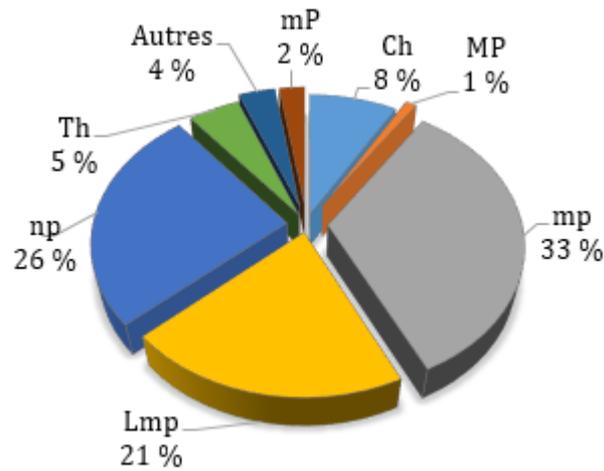


Figure 6 : Spectre de répartition des types biologiques

mp : microphanérophytes; MP : Mégaphanérophytes ; np : nanophanérophytes ; mP : mésophanérophytes; Lmp : microphanérophytes lianescentes ; Ch : Chaméphytes ; Th : Thérophytes.

III.1.2.2. Affinité chorologique

Au niveau de la famille des Rubiaceae, les espèces Guinéo-Congolaise(GC) représentent 49 %, suivi des espèces endémiques de l’Afrique de l’Ouest (GCW) avec 25 % et des espèces Guinéo-Congolaises et Soudano-Zambéziennes (GC-SZ) avec 17 % (Figure 7). Les espèces Soudano-Zambéziennes (SZ) ne représentent que 6 % des espèces des Rubiaceae. Il faut souligner que sur l’ensemble des espèces de Rubiaceae, 2 % d’espèces sont endémiques de la Côte-d’Ivoire (GCi).

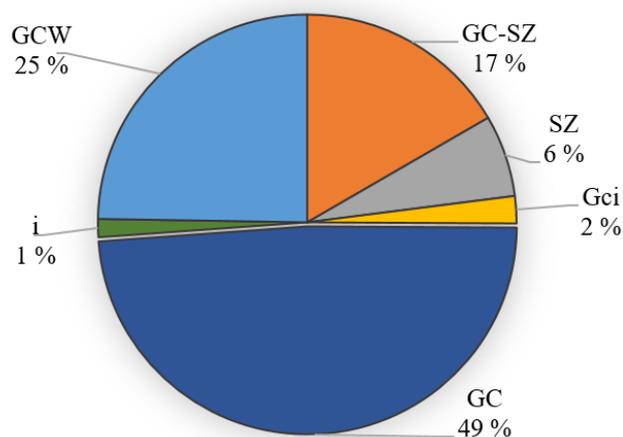


Figure 7 : Spectre de répartition des affinités Chorologiques

GCW : espèces endémiques de l’Afrique de l’Ouest ; **GCi** : espèce endémique de la Côte d’Ivoire ; **GC** : espèces de la zone Guinéo-Congolaise ; **GC-SZ** : espèces des zones Guinéo-Congolaise et soudano-zambéziennes ; **SZ** : espèces de la zone soudano- zambéziennes ; **i** : espèces introduites.

III.1.3. Espèces à Statut particulier

III.1.3.1. Espèces endémiques

Les espèces endémiques à l'Afrique de l'Ouest sont les plus nombreuses. Elles sont représentées par 31 taxons dont *Hutchinsonia barbata* Robyns, *Bertiera chevalieri* Hutch. & Dalziel et *Chassalia corallifera* (A. Chev. ex De Wild.) Hepper. Elles sont suivies des espèces endémiques à la Haute Guinée au nombre de 19 taxons. Il s'agit de *Bertiera fimbriata* (A. Chev. ex Hutch. & Dalziel) Hepper, *Argostemma afzelii* (Hiern) Robbr. et *Sabicea discolor* Stapf. Enfin, on dénombre 6 espèces endémiques à la Côte d'Ivoire dont *Psychotria abouabouensis* Schnell, *Geophila flaviflora* Aké Assi et *Sericanthe toupetou* Aubrév. & Pellegr.

Tableau IV : Diversité des espèces endémiques par herbarium

Statut	CNF	CSRS	IBAAN	UJLoG	Côte d'Ivoire
HG	19	13	7	0	48
GCW	31	25	15	0	71
GCI	4	0	2	0	6

CNF : Centre National de Floristique, CSRS : Centre Suisse de Recherche Scientifique, UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé. IBAAN : Institut Botanique Aké Assi d'Andokoi, H-G : espèce de la Haute-Guinée, GCW : espèce endémique de l'Afrique de l'Ouest, GCI : espèce endémique de la Côte d'Ivoire.

III.1.3.2. Espèces menacées

En ce qui concerne les espèces menacées, la fusion de notre liste floristique avec celle des espèces rares ou devenues rares et espèces disparues de AKÉ- ASSI (1998) a permis de dénombrer 22 espèces dont *Mussaenda isertiana* DC., *Coffea mannii* (Hook. f.) A.P. Davis et *Psychotria albicaulis* Scott-Elliot. Aussi la comparaison de notre liste floristique avec celle de l'UICN (2020) a permis d'identifier 12 espèces communes. Parmi ces espèces, 1 est déclarée en danger critique (CR) à savoir *Tarenna hutchinsonii* Bremek. et 1 en danger (EN), *Sericanthe toupetou* (Aubrév. & Pellegr.) Robbr. On observe aussi 1 espèce en quasi menacée (NT), il s'agit de *Coffea humilis* A. Chev. et 9 espèce qui sont vulnérables dont *Coffea stenophylla* G. Don, *Mitragyna stipulosa* (DC.) Kuntze et *Robynsia glabrata* Hutch.

Tableau V : Diversité des espèces menacées par herbarium

Statut						
particulier	Nombre d'espèces	CNF	IBAAN	CSRS	UJLoG	
AA	22	12	5	4	0	
	CR	1	1	0	0	0
	NT	1	0	1	0	0
UICN	EN	1	1	0	0	0
	VU	9	5	1	4	0
	Total	12	6	1	4	0

CNF : Centre National de Floristique, CSRS : Centre Suisse de Recherche Scientifique, UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé. IBAAN : Institut Botanique Aké-Assi d'Andokoi, AA : espèce à statut particulier selon Aké-Assi, UICN : Union International pour la Conservation de la Nature, CR : en danger critique, EN : en danger, NT : quasi menacée, VU : vulnérable.

III.1.4. Distribution spatiale des Rubiaceae

III.1.4.1. Distribution des Rubiaceae dans les mailles

L'utilisation d'un système de maillage a permis de choisir la maille de taille de $0,7^{\circ} \times 0,7^{\circ}$ dont le but est d'avoir au moins 10 % de mailles vides afin d'éviter la perte énorme d'informations (Figure 8). Ce système de maillage a permis de diviser notre zone d'étude en 77 mailles de $0,7^{\circ} \times 0,7^{\circ}$. Les mailles ont été numérotées de 1 à 77, pour faciliter l'interprétation des cartes de distribution (Figure 9).

