



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## **Efficacité des Aires Communautaires de Conservation de la Biodiversité (ACCB) à protéger les espèces ligneuses menacées dans la réserve de biosphère du Mono (Bénin)**

Abdou Salami AMADOU SIAKO<sup>1\*</sup>, Laurent Gbènato HOUSSOU<sup>2</sup>, Ousséni AROUNA<sup>3</sup>,  
Etienne Monsoundé DOSSOU<sup>1</sup> et Brice TENTE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire (DGAT), Université d'Abomey-Calavi (UAC),  
BP 526 Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup>Laboratoire d'Écologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie (FA), Université  
de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Bénin.

<sup>3</sup>Ecole Nationale Supérieure des Travaux publics (ENSTP), Université Nationale des Sciences, Technologies,  
Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM), BP: 2282 Goho Abomey, Bénin.

\*Auteur correspondant; E-mail: [abdousalamiamadous@gmail.com](mailto:abdousalamiamadous@gmail.com), Tel.: +229 66361753

---

Received: 11-09-2021

Accepted: 02-12-2021

Published: 31-12-2021

---

### **RESUME**

La création des réserves de biosphère constitue une des stratégies adoptées pour assurer la conservation de la biodiversité. Malgré cette disposition, l'efficacité des réserves de biosphère pour garantir la conservation de la biodiversité demeure encore un sujet de discussion scientifique. Cette étude visait à analyser l'efficacité de la réserve de biosphère du Mono au Bénin dans la conservation des espèces ligneuses menacées. Une modélisation de l'entropie maximale (MaxEnt) a été réalisée pour identifier les habitats favorables de ces espèces ligneuses menacées. Les habitats favorables aux différentes espèces ligneuses menacées ont ensuite été superposés aux ACCB existantes pour déterminer la proportion des habitats favorables retrouvée dans ces ACCB. Les résultats ont révélé des lacunes en matière de conservation dans la réserve de biosphère du Mono, car plus de 86% des habitats favorables aux espèces ligneuses menacées se trouvaient hors de l'aire centrale et de la zone tampon de la réserve où étaient concentrés les efforts de conservation. Sur la base de ces résultats, il est nécessaire de générer de nouvelles aires centrales à partir des habitats appropriés des espèces ligneuses menacées pour réduire les lacunes de conservation dans la réserve de biosphère du Mono.

© 2021 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** MaxEnt, variables environnementales, occurrence, habitats favorables, réserve de biosphère du Mono.

## **Effectiveness of Community Areas for Biodiversity Conservation (ACCB) in protecting threatened woody plant species in the Mono biosphere reserve (Benin)**

### **ABSTRACT**

The creation of biosphere reserves is one of the strategies adopted to ensure the conservation of biodiversity. However, the effectiveness of biosphere reserves in ensuring the conservation of biodiversity still

remains a subject of scientific debate. This study aimed to analyse the effectiveness of the Mono biosphere reserve (Benin) in the conservation of threatened woody species. Maximum entropy modelling (MaxEnt) was performed to identify suitable habitats for these threatened woody species. The suitable habitats for the various threatened woody species were then superimposed on the existing ACCB to determine the proportion of suitable habitats found in these ACCB. The results revealed conservation gaps in the Mono biosphere reserve, as more than 86% of suitable habitats for threatened woody species were found outside the core area and buffer zone of the reserve where conservation efforts were concentrated. Based on these results, it is necessary to generate new core areas from suitable habitats of threatened woody species to reduce the conservation gaps in the Mono biosphere reserve.

© 2021 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords** : MaxEnt, environmental variables, occurrence, suitable habitats, biosphere reserve.

---

## INTRODUCTION

La protection des habitats joue un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité (Brooks et al., 2019 ; Gbedayi et al., 2019 ; Gueulou et al., 2020). A cet effet, la création des aires protégées est considérée comme une stratégie efficace de conservation de la biodiversité et des efforts est consentie de par le monde pour leur gestion durable (Anderson and Mammides, 2020). Le programme sur l'homme et la biosphère (MAB) de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) a établi de nombreuses réserves de biosphère (RB) à travers le monde pour la conservation. Ces réserves de biosphère ont principalement pour but de : i) conserver la diversité naturelle et culturelle (Reed, 2019) ; ii) proposer un modèle de gestion durable des ressources naturelles (Jauro et al., 2020) ; et iii) assurer l'éducation et la formation des gestionnaires (Reed, 2019). Elles sont divisées en trois zones interdépendantes définies selon les niveaux d'interaction humaine, à savoir, l'aire centrale, la zone tampon et les zones de transition (Jauro et al., 2020).

À ce jour, les preuves de l'efficacité des RB pour la conservation des espèces menacées sont mitigées (Gibbs and Currie, 2012). En effet, selon UNEP-WCMC and IUCN (2021), seulement 21% des zones clés pour la biodiversité (ZCB) dans le monde sont entièrement couvertes par des aires protégées, tandis que 35% ne sont protégées par aucun système d'aires protégées. Au Bénin, le réseau d'aires protégées couvre une superficie de 27391 km<sup>2</sup>, soit 23,65% de la superficie du

territoire national (ABE, 2017). Parmi ces aires protégées, 4 sont reconnues par le programme MAB de l'UNESCO en tant que réserve de biosphère entre 1980 et 2020. L'une d'entre elles est la réserve de biosphère du Mono qui a été créée en 2017 pour servir de modèle conciliant le développement et la conservation de la nature dans le sud-ouest du Bénin dépourvu préalablement d'aire protégée (GIZ, 2016). L'établissement de cette réserve a permis de définir 6 aires communautaires de conservation de la biodiversité (ACCB) qui fonctionnent comme les aires centrales pour la conservation (GIZ, 2016).

En dépit de leur importance écologique, la question de l'efficacité de ces aires protégées dans la conservation de la biodiversité devient une préoccupation scientifique majeure en vue d'orienter et d'apprécier les efforts de conservation (Anderson and Mammides, 2020 ; Cazalis, 2021). Pour certains auteurs, les aires protégées demeurent la pierre angulaire de la conservation et restent indispensables pour conserver les espèces menacées d'extinction (Bingham et al., 2019). Pour d'autres auteurs, les aires protégées présentent dans plusieurs cas des lacunes de conservation et ne sont pas efficaces à 100% pour conserver la biodiversité (Cazalis, 2021). C'est ainsi que cette étude portait sur le cas spécifique de la réserve de biosphère du Mono au Bénin pour analyser son niveau d'efficacité dans la conservation de la biodiversité et particulièrement des espèces ligneuses menacées de disparition.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer l'efficacité des RB dans la conservation de la biodiversité. Des études antérieures basées sur les implications juridiques et économiques ont révélé une corrélation positive entre les zones de conservation communautaires et l'habitat approprié de conservation de la biodiversité (Camaclang et al., 2015), tandis que d'autres basées sur la modélisation de la distribution des espèces (SDM) ont révélé que les RB ne semblaient pas avoir d'effet significatif sur la conservation de la biodiversité (Gibbs and Currie, 2012). L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) recommande d'ailleurs l'analyse des lacunes de conservation pour définir des zones prioritaires de conservation de la biodiversité (Langhammer et al., 2011). Actuellement, la tendance à utiliser les modèles de distribution des espèces (SDM) pour prédire l'efficacité des réserves de biosphère dans la conservation de la biodiversité est en plein essor (Longru et al., 2010). Les SDM offrent une approche alternative plus pratique et susceptible de mieux améliorer les observations directes et d'améliorer l'interprétation et la compréhension de la répartition des espèces. Ils permettent également de comprendre comment la localisation d'habitats favorables est influencée par les changements environnementaux (changement climatique, changement dans l'utilisation de l'espace). Il est donc important de mener des études sur chaque RB afin de fournir des informations utiles et opportunes pour une meilleure compréhension de l'efficacité de ces dernières.

