

Impact des changements climatiques sur l'aire potentielle de *Vitex doniana* Sweet au Sud-Ouest Niger, Afrique de l'Ouest

Mourtala YOUNFA ABDOU*, Maman Maarouhi INOUSSA, Idrissa SOUMANA,
Maman Laouali ADAMOU IBRAHIM, Soumana DOUMA et Yacoubou BAKASSO

Université Abdou Moumouni de Niamey, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques,
BP 10662 Niamey, Niger

Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Département de Productions Animales,
BP 429 Niamey, Niger

(Reçu le 18 Octobre 2024 ; Accepté le 16 Décembre 2024)

* Correspondance, courriel : younfaabdou1@gmail.com

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact potentiel des changements climatiques sur les habitats de la prune noire (*Vitex doniana* Sweet.) au Sud-Ouest du Niger. Cette espèce ligneuse multi-usages est soumise à des fortes pressions anthropiques. Le principe d'entropie maximale (MaxEnt) en combinaison avec le Système d'Information Géographique (SIG) a été utilisé pour modéliser les habitats favorables à la culture et à la conservation de l'espèce, sous les conditions climatiques actuelles et futures à l'horizon 2055 sous les scénarii RCP4.5 et RCP8.5 qui dérivent de Africlim pour expliquer la distribution de cette espèce. Les données de présence collectées et combinées aux variables bioclimatiques disponibles sur GBIF, iNaturalist et Flickr ont servi à la modélisation de son habitat selon le principe d'entropie maximum. Les résultats de la modélisation montrent que la température moyenne annuelle (bio1) et précipitation annuelle (bio12) sont les paramètres bioclimatiques qui ont plus contribué à la prédiction de la distribution des habitats de l'espèce étudiée. Les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) projettent une réduction des habitats très favorables de 24 % à 12 % et 0, 82 % au profit des aires défavorables. Ces résultats suggèrent que les changements climatiques impacteront négativement la distribution l'habitat de *Vitex doniana* dans la réserve. Des actions concrètes doivent être menées pouvant servir de base pour la conservation de l'espèce et de la sauvegarde de son habitat.

Mots-clés : *changements climatiques, Vitex doniana, multi-usage, modélisation, Niger.*

Abstract

Impact of climate change on the potential range of *Vitex doniana* Sweet in Southwest Niger, West Africa

The aim of this study is to assess the potential impact of climate change on the habitats of black plum (*Vitex doniana* Sweet.) in south-west Niger. This multi-purpose woody species is subject to strong anthropogenic pressures. The maximum entropy principle (MaxEnt) in combination with a Geographic Information System (GIS) was used to model the habitats favorable to the cultivation and conservation of the species, under current and future climatic conditions by 2055 under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios derived

from Africlim to explain the distribution of this species. The presence data collected and combined with bioclimatic variables available on GBIF, iNaturalist and Flickr were used to model its habitat according to the maximum entropy principle. The modeling results show that mean annual temperature (bio1) and annual precipitation (bio12) are the bioclimatic parameters that contributed most to the prediction of the species' habitat distribution. The two scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) project a reduction in very favorable habitats from 24 % to 12 % and 0.82 % in unfavorable areas. These results suggest that climate change will have a negative impact on the distribution of *Vitex doniana* habitat in the reserve. Concrete actions need to be taken as a basis for conserving the species and safeguarding its habitat.

Keywords : *climate change, Vitex doniana, multi-use, modeling, Niger.*

1. Introduction

La prise de conscience de la gravité de perte de la biodiversité et de la responsabilité des sociétés modernes dans celles-ci a suscité l'attention des politiques, sociétés civiles et de la communauté scientifique [1, 2]. La dégradation des écosystèmes forestiers représente une des plus importantes causes de réduction de la biodiversité dans le monde. Le rythme de déforestation annuel dans le monde était estimé à 7,8 millions d'hectares entre 2010 et 2018 [3]. Cependant, les changements climatiques constituent actuellement, l'un des principaux dangers qui menacent la biodiversité et restent un grand défi à relever par les politiques publiques et les gestionnaires des espaces naturels. La compréhension de ses impacts sur les écosystèmes forestiers constitue un préalable nécessaire à toute réflexion visant leur conservation et le maintien des services écosystémiques qu'ils offrent [4, 5]. La fragmentation de l'habitat naturel, la surexploitation et certaines activités humaines sont également responsables de la dégradation de la biodiversité. Ajoutées aux menaces présentes, la rapidité et l'envergure des changements environnementaux actuels et à prévoir dans les prochaines décennies, nous interpellent sur l'importance d'améliorer notre capacité à prédire les effets des du réchauffement global sur le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes et des éléments qui les composent [6]. La dégradation des populations végétales est caractérisée par la raréfaction ou l'absence de régénération [7, 8]. Parmi ces espèces se trouve *Vitex doniana* Sweet (Lamiaceae) au Niger, une espèce spontanée multi-usages et d'importance socio-économique reconnue mais disposant peu de documentation sur ses ressources. Les populations de *Vitex doniana* sont actuellement en nette régression à cause des prélèvements et des difficultés de sa régénération [9]. En effet, elle est actuellement menacée de disparition du fait des fortes pressions anthropiques qui nécessitent des mesures afin d'assurer sa gestion durable [8]. Préserver les espèces végétales spontanées très en demande autant dans les réserves forestières que dans les terroirs proches des utilisateurs devient une nécessité. Outre ce constat, il importe de souligner que les changements climatiques constituent l'un des principaux dangers qui menacent la biodiversité [10]. De ce fait, la modélisation de la distribution des espèces représente un outil pertinent de prédiction en écologie de la conservation [11]. Cependant, très peu de recherches ont porté sur la modélisation de la niche écologique des espèces spontanée au Niger. Dans ce contexte du changement climatique et des pressions anthropiques sur les ressources naturelles, prédire les variations de distribution spatiale *V. doniana* constituerait un outil d'aide à la prise de décision notamment dans le cadre de la gestion et de la conservation durable. L'objectif général de cette étude est de contribuer à la gestion durable de la prune noire au Sud-ouest du Niger. Spécifiquement, il s'agit de : (i) modéliser la distribution actuelle des habitats potentiels à la culture et à la conservation de l'espèce, (ii) évaluer l'influence du changement climatique sur l'espèce à l'horizon 2055.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

La Réserve partielle de faune de Dosso est située dans le sud-ouest du Niger. Elle est à cheval entre deux régions, principalement la région de Dosso à 93 % et celle de Tillabéry 7 % **Figure 1**. Elle est limitée à l'ouest et au sud-ouest par le Parc National du W et la République du Bénin ; au Nord par les départements de Kollo (Région de Tillabéry) et de Boboye et Falmey (Région de Dosso) et à l'est, les départements de Dosso et de Gaya et se localise entre 13°14'23" et 13°27'8" de Latitude Nord et entre 2°30'40" et 2°52'48" de Longitude Est [12]. Elle couvre une superficie de 527 261,75ha et appartient à la catégorie VI de l'IUCN, classer site RAMSAR à cause de la disponibilité de l'eau de surface (Zone Humide) [13].

