

Importance ethnobotanique, modélisation de la répartition spatiale de *Detarium senegalense* J.F. Gmel et stratégies de sa conservation dans le contexte des changements climatiques et globaux au Togo

Essowè KORE^{1*}, Kourouma KOURA¹, Armand KINGBO¹, Augustin K. N. AOUDJI¹,
Yao Agbélessessi WOEGAN² et Jean Cossi GANGLO¹

¹ Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Laboratoire des Sciences Forestières (LFS), BP 1493 Calavi, Benin

² Université de Lomé, Faculté des Sciences (FDS), Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale (LBEV), 01 BP 1515 Lomé, Togo

(Reçu le 23 Novembre 2022 ; Accepté le 19 Janvier 2023)

* Correspondance, courriel : essowekore@gmail.com

Résumé

Detarium senegalense est une espèce à usages multiples, mais elle reste peu documentée au Togo, ce qui peut entraver sa bonne gestion. L'objectif de la présente étude est de contribuer à la conservation et à l'utilisation durable de *D. senegalense*. Une enquête ethnobotanique a été réalisée et au total trois cent soixante (360) personnes connaissant réellement *D. senegalense* ont été soumises à un questionnaire à travers un échantillonnage stratifié. Six (6) formes d'usages de l'espèce ont été mentionnées par les répondants. L'installation des champs, et les infrastructures ont été citées par les répondants comme les principales menaces qui pèsent sur l'espèce. Au total, cent quarante (140) données d'occurrences ont été utilisées pour la modélisation de la répartition spatiale de l'espèce. Les couches de données bioclimatiques disponibles sur le site Africlim ont été utilisées avec l'algorithme MaxEnt et les cartes résultantes ont été superposées dans les différentes zones écologiques du Togo. Il a été constaté une réduction drastique de l'habitat de l'espèce selon les scénarios rcp 4.5 et rcp 8.5 à l'horizon 2055. Parmi les mesures pouvant permettre une gestion durable de *D. senegalense*, le reboisement et la domestication de l'espèce ont été perçus comme les plus importantes par les répondants.

Mots-clés : formes d'usages, menaces, modélisation, stratégies de conservation, *D. senegalense*, Togo.

Abstract

Ethnobotanical importance, modeling of the spatial distribution of *Detarium senegalense* J.F. Gmel and strategies of conservation in the context of climate and global changes in Togo

Detarium senegalense is a species with multiple uses, but it remains poorly documented in Togo, which can hinder its proper management. The objective of this study is to contribute to the conservation and sustainable use of *D. senegalense*. An ethnobotanical survey was carried out and a total of three hundred and sixty (360)

people who actually knew *D. senegalense* were submitted to a questionnaire through stratified sampling. Six (6) forms of use have been recorded from the respondents. Field installation and infrastructure were cited by respondents as the main threats to the species. A total of one hundred and forty (140) occurrence data were used to model the spatial distribution of the species. The bioclimatic data layers available on the Africlim website were used with the MaxEnt algorithm and the resulting maps were superimposed in the different ecological zones of Togo. A drastic reduction in the habitat of the species has been observed according to the scenarios rcp 4.5 and rcp 8.5 by 2055. Among the measures that can enable the sustainable management of *D. senegalense*, reforestation and domestication of the species were perceived as the most important by the respondents.

Keywords : *forms of use, threats, modeling, conservation strategies, D. senegalense, Togo.*