Troisième partie : Résultats et discussion

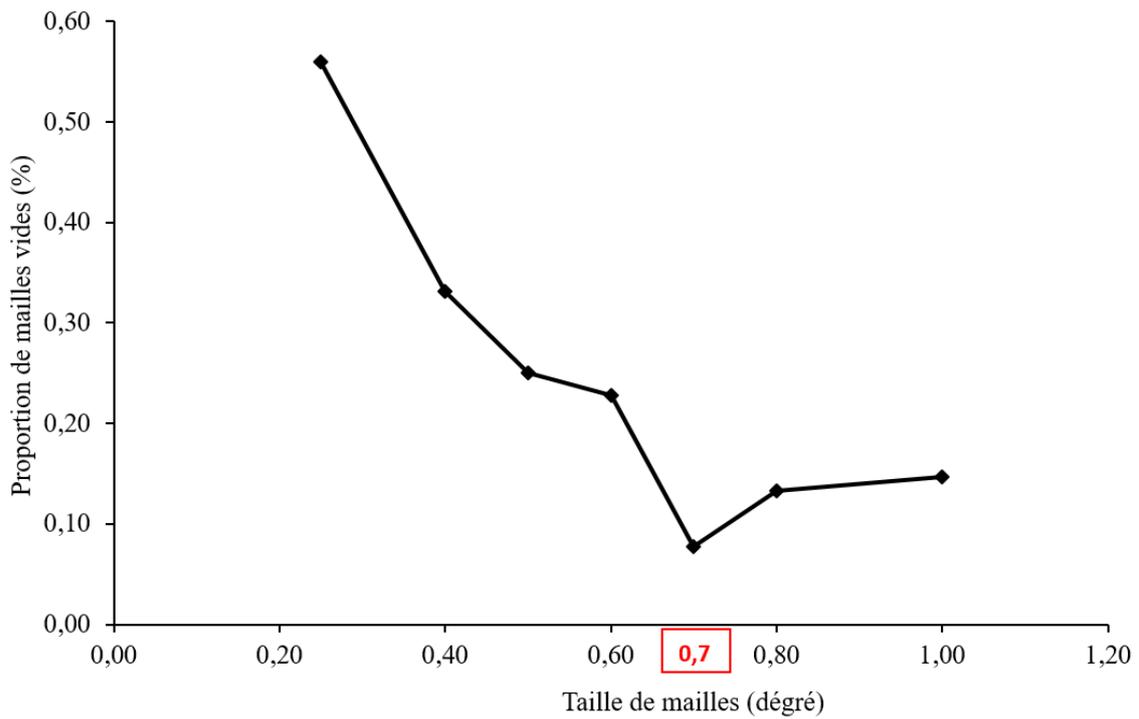


Figure 8 : Taille des mailles en fonction du pourcentage des mailles vides

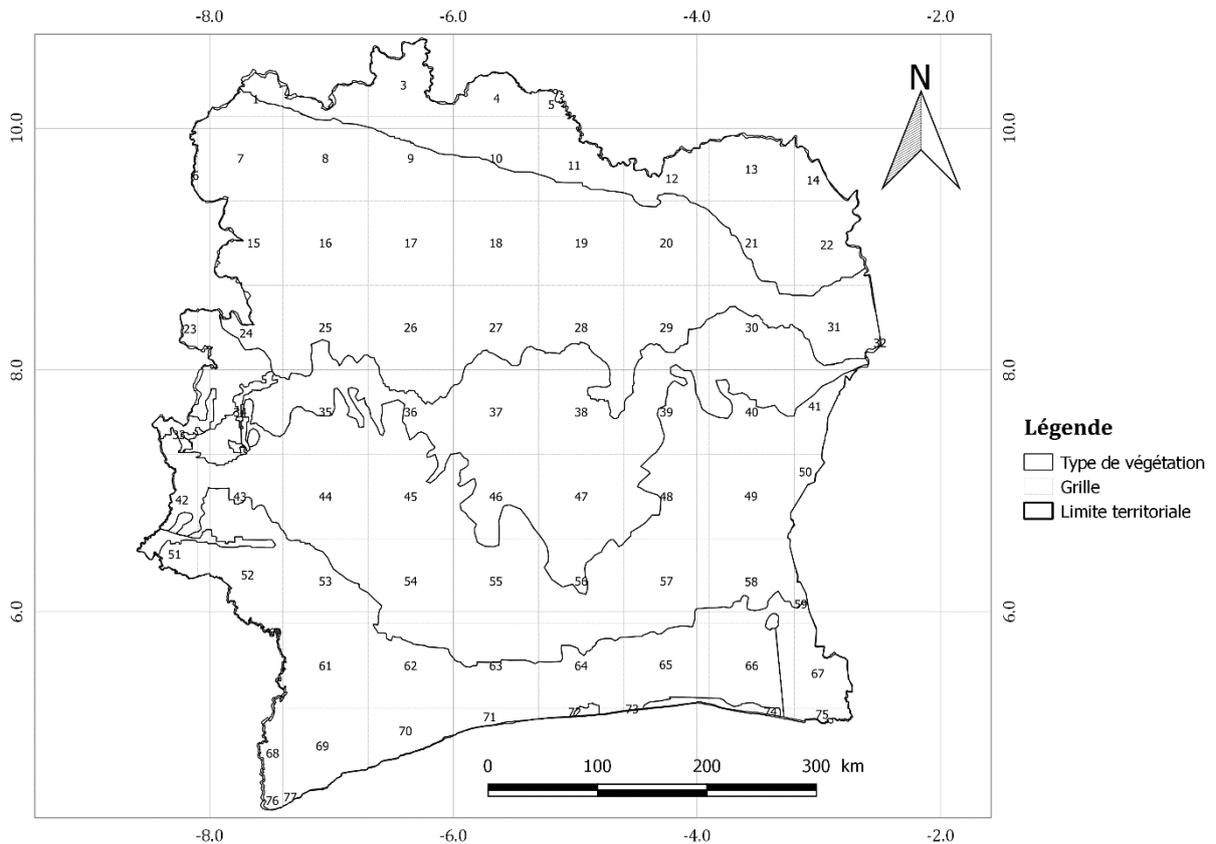


Figure 9 : Représentation de mailles de $07^{\circ} \times 07^{\circ}$ numérotées de 0 à 77 sur toute l'étendue de la Côte d'Ivoire

Troisième partie : Résultats et discussion

La distribution des échantillons de Rubiaceae est irrégulière dans les différentes mailles dont le nombre d'échantillon par maille est comprise entre 0 et 740 (Figure 10).

Dans l'ensemble, seulement 3 mailles sont plus compactes et plus explorées. On observe également des mailles qui n'ont pas été du tout explorées. Ces mailles sont situées au Nord de la Côte d'Ivoire.

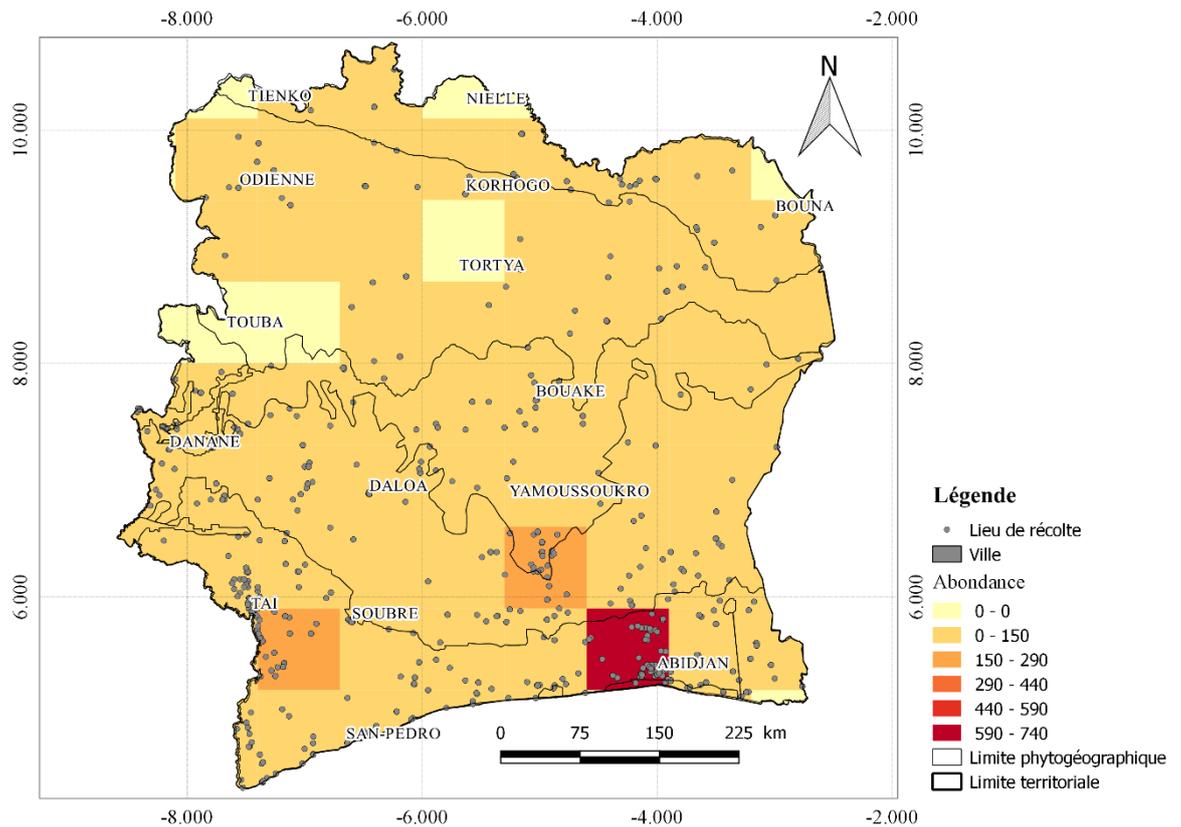


Figure 10 : Répartition spatiale des échantillons de Rubiaceae par maille

La distribution du nombre d'espèces de Rubiaceae au niveau national n'est pas uniforme sur tout le territoire (Figure 11). Dans l'ensemble, les mailles contiennent entre 0 et 190 espèces. La maille la plus riche en termes d'espèces se trouve au Sud-Est et plus précisément autour des villes d'Abidjan.

Cette zone Sud-Est de la Côte d'Ivoire contient entre 150 et 190 espèces végétales récoltées. On observe également une zone bien échantillonnée dans l'Ouest de la ville de Taï avec un nombre d'espèce compris entre 70 et 110 individus. Certaines villes comme Touba, Nielle et Tienko n'ont pas été échantillonnées.