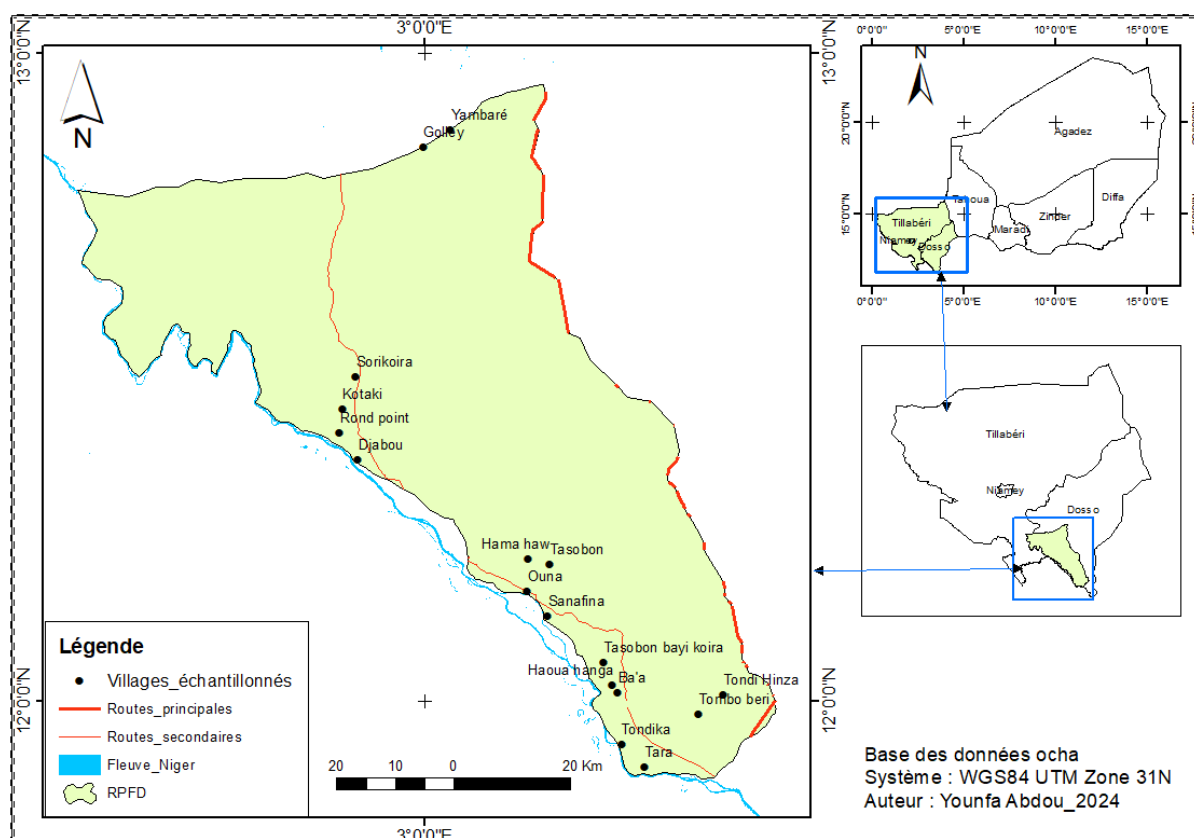


Figure 1 : Carte de localisation des sites d'étude

2-2. Description de l'espèce étudiée

Communément appelé la prune noire ou *Vitex doniana* est une espèce de plante spontanée, de la famille des Lamiaceae largement répandue en Afrique tropicale [14] **Figure 2**. Cette espèce est un arbre atteignant environ 10 m de haut [14]. Ses feuilles sont opposées, composées-digitées avec généralement 5 folioles et glabres. Ses pétioles de 5 à 15 cm de long sont élargis et aplatis à la base de la face supérieure [15]. Quant aux fleurs, elles sont longues de 1,5 à 1,8 cm, hermaphrodites, odorantes et subsessiles. Elle se développe dans une variété d'habitats, de la forêt à la savane, souvent dans les endroits humides, le long des rivières et sur les termitières, jusqu'à 2000 m d'altitude. Il se développe dans les régions où la pluviométrie annuelle moyenne varie entre 750 - 2000 mm [16]. Les sols alluviaux sont les plus adaptés à la culture du prunier noir.