1. Introduction

La variabilité des végétaux sauvages ou cultivés est nécessaire à la survie et au bien-être de l'humanité [1]. Plusieurs espèces sont utilisées pour la sécurité alimentaire pendant que d'autres sont utiles dans la production du bois et en médecine. Cette demande des végétaux en Produits Forestiers Ligneux (PFL) comme en Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) a considérablement augmenté [2] entraînant de plus en plus avec les effets des changements climatiques la surexploitation et la dégradation de leur milieu de vie [3]. La surexploitation et l'effet des changements climatiques peuvent conduire à l'extinction des espèces. Pour leur demande en Produits Forestiers Non Ligneux, les espèces comme *Adansonia digitata* L., *Garcinia kola* Hecke, *Detarium microcarpum* Guill. & Perr, *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill., *Borassus aethiopicum* Mart., *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC, *Dialium guineense* Willd., *Terminalia ferdinandiana* Exell, *Mangifera indica* L. sont exploitées tout comme *Detarium senegalense* J.F.Gmel. *D. senegalense* intervient dans les échanges commerciaux dans la sous-région ouest-africaine entre le Sénégal, la Gambie, le Mali, la Côte-d'Ivoire, la Guinée-Bissau, le Bénin, le Togo [4, 5]. Le fruit de *D. senegalense* est directement consommable. Il est largement utilisé au Sénégal en nectar (boisson populaire au Sénégal) [6]. La farine de la graine de cette plante africaine est utilisée traditionnellement au Nigéria comme un condiment pour l'épaississement de soupes et ragoûts [7]. *D. senegalense* est recherchée au Bénin à cause de ses amandes oléagineuses [4]. Les écorces de la tige de *D. senegalense* a des propriétés antidiarrhéiques [8]. Les extraits des feuilles de *D. senegalense* sont potentiellement thérapeutiques pour le traitement du cancer dans les pays en voie de développement [9]. Selon la base de données ThreatSearch du Botanic Gardens Conservation International [10] au Royaume-Uni, *D. senegalense* a été évalué comme non menacé (LC) au niveau mondial. Cependant, cette espèce pendant longtemps a été exploitée pour le bois au Togo [11]. Les communautés dans lesquelles elle se trouve, utilisent surtout les fruits, graines et le bois de cette plante [12]. Le bois est utilisé dans la construction de maisons pour les planches, les poteaux, et pour les meubles, les clôtures, les mortiers [13]. Les fruits de *D. senegalense* ont une forte valeur économique et ont des propriétés thérapeutiques pour traiter la toux, les douleurs rénales et la lèpre [6]. En effet, ces fruits peuvent contribuer à améliorer les moyens de subsistance des populations locales populations, car elles sont riches en nutriments [14]. *D. senegalense* est aussi utilisée pour ses propriétés médicinales et la vente de ses graines est économiquement prometteuse [15]. Au Togo, les graines de *D. senegalense* font l'objet d'un commerce international [15]. Il a également été montré que *D. senegalense* est devenu un arbre très recherché dans le pays et fait l'objet d'une récolte collective dans laquelle même les hommes sont désormais impliqués alors que traditionnellement, cette activité était réalisée par les femmes) [16]. Cependant, comme pour la plupart des PFNL, les données sur *D. senegalense* sont rares et souvent incomplètes, ce qui limite la disponibilité des données sur les paramètres écologiques, la densité, le rendement et les variations annuelles

ne permettent pas d'être confiant sur la pérennité des approvisionnements futurs [17] dans ce contexte où cette dernière est exploitée. En dépit du manque de données sur les paramètres écologiques, les connaissances endogènes sur les essences fruitières s'étiolent progressivement [15] au détriment de leur usage abusif. Les pressions constantes sur les ressources forestières constituent un risque pour la survie de *D. senegalense* dans les forêts naturelles du Togo [18]. En effet, la destruction continue de sa niche écologique peut être une menace pour la survie de l'espèce. Malheureusement, à travers l'Afrique très peu d'investigations ont été menées sur cette espèce. En 2007, les études de [19] portant sur la contribution à la connaissance taxonomique et chimique de fruits africains du genre *Detarium* ont eu le mérite de lever les doutes sur les formes toxiques de *D. senegalense*. Également, cette espèce citée essentiellement parmi les espèces fruitières regorge relativement de bonnes études au Sénégal notamment sur la caractéristique d'un fruit sauvage du Sénégal par [6]. L'importance nutritionnelle de son fruit a conduit aux études sur le composé volatil du fruit du ditax (*D. senegalense*) au Sénégal [6]. Au niveau de la médecine traditionnelle, les études de [8] ont identifié au Nigéria la capacité de cette plante dans les remèdes antidiarrhéiques. Par ailleurs, les résultats de recherches sur la caractérisation structurale des peuplements naturels de *D. senegalense* au Bénin obtenus par [3], ont révélé une très faible densité de *D. senegalense* dans les différentes formations de son habitat naturel. Au Togo, les études de [20] ont porté sur la durabilité écologique et la contribution socio-économique des fruits de *D. senegalense* aux activités génératrices des populations rurales. Malgré la valeur de *D. senegalense* pour les populations surtout rurales, il faut noter qu'il n'y a presque aucune étude portant sur la valeur ethnobotanique, ni sur la répartition spatiale pouvant révéler le devenir de cette espèce dans ce présent contexte des changements climatiques et globaux au Togo. Dans le but de contribuer à la gestion durable de l'espèce *D. senegalensis* au Togo, cette étude a permis d'identifier les formes d'usages et les menaces qui pèsent sur *D. senegalense* et de déterminer l'impact des changements climatiques sur la distribution et la répartition spatiale présente et future de l'espèce dans le contexte des changements climatiques et globaux au Togo.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