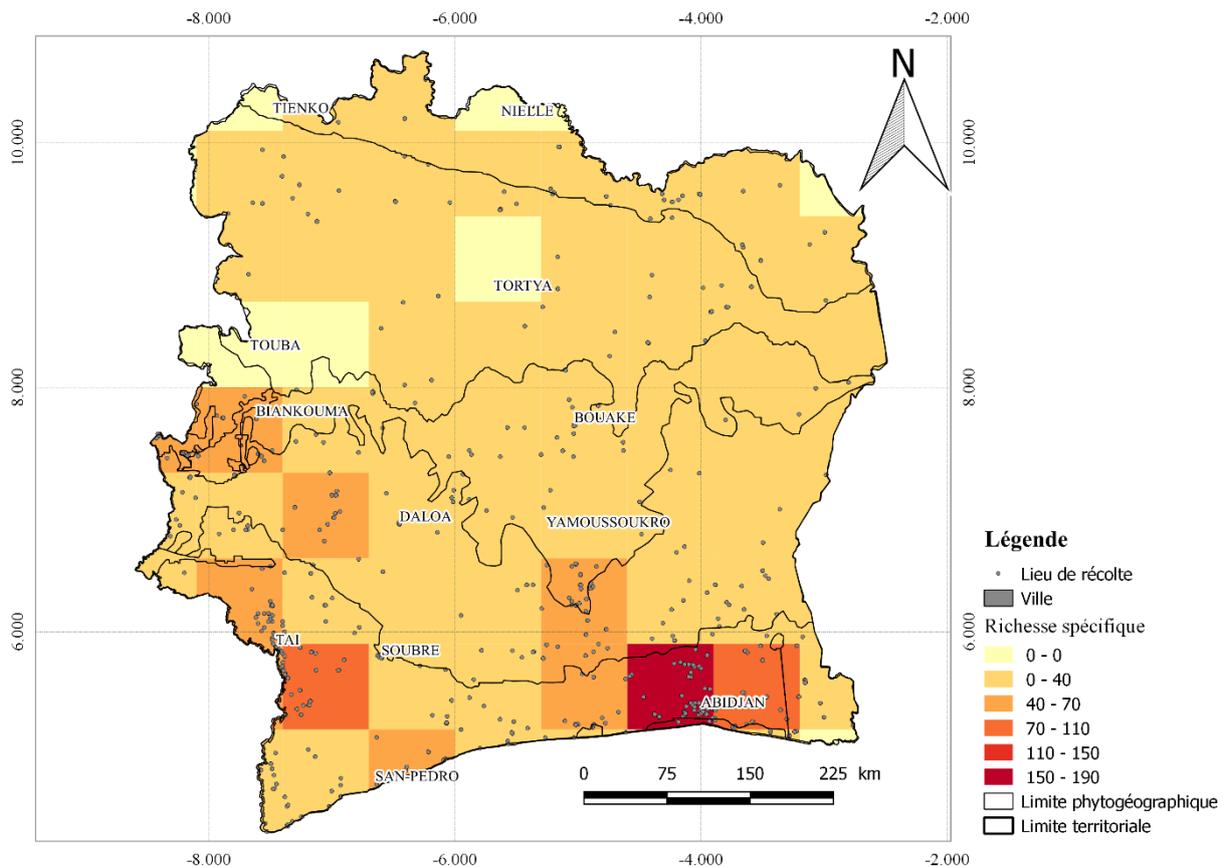


Figure 11 : Répartition spatiale des espèces de Rubiaceae par maille

III.1.5. Modélisation de l'aire de distribution des Rubiaceae recensées

Pour cette étude, 6 espèces ont servi de modèle. Ces espèces sont *Sericanthe toupetou*, *Cephaëlis castaneopilosa*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis*, *Monosalpinx guillaumetii* et *Tarenna hutchinsonii*.

III.1.5.1. Niche de *Sericanthe toupetou*

La carte de distribution actuelle (1950 - 2000) montre que les zones de distribution potentiellement favorables à *Sericanthe toupetou* sur le territoire national sont au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Cette espèce se trouve massivement dans les forêts sempervirentes précisément dans les localités de Grabo, Tabou, San Pédro et Soubré. Elle se trouve en faible présence dans les forêts semi-décidue de la Côte d'Ivoire Côte (Figure 12A). Les variables prédisant au mieux la distribution de *Sericanthe toupetou* sont la variation annuelle de température et la température maximale du mois le plus chaud avec une contribution de 54,4 % et 44,4 %. La valeur actuelle de l'AUC issue de la mise en œuvre du modèle MaxEnt pour *Sericanthe toupetou* est de 0,90.

Pour ce qui est des projections futures (période 2000- 2050), les zones de localisation favorable demeurent les mêmes avec une valeur de l'AUC de 0,93. Les variables prédisant au mieux la distribution de *Sericanthe toupetou* sont la température maximale du mois le plus chaud avec 64,2 % et la Variation annuelle de température de 35,4 % (Figure 12B).

Le test de Jackknife révèle les informations suivantes. La variable environnementale qui a le gain le plus élevé, utilisée seule est la variation annuelle de température. Elle présente donc l'information la plus utile. La variable environnementale qui diminue le gain plus quand il est omis est la température maximale du mois le plus chaud, qui semble donc avoir la plupart d'information qui n'est pas présente dans les autres variables.

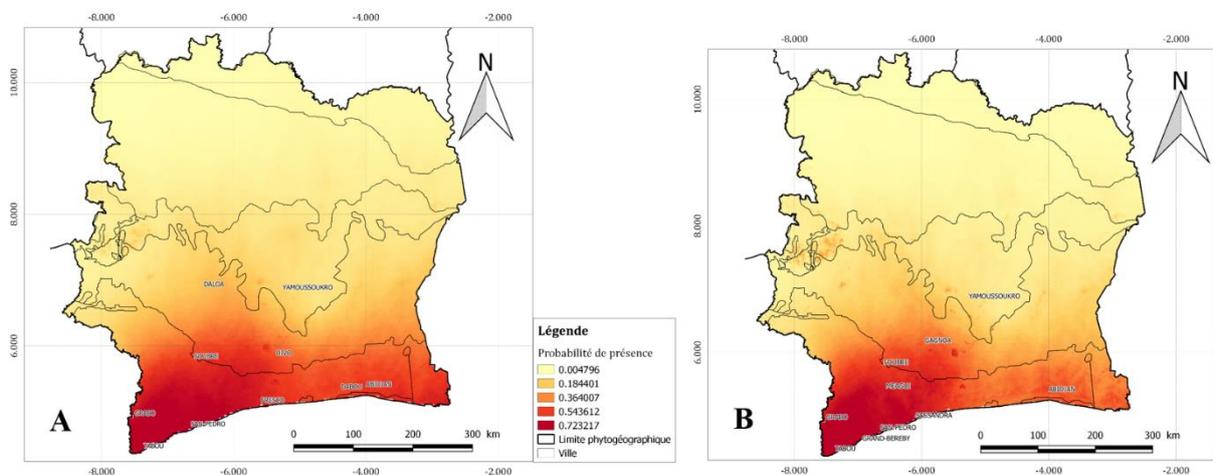


Figure 12 : Distribution potentielle actuelle et future de *Sericanthe toupetou* en Côte d'Ivoire

III.1.5.2. Niche de *Psychotria abouabouensis*

La carte de distribution actuelle de *Psychotria abouabouensis* montre que les zones potentiellement favorables sont le Sud de la Côte d'Ivoire précisément dans les forêts sempervirentes et les forêts semi-décidue aux alentours de Divo, Dabou et Abidjan avec une faible présence de l'espèce dans la localité de Grabo (Figure 13A). Les variables bioclimatiques qui ont contribué à l'édification du modèle sont la précipitation du mois le plus humide de 35,3 % et la variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle) avec 25,3 % de contribution. Enfin, le ratio de l'amplitude thermique journalière sur l'amplitude thermique annuelle contribue à 20,7 %. La modélisation de la niche fondamentale de *Psychotria abouabouensis* donne une AUC de 0,99.

Cependant, à l'Horizon 2050 la localisation des zones favorables demeurent les mêmes. Les variables prédisant au mieux la distribution de *Psychotria abouabouensis* sont la précipitation du mois le plus humide pour une contribution de 35,5 % (Figure 13B). Ensuite, la

Troisième partie : Résultats et discussion

variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle) vient en deuxième position avec 29 %. Enfin, la variable environnementale ratio de l'amplitude thermique journalière sur l'amplitude thermique annuelle, contribue à 16,4 %. Le modèle a une valeur test d'AUC de 0,98.

Pour le test de Jackknife, la variable environnementale la plus significative à l'AUC est la précipitation du mois le plus humide. Les variables qui suivent sont la variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle), les précipitations du trimestre le plus humide et les précipitations annuelles.