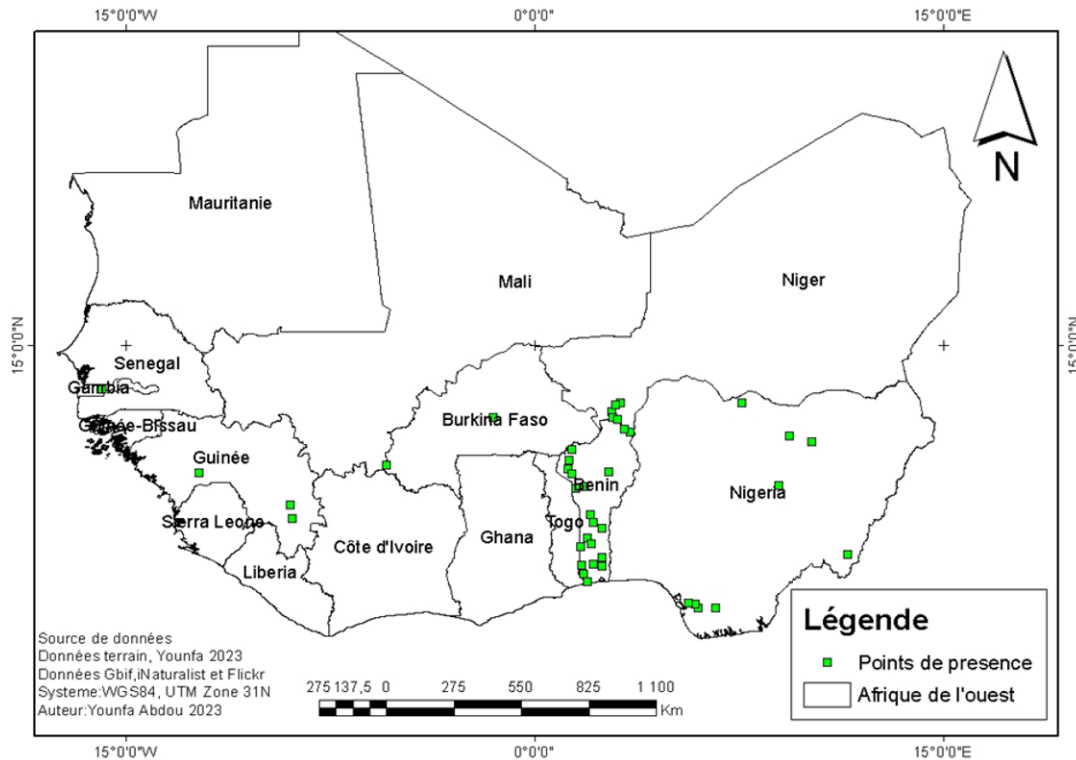


Figure 2 : Répartition spatiale de *Vitex doniana* en Afrique de l'ouest (Données, GBIF, iNaturalist, Flickr et coordonnées de terrain, 2023)

2-3. Collecte des données

2-3-1. Points d'occurrences de *V. doniana*

Au total 1981 occurrences ont été utilisées pour constituer la base de données brute à l'échelle de l'Afrique de l'ouest dont 856 ont été collectées lors de nos travaux de terrains, 900 Occurrences obtenues du site de GBIF, 200 Occurrences issues du site de iNaturalist et 25 Occurrences issues du site de Flickr et 113 occurrences issues de nos travaux de terrain.

2-3-2. Variables environnementales

On note 22 variables bioclimatiques dont 21 variable climatique et une variable de sol qui sont codées dans le **Tableau 1**. Les variables climatiques proviennent de la base de données de AFRICLIM 3.0 (https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim/GeoTIFF_30s/africlim) [17]. Les informations climatiques de AFRICLIM présentent une haute résolution qui convient mieux au contexte écologique Africain. Les données édaphiques sont extraites de la base de données harmonisée des sols du monde « Harmonized World Soil Database ». Pour les projections climatiques futures, le téléchargement des données a été fait à l'horizon 2055 sous les deux scénarii climatique RCP (Representative Concentration Pathway). Les deux scénarii choisis font partie des plus réalistes : scénario optimiste (RCP 4.5) et scénario pessimiste (RCP 8.5). RCP 4.5 stipule une augmentation modérée des émissions de gaz à effet de serre alors que RCP 8.5 présente une augmentation plus dramatique des émissions [18]. Toutes les données environnementales utilisées dans la présente étude ont une résolution de 30 secondes (approximativement 1 km x 1 km). Ces couches ont été découpées suivant la limite d'étude puis converties en format ASCII grâce au logiciel ArcGIS 10.7. Le jeu de données constitué a été soumis à une analyse de corrélation afin d'éliminer les variables fortement corrélées comme l'a suggéré certains auteurs [19, 20]. Cette analyse a été faite avec l'outil ENMTools 1.3.

Tableau 1 : Variables environnementales climatiques et édaphiques

Code	Paramètre environnementaux et bioclimatiques
Bio_1	Température moyenne annuelle
Bio_2	Moyenne diurne de la température
Bio_3	Isothermalité
Bio_4	Saisonnalité de la température
Bio_5	Température maximale du mois le plus chaud
Bio_6	Température du mois le plus froid
Bio_7	Plage annuelle de température
Bio_10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
Bio_11	Température moyenne du trimestre le plus froid
Pet	Variable potentielle d'évapotranspiration
Bio_12	Précipitations annuelles
Bio_13	Précipitations du mois le plus humide
Bio_14	Précipitations du mois le plus sec
Bio_15	Saisonnalité des précipitations
Bio_16	Précipitation du trimestre le plus humide
Bio_17	Précipitations du trimestre le plus sec
Mi	Indice annuel d'humidité
Mimq	Indice d'humidité trimestriel
Miaq	Indice d'humidité et d'aridité trimestriel
Llds	Durée de la plus longue saison sèche
Soil	Type de sol

2-4. Analyse et traitement des données

2-4-1. Analyse des données d'occurrences

Ces données collectées ont subi une analyse de la complétude (Completeness analyse) à l'échelle géographique, temporelle et taxonomique. En effet les Outliers ont été écarté de la base de données brute. Grâce au logiciel de gestion de base OpenRefine 1.7.1, les données de présence n'ayant pas les attributs essentiels sont isolées (Noms scientifique, Date de collecte, méthode de collecte) ainsi que les espaces blancs et les synonymies. Les données datant de plus de trente ans ne sont pas considérées dans cette étude. Les doublons sont aussi éliminés et seules les données distantes d'au moins 5km R (Tphin = 5 km) sont retenu à partir du package Tphin du logiciel statistique R via l'interface Wallace. Toute synonymie de cette espèce a été isolée dans ces travaux.

2-4-2. Modélisation et évaluation du modèle

La modélisation a été réalisée en utilisant le programme MaxEnt (Maximum Entropy) version 3.4.1, qui utilise une procédure d'optimisation comparant la présence de l'espèce avec les caractéristiques de l'environnement en se basant sur le principe d'entropie maximale [11]. MaxEnt utilise une approche statistique appelée entropie maximale pour faire des prévisions de distribution spatiale d'une espèce en fonction de l'entropie maximale de chaque variable environnementale utilisée [5]. Le modèle a été calibré avec soixante-quinze (75 %) des points d'occurrences et Vingt-cinq (25 %) des points d'observation de l'espèce a été utilisé pour tester le modèle [21]. La validation croisée du modèle a été répétée cinq fois pour mieux apprécier le pouvoir moyen de MaxEnt à projeter la distribution de l'espèce. Le test Jackknife a été effectué pour apprécier la contribution individuelle de chaque variable environnementale au modèle d'une part et de fournir les indications sur le fonctionnement du modèle lorsque chaque variable est exclue du modèle d'autre part [22]. La performance du modèle a également été évaluée en utilisant la statistique AUC (Area Under the Curve). Pour un modèle généré par MaxEnt, [23, 24] recommandent une interprétation de l'AUC, suivant de l'AUC de 0,5-0,7 correspond à une faible précision, celles de 0,7-0,9 une bonne précision et celles supérieures à 0,90, une grande précision.