La zone d'étude est le Togo. Situé sur la côte du Golfe de Guinée en Afrique de l'Ouest, le Togo couvre une superficie de 56 600 km². Il est localisé entre le 6^{ème} et le 11^{ème} degré de latitude nord et entre 0 et 2 degrés de longitude Est. Il jouit d'un climat intertropical qui varie sensiblement des régions méridionales aux régions septentrionales. Il est de ce fait sous l'influence de deux grands régimes climatiques : le régime tropical soudanien au nord avec une saison pluvieuse et une saison sèche et le régime tropical guinéen au sud caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses de durées inégales. Le réseau hydrographique se subdivise en trois bassins principaux : au Nord, le bassin de la Volta ; au Centre, le bassin du Mono et au Sud, le groupe des rivières côtières. La description des aires protégées du Togo inclut officiellement 83 forêts classées d'une superficie totale d'environ 773 811 ha [21]. Elles comprennent notamment les réserves naturelles, les parcs nationaux ou encore les paysages protégés. Les écosystèmes forestiers du Togo disposent d'un taux de couverture de 24,24 % [22]. Ces formations végétales sont réparties en cinq (5) zones écologiques [23]. Sur la base des données de présence de *Detarium senegalense* à travers la littérature et les bases de données de la biodiversité, quatre zones écologiques ont été retenues au Togo dans le cadre de cette étude. Il s'agit des zones écologiques II, III, IV et V, considérées comme les zones où se trouve l'espèce [24]. La **Figure 1** présente la carte du milieu d'étude montrant les sites de présence de *D. senegalense* au Togo [24] et les localités choisies pour l'enquête et la collecte complémentaire de données d'occurrences de l'espèce. Le Togo compte 8,6 millions d'habitants, avec une répartition de 49,3 % d'hommes contre 50,7 % de femmes [25].