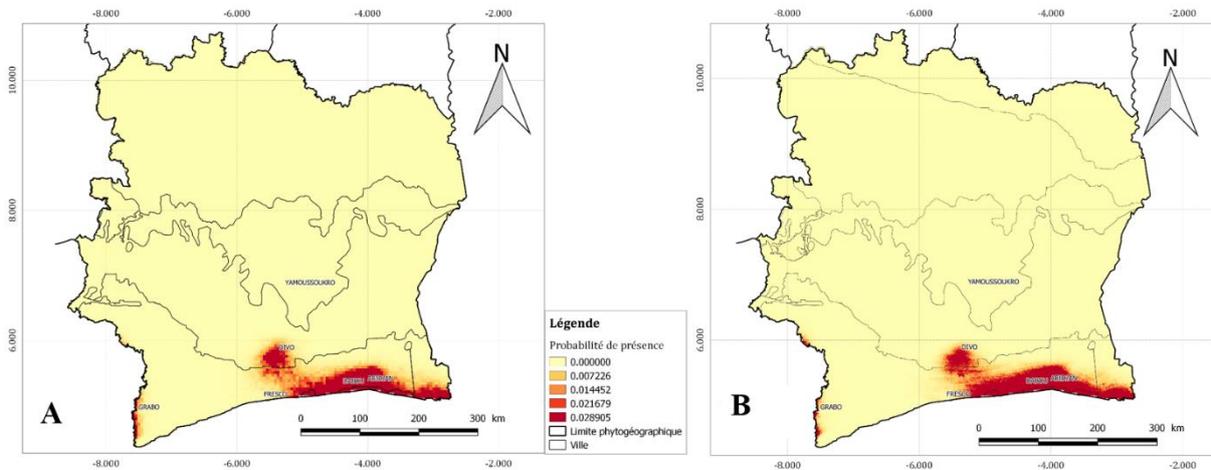


Figure 13 : Distribution potentielle actuelle et future de *Psychotria abouabouensis* en Côte d'Ivoire

III.1.5.3. Niche de *Monosalpinx guillaumetii*

Les zones potentiellement favorables à la distribution actuelle de l'espèce sont inégalement réparties sur toutes les zones phytogéographiques. On observe une forte présence dans les forêts sempervirentes surtout à Tabou, Grabo, Sassandra, San Pedro, Grand-Bereby et Sassandra. On assiste également à une faible présence de cette espèce dans les forêts semi-décidue à Daloa et les forêts de montagne à Biankouman. Le modèle donne une valeur test d'AUC de 0,99. La Température maximale du mois le plus chaud (95,3 %) est la variable bioclimatique ayant contribué à l'édification du modèle (Figure 14A).

Les forêts sempervirentes et les forêts de montagne sont les zones les plus favorables de *Monosalpinx guillaumetii* dans le futur. La Précipitation annuelle (100 %) est la seule variable ayant contribué à l'édification de l'espèce (Figure 14B).

Pour le test de Jackknife, les variables environnementales les plus significatives à l'AUC sont : les précipitations annuelles et les précipitations du trimestre le plus humide.

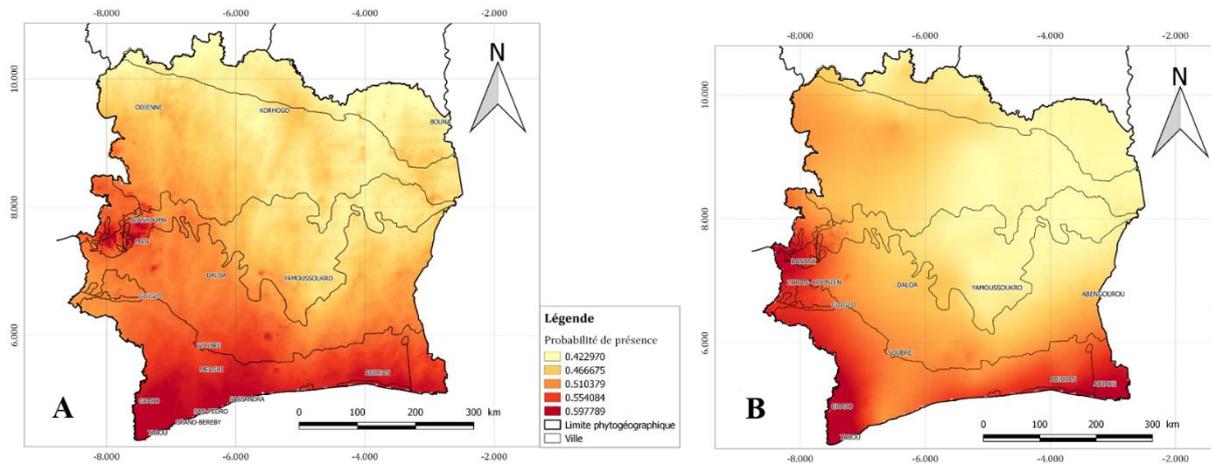


Figure 14 : Distribution potentielle actuelle et future de *Monosalpinx guillaumetii* en Côte d'Ivoire

III.1.5.4. Niche de *Geophila flaviflora*

Dans les conditions environnementales actuelles, les zones favorables à la présence de l'espèce sont le Sud et l'Ouest de la Côte d'Ivoire, particulièrement dans les forêts sempervirentes, semi-décidue et de Montagne dans les localités de Grabo, Tabou, Soubré, Biankouman. Par contre, on note une faible présence à l'Est de la Côte d'Ivoire. La Température maximale du mois le plus chaud (90,8 %) est la variable bioclimatique ayant le plus participé à la prédiction des zones d'occupation de l'espèce (Figure 15A). L'AUC test de cette modélisation est de 0,81. A l'Horizon 2050, les zones de l'occupation de l'espèce demeurent les mêmes. La Température maximale du mois le plus chaud (Bio5) est la principale variable qui contribue majoritairement à la prédiction de la zone potentiellement favorable de l'espèce (Figure 15B). La modélisation de la niche fondamentale de *Geophila flaviflora* donne une AUC de 0,93.

Le test de Jackknife basé sur les données d'AUC présente les paramètres suivants comme étant de contribution majeure : la variation annuelle de température, la température maximale du mois le plus chaud et les précipitations annuelles.

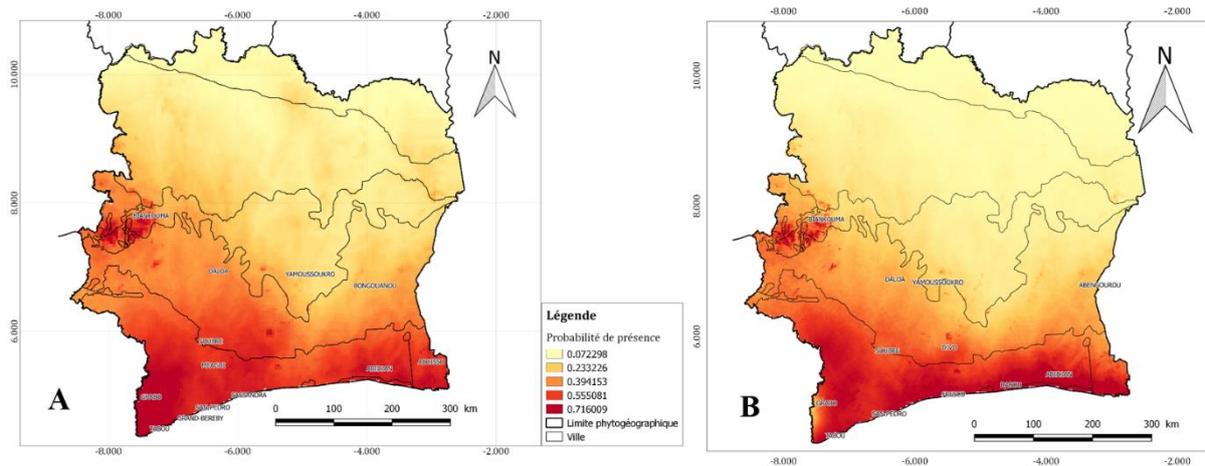


Figure 15 : Distribution potentielle actuelle et future de *Geophila flaviflora* en Côte d'Ivoire

III.1.5.5. Niche de *Cephaëlis castaneopilosa*

La distribution actuelle de *Cephaëlis castaneopilosa* montre que le Sud de la Côte d'Ivoire est la zone la plus favorable dont plus précisément dans les forêts sempervirentes et les forêts semi-décidue autour des localités comme Grabo, Tabou, Sassandra, Meagui et Soubre. En effet, les forêts de montagne montrent une faible présence de l'espèce. La variation annuelle de température (Bio7), (49,8 %) et la température maximale du mois le plus chaud (Bio5), (46 %) sont les variables environnementales ayant contribué à la prédiction de l'espèce.

On obtient une valeur de l'AUC de l'ordre de 0,93 (Figure 16A). Avec les projections bioclimatiques à l'Horizon 2050, on observe une régression de la surface favorable de *Cephaëlis castaneopilosa*. Cette zone s'observe uniquement dans les forêts de montagne. Les variables environnementales qui influent le plus sur cette modélisation sont la Variation annuelle de température, pour une contribution de 49,4 % ensuite la variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle) pour 28,8 % avec une valeur de l'AUC de 0,94 (Figure 16B). Le test de Jackknife basé sur les données de l'AUC présente les variables suivantes comme étant les plus contributives : la variation annuelle de température, la température maximale du mois le plus chaud et Variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle).