2-4-3. Cartographie de l'habitat

Les résultats de modélisation produits par MaxEnt ont été importés dans ArcGIS 10.7. Ils ont permis de procéder à la cartographie des différents habitats du *V. doniana* aussi bien pour les conditions climatiques actuelles que pour les projections futures (horizon 2055). L'analyse spatiale à l'aide d'ArcGIS a facilité la délimitation de la superficie de chaque type d'habitat en tenant compte des conditions climatiques actuelles et futures. Cette délimitation repose sur le nombre de pixels occupés par chaque type d'habitat. En effet grâce au package Raster classify de l'extension SDM Tools développées dans l'interface ArcGIS, les cellules correspondantes à chaque plage du modèle obtenue par l'algorithme MaxEnt ont été classifiées puis quantifiées via le tableur Excel, à l'échelle de la réserve partielle de faune de Dosso suivant les projections climatiques.

3. Résultats

3-1. Sélection des variables et leurs contributions

Quatre variables environnementales ont été retenues selon leur pourcentage de contribution au modèle de *Vitex doniana* **Tableau 2**. Il s'agit de bio1 (Température moyenne annuelle) avec 66,6 %, bio12 (Précipitation annuelle) qui est de 30,8 %, bio4 (Saisonnalité des températures) représente 1,4 % et mi (Indice d'humidité) avec une contribution de 1,2 %. Ces variables semblent donc avoir l'impact le plus important sur la distribution de *Vitex doniana*.

Tableau 2 : Contribution des variables environnementales utilisées au modèle

Code des variables	Signification	Contribution à l'élaboration du modèle (%)
Bio1	Température moyenne annuelle	66,6
Bio12	Précipitation annuelle	30,8
Bio4	Saisonnalité des températures	1,4
mi	Indice d'humidité	1,2

La **Figure 3** présente le test de Jackknife sur la contribution des variables à la performance du modèle. Il ressort que la variable qui augmente le gain d'information expliquant la distribution de *Vitex doniana* lorsqu'elle est isolément utilisée est la température moyenne annuelle (bio 1). Elle est suivie de la précipitation annuelle (bio12) puis des valeurs de la saisonnalité des températures. Ces trois variables sont respectivement dans l'ordre de citation, celles qui détiennent le plus d'informations non contenues dans les autres variables.

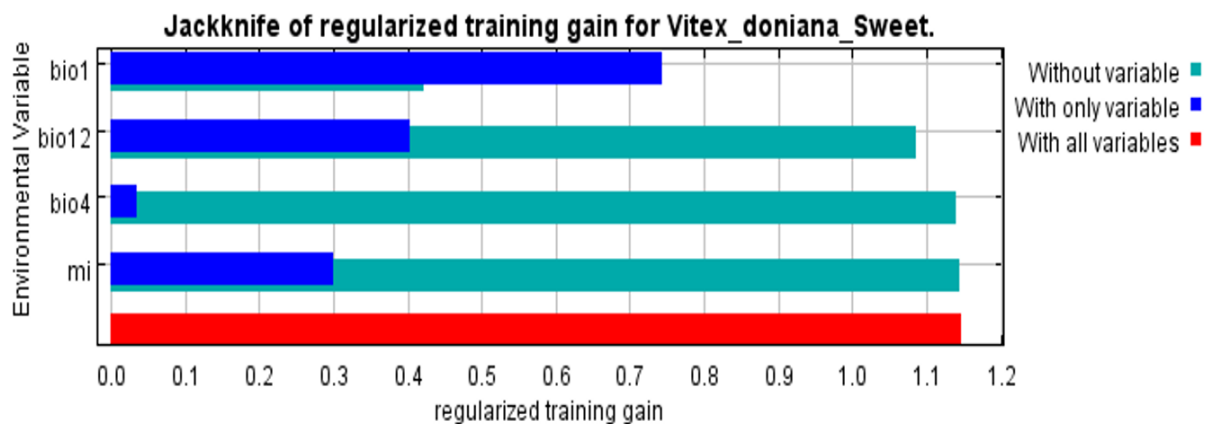


Figure 3 : Résultat du test de Jackknife sur la contribution des variables au modèle *V. doniana*

La **Figure 4** montre la valeur moyenne de l'AUC de 0,870 pour la mise en œuvre du modèle et de son test. Ces valeurs suggèrent une bonne performance de l'algorithme MaxEnt à capturer les variations des données environnementales donc une bonne capacité du modèle à prédire les habitats favorables à l'espèce.