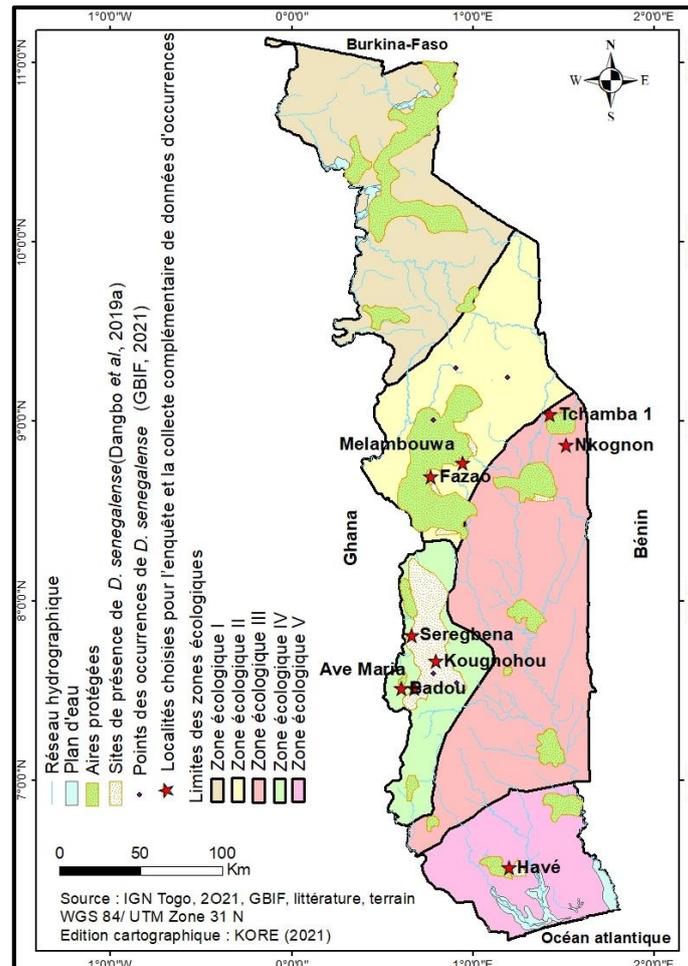


Figure 1 : Sites de présence de *D. senegalense* au Togo [24] et localités choisies pour l'enquête et la collecte complémentaire de données d'occurrences de l'espèce

2-2. Matériel biologique et technique

Le matériel biologique faisant l'objet de l'étude est l'espèce *Detarium senegalense*. Cette espèce selon la classification APGII, appartient à la classe des Magnoliopsida, à la sous-classe des Rosidae, à l'ordre des Fabales, à la famille des Fabaceae, à la sous-famille des Caesalpinioideae, à la tribu des Detarieae et au genre *Detarium* [26]. *D. senegalense* habite les forêts sèches de plaines et les forêts galeries dans les zones de savane humide, souvent le long des cours d'eau [10]. C'est une espèce des forêts denses humides semi-décidues et des galeries forestières [4]. Cette espèce se retrouve également le long des cours d'eau [3]. Le matériel de collecte de données est composé des fiches de collecte de données d'enquête et d'occurrence, de GPS (Global Positioning System) 64sc, d'un appareil photo-numérique, de machettes et d'un ordinateur pour la saisie, le traitement et l'analyse des données.

2-3. Collecte, d'analyse et de traitement des données

2-3-1. Collecte des données ethnobotaniques

L'approche méthodologique utilisée a été basée sur des enquêtes ethnobotaniques et socio-économiques menées auprès des groupes ethniques par des interviews individuelles [27]. Les enquêtes ont été menées à travers un échantillonnage stratifié avec trois niveaux de stratification à savoir la zone écologique, la localité

et le groupe ethnique. Elles ont été réalisées dans les localités bordant les formations forestières ainsi que dans les localités où les graines de *Detarium senegalense* sont commercialisées. Il s'agit notamment des localités de Fazao et de Melambouwa bordant la réserve de faune de Fazao-Malfakassa [28] dans la zone écologique II ; dans les localités de Tchamba 1 et Nkognon proche de la forêt dense sèche de Dantcho [28, 29] dans la zone écologique III ; de Kougnohou, Sereghbenè, Ave-Maria et Badou proche de la forêt d'Akloa [30] dans la zone écologique IV et Tsévié au niveau de la forêt de « Havé » dans la zone écologique V. Au total, 40 personnes connaissant réellement *D. senegalense* ont été enquêtées dans chaque localité. Les groupes cibles identifiés ont été choisis au hasard [31] pour inclure tous les niveaux sociaux requis (hommes, femmes, jeunes, vieux, etc.) et les classes d'âges [32]. Les données collectées sur le terrain via l'application Kobotoolbox ont été recueillies dans le tableur Microsoft Excel 2013.