Dans cette étude, la modélisation de la distribution des espèces (SDM) a été mise en œuvre en tant que modèle d'identification des habitats favorables pour analyser l'efficacité de la réserve de biosphère du Mono au Bénin dans la conservation des espèces ligneuses menacées.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Milieu d'étude**

La réserve de biosphère du Mono au Bénin est située entre les latitudes 6°11'14.2" N et 6°59'58.7" N et entre les longitudes

1°35'47.1" E et 1°59'28.1" E (Figure 1). Selon White (1983), la réserve est localisée dans la zone de transition entre les centres régionaux d'endémisme guinéo-congolais et soudanien (zone XI). Le découpage phytogéographique du Bénin de Adomou et al. (2006), situe la réserve dans les districts phytogéographiques du Côtier et du Plateau. Reconnue comme réserve de biosphère en 2017, c'est la première réserve côtière du Bénin qui englobe dans sa partie sud la forêt de mangrove non protégée préalablement par le réseau d'aires protégées du Bénin. Elle est une réserve communautaire constituée de six Aires Communautaires de Conservation de la Biodiversité (ACCB) dispersées que sont l'ACCB de la Bouche du Roy, l'ACCB du Lac Toho, l'ACCB de la forêt de Naglanou, l'ACCB de la mare d'Adjamè, l'ACCB Togbadji et l'ACCB Dévé (GIZ, 2016). La superficie totale de cette réserve est de 142497,8 ha. Le zonage de la réserve selon le modèle de MAB UNESCO comprend l'aire centrale, la zone tampon et la zone de transition (GIZ, 2016). Au point de vue climatique, la réserve bénéficie d'un climat subéquatorial caractérisé par la succession annuelle de quatre saisons : 2 saisons pluvieuses et 2 saisons sèches en alternance et d'inégales durées (Hadonou-Yovo et al., 2019). La pluviométrie varie entre 900 et 1100 mm par an (Météo-Bénin, 2019). Les principaux types de végétation rencontrés sont les mangroves, les prairies marécageuses, les forêts marécageuses, les forêts ripicoles, les forêts galeries, les forêts denses semi-décidues, les savanes boisées, les savanes arborées et les agroécosystèmes (GIZ, 2016).

### **Collecte des données**

#### ***Echantillonnage et inventaire floristique***

Pour la détermination de la taille des échantillons dans le cadre des inventaires floristiques, la richesse spécifique a été retenue comme critère permettant de calculer le nombre d'unités d'échantillonnage à installer avec précision dans la réserve. A l'échelle de la réserve de biosphère du Mono, la variabilité de la richesse spécifique est très élevée. D'après les inventaires floristiques

antérieurs réalisés dans la réserve (Hadonou-Yovo et al., 2019), le coefficient de variation (CV) de la richesse spécifique est estimé à 85%. La précision voulue dans la collecte des données est de 10%, pour un niveau de confiance de 95% ( $U_{1-\alpha/2} = 1,96$ ). Le nombre  $N$  d'unités d'échantillonnage a donc été calculé par la formule de Dagnelie (2011) :

$$N = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 CV^2}{d^2}$$

Où :

- $N$  correspond au nombre d'unités d'échantillonnage à inventorier ;
- $CV$  représente le coefficient de la variation de la richesse spécifique issu des études antérieures ;
- $d$  est l'erreur-type voulue sur la variable considérée, soit 10% dans le cas de cette étude ;
- $U_{1-\alpha/2}$  est la valeur de la variable  $t$  de Student, qui vaut 1,96 pour un seuil de probabilité de 95%. Le nombre d'unités d'échantillonnage estimé est de = 277,55. Sur cette base, 280 placeaux de relevé (133 à l'intérieur des aires centrales et des zones tampons des ACCB) aléatoirement repartis sur l'ensemble de la réserve ont été installés et inventoriés.

L'aire minimale de relevé qui a été utilisée pendant l'étude est de 30 m x 30 m pour la strate arborescente et de 10 m x 10 m pour la strate herbacée (Hadonou-Yovo et al., 2019). Au sein des placeaux, en plus des données floristiques, des données environnementales ont été collectées. Les variables environnementales étaient : pourcentage de recouvrement de la strate ligneuse et de la strate herbacée et type de sol/texture du sol. Les données sur la composition floristique ont concerné : la liste exhaustive par strate (herbacée, arborescente) de toutes les espèces au sein des placeaux, le coefficient d'abondance-dominance de chaque espèce par strate suivant l'échelle de Braun-Blanquet (1932). La détermination des espèces végétales a été directement faite sur le terrain avec l'aide de la flore analytique du Bénin (Akoegninou et al., 2006) et sur la base de nos connaissances. Les espèces non

directement identifiées sur le terrain ont été herborisées et identifiées à l'Herbier National du Bénin.

#### ***Statut de conservation des espèces ligneuses inventoriées***

Le statut de conservation de chaque espèce ligneuse inventoriée a été déterminé sur la base de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) établie pour le Bénin (Neuenschwander et al., 2011). Selon leur statut de conservation, l'UICN classe les espèces en neuf catégories qui sont : éteinte (EX), éteinte à l'état sauvage (EW), en danger critique (CR), en danger (EN), vulnérable (VU), quasi-menacée (NT), préoccupation mineure (LC), données insuffisantes (DD), non évaluée (NE). Une espèce est désignée comme menacée, si elle appartient à la catégorie en danger critique (CR), en danger (EN), vulnérable (VU). Ajoutées à ces trois catégories, les espèces quasi-menacées (NT) ont été aussi considérées. Au total, 17 espèces ligneuses de la réserve de biosphère du Mono ont été évaluées comme menacées ou quasi-menacées selon la liste rouge du Bénin (Neuenschwander et al., 2011) (Tableau 1).

#### ***Modélisation de la distribution des habitats potentiellement favorables aux espèces ligneuses menacées***

La modélisation de la distribution des espèces est une représentation spatio-temporelle des habitats favorables d'une espèce donnée suivant des variables environnementales (Saliou et al., 2014 ; Dossou et al., 2019 ; Toko Imorou, 2020). En effet, la modélisation repose sur l'hypothèse principale considérant que si une espèce est présente dans un habitat caractérisé par un certain nombre de variables environnementales, elle doit être capable de survivre et de se reproduire en tout autre lieu présentant les mêmes caractéristiques (Santana et al., 2008). Elle est actuellement d'une importance cruciale, pour évaluer l'influence des facteurs environnementaux sur l'identification des habitats favorables d'une espèce (Dossou et al., 2019). Dans le cadre de cette étude, l'approche de modélisation corrélative a été utilisée. Elle consiste à

estimer les habitats favorables à une espèce végétale ou à un ensemble d'espèces, en associant les données d'occurrence à des variables environnementales qui sont raisonnablement susceptibles d'influencer sa physiologie et sa capacité de persistance (Fandohan et al., 2011). Le modèle MaxEnt se révèle comme l'un des algorithmes d'intelligence artificielle de plus en plus utilisés pour déterminer la distribution des habitats favorables aux espèces. C'est une technique de modélisation de la distribution des espèces, uniquement basée sur le principe d'entropie maximale et connue pour ses performances prédictives élevées. Le modèle MaxEnt a été utilisé pour la distribution des espèces ligneuses menacées dans cette réserve de biosphère du Mono.