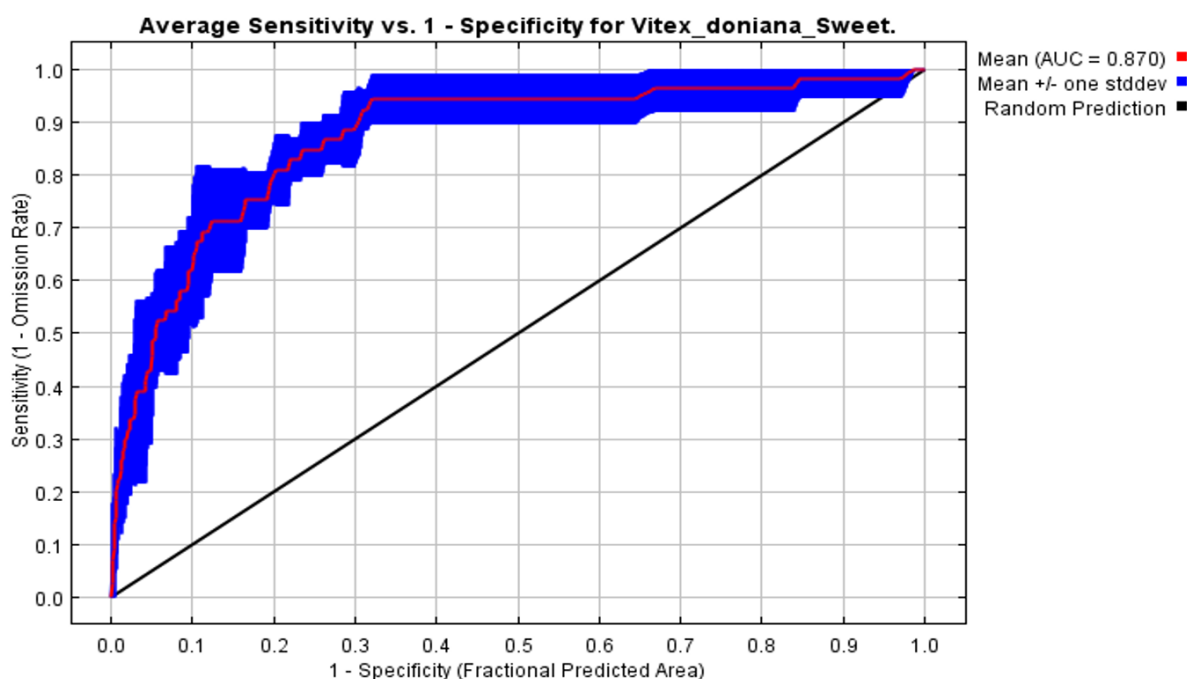


Figure 4 : Valeur moyenne de l'aire sous la courbe (AUC) de *Vitex doniana*

3-2. Distribution actuelle et future des aires favorables au *Vitex doniana*

L'examen de ce **Tableau 3** montre que la proportion de la superficie des habitats de *Vitex doniana* varie d'un scénario à un autre. Dans les conditions climatiques actuelles, les habitats très favorables à la distribution de *Vitex doniana* représentent 24 % de la superficie totale du milieu d'étude. Les habitats favorables représentent environ 18 % de la superficie du milieu d'étude. Quant aux habitats défavorables occupent une proportion de 59 % et se localisent dans la zone de Farey, Kirtachi à l'extrême nord et une partie du sud-ouest **Figure 5**. Le scénario RCP4.5 qui suggère une l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre montre que la proportion des habitats actuellement très favorables passera 24 % à 12 % à l'horizon 2055. Le scénario RCP8.5, qui suggère une augmentation des émissions de gaz à effet de serre projetée des tendances similaires à l'horizon 2055 **Tableau 3**. La proportion de la superficie des habitats actuellement défavorables passera de 59 à 72,46 % à l'horizon 2055. Cette dynamique est perceptible surtout vers le département de Dosso **Figure 6**. D'ici 2055, les habitats très favorables et favorables à la culture, à la dispersion et à la conservation de la prune noire seront réduits sous les deux scénarios.

Tableau 3 : Tendence évolutive des aires favorables actuelles et futures de *V. doniana*

	Habitats de <i>Vitex doniana</i>				Très favorable	
	Défavorable		Favorable		Sup (Ha)	Occu (%)
Présent	Sup (Ha)	Occu (%)	Sup (Ha)	Occu (%)	Sup (Ha)	Occu (%)
	309064,696	59 %	94145,105	18 %	124051,949	24 %
RCP_4.5 horizon2055	354457,549	67 %	107582,701	20 %	65221,5001	12 %
RCP_8.5 horizon2055	382070,169	72,46 %	140848,943	26,71 %	4342,63757	0,82 %

Note : Sup = superficie, occu = occupation, (Ha) = hectare % = pourcentage.