2-3-2. Collecte des données de modélisation spatiale de *Detarium senegalense*

Les données d'occurrence de l'espèce ont été collectées essentiellement sur le terrain puis complétées par celles téléchargées sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) et celles provenant de la littérature. Les données d'occurrences complémentaires de *D. senegalense* ont été prises à l'aide d'un GPS Garmin eTrex 10 à travers le Togo en tenant compte de l'écologie et des sites antérieurs de présence de l'espèce au Togo notamment le long des forêts galeries dans la zone écologique II dans les localités de Fazao et de Melambouwa ; à Tchamba 1 et Nkognon proche des forêts denses sèches de Dantcho et d'Aboudlaye [29, 33] dans la zone écologique III et à Tsévié au niveau de la forêt de « Havé » [24] dans la zone écologique V. Les données environnementales sont celles qui gouvernent la distribution des espèces. Parmi celles-ci il y a les facteurs climatiques (précipitations, humidité relative, température, etc) accessibles sur le site de AfriClim (<https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim>). Les données globales de climat à une résolution de 1 km approximativement soit 30 secondes ont été téléchargées et utilisées [1] avec le modèle climatique MIROC. Sur les quatre scénarii d'émission de Gaz à Effet de Serre, RCP (Representative Concentration Pathways) du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GEIC) disponibles, deux dont l'un optimiste (rcp 4.5) et l'autre pessimiste (rcp8.5) [34] ont été choisis pour faire tourner le modèle. Pour mieux appréhender la modélisation de la niche de *D. senegalense*, les variables bioclimatiques de AfriClim ont été considérées.

2-3-3. Méthodes de traitement et d'analyse des données sur les connaissances ethnobotaniques sur *Detarium senegalense*

Les données d'enquête ont été traitées et analysées sur la base de la statistique descriptive avec les calculs des fréquences de citations suivis de la construction des graphes qui ont été réalisés grâce au tableur Excel. La fréquence de citation est l'un des indices les plus simple et connu. Elle a été utilisée pour évaluer la crédibilité des informations reçues et le niveau de connaissance de la plante par la population enquêtée [35]. La fréquence (F_c) de citation est donnée par la **Formule** suivante :

$$F_c = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

où, n est le nombre de personnes interrogées ayant répondu au questionnaire adressé ; N : le nombre total de personnes interrogées au cours de l'enquête.

La fréquence a été utilisée pour déterminer les formes d'usages de l'espèce de façon générale et dans les différentes zones écologiques du Togo et les menaces qui pèsent sur l'espèce.

2-3-4. Analyse et traitement des données pour la prédiction des impacts des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires favorables à la conservation de *Detarium senegalense* au Togo

Le traitement et l'analyse des données ont été faits suivant les étapes de nettoyage des données, de calibrage et de validation du modèle et d'utilisation de l'algorithme MaxEnt [36] pour la modélisation de la répartition spatiale de l'espèce. Ainsi, les données d'occurrences obtenues ont été d'abord nettoyées puis converties au format csv (*.csv), compatible avec le logiciel QGIS et l'algorithme MaxEnt [37]. Par ailleurs, les outils en ligne tels que Taxonomic Name Resolution, et Global Name Resolver ont été utilisés pour la mise à jour des informations d'ordre taxonomique dans la base d'occurrence sur l'espèce. Pour le calibrage du modèle, l'approche méthodologique appliquée est celle de la modélisation environnementale avec le modèle Maximum Entropie [38]. Pour la validation du modèle dans MaxEnt, différents outils ont été utilisés notamment la validation croisée, l'AUC et la courbe ROC pour tester la performance de chacun des modèles [39]. Le modèle a été tourné avec 75 % des données prétraitées, et les 25 % restants ont été réservés pour sa validation. Les redondances à l'intérieur de la grille des variables ont été éliminées à partir de l'application de la fonction « remove duplicate » du modèle [38]. Le test TSS (True Skill Statistic) dépendant du seuil [40] a été également utilisé pour évaluer les seuils de décision et classer à partir de ces seuils les sorties MaxEnt comme habitat favorable ou défavorable à la présence de l'espèce dans l'espace géographique.