#### ***Données de présence***

Les coordonnées géographiques (longitude, latitude) de chaque point de présence enregistrées lors de la phase d'inventaire floristique ont été utilisées comme base de données pour la modélisation. Cette base de données a été complétée par les points de présence des 17 espèces disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) <http://www.gbif.org/> et dans les documents issus des travaux antérieurs réalisés sur ces espèces au Bénin et dans la sous-région (Neuenschwander et al., 2011). Au total, 587 points de présence ont été utilisés pour la modélisation des habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans la réserve de biosphère du Mono (Tableau 1).

#### ***Choix des variables environnementales***

Le jeu de données environnementales qui a été utilisé dans le cadre de cette étude comporte : les vingt-deux variables bioclimatiques disponibles dans la base de données Africlim, l'altitude, les types de sols, et les données sur la couverture végétale (Platts et al., 2015). Le Tableau 2 présente les variables environnementales qui ont été utilisées pour la modélisation.

#### **Analyse des données**

##### ***Sélection des variables environnementales***

La sélection des variables environnementales peut se révéler importante surtout dans le cas où l'étude se base sur un modèle corrélatif. Ainsi, pour éviter une forte corrélation entre les prédicteurs du modèle, le jeu de données a été réduit en éliminant les variables fortement corrélées. Une analyse de corrélation de Pearson et une analyse du Facteur d'Inflation de la Variance (VIF) ont été effectuées à l'aide du package Uncertainty Analysis for Species Distribution Models (USDM) avec le langage de programme R (Naimi et al., 2014 ; Dossou et al., 2019). Les variables avec le VIF le plus élevé ( $VIF > 10$ ) ont été exclues et les données restantes ont été à nouveau analysées. Ce processus a été répété jusqu'à ce que toutes les variables restantes aient un VIF inférieur à 10 (Dossou et al., 2019).

##### ***Evaluation du modèle***

La performance du modèle MaxEnt a été déterminée à partir du test de Jackknife (Pearson et al., 2007). En effet, le test de Jackknife montre le gain résultant des données utilisées pour l'apprentissage (training set) de chaque variable si le modèle a été exécuté de manière isolée et le compare au gain des données d'apprentissage de toutes les variables. En plus, l'indice Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve ou encore AUC a été utilisé pour confirmer le résultat du test de Jackknife. Le modèle est excellent si  $AUC > 0,9$  ; bon si  $0,9 > AUC > 0,8$  ; passable si  $0,8 > AUC > 0,7$  ; faible si  $0,7 > AUC > 0,6$  et échec si  $0,6 > AUC > 0,5$  (Swets, 1988).

##### ***Superposition des ACCB et des habitats actuels très favorables aux espèces***

Les cartes des habitats favorables ont été stockées comme fichiers rasters (un format de fichier SIG). Ces données ont été ensuite superposées à la carte des ACCB de la réserve avec le logiciel SIG ArcGIS 10.5 afin d'évaluer si les espèces menacées ont des habitats favorables hors des ACCB.

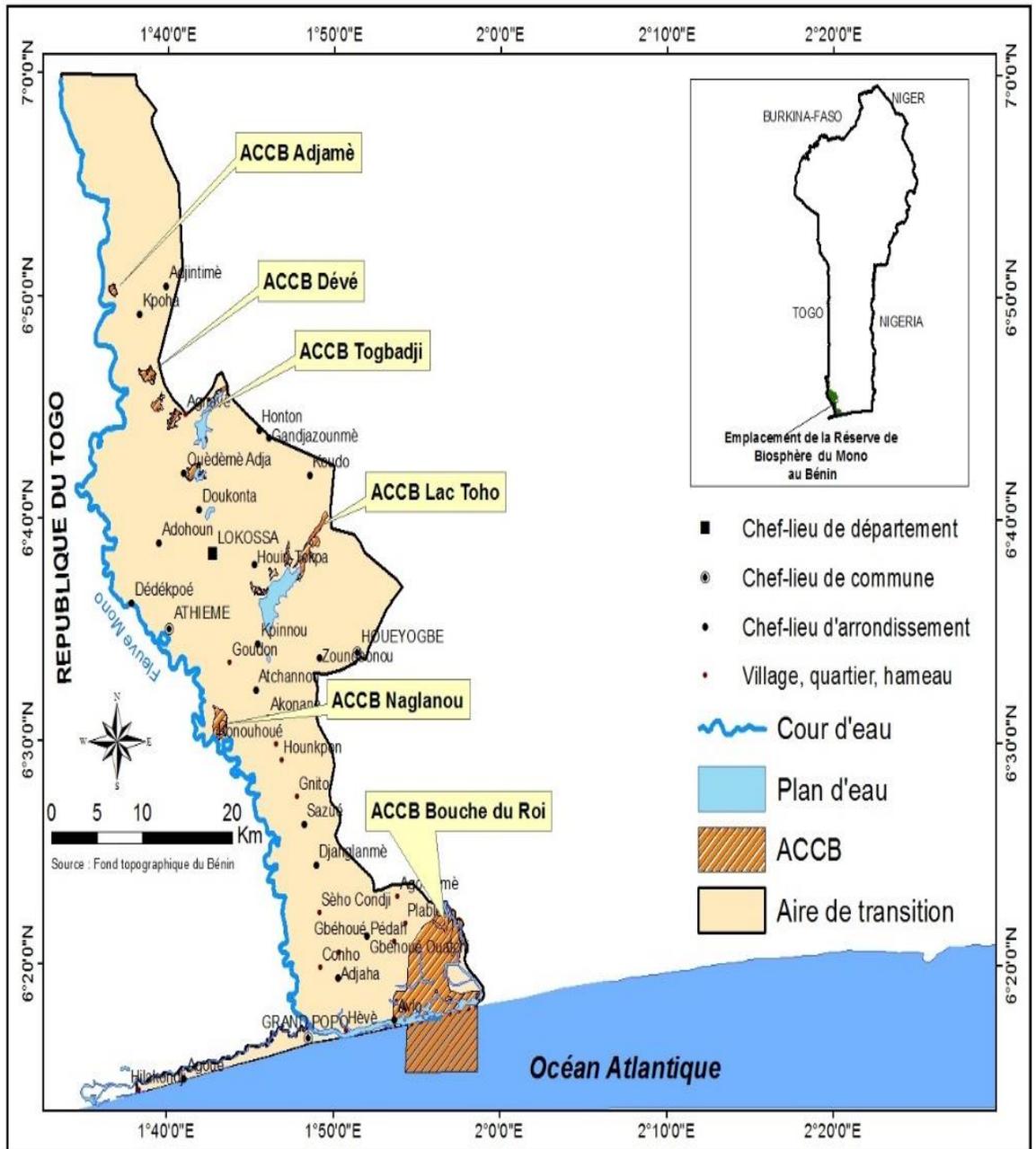


Figure 1 : Situation des ACCB au sein de la réserve de biosphère du Mono au Bénin.

**Tableau 1 :** Liste des plantes ligneuses menacées dans la réserve de biosphère du Mono.

Noms scientifiques	Statuts de conservation au niveau national
<i>Barteria nigritiana</i>	CR
<i>Chrysobalanus icaco</i>	CR
<i>Azelia africana</i>	EN
<i>Cola millenii</i>	EN
<i>Khaya senegalensis</i>	EN
<i>Milicia excelsa</i>	EN
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	EN
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	EN
<i>Aidia genipiflora</i>	NT
<i>Irvingia gabonensis</i>	NT
<i>Rauwolfia vomitoria</i>	NT
<i>Albizia ferruginea</i>	VU
<i>Avicennia germinans</i>	VU
<i>Carissa spinarum</i>	VU
<i>Chrysophyllum albidum</i>	VU
<i>Rhizophora racemosa</i>	VU
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	VU

Légende : En danger critique d'extinction (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi menacé (NT).