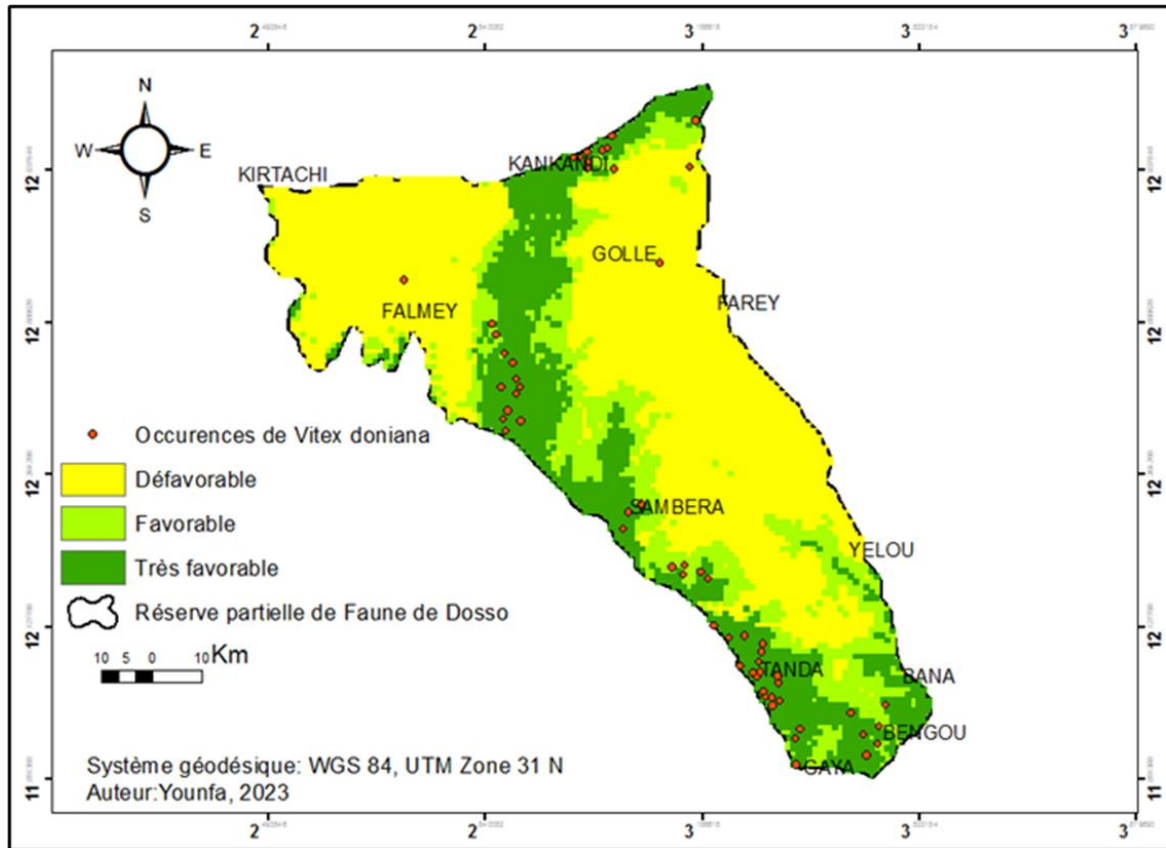


Figure 5 : Aires potentielles actuelles de *Vitex doniana*

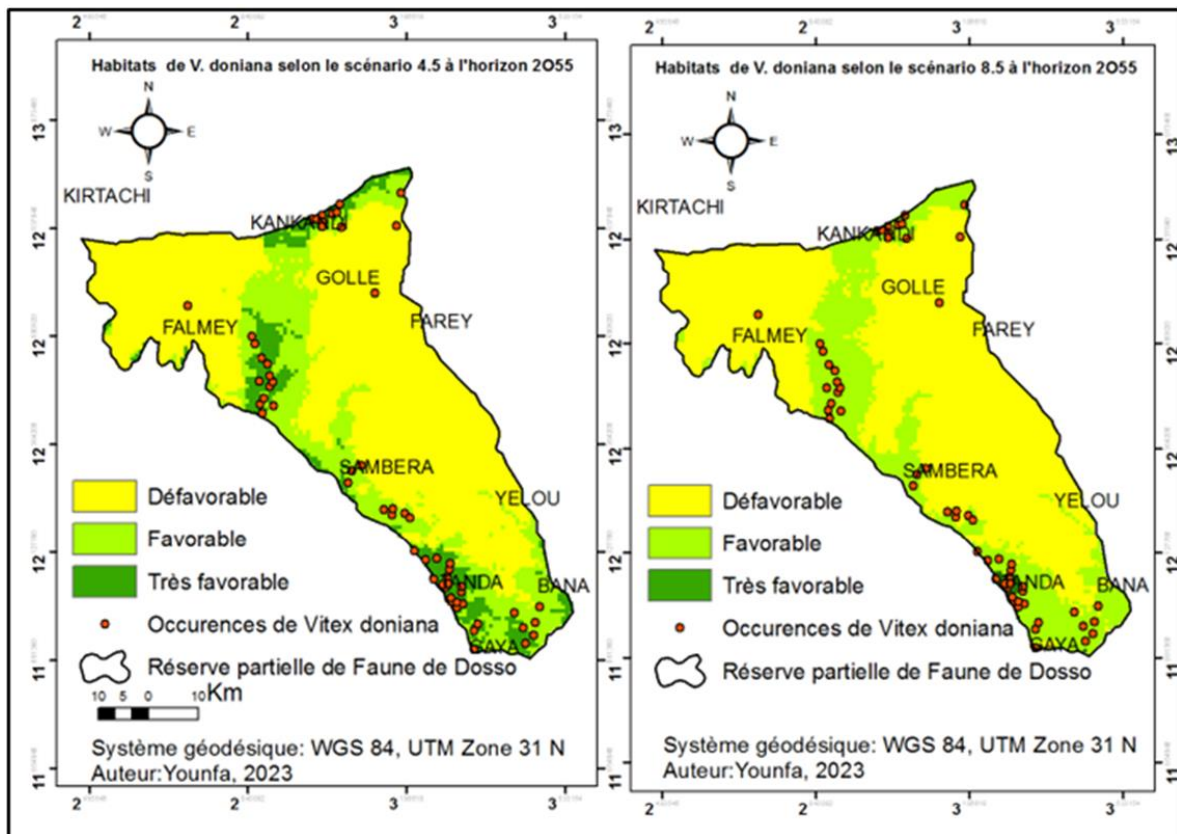


Figure 6 : Aires potentielles future sous deux scénarii RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2055

4. Discussion

4-1. Modélisation et fiabilité du modèle

La qualité du modèle a été évaluée à travers la statistique AUC (Area Under Curve). Cette valeur AUC égale à 0,870 donc varie entre 0,7-0,9, [23, 24]. Ceci témoigne de la bonne précision de la modélisation effectuée et atteste de la bonne performance de l'algorithme MaxEnt à prédire les différents habitats de *Vitex doniana* Sweet. Toutefois, il importe de rester vigilant avec ces résultats, puisque les interactions écologiques et variables édaphiques n'ont pas été intégrées dans le modèle. La modélisation des niches écologiques a souvent été citée comme un puissant outil pour cartographier la distribution actuelle et future des espèces et prédire l'impact des changements climatiques sur leur distribution [5]. En effet, cette approche est reconnue comme l'une des méthodes de modélisation des niches écologiques les plus puissantes susceptibles de générer la répartition spatiale actuelle et future des espèces et prédire l'impact des changements climatiques sur leur distribution, tout en offrant une bonne discrimination des habitats favorables et non favorables à une espèce d'un point de vue bioclimatique [25, 26]. De plus, [27] 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. Il développe une approche statistique récente et très jeune, qui n'est pas encore aussi éprouvée que celle d'autres modèles plus traditionnels, tels que les modèles linéaires généralisés ou les modèles additifs généralisés [28]. Mais, ce modèle est critiqué pour ses faiblesses au nombre desquelles nous pouvons citer les difficultés à paramétrer les interactions écologiques, les réponses individuelles des espèces aux changements climatiques, la dispersion et les réponses adaptatives [29].

4-2. Contribution des variables influentes sur la distribution de la prune

Les résultats révèlent que seules les variables climatiques prédisent les distributions de l'espèce contrairement aux variables biophysiques qui ont une contribution nulle. Ce travail met ainsi en évidence l'effet : la température moyenne annuelle (bio1) et la précipitation annuelle (bio12). Cela suggère que la distribution future de ces espèces sera principalement influencée par les variations des températures et précipitation. Il met également en évidence la faible importance des variables édaphiques testées. De la contribution des variables à la modélisation, il ressort la distribution de *V. doniana* est principalement influencée par les facteurs bioclimatiques relatives à la pluviométrie et l'humidité. Il s'agit en effet d'une espèce qui colonise divers habitats qui se retrouvent souvent dans les localités humides avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 750 et 2000 mm et une température comprise entre 10 et 30 °C [14, 30].

4-3. Cartographie de l'aire de distribution potentielle actuelles et futures

Les résultats de nos travaux montrent que les aires favorables à la culture et à la conservation de ces espèces dans la partie Sud-Ouest du Niger varient en fonction des deux scénarios (RCP 4.5 et RCP8.5) à horizon 2055. Les deux scénarios (RCP 4.5 et RCP8.5) projettent une réduction des habitats très favorables à la dispersion et à la conservation de ces espèces dans la réserve partielle de faune de Dosso à l'horizon 2055. Les aires à forte probabilité de distribution de *V. doniana* est essentiellement localisée dans des zones qu'elle occupe actuellement, sous les conditions climatiques actuelles, les répartitions potentielles de ces espèces sont majoritairement circonscrites dans les zones où l'espèce est actuellement présente, il s'agit de départements de Dosso, Falmey et Gaya dans la partie Sud-Ouest du Niger. Cette tendance témoigne relativement la robustesse des modèles produits et reflète la présence des conditions environnementales assez favorables dans ces zones pour l'espèce. Les résultats de cette prédiction de la distribution corroborent l'affinité de cette espèce pour ces régions géographiques donc par conséquent les conditions climatiques de la zone satisfont