3. Résultats

3-1. Connaissances ethnobotaniques sur *Detarium senegalense* au Togo

3-1-1. Formes d'usages de l'espèce

La **Figure 2** présente les formes d'usages de l'espèce dans l'ensemble de la zone d'étude. *D. senegalense* est une espèce à multiples formes d'usage. La forme d'usage la plus citée au niveau de l'ensemble des enquêtés est l'utilisation de son bois énergie (37 %) puis sous forme de bois d'œuvre (36 %). Sur le plan de la médecine traditionnelle, les feuilles et écorces de l'espèce sont utilisées sous forme de décoction (15 %) que sous forme d'infusion (6 %). Les écorces sont prises en décoction ou infusion en combinaison avec certaines épices comme le clou de girofle (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & LM Perry) et le piment noir de Guinée (*Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich) pour lutter contre la constipation, la diarrhée et le ballonnement de ventre surtout chez les enfants. Lorsqu'une personne souffre du paludisme, les feuilles et les écorces de *D. senegalense* sont souvent préparées comme décoction pour la boisson et aussi pour le bain corporel. C'est un bon remède efficace contre le paludisme selon les populations enquêtées. Sur le plan alimentaire, la consommation brute des fruits de *D. senegalense* a été faiblement citée par les enquêtés (4 %). Ils ont également mentionné à un faible pourcentage (2 %) l'utilisation de l'espèce dans la fabrication des objets d'art consacrés aux divinités sous diverses formes dont les statuettes (**Figure 2**).

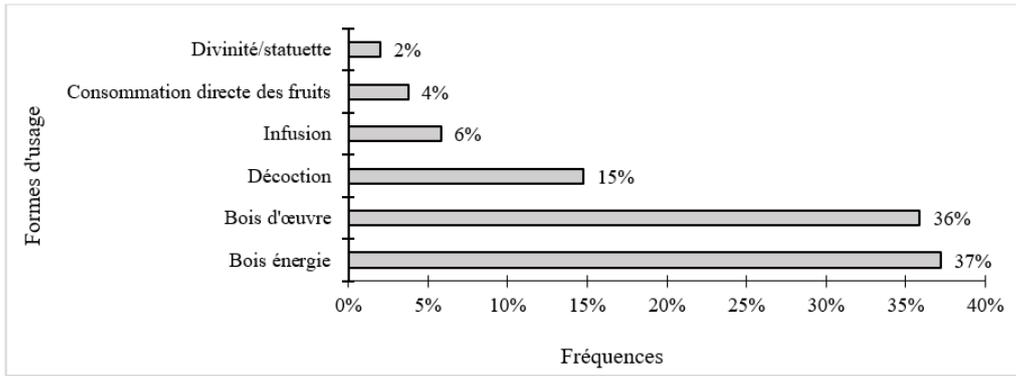


Figure 2 : Formes d'usages de l'espèce dans l'ensemble de la zone d'étude

Les formes d'usages de l'espèce ne sont pas citées de la même manière dans les différentes zones écologiques où les enquêtes ont été menées. La **Figure 3** présente les formes d'usages de l'espèce selon les zones écologiques. Dans la zone écologique II, la forme d'usage la plus citée de l'espèce est son utilisation comme bois énergie (40 %) puis comme bois d'œuvre (29 %). L'utilisation des feuilles et/ou des écorces de l'espèce sous forme de décoction (21 %) et d'infusion (10 %) a été aussi citée. Dans la zone écologique III, *D. senegalense* est plus sollicitée sous forme de bois d'œuvre (39 %). On note également dans cette zone l'usage de l'espèce sous forme de bois énergie (33 %), de décoction (23 %) et d'infusion (15 %). Au niveau de la zone écologique IV, *D. senegalense* est plus utilisée sous formes de bois énergie (45 %) et de bois d'œuvre (42 %). Elle est citée également sous forme de décoction (8 %) et d'infusion (5 %). Dans la zone écologique V, la consommation brute des fruits (34 %), l'utilisation de l'espèce sous forme de bois d'œuvre (23 %), de décoction (20 %), de bois énergie (10 %) et de statuette (5 %). Cette dernière forme d'usage en lien avec la foi a été citée très peu lors de l'enquête que par les enquêtés qui se retrouve uniquement dans la zone écologique V. En outre la consommation directe des fruits de *D. senegalense* a aussi été uniquement citée dans cette même zone.