**Tableau 2 :** Types de données environnementales utilisées dans la modélisation.

Type de données	Source
<b>Climatique</b>	
22 variables bioclimatiques	Africlim : <a href="http://www.york.ac.uk/environment/research/kite/resources/">http://www.york.ac.uk/environment/research/kite/resources/</a>
<b>Topographie</b>	
modèle numérique d'élévation du terrain (MNT) 1km résolution	USGS : <a href="http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html">http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html</a>
Végétation (Images satellite) Various land cover datasets	Global Landcover Facility : <a href="http://glcf.umiacs.umd.edu/data/">http://glcf.umiacs.umd.edu/data/</a>
<b>Types de sols et composition physico-chimique des sols</b>	
Types de sols globaux	UNEP : <a href="http://www.grid.unep.ch/data/data.phpcategory=lithosphere">http://www.grid.unep.ch/data/data.phpcategory=lithosphere</a>
Composition physico-chimique des sols	ISRIC soil : <a href="http://www.isric.org">www.isric.org</a>

**RESULTATS**

**Test de colinéarité des prédicteurs**

Deux variables (sable et longueur de la saison sèche 'lids') d'entrée du modèle ont un problème de colinéarité. Après avoir exclu les variables colinéaires, les résultats du test de multicollinéarité indiquent que la valeur VIF la plus élevée est de 5,64 pour 10 variables restantes (Tableau 3). Par conséquent, dans cette recherche, il n'y avait pas de multicollinéarité parmi les 10 prédicteurs efficaces sélectionnés pour modéliser les habitats favorables des plantes ligneuses menacées.

**Évaluation du modèle et variables déterminant la distribution des plantes ligneuses**

L'AUC du modèle MaxEnt est supérieur à 0,7 et peut donc être considéré comme acceptable par rapport au modèle d'adéquation de l'habitat des espèces de plantes ligneuses menacées. L'évaluation de la contribution des variables environnementales au modèle a montré que trois variables (pet, dm et oc) ont contribué collectivement à plus de 76,7%. L'évapotranspiration potentielle a apporté la plus grande contribution (Pet : 63,2%), suivie par le nombre de mois secs

(Dm : 6,8%) et le taux de carbone organique dans le sol (OC : 6,7%) (Tableau 4).

**Efficacité des aires communautaires de conservation de la biodiversité (ACCB)**

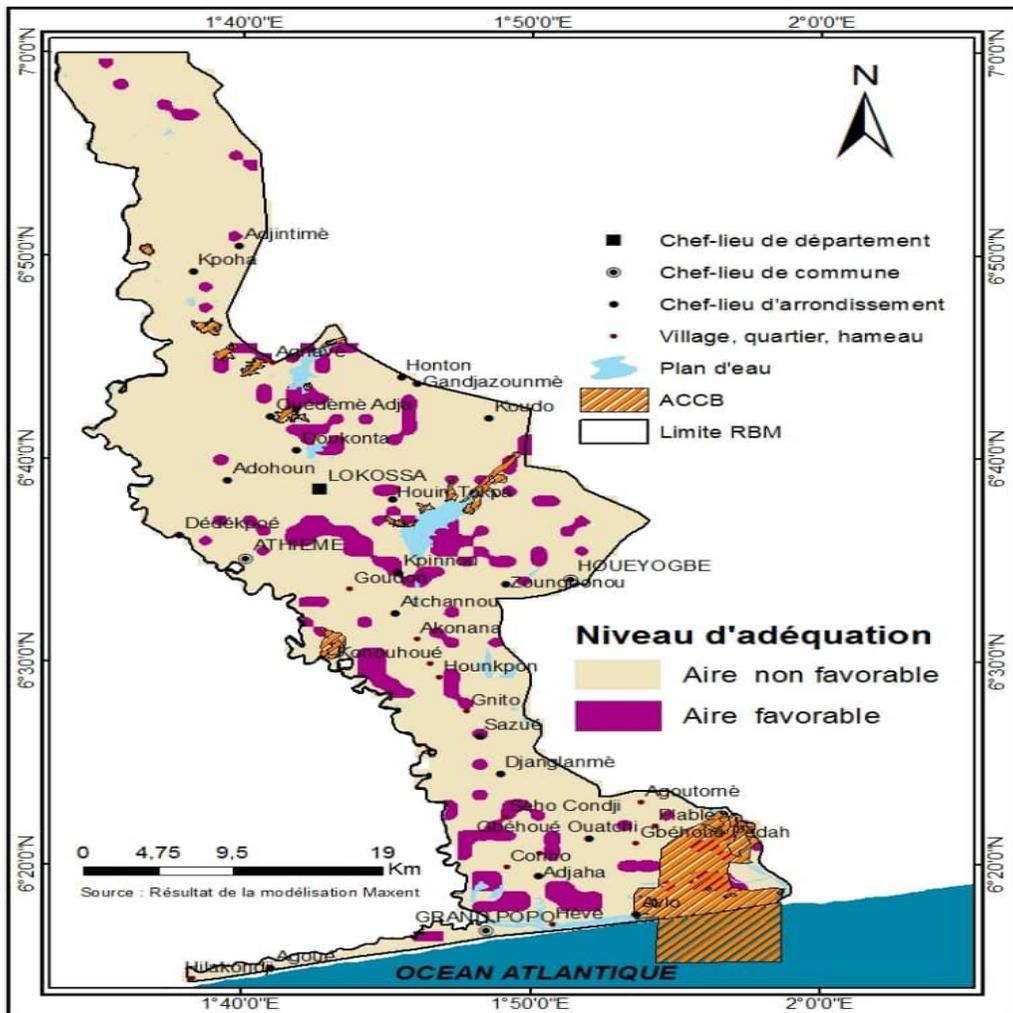
Les habitats appropriés pour les espèces ligneuses menacées couvraient une superficie de 115,50 km<sup>2</sup>, correspondant 12,75% de la superficie totale de la réserve de biosphère du Mono (Figure 2). Des 115,50 km<sup>2</sup> d'habitats favorables aux espèces ligneuses menacées, 99,5 km<sup>2</sup> se trouvaient à l'extérieur des aires centrales et des zones tampons des ACCB, soit plus de 86%. Les habitats favorables aux espèces ligneuses se trouvant à l'intérieur des aires centrales et des zones tampons des ACCB couvraient une superficie de 16 km<sup>2</sup>, soit 15,5% de la superficie totale des ACCB. Les ACCB de la Bouche du Roy, du lac Toho et de Naglanou et avaient peu d'habitats favorables (Figures 3, 4 et 5). L'ACCB d'Adjamé ne disposait pas d'habitats favorables pour les espèces ligneuses menacées (Tableau 5 ; Figure 6). Les ACCB de Dévé et Togbadji avaient fourni la plus grande superficie d'habitats favorables pour les espèces ligneuses menacées (85,53% de la superficie totale, Tableau 5 ; Figures 7 et 8).

**Tableau 3 :** Multicollinéarité des variables utilisées dans la modélisation des habitats favorables.

Code	Variables	VIF
Hii	Indice de l'Influence Humain	1,066
Ph	Potentiel hydrogène	1,203
Oc	Taux de Carbone Organique	2,083
bio1	Température moyenne annuelle	3,222
Clay	Taux d'argile	3,582
Cec	Capacité d'échange Cationique	3,727
bio12	Pluviométrie Moyenne annuelle	4,052
Silt	Taux de limon	4,870
Dm	Nombre de mois sec	5,380
Pet	Evapotranspiration potentielle	5,636

**Tableau 4 :** Contribution relative des variables environnementales au modèle MaxEnt.

Variables	Désignation	Contribution (%)
Pet	Evapotranspiration potentielle	63,2
Dm	Nombre de mois secs	6,8
Oc	Taux de carbone organique	6,7
bio12	Précipitation annuelle	5,5
Hii	Indice de l'influence humain	4,8
bio1	Température moyenne annuelle	3,2
Cec	Capacité d'échange cationique	3
Soil type	Types de sols	2,8
Clay	Taux d'argile	2,4
Silt	Taux de limon	0,7
Ph	Potentiel hydrogène	0,7



**Figure 2 :** Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans la réserve de biosphère du Mono, Bénin.

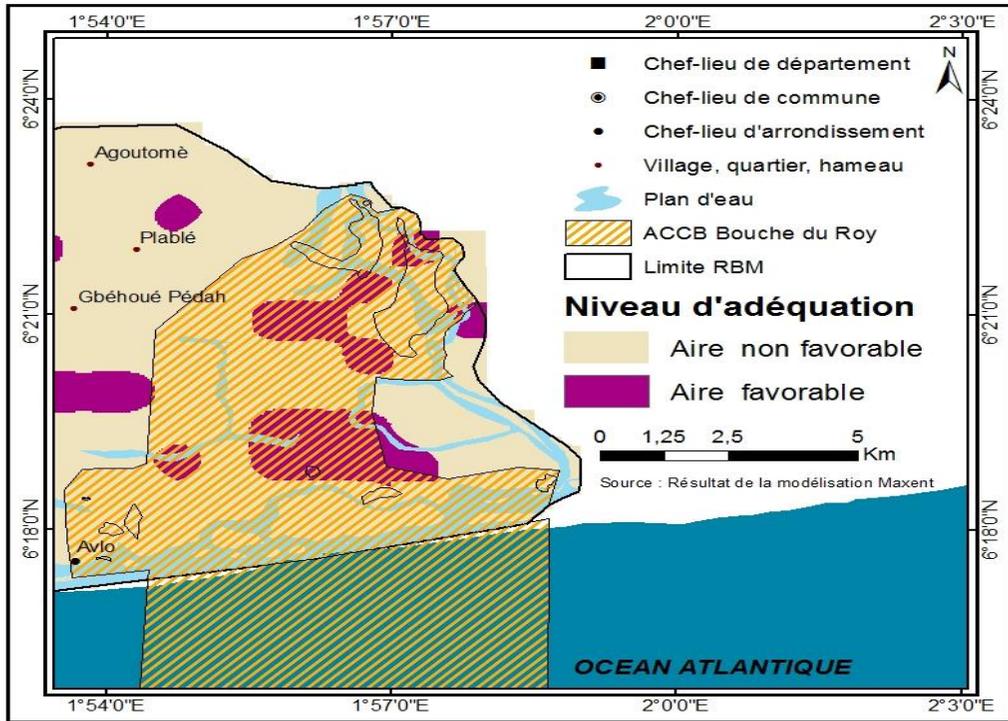


Figure 3 : Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Bouche du Roy ».

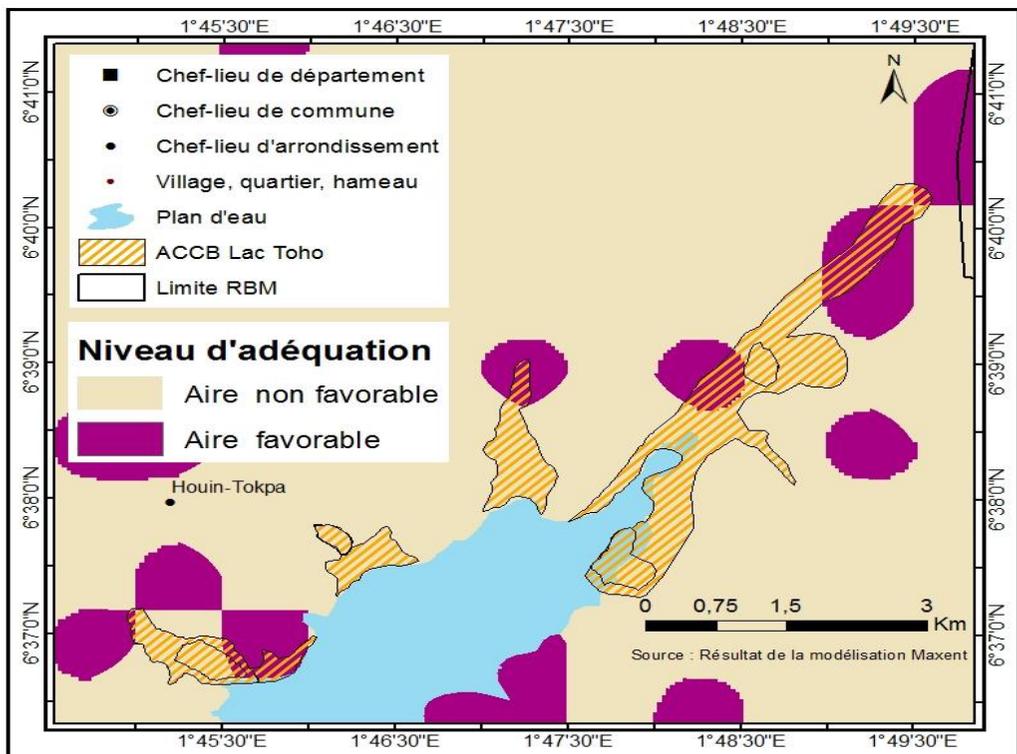
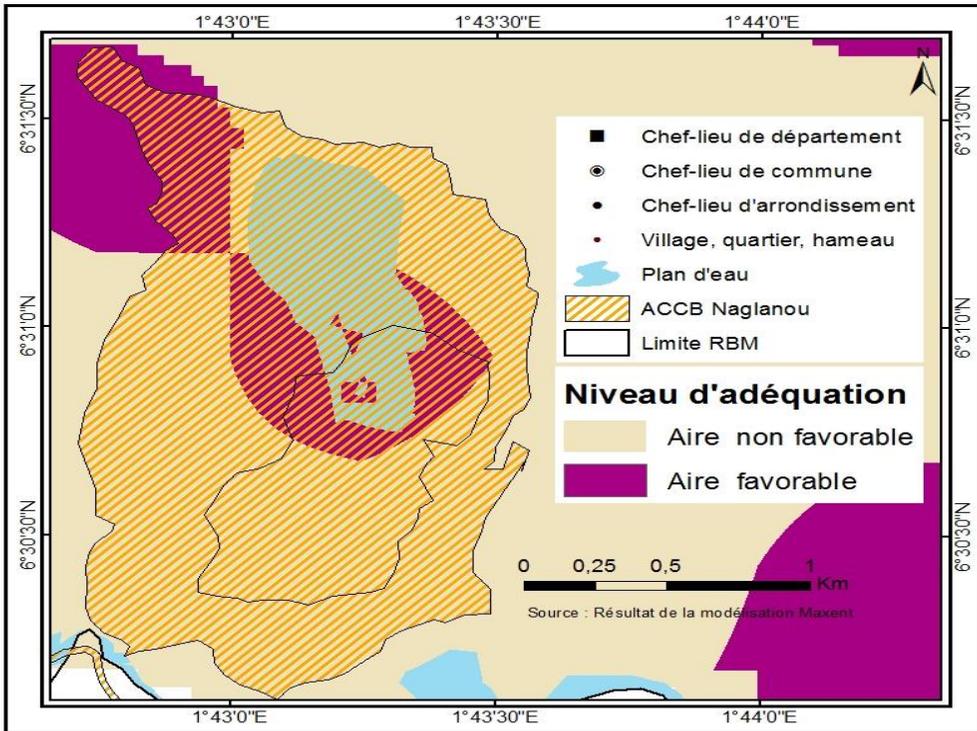
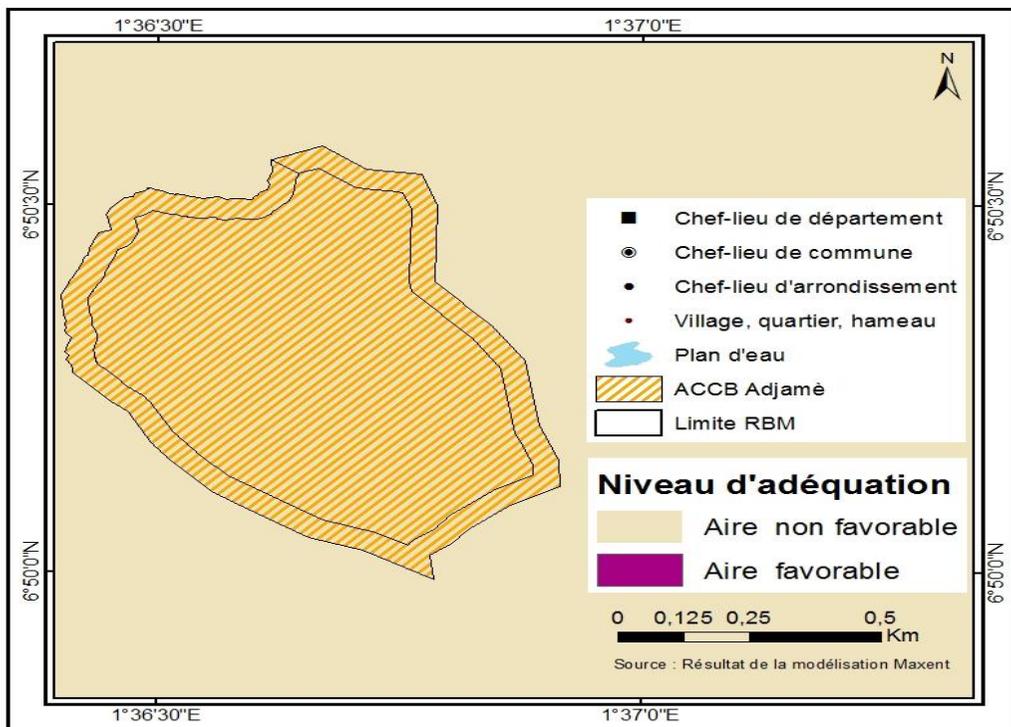


Figure 4 : Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Lac Toho ».



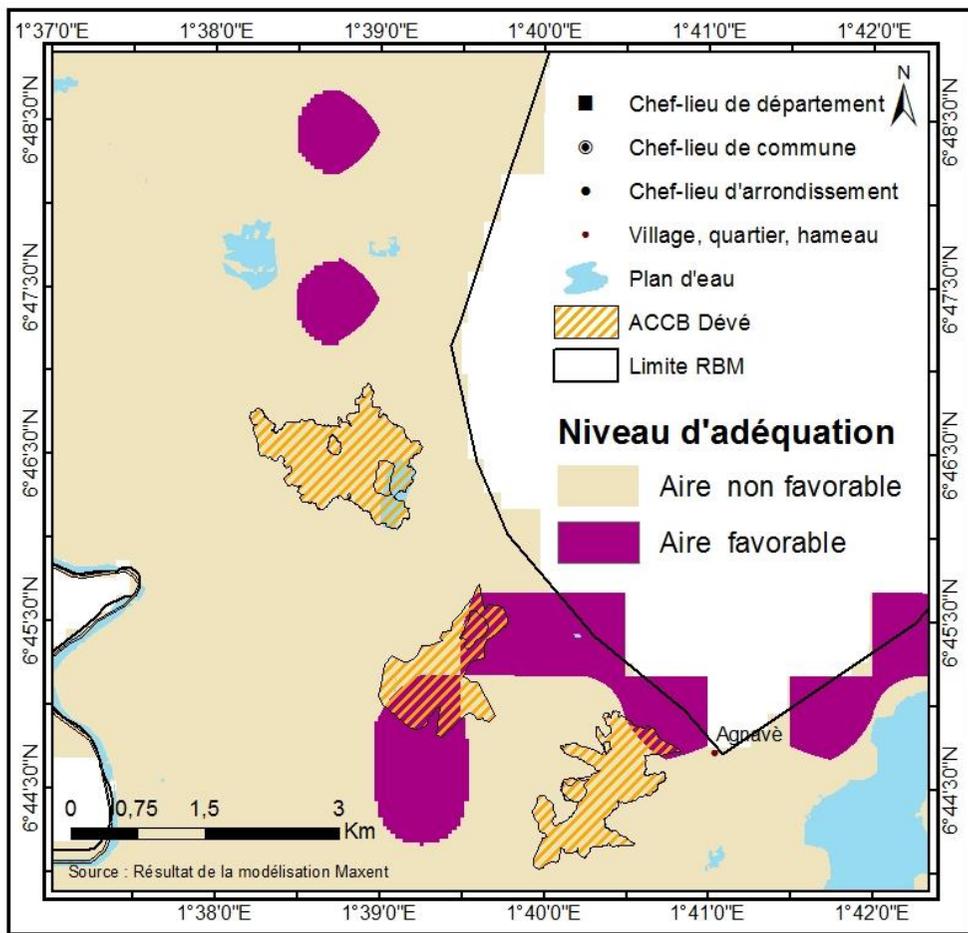
**Figure 5 :** Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Naglanou ».



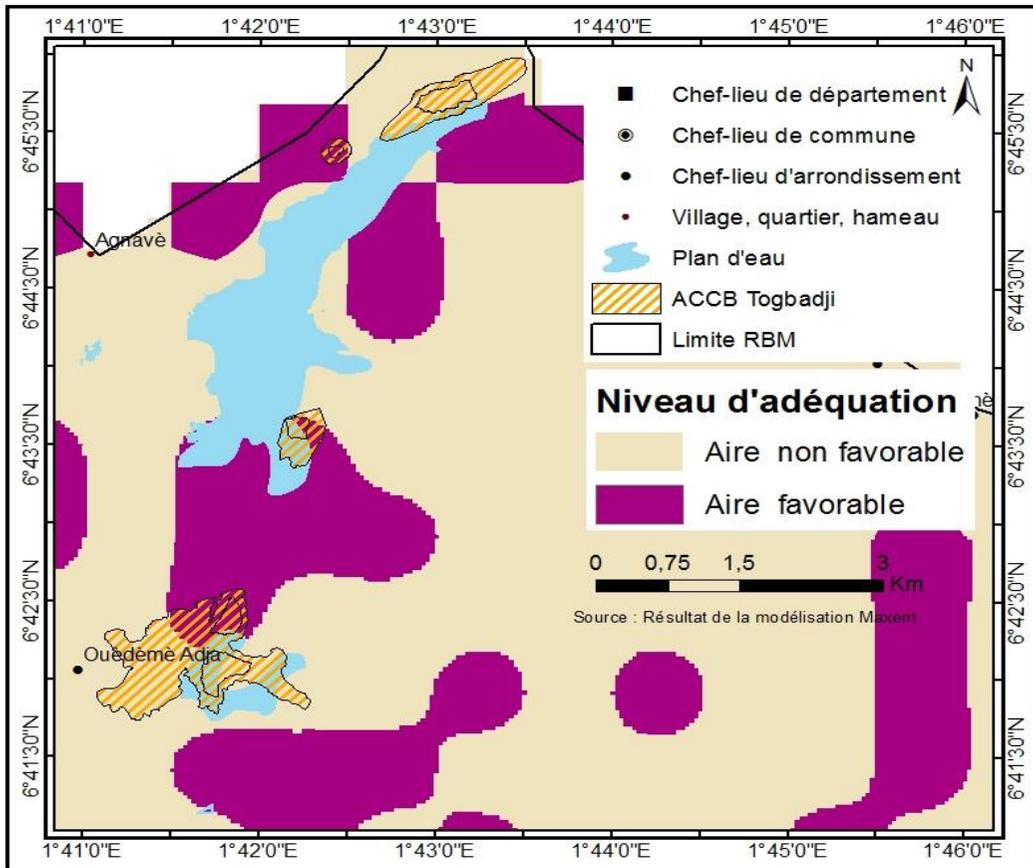
**Figure 6 :** Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Adjamé ».

**Tableau 5 :** Proportion des habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans les ACCB.

ACCB	Superficie des ACCB (km <sup>2</sup> )	Superficie des habitats favorables (km <sup>2</sup> )	Proportion (%)
Dévé	3,83	2,5	65,29
Lac Toho	6,14	1,5	24,41
Togbadji	2,47	0,5	20,24
Naglanou	3,20	0,5	15,65
Bouche du Roy	87,00	11	12,64
Adjamé	0,64	0	0,00
<b>Total</b>	<b>103,28</b>	<b>16</b>	<b>15,53</b>



**Figure 7 :** Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Dévé ».



**Figure 8 :** Habitats favorables aux espèces ligneuses menacées dans l'ACCB « Togbadji ».

**DISCUSSION**

**Contribution des variables déterminant la distribution des 17 espèces ligneuses menacées**

Le modèle MaxEnt a réussi à identifier les habitats favorables des espèces ligneuses menacées. Ce modèle a démontré que les habitats favorables des plantes ligneuses ciblées étaient fortement influencés par les variables d'évapotranspiration potentielle (pet), nombre de mois secs (dm), carbone organique (oc). Les résultats obtenus corroborent avec ceux de Olson et al. (2020), qui ont mis en exergue les variables environnementales telles que les propriétés du sol et le climat comme favorable à la distribution des plantes. En effet, pour les plantes qui sont pérennes, le climat à travers le nombre de mois secs et l'évapotranspiration

affecte la physiologie de la plante et son potentiel de développement donc sa distribution géographique (Konapala et al., 2020). De plus, le type de sol notamment sa composition en carbone organique influence le développement des plantes ligneuses (Ding et al., 2018). Ainsi, la distribution de la niche écologique d'une espèce végétale donnée est sous la dépendance de plusieurs variables dont les plus significatives étaient l'évapotranspiration potentielle, le nombre de mois secs et le carbone organique telles que révélées par l'étude.

**Efficacité existante des aires de conservation de la biodiversité**

Les zones d'habitats favorables des espèces ligneuses menacées modélisées

représentaient 12,75% de la superficie totale de la réserve de biosphère du Mono, ce qui indique que de graves lacunes de conservation existent dans cette réserve. Les habitats favorables aux ligneux menacés sont relativement de faibles superficies et fortement fragmentés. Cette situation s'explique par la situation de la réserve dans le sillon de récession climatique appelé « Dahomey Gap » et la déforestation. Cette réserve de biosphère appartient au Dahomey Gap, qui est défini comme une barrière écogéographique importante aux échanges d'espèces entre les deux blocs forestiers (guinéen à l'Ouest et congolais à l'Est) et est complètement dépourvu de forêts tropicales sempervirentes (Adomou et al., 2006). Il est largement dominé par des champs, des jachères, des plantations et des prairies marécageuses entremêlées de quelques vestiges de forêts semi-décidues (Hadonou-Yovo et al., 2019). En dehors de la situation de la réserve dans le Dahomey Gap, elle est aussi confrontée à une forte pression anthropique. En effet, les activités humaines ont eu de graves répercussions sur la conservation des ressources naturelles notamment celles de la végétation (Hadonou-Yovo et al., 2019).

Cette étude représente la première tentative d'évaluation de l'efficacité de la réserve de biosphère du Mono en matière de conservation des espèces ligneuses menacées. En effet, plusieurs études ont porté sur l'efficacité des aires protégées pour assurer la représentativité et la persistance des composantes de la biodiversité au Bénin (Adjahossou et al., 2016). Certaines des études ont souligné l'effet positif des aires protégées pour conserver certaines espèces précieuses (Fandohan et al., 2011). Cependant, un examen des objectifs de conservation pour différentes aires protégées a indiqué une nette différence entre les attentes de conservation et l'efficacité de la

conservation des espèces (Assédé et al., 2018). Les raisons possibles des lacunes de conservation sont multiples. Le manque d'informations sur les plantes ligneuses menacées à utiliser comme base scientifique pour la délimitation des aires de conservation communautaires induisant un biais entre la délimitation des aires protégées et la distribution des points chauds de la biodiversité.

### **Conclusion**

L'approche de modélisation MaxEnt adoptée a été utilisée pour cartographier les habitats appropriés de différentes espèces ligneuses menacées dans la réserve de biosphère du Mono. L'étude a révélé la localisation et l'étendue de la distribution des habitats favorables aux espèces végétales menacées de disparition. Il a été observé qu'une faible proportion de la superficie de cette réserve constituait des habitats favorables aux espèces ligneuses menacées. Il a été également noté que de petites portions d'habitats favorables sont localisées dans les ACCB. Bien qu'il puisse y avoir certaines limites dans la cartographie de la qualité de l'habitat et de la répartition des espèces, les conclusions de cette étude peuvent aider à identifier d'autres zones à ériger en ACCB pour assurer la conservation des espèces ligneuses menacées.

### **CONFLIT D'INTERETS**

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts concernant ce manuscrit.

### **CONTRIBUTIONS DES AUTEURS**

LGH et OA ont conçu l'idée de recherche. SAAS et EMD ont collecté et analysé les données puis rédigé la première version du manuscrit. OA, LGH et BT ont amélioré le manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit avant sa soumission.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les associations de gestion communautaire des ACCB ainsi que les différentes ONG œuvrant pour la conservation de la réserve pour leur soutien lors de la collecte des données sur le terrain. Nous remercions notre assistant de terrain AKIDE Pacôme pour la collecte des données.

## REFERENCES

- ABE. 2017. Rapport intégré sur l'état de l'environnement au Bénin. ABE, Cotonou, Bénin.
- Adjahossou SGC, Gouwakinnou GN, Houehanou DT, Sode AI, Yaoitcha AS, Houinato MRB, Sinsin B. 2016. Efficacité des aires protégées dans la conservation d'habitats favorables prioritaires de ligneux de valeur au Bénin. *Bois & Forêts des Tropiques*, **328**: 67-76.
- Adomou AC, Sinsin B, van der Maesen LJG. 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. *Systematics and Geography of Plants*, **76**: 155-178.
- Akoègninou A, van der Burg WJ, van der Maesen LJG. 2006. *Flore Analytique du Bénin* (Ed). Backhuys Publisher: Wageningen.
- Anderson E, Mammides C. 2020. The role of protected areas in mitigating human impact in the world's last wilderness areas. *Ambio.*, **49**: 434-441. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01213-x>
- Assédé ESP, Djagoun CAMS, Azihou FA, Gogan YSC, Kouton MD, Adomou AC, Sinsin B. 2018. Efficiency of conservation areas to protect orchid species in Benin, West Africa. *South African Journal of Botany*, **116**: 230-237. DOI: [10.1016/j.sajb.2018.02.405](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.02.405)
- Bingham HC, Bignoli DJ, Lewis E, MacSharry B, Burgess ND, Visconti P, Deguignet M, Misrachi M, Walpole M, Stewart JL, Brooks TM, Kingston N. 2019. Sixty years of tracking conservation progress using the World Database on Protected Areas. *Nature Ecology & Evolution*, **3**(5): 737-743.
- Braun-Blanquet J. 1932. *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. McGraw Hill: New York.
- Brooks TM, Pimm SL, Akçakaya HR, Buchanan GM, Butchart SH, Foden W, Rondinini C. 2019. Measuring terrestrial area of habitat (AOH) and its utility for the IUCN Red List. *Trends in Ecology & Evolution*, **34**(11): 977-986. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.06.009>
- Camaclang AE, Maron M, Martin TG, Possingham HP. 2015. Current practices in the identification of critical habitat for threatened species. *Conservation Biology*, **29**(2): 482-492. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12428>
- Cazalis V. 2021. Efficacité des aires protégées : la pierre angulaire de la conservation de la biodiversité permet-elle réellement de protéger la nature ? Thèse de Doctorat, Université Montpellier, France.
- Dagnelie P. 2011. *Statistique Théorique et Appliquée : Inférence Statistique à Une et à Deux Dimensions*. De Boeck, Bruxelles.
- Ding J, Zhao W, Fu B, Wang S, Fan H. 2018. Variability of *Tamarix* spp. Characteristics in riparian plant communities are affected by soil properties and accessibility of anthropogenic disturbance in the lower reaches of Heihe River, China. *Forest Ecology and Management*, **410**: 174-186. DOI: [10.1016/j.foreco.2017.10.003](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.003)
- Dossou ME, Houessou GL, Loughbegnon OT, Codjia JTC. 2019. Habitat suitability

- modeling of common hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*) in southwestern Benin, West africa. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron.*, **8**(1): 57-64.
- Fandohan B, Assogbadjo AE, Glèlè Kakai RL, Sinsin B. 2011. Effectiveness of a protected areas network in the conservation of *Tamarindus indica* (Leguminosae-Caesalpinioideae) in Benin. *African Journal of Ecology*, **49**(1): 40-50. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2010.01228.x>
- Gbedahi OLC, Biaou SSH, Mama A, Gouwakinnou GN, Yorou NS. 2019. Dynamique du couvert végétal à Bassila au nord Bénin pendant et après la mise en œuvre d'un projet d'aménagement forestier. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(1): 311-324. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.25>
- Gibbs KE, Currie DJ. 2012. Protecting endangered species: do the main legislative tools work? *PLoS One*, **7**(5): e35730. DOI: [10.1371/journal.pone.0035730](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035730)
- GIZ. 2016. Plan d'aménagement et de gestion simplifié de la réserve de biosphère du Mono au Bénin. GIZ, Cotonou, Bénin.
- Gueulou N, Coulibaly B, Ouattara ND, N'guessan AK, Ahoba A, Bakayoko A. 2019. Modes de gestion et efficacité de conservation des reliques de forêts naturelles en zone tropicale sèche: cas du Département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(7): 3332-3346. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.28>
- Hadonou-Yovo AG, Houessou LG, Lougbegnon TO, Adebé Y, Dossou EM, Boko M. 2019. Caractérisation phytoécologique des groupements végétaux ligneux des Aires Communautaires de Conservation de la Biodiversité de la Réserve de Biosphère du Mono au Bénin. *Afrique Science*, **15**: 211-225.
- Jauro TI, Tesfamichael SG, Rampedi IT. 2020. Tracking conservation effectiveness in the Vhembe Biosphere Reserve in South Africa using Landsat imagery. *Environmental Monitoring and Assessment*, **192**(7): 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08416-w>.
- Konapala G, Mishra AK, Wada Y, Mann ME. 2020. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature Communications*, **11**(1): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>.
- Langhammer PF, Bakarr MI, Bennun LA, Brooks TM, Clay RP, Darwall W, De Silva N, Edga GJ, Eken G, Fishpool LDC, da Fonseca GAB, Foster MN, Knox DH, Matiku P, Radford EA, Rodrigues ASL, Salaman P, Sechrest W, Tordoff AW. 2011. Identification et analyse des lacunes des Zones clés de la biodiversité: Cibles pour des systèmes complets des aires protégées. UICN, Gland, Suisse.
- Longru J, He HS, Yufei Z, Rencang B, Keping S. 2010. Assessing the effects of management alternatives on habitat suitability in a forested landscape of northeastern China. *Environmental Management*, **45**(5): 1191-1200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9473-7>
- Météo-Bénin. 2019. Données météorologiques de la station synoptique de Cotonou 1990-2019. Météo-Bénin, Cotonou, Bénin.
- Naimi B, Hamm NA, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG. 2014. Where is

- positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography*, **37**(2): 191-203. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>
- Neuenschwander P, Sinsin B, Goergen GE. 2011. Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: une liste rouge pour le Bénin. International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Bénin.
- Olson ME, Anfodillo T, Rosell JA, Martínez-Méndez N. 2020. Across climates and species, higher vapour pressure deficit is associated with wider vessels for plants of the same height. *Plant, Cell & Environment*, **43**(12): 3068-3080. DOI: 10.1111/pce.13884
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, **34**(1): 102-117. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
- Platts PJ, Omeny P, Marchant R. 2015. AFRICLIM: high-resolution climate projections for ecological applications in Africa. *African Journal of Ecology*, **53**(1): 103-108. DOI: <https://doi.org/10.1111/aje.12180>
- Reed MG. 2019. The contributions of UNESCO Man and Biosphere Programme and biosphere reserves to the practice of sustainability science. *Sustainability Science*, **14**(3): 809-821.
- Saliou ARA, Oumorou M, Sinsin AB. 2014. Variabilités bioclimatiques et distribution spatiale des herbacées fourragères dans le Moyen-Bénin (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **8**(6): 2696-2708. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.29>
- Santana FS, de Siqueira MF, Saraiva AM, Correa PLP. 2008. A reference business process for ecological niche modelling. *Ecological Informatics*, **3**(1): 75-86. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2007.12.003
- Swets JA. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, **240**(4857): 1285-1293. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Toko Imorou I. 2020. Spatial distribution and ecological niche modelling of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., in the Guineo-Congolese region of Benin (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14**(1): 32-44. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.4>
- UNEP-WCMC, IUCN. 2021. Protected Planet Report 2020. UNEP-WCMC and IUCN, Cambridge UK, Gland, Switzerland.
- White F. 1983. The Vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the Unesco/Aetfat/Unso Vegetation Map of Africa and Map. UNESCO, Paris.