l'optimum écologique existentiel de l'espèce [31]. De manière générale, la distribution actuelle a montré que les habitats très favorables à la conservation de *V. doniana* sont largement répartis dans toute la réserve à environ 24 % et passera à 12 % à l'horizon 2055 sous le scénario optimiste. La superficie actuellement très favorable cartographiée de *Vitex doniana* dans la réserve partielle faune Dosso est de l'ordre de (124051,949 ha). Sous le scénario pessimiste une tendance similaire se dégage, il passera de 24 % à 0,82 % de son habitat actuellement très favorable. Ce résultat témoigne d'une part, la régression de la superficie qu'occupait suite pressions humaines et pastorale [32]. Par ailleurs, cette réduction pourrait ainsi être liée à la transition prévue vers un climat légèrement plus aride. Ces résultats sont en concordance avec de nombreuses études qui mettent en évidence la régression des zones favorables à la distribution de certaines espèces [27, 33, 34]. Ainsi, les températures élevées pourraient provoquer un avortement des fleurs et réduire considérablement la qualité des fruits [35]. Ces projections climatiques indiquent que la superficie des habitats actuellement très favorables à la culture de *Vitex doniana* ne restera pas stable dans le futur quel que soit le scénario à l'horizon 2055. Ces variations prévisionnelles ont été largement rapportées dans la littérature [27, 36]. Les résultats de cette étude confirment ceux de [36] sur *P. biglobosa* (Fabaceae) au Bénin et de [37] sur *D. mespiliformis* (Ebenaceae) et *G. erubescens* (Rubiaceae) au Burkina Faso. Ces auteurs ont montré que selon les projections climatiques, les espèces sur lesquelles ils ont travaillé perdront les habitats qui leur sont actuellement très favorables d'ici 2055.

5. Conclusion

Cette étude a mis en lumière les principales variables bioclimatiques intervenant dans la distribution de *Vitex doniana* ainsi que l'impact probable du changement climatique sur l'habitat de l'espèce à l'horizon 2055. La température moyenne annuelle est la variable environnementale ayant le plus contribué (66,6 %) à la distribution de la prune noire. Sous les conditions climatiques actuelles, 24 % du milieu d'étude sont prédits très favorables à la culture de *Vitex doniana*. À l'horizon 2055, les habitats très favorables diminueront considérablement. Cette régression est plus importante sous le scénario RCP 8.5. Ces résultats suggèrent que les changements climatiques impacteront la distribution des habitats de l'espèce sous les deux scénarii. Il paraît alors impérieux de mener des investigations sur le potentiel de la régénération de cette espèce dans les aires protégées pour l'identification des sites prioritaires à sa culture et conservation dans le futur. La prise en compte de ces résultats dans les politiques officielles de développement et d'aménagement contribuera à la conservation et à l'utilisation durable de cette espèce au Niger.

Références

- [1] - I. BOULANGEAT, "Vulnérabilité des écosystèmes montagnards aux changements globaux par une modélisation spatialement explicite -implications pour la conservation," (2012)
- [2] - T. HOUETCHEGNON, "Études ethnobotanique, écologique et morphologique de *Prosopis africana* (Guill., Perrott. Et Rich.) Taubert au Bénin et impacts des changements climatiques sur l'espèce.," [Thèse Dr. en Sci. Agron., no. Université de Parakou, (2016) 158 p.
- [3] - FAO, La Situation des forêts. Des solutions forestières pour une relance verte et des économies inclusives, résilientes et durables. Rome, FAO., (2022). [Online]. Available: <https://doi.org/10.4060/cb9363fr>
- [4] - S. MOUKRIM *et al.*, "Modélisation de la distribution potentielle de *Cedrus atlantica* Manetti au Maroc et impacts du changement climatique," *Bois forêts des Trop.*, no. July, (2020), doi: <https://doi.org/10.19182/bft2019.344.a31888>

- [5] - S. ZAKARI, O. AROUNA, I. I. TOKO, I. YABI and B. A. H. TENTE, "Impact des changements climatiques sur la distribution de deux espèces ligneuses fourragères (*Khaya senegalensis* et *Azelia africana*) dans le bassin versant de la Sota, Bénin," *Afrique Sci.*, Vol. 13, N°3 (2017) 1 - 14 p., [Online]. Available: <http://www.afriquescience.info>
- [6] - M. RACHEF, "Apport de l'utilisation de l'indice de végétation normalisé (NDVI) pour la prédiction de la distribution potentielle de quelques espèces d'amphibiens en Algérie du nord," *[Master en Biol. la Conserv.*, no. Université A. MIRA-BEJAIA Faculté, (2019) 2018 - 2019
- [7] - L. TRAORE, O. SAMBARE and S. SAVADOGO, "Effets combinés des facteurs anthropiques et climatiques sur l'état des populations de trois espèces ligneuses vulnérables," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 14, N° 5 (2020) 1763 - 1785 p., doi: DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.21>
- [8] - H. T. GUINDE, S. PROSPERE, O. BASSIAKA and O. AMADE, "Effet du type d'utilisation des terres sur l'état des populations de *Vitex doniana* Sweet en zone soudanienne du Burkina Faso," *Bois forêts des Trop.*, Vol. 357, (2023) 71 - 84 p., doi: <https://doi.org/10.19182/bft2023.357.a37026>
- [9] - A. C. MASENGO, R. D. DJOZA, K. J. NGBOLUA and P. T. MPIANA, "Étude ethnobotanique et vulnérabilité de *Vitex doniana* Sweet (Lamiaceae) dans la forêt péri-urbaine de Gbado-Lite , RDC," *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, Vol. 10, N°1 (2022) 179 - 184 p.
- [10] - GIEC, "Rapport 2013 du GIEC sur le changement climatique Résumé de niveau 1 de la partie 1-Les bases scientifiques," (2013). [Online]. Available: <http://www.greenfacts.org/fr/changement-climatique-re5-bases-scientifiques/index.htm>
- [11] - S. J. PHILLIPS, R. P. ANDERSON and R. E. SCHAPIRE, "Maximum entropy modeling of species geographic distributions," *Ecol. Modell.*, Vol. 190, N°3 (2006) 231 - 259 p., doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- [12] - I. ABDOU, "Evaluation de la biodiversité et caractérisation de la végétation de la Réserve Partielle de Faune de Dosso," (2021)
- [13] - PAG, "Rapport final du Plan d'Aménagement et de Gestion," (2021)
- [14] - N. M. DESIRE, "Etude de possibilités de domestication des plantes médicinales des forêts claires du Haut-Katanga (Rép. Dém. Congo) : Cas du genre *Vitex* (Lamiaceae).," (2022)
- [15] - K. F. TRAORE, "Conservation et valorisation de la prune noire (*vitex doniana*) de cote d'ivoire en bioproduit.," *[These Dr. en Biochim. Technol. des Aliment.*, Vol. 'Institut, (2021) 254 p.
- [16] - P. M. MAPONGMETSEM *et al.*, "Domestication de *Vitex doniana* Sweet . (Verbenaceae): influence du type de substrat, de la stimulation hormonale , de la surface foliaire et de la position du nœud sur l'enracinement des boutures uninodales," *J. Agric. Environ. Int. Dev.*, Vol. 106, N°1 (2012) 23 - 45 p.
- [17] - P. J. PLATTS, P. A. OMENY and R. MARCHANT, "for ecological applications in Africa," *Afr. J. Ecol.*, Vol. 53, (2015) 103 - 108 p., [Online]. Available: <https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim>
- [18] - GIEC, "Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat," (2014)
- [19] - J. ELITH, M. KEARNEY and S. PHILLIPS, "The art of modelling range-shifting species," N°2 (2010) 330 - 342 p., doi: 10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x.
- [20] - J. SOBERON, O.-O. LUIS and P. TOWNSEND, "Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución," *Rev. Mex. Biodivers.*, Vol. 88, N°2017 (2017) 437 - 441 p., doi: [/10.1016/j.rmb.2017.03.011](https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011)
- [21] - B. FANDOHAN, G. N. GOUWAKINNOU, N. H. FONTON, B. SINSIN and J. LIU, "Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin," *Rev. Biotechnol. Agron. Société Environ.*, Vol. 17, N°3 (2013) 450 - 462 p.