Troisième partie : Résultats et discussion

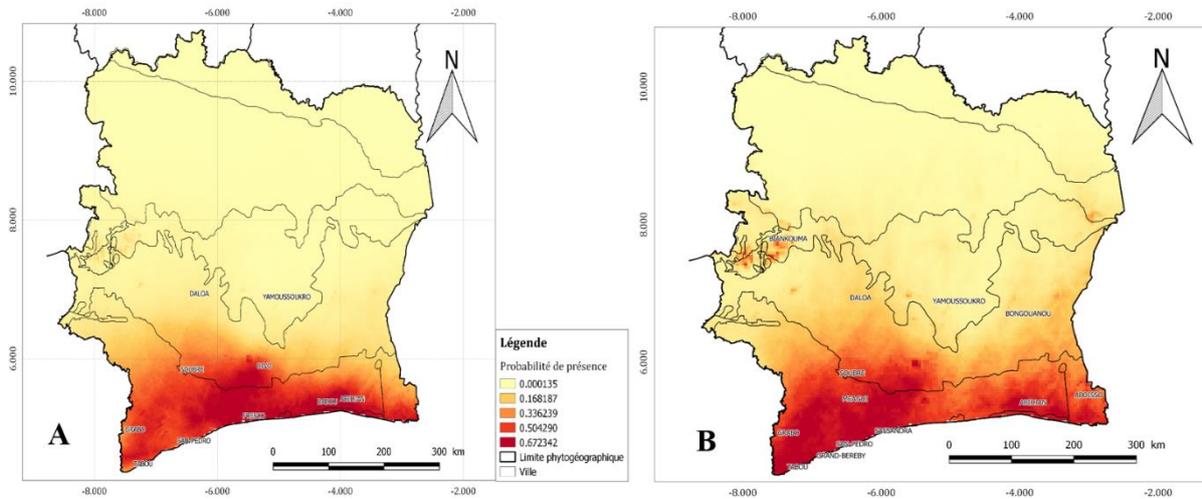


Figure 16 : Distribution potentielle actuelle et future de *Cephaelis castaneopilosa* en Côte d'Ivoire

III.1.5.6. Niche de *Tarennia hutchinsonii*

Les zones favorables à la présence de l'espèce sont réparties sur tout le territoire national. Cependant, les forêts sempervirentes sont les plus favorables, précisément autour des villes comme Abidjan, Fresco, Sassandra, Dabou et Adiaké. On observe une faible présence de l'espèce dans les autres forêts (Figure 17A). Dans le futur les zones potentiellement favorables demeurent les mêmes (Figure 17B). La principale variable ayant contribué pour les deux temps est la température maximale du mois le plus chaud (Bio5), (100 %) avec une valeur de l'AUC de 0,99.

Le test de Jackknife basé sur les données de l'AUC présente que la précipitation du mois le plus humide est la seule variable contributive.

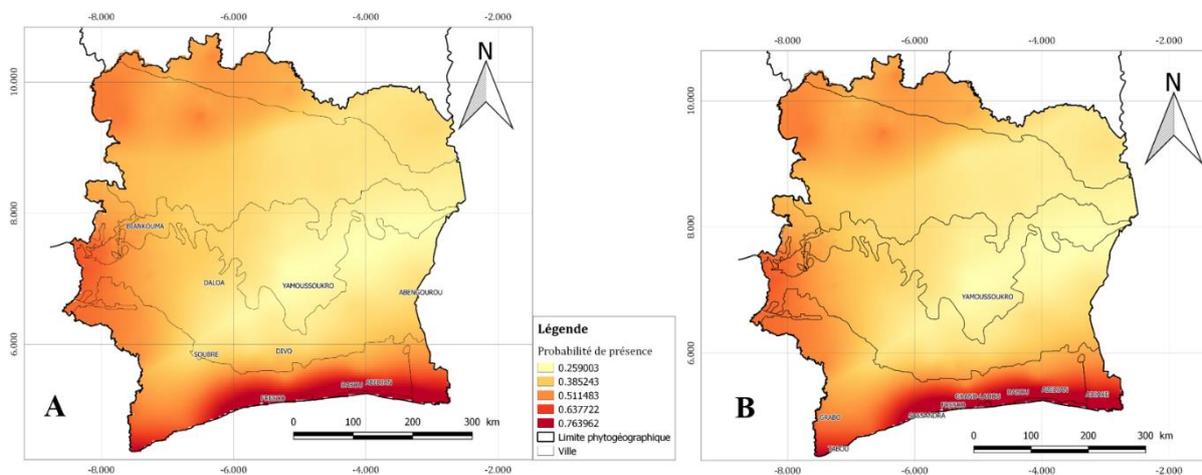


Figure 17 : Distribution potentielle actuelle et future de *Tarennia hutchinsonii* en Côte d'Ivoire

III.2. Discussion

III.2.1. Diversité des Rubiaceae en Côte d'Ivoire

Le nombre d'espèces (353) et de genres (95) de Rubiaceae obtenus dans cette étude est différent de celui de Tuo *et al.* (2017) et d'Aké Assi (2002) qui ont obtenue respectivement 282 espèces et 83 genres et 316 espèces et 86 genres. Cette différence est due à la provenance des échantillons. En effet, dans notre étude nous avons eu recours aux données de plusieurs Herbariums contrairement aux travaux de Tuo *et al.* (2017) qui ont été réalisés à partir des données d'échantillons d'herbiers de Rubiaceae réalisés dans les différentes régions de la Côte d'Ivoire et gardés au conservatoire et jardin botanique de Genève.

La flore ivoirienne des Rubiaceae est composée généralement d'espèces de type Guinéo-Congolaise (GC), cette structure chorologique telle qu'elle apparaît dans nos résultats est très comparable à celle des formations de forêts denses humides sempervirentes (Kouamé & Zoro, 2010). Cette dominance indique qu'une grande partie des récoltes des espèces de la famille des Rubiaceae s'est faite dans le secteur ombrophile. De plus cette région guinéo-congolaise est le domaine de prédilection des Rubiaceae (Aké Assi, 2002). La répartition des espèces de la famille des Rubiaceae est majoritairement dans la zone forêt dense humide sempervirente, dans les forêts denses humides semi décidue et les savanes guinéennes et minoritairement dans la savane soudanaise. Nos résultats sont conformes à celui de Denguéadé *et al.* (2006) qui stipulent que les forêts sempervirentes sont dominées par les Rubiaceae.

Quant aux types biologiques, les Phanérophytes dominent dans tout le milieu forestier tropical. La quasi-totalité du cortège floristique dans les forêts équatoriales et tropicales est formée par les phanérophytes (Evrard, 1968 ; Kagazo, 1995). En effet, l'analyse des types biologiques a montré que les microphanérophytes et les nanophanérophytes sont les plus dominants dans notre base de données. Cette dominance s'explique par le fait que la majorité de nos échantillons proviennent des zones forestières. Ces résultats sont similaires avec ceux de Kouamé *et al.* (2010) qui ont montré que dans les zones forestières, les microphanérophytes et nanophanérophytes sont les plus abondants et constituent plus de 50 % de la flore. La diversité observée au sein de la famille des Rubiaceae se traduit par la présence d'espèces à statut particulier et d'espèces endémiques. Les résultats de ces travaux de recherche présentent 6 espèces endémiques à la Côte d'Ivoire et 22 espèces qui sont sur la liste des espèces rares ou devenues rares et espèces disparues d'Aké- Assi. Ces résultats diffèrent de ceux présentés par Aké-Assi (2001 ; 2002 ; 1998), qui faisait état de 10 espèces endémiques à la Côte d'Ivoire et

265 espèces rares ou devenues rares et espèces disparues. Cela peut s'expliquer par la disparition de nos échantillons due à la dégradation de la forêt ivoirienne.

III.2.2. Répartition des Rubiaceae de Côte d'Ivoire

La création d'une carte de distribution permet d'avoir une connaissance de la répartition spatiale des échantillons d'un site mais également la flore en générale. L'objectif est de déterminer les zones échantillonnées ou pas et aussi les zones peu diversifiées afin de conserver ces zones par l'acquisition de nouveaux échantillons. En effet, cette carte de distribution a permis de déduire que les zones de savane soudanaise sont constituées de peu de mailles qui n'ont été échantillonnées. Les zones de forte présence des Rubiaceae sont précisément dans le Sud de la Côte d'Ivoire. On les trouve plus dans les forêts sempervirentes et semi-décidue. Ces résultats obtenus pourraient s'expliquer par le fait que les forêts sempervirentes sont le biotope préférentiel des Rubiaceae (Denguéadhé *et al.*, 2006). Les cartes de distribution obtenues ont montré que les prospections botaniques sont inégalement réparties sur l'ensemble de la zone d'étude. La richesse spécifique des Rubiaceae est plus accentuée dans le Sud de la Côte d'Ivoire dont la richesse tourne autour de 190 espèces.

III.2.3. Qualités du modèle et contribution des variables environnementales

Les valeurs de l'AUC de l'ordre de 0,90 indiquent une excellente qualité des modèles générés pour la distribution des espèces modèles. Ceci indique la robustesse de la modélisation effectuée et atteste de l'excellente performance de l'algorithme MaxEnt à prédire les différents habitats de *Sericanthe toupetou*, *Cephaëlis castaneopilosa*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis*, *Monosalpinx guillaumetii* et *Tarenna hutchinsonii*. Toutefois, il importe de rester vigilant avec ces résultats, puisque les facteurs écologiques et variables édaphiques n'ont pas été intégrés dans le modèle. En dépit de ces difficultés évoquées, Scheldeman & Zonneveld (2012) affirment qu'il n'y a pas de norme quant au nombre minimal de points requis, car cela dépend souvent de la nature de l'espèce. Pour des espèces rares ou qui ont une niche restreinte, il se peut que l'on ne dispose que d'un petit nombre de points de présence. Mais dans ces cas le nombre de points réduit peut être hautement représentatif de la niche. Pour ces raisons, le nombre minimal de points requis pour réaliser une modélisation crédible de la distribution d'une espèce ne peut pas faire l'objet de directives strictes. De plus, Fandohan *et al.* (2015) indique que le modèle MaxEnt ne constitue pas de problèmes lorsque la zone d'étude couvre une échelle réduite et que l'aire de référence pour tester et calibrer le modèle est limitée aux conditions climatiques où l'espèce est sous l'influence de mêmes facteurs climatiques. Les

résultats révèlent que la température maximale du mois le plus chaud (Bio5) est la variable environnementale qui a le plus contribué à la prédiction du modèle des espèces *Cephaëlis castaneopilosa*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis* et *Sericanthe toupetou* à l'horizon 2050. Cela suggère que la distribution future de ces espèces sera principalement influencée par les variations des températures.

III.2.4. Niche potentielle des espèces

Selon les résultats de nos travaux, les zones de distribution potentiellement favorables de nos espèces modèles actuelles et futures se retrouvent dans les forêts sempervirentes et les forêts semi-décidue. C'est donc à juste titre que Denguéadhé *et al.* (2006) confirment que ces forêts constituent les zones favorables aux espèces de la famille des Rubiaceae. Nos résultats démontrent qu'aucun modèle climatique n'a prédit un recul total de l'aire de distribution de *Sericanthe toupetou*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis*, *Monosalpinx guillaumetii* et *Tarenna hutchinsonii*. Ce qui signifie que les variables utilisées n'influencent pas l'aire de distribution de ces espèces. Mais, face à la population ivoirienne qui augmente de plus en plus, il serait possible qu'en 2050, l'aire de distribution de ces espèces soit modifiée suite à la conversion des forêts en zones agricoles. De plus, Davis *et al.* (1986) estimaient déjà que 60 000 espèces végétales disparaîtront d'ici 2050 si les tendances actuelles se maintiennent. Ainsi, on note une régression de la superficie des zones potentiellement favorables de l'espèce *Cephaëlis castaneopilosa* à l'horizon 2050. Cette régression s'expliquerait principalement par la projection de la hausse de la température et de la baisse du niveau des précipitations au niveau de la Côte d'Ivoire, comme l'on signalé Goula *et al.* (2006) et Oga *et al.* (2016) au cours de leurs différents travaux. En effet, nos résultats concordent avec ceux de Doffou *et al.* (2021) et Gbesso *et al.* (2013) qui ont mis en évidence la régression des zones favorables à la distribution de certaines espèces. Cette régression des forêts constatés en Côte d'Ivoire à l'instar des pays de la zone tropicale est aussi imputable à la démographie galopante entraînant les besoins de terres et des pressions anthropiques qui occasionnent une perte des habitats naturels favorables aux espèces (Doffou *et al.*, 2021).

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude est une contribution à la protection et la conservation de la biodiversité de la Côte d'Ivoire à travers la famille des Rubiaceae. Au terme de cette étude, nous avons évalué la diversité et la distribution spatiale des espèces de Rubiaceae de Côte d'Ivoire. Les espèces de Rubiaceae sont généralement de types microphanérophytes Guinéo-Congolaise. Cependant, les cartes de distribution montrent une exploration irrégulière sur le territoire ivoirien. Comme la plupart des pays de la zone tropicale, la Côte d'Ivoire est sujette au changement climatique.

Cette étude menée sur la distribution des espèces précisément sur celles des Rubiaceae, illustre bien ce phénomène et donne une idée de son impact dans la distribution spatiale des espèces. Il ressort de cette étude, qu'à l'horizon 2050, l'effet des changements climatiques couplée à la dégradation du couvert végétal entraîneront une diminution importante de la surface des zones potentiellement favorables de distribution de *Cephaëlis castaneopilosa* Aké Assi. Cependant, malgré ces changements observés, les résultats montrent que les conditions environnementales en Côte d'Ivoire demeureront favorables à la distribution des Rubiaceae surtout dans les forêts sempervirentes.

Ainsi, pour augmenter les chances de conservation des espèces de Rubiaceae à long terme, il s'avère important de développer des actions de conservation (*in-situ et ex-situ*) des espèces dans les zones favorables prédites sous les conditions climatiques et également réintroduire dans les zones où elles perdront les aires favorables. De même, la conservation des espèces dans les herbariums pourrait aussi améliorer l'état de conservation des Rubiaceae en tant que banque vivante. Ceci représente une opportunité majeure pour la conservation de cette famille à long terme. En perspective, nos travaux doivent être plus approfondis par des recherches complémentaires sur la modélisation des niches écologiques des Rubiaceae avec d'autres paramètres et réévaluer les menaces qui pèse sur les espèces à statut particulier des Rubiaceae face à la déforestation.

REFERENCES

Références

- Aké-Assi L. (1998). Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la diversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le Flamboyant*, 48 : 20-21.
- Aké-Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique, Boisseria 57, Genève (Suisse), 396 p.
- Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique de Genève ; Boisseria 57 : 396 p.
- Anikpo N., Kouassi G.A.V., Kouamé K.I., Traoré M., Kra K.M., Boko D., N'Gotta N., Assi A., Tapé C., Ademola M.A., Kouassi B. & Diakité S. (2010). Atlas sanitaire abrégé de la Côte d'Ivoire, Rapport du Ministère de la santé et de l'Hygiène Publique, Côte d'Ivoire, 102 p.
- Angiosperm Phylogeny Group (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141 : 399-436.
- Anonyme (2021). https://plantes-botanique.org/famille_rubiaceae consulté le 25 Juillet 2021.
- Angiosperm Phylogeny Group (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG IV. 1–20.
- Araùjo M.B., Pearson R.G., Thuiller W. & Erhard M. (2005). Validation of species climat impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11 : 1504 -1513.
- Asseh E.E., Aké-Assi E. & Koffi K.J. (2019). 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) : 676-692.
- Austin M. (2007). Species distribution models and ecological theory : A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling*, 200(1) : 1-19.
- Ayihouenou E.B., Fandohan A.B., Sodé A.I., Gouwakinnou N.G. & Djossa A.B. (2016). Biogéographie du néré (*Parkia biglobosa* (Jack.) R. Br. ex. Don.) sous les conditions environnementales actuelles et futures au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro spécial Agronomie*, 11 : 93-108.
- Baldwin R.A. (2009). Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy*, 11(4) : 854-866.

Références

- Barbhuiya H.A., Dutta B.K., Das A.K. & Baishya A.K. (2014). La famille Rubiaceae dans le sud de l'Assam avec une référence particulière aux taxons végétaux endémiques et redécouverts. *Journal of Threatened Taxa*, 6(4) : 5649-5659.
- Boko M., Niang I., Nyong A., Vogel C., Githeko A., Medany M., Osman-Elasha B., Tabo R. & Yanda P. (2007). Afrique. In : Changement climatique 2007 : impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du groupe de travail II au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. & Hanson C.E. (Eds.), Cambridge University Press (Cambridge, UK), pp. 433-467.
- Bouquet A. & Debray M. (1974). Plantes médicinales de la côte d'ivoire. O.R.S.T.O.M, Paris : 232 p.
- Brou Y.T. (2005). Climat, mutations socioéconomiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des sciences et technologies de Lille, (France), 226 p.
- Davis A.P., Bridson D.M., Govaerts R. & Stoffelen P. (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152 : 465–512.
- Davis A.P. & Bridson D.M. (2007). Rubiaceae. In : Flowering plants of the world. Heywood V.H., Brummitt R.K., Culham A. & Seberg O. (eds.), Royal Botanic Garden (Kew, UK), pp. 284-286.
- Davis A.P., Govaerts R., Bridson D.M., Ruhsam M., Moat J. & Brummitt N.A. (2009). A global assessment of distribution, diversity, endemism and taxonomic effort in the Rubiaceae. *Annals Missouri Botanical Garden*, 96 : 68-78.
- Davis S.D., Droop S.J.M., Gregerson P., Henson, Leon C.J., Villa-Lobos J.L., Synge L.H. & Zantovska J. (1986). Plants in Danger. What do we Know ? IUCN : Gland Switzerland and Cambridge U.K. F. 520 p.
- Denguéadhé K.T.S., Decocq G., Adou Yao C.Y., Blom E.C. & Van Rompaey R.S.A.R. (2006). Plant species diversity in the southern part of the Taï National Parc (Côte d'Ivoire). *Biodiversity and Conservation*, 15 : 2140-2142.
- Doffou S.C., Kouadio K. & Dibi N.H. (2021). Effets des variations climatiques à l'horizon 2050 sur la distribution phytogéographique de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev.

Références

- (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2) : 679-694.
- Duvigneaud P. (1980). Synthèse écologique, DOIN, 380 p.
- Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R.J., Huettmann F., Leathwick J.R., Lehmann A., Li J., Lohmann L.G., Loiselle B.A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J.McC., Peterson A.T., Phillips S.J., Richardson K.S., Scachetti-Pereira R., Schapire R.E., Soberón J., Williams S., Wisz M.S. & Zimmermann N.E. (2006). De nouvelles méthodes améliorent la prédiction de la distribution des espèces à partir des données d'occurrence. *Écographie*, 29 : 129-151.
- Evrard L. (1968). Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale congolaise. INEAC – Bruxelles, série Sciences. No 110, 295 p.
- Fandohan A.B., Moutouama J.K., Samadori S., Biauou H., Gouwakinnou G.N. & Adomou C.A. (2015). Le réseau d'aires protégées Bénin-Togo assure-t-il la conservation de *Thunbergia atacorensis* (Acanthaceae) ? *Revue CAMES - Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 3(2) : 25-31.
- Feeley K.J. & Silman M.R. (2011). Keep collecting : accurate species distribution modelling requires more collections than previously thought. *Diversity and Distributions*, 17(6) : 1132-1140.
- Fick S.E. & Hijmans R.J. (2017). WorldClim 2 : new 1 km spatial resolution climate surfaces for global lands areas. *International Journal of Climatology*, 37(12) : 4302-4315.
- Figueiredo E. (2008). The Rubiaceae of Angola. The Linnean Society of London, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 156 : 537–638.
- Franklin J. & Miller J.A. (2010). Mapping species distributions : spatial inference and prediction. Cambridge, UK, Cambridge University Press, Coll. Ecology, biodiversity and conservation, 320 p.
- Gbesso F.H.G., Tente B.H.A., Gouwakinnou N.G. & Sinsin B.A. (2013). Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5) : 2007-2018.
- Gnagbo A. (2015). Diversité, distribution et utilisations des épiphytes vasculaires des strates inférieures des forêts côtières de Côte D'Ivoire : Cas du Parc National d'Azagny. Thèse

Références

- de doctorat en écologie végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 216 p.
- Goula B.T.A., Konan B., Brou Y.T., Savané I., Fadika V. & Srohourou B. (2007). Estimation des pluies exceptionnelles journalières en zone tropicale : cas de la Côte d'Ivoire par comparaison des lois lognormale et de Gumbel. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 52(2) : 49-67.
- Goula B.T.A., Savané I., Konan B., Fadika V. & Kouadio G.B. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(1) : 1-74.
- Guisan A. & Zimmermann N.E. (2000). Modèles prédictifs de distribution de l'habitat en écologie. *Modélisation écologique*, 135(2) : 147-186.
- Guisan A., Thuiller W. & Zimmermann N. (2017). Habitat suitability and distribution models : with applications in R. Cambridge University Press, (Cambridge, UK), 462 p.
- Hernandez P.A., Graham C.H., Master L.L. & Albert D.L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5) : 773-785.
- Kagazo W. (1995). Florule Angiospermiq ue de la forêt de l'Ituri. Mémoire inédit. I.P.N/Kinshasa, 49 p.
- Koné M., Kouadio Y.L., Neuba D.F.R., Malan D.F. & Coulibaly L. (2014). Evolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(2) : 782- 794.
- Kouamé N.F. (1998). 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 de troisième cycle de l'Université de Cocody (Abidjan), 203 p.
- Kouamé N.F. & Zoro Bi I.A. (2010). Nouveau découpage de la zone de forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature*, 7(2) : 177 – 194.
- Kouamé N. F., Koulibaly A., Poremsky S., Traoré D. & Aké-Assi L. (2010). La biodiversité état des lieux et facteurs de menace. In : Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Konaté S. & Kampmann D. (Eds.), Abidjan (Côte d'Ivoire) : pp. 162-164.

Références

- Kumar S. & Stohlgren T.J. (2009). Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 1(4) : 094-098.
- Lachenaud O. (2013). Le genre *Psychotria* (Rubiaceae) en Afrique occidentale et centrale : taxonomie, phylogénie et biogéographie/The genus *Psychotria* (Rubiaceae) in West and Central Africa : taxonomy, phylogeny and biogeography. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles/Belgique, 1121 p.
- Marteau B. (2013). Invasions biologiques en milieux aquatiques : Modèles prévisionnels de dispersion. IRSTEA Bordeaux. 27 p.
- Moukrim S., Lahssini S., Naggar M., Lahlaoui H., Rifai N. & Arahou M. (2019). Local community involvement in forest rangeland management : case study of compensation on forest area closed to grazing in Morocco. *The Rangeland Journal*, 41(1) : 43-53.
- Mwanga I., Mangambu M., Wabika D, Iragi K., Masheka Z., Mapenzi A., Desein S. & Ntore S. (2013). Check-list des Rubiaceae de la partie haute altitude du Parc National de Kahuzi-Biega conservées dans la collection de Lwiro (LWI). Cahier du CERUKI, série n°43, 189 p.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.
- Ntore S. (2008). Révision du genre Afrotropical *Pauridiantha* (Rubiaceae), vol.15, Meise, National Botanic Garden of Belgium/Belgique, 227 p.
- Oga Y.M.S., Adja M., Yapi A.F., Kpan J.G., Baka D., Yao K.T. & Biémi J. (2016). Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (d'Abidjan à Aboisso). *Larhyss Journal*, 25 : 67-81.
- Peterson A.T. & Kluza A.D. (2006). Ecological Niche Modeling as a new Paradigm for large-scale Investigations of Diversity and Distribution of Birds. *USDA Forest Service General Technical reports*, 191 : 1201-1204.
- Phillips S.J., Anderson P.R. & Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecology Modelling*, 190 : 231-259.
- Platts J.P., Peter A., Omeny P.A. & Marchant R. (2014). Africlim : highresolution climate projections for ecological applications in Africa. *African Journal of Ecology*, 53 : 103-108.

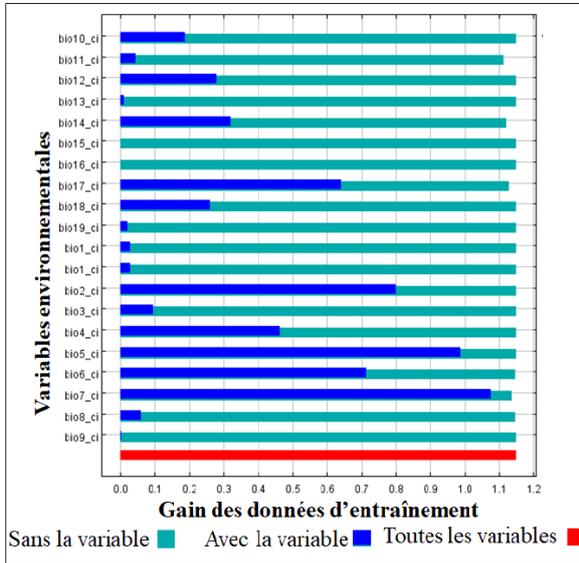
Références

- Poorter L., Bongers F. & Lemmens R.H.M.J. (2004). West African forests : Introduction. In : Biodiversity of West African forest. An ecological atlas of woody plants species. (Eds.), CABI Publishing, (Wallingford, UK), pp. 61–72.
- Robbrecht E. (1988). Tropical woody. Rubiaceae. Meise/Belgique 271 p.
- Sangne C.Y., Barima Y.S.S., Bamba I. & N'Doumé C.T.A. (2015). Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Vertigo*, 15 : 1-18.
- Savane I. & Konare A. (2010). Le climat. *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, 3 : 124-125.
- Scheldeman X. & van Zonneveld M. (2012). Manuel de formation à l'analyse spatiale de la diversité et de la distribution des plantes. Bioersivity International, Rome, Italie. 186 p.
- Sohmer S.H. & Davis A.P. (2007). The genus Psychotria (Rubiaceae) in the Philippine Archipelago. *Sida, Botanical Miscellany*, 27 : 1-267.
- Taufiq R. (2019). Psikologi Perkembangan. October (2013). 1–224.
- Tosso F.D.N. (2013). Modélisation de la distribution de six espèces d'arbres multi-usages en Afrique et évaluation de l'effet des changements climatiques. "Université de Liège". 78 p.
- Tuo F.N., KOFFI K.J., Kouassi A.F., Kone M., Bakayoko A.B. & Bogaer J. (2017). Etude de la diversité, de l'endémisme et de la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2) : 777-797.
- UICN (2020). IUCN Red List of Threatned Species. www.iucnredlist.org. Visité le 26 Juillet 2021.
- Vega F.E., Rosenquist E. & Collins W. (2003). Global project needed to tackle coffee crisis. *Nature*, 425(6956) : 343-343.
- Wisn M.S., Hijmans R.J., Li J., Peterson A.T., Graham C.H. & Guisan A. (2008). NCEAS Predicting Species Distributions Working Group – Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5) : 763-773.
- WWF (World wide fund for nature) (2011). Rapport des impacts du changement climatique sur les espèces. 21 p.

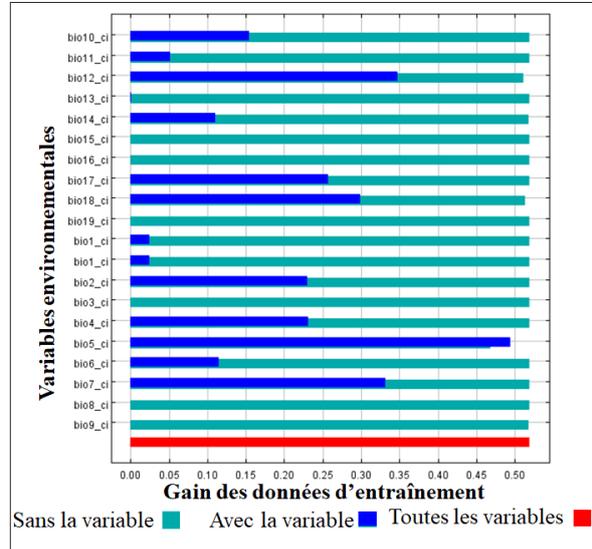
ANNEXE

ANNEXE

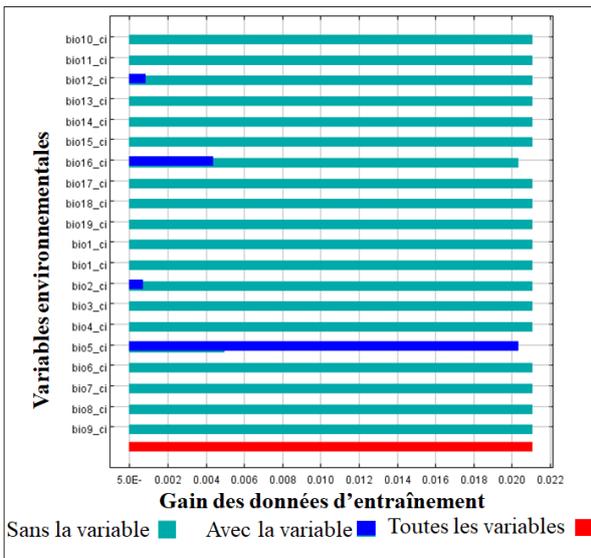
Annexe : Résultats du test Jackknife sur la contribution des variables sélectionnées à la prédiction de l'aire de distribution des espèces modélisées



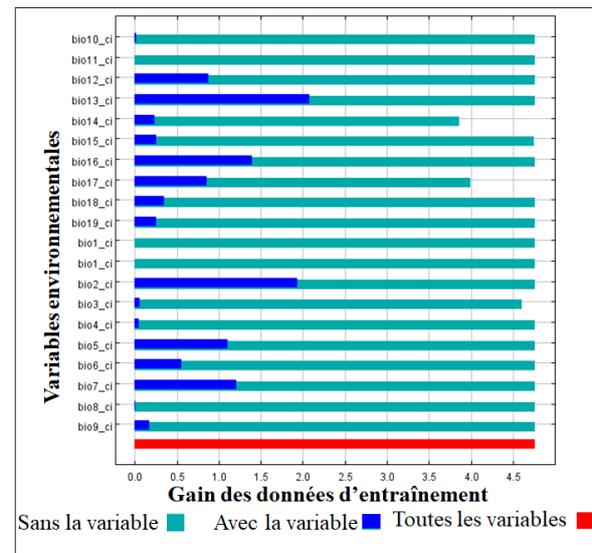
Cephaelis castaneopilosa



Geophila flaviflora

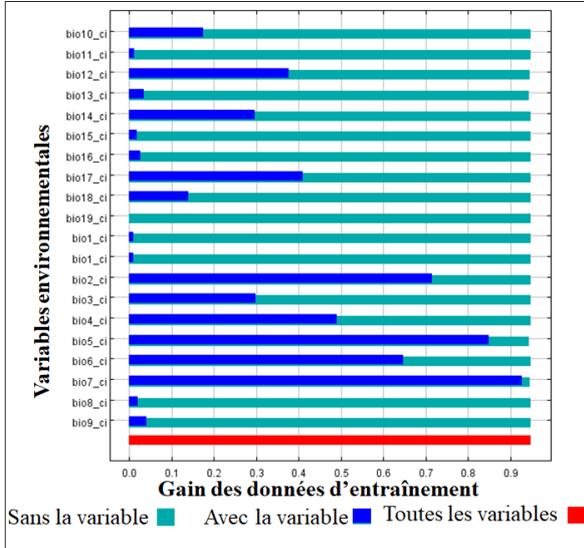


Monosalpinx guillaumetii

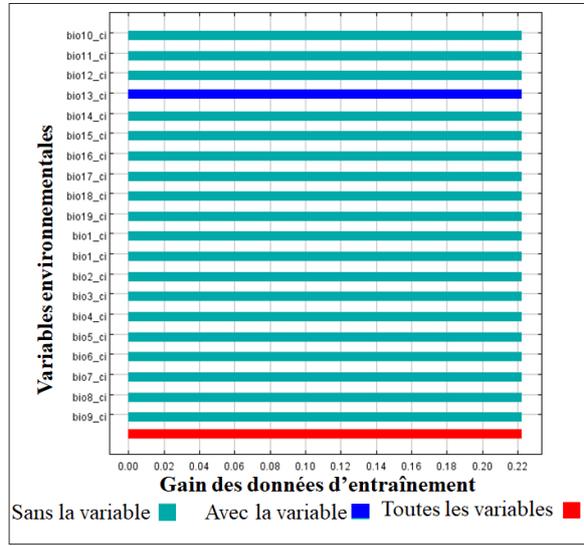


Psychotria abouabouensis

ANNEXE



Sericanthe toupetou



Tarenna hutchinsonii

RESUME

La présente étude a pour objectif principal d'évaluer la diversité et la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. Le principe de « Maximum Entropie » a été utilisé pour modéliser les niches écologiques de *Sericanthe toupetou*, *Cephaëlis castaneopilosa*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis*, *Monosalpinx guillaumetii* et *Tarenna hutchinsonii* sous les conditions climatiques actuelles et futures (horizon 2050). Ces espèces ont été choisies sur la base de leur caractère endémique. Le choix de la famille des Rubiaceae se justifie par le fait qu'elle est l'une des familles les plus importantes de la flore tropicale tant sur le plan floristique par l'abondance et la variété de ces espèces que sur le plan économique, médical et ornemental. Les échantillons utilisés pour cette étude ont été extraits des quatre herbariums de la Côte d'Ivoire. L'aspect floristique a révélé 3857 individus regroupés en 95 genres et 353 espèces dont 2 % de ces espèces sont endémiques à la Côte d'Ivoire. A l'exception de *Cephaëlis castaneopilosa*, les habitats des autres espèces demeurent les mêmes dans le futur. Les résultats des simulations montrent que les habitats favorables à la distribution des espèces modélisées seront localisés préférentiellement dans les forêts denses humides sempervirentes du pays.

Mots clés : Diversité, distribution spatiale, modélisation, Rubiaceae, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

The main objective of this study was to assess the diversity and spatial distribution of Rubiaceae in Côte d'Ivoire. The « Maximum Entropy » principle was used to model the ecological niches of *Sericanthe toupetou*, *Cephaëlis castaneopilosa*, *Geophila flaviflora*, *Psychotria abouabouensis*, *Monosalpinx guillaumetii* and *Tarenna hutchinsonii* under current and future (2050) climate conditions. The choice of the Rubiaceae family is justified by the fact that it is one of the most important families of the tropical flora both in terms of floristics by the abundance and variety of these species and economic, medical and ornamental. The samples used for this study were extracted from the four herbariums of the Côte d'Ivoire. The floristic aspect revealed 3857 individuals grouped in 95 genera and 353 species of which 2 % of these species are endemic to Côte d'Ivoire. With the exception of *Cephaëlis castaneopilosa*, the habitats of the other species remain the same in the future. The results of the simulations show that the habitats favorable to the distribution of the modeled species will be located preferentially in the dense evergreen forests of the country.

Key words : Diversity, spatial distribution, modelization, Rubiaceae, Côte d'Ivoire.