- [22] - S. MOUKRIM, L. SAID, M. A. HICHAM, R. NABIL, A. MOUSTAPHA and R. LAÏLA, "Modélisation de la distribution spatiale des espèces endémiques pour leur conservation : cas de l'Argania spinosa (L) SKEELS," *Rev. d'Ecologie (Terre Vie)*, Vol. 73, N°2 (2018) 153 - 166 p.
- [23] - J. A. SWETS, "Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems," *Am. Assoc. Adv. Sci.*, Vol. 240, N°4857 (1988) 1285 - 1293 p., [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/1701052>
- [24] - M. B. ARAUJO, W. THUILLER and M. ERHARD, "Validation of species-climate impact models under climate change," *Glob. Chang. Biol.*, N° July (2005) 10 p., doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x
- [25] - I. D. MOUSSA, B. MOROU, A. DIOUF and A. A. OUMANI, "Modélisation de la distribution de *Boscia senegalensis* (Pers .) Lam . ex Poir . pour sa conservation au Niger Modeling the distribution of *Boscia senegalensis* (Pers .) Lam . ex Poir . for its conservation in Niger," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16 (5), Vol. 16, N°5 (2022) 2053 - 2069 p., , doi: /10.4314/ijbcs.v16i5.19
- [26] - M. KAMAL, A. HABOU, L. ABDOU, R. HABOU and A. MAHAMANE, "Impact des changements climatiques sur la dynamique de l ' habitat potentiel de *Balanites aegyptiaca* (L .) Del . au Niger," *Rev. Marocaine des Sci. Agron. Vétérinaires*, Vol. 9, N°2 (2021) 220 - 229 p.
- [27] - B. FANDOHAN *et al.*, "Modeling vulnerability of protected areas to invasion by *chromolaena odorata* under current and future climates," *Ecosyst. Heal. Sustain.*, Vol. 1, N°6 (2015) 1 - 12 p., doi: 10.1890/EHS15-0003.1
- [28] - A. R. A. SALIOU, M. UMOROU and B. A. SINSIN, "Modélisation des niches écologiques des ligneux fourragers en condition de variabilité bioclimatique dans le moyen-Bénin (Afrique de l'Ouest)," *Rev. d'Ecologie (Terre Vie)*, Vol. 70, N°4 (2015) 342 - 353 p.
- [29] - J. ELITH *et al.*, "Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data," *Ecography (Cop.)*, Vol. 29, N° 2 (2006) 129 - 151 p., doi: 10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x
- [30] - M. É. J. VODOUNNON, "Prédiction spatio-temporelle des aires potentielles favorables de quelques espèces agroforestières a fort potentiel de fertilisation des sols au centre-Bénin," (2021)
- [31] - W. ATAKPAMA, A. JUSTINE and E. HODABALO, "Potentiels aire de culture du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F Geartnspp *paradoxa*) au Togo Potential cultivation area of shea butter tree (*Vitellariaparadoxa* C. F Geartnspp *paradoxa*) in Togo," *Rev. Sci. Technol.*, Vol. 28, N°2 (2022) 31 - 45 p.
- [32] - S. KARIMOU, I. TOKO IMOROU and O. AROUNA, "Impact de la Variabilité Climatique sur la Niche Ecologique de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.De. dans la Région Soudanienne au Bénin (Afrique de l'Ouest)," *Eur. Sci. J.*, Vol. 15, N°36 (2019) 1 - 19 p., doi: 10.19044/esj.2019.v15n36p1
- [33] - L. G. HOUESOU, T. O. LOUGBEGNON, F. G. H. GBESSO, L. E. S. ANAGONOU and B. SINSIN, "Ethnobotanical study of the African star apple (*Chrysophyllum albidum* G . Don) in the Southern Benin (West Africa)," *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, (2012) 1 - 10 p., [Online]. Available : <http://www.ethnobiomed.com/content/8/1/40>
- [34] - F. HOUEHANOU, G. GBESSO, B. HUGUES, A. TENDE, N. GERARD and B. AUGUSTIN, "Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G . Don (Sapotaceae) au Benin," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 7, N°2013 (2013) 2007 - 2018 p.
- [35] - M. DAO and C. EBOU, "Perceptions paysannes de l ' effet du changement climatique sur le karité et stratégies d ' adaptation au Burkina Faso Farmers ' perceptions of the effect of climate change on shea tree and adaptation strategies in Burkina Faso," *Sci. Tech. Sci. Nat. appliquées*, Vol. 34, N°37 (2016) 2015 - 2018 p.
- [36] - E. B. AYIHOUENOU, A. B. FANDOHAN, A. I. SODE, N. G. GOUWAKINNOU and A. B. DJOSSA, "Biogéographie du néré (*Parkia biglobosa* (Jack.) R. Br. ex. Don.) sous les conditions environnementales actuelles et futures au Bénin," *Numéro spécial Agron. Société, Environ. Sécurité Aliment.*, N° Août (2016) 1840 - 7099 p., [Online]. Available: <http://www.slire.net>
- [37] - K. OUEDRAOGO, "Ecologie et services écosystémiques de *Diospyros mespiliformis* HOCHST. EX A. RICH et de *Gardenia erubescens* SRAPF & HUTCH. Suivant un gradient climatique au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)," (2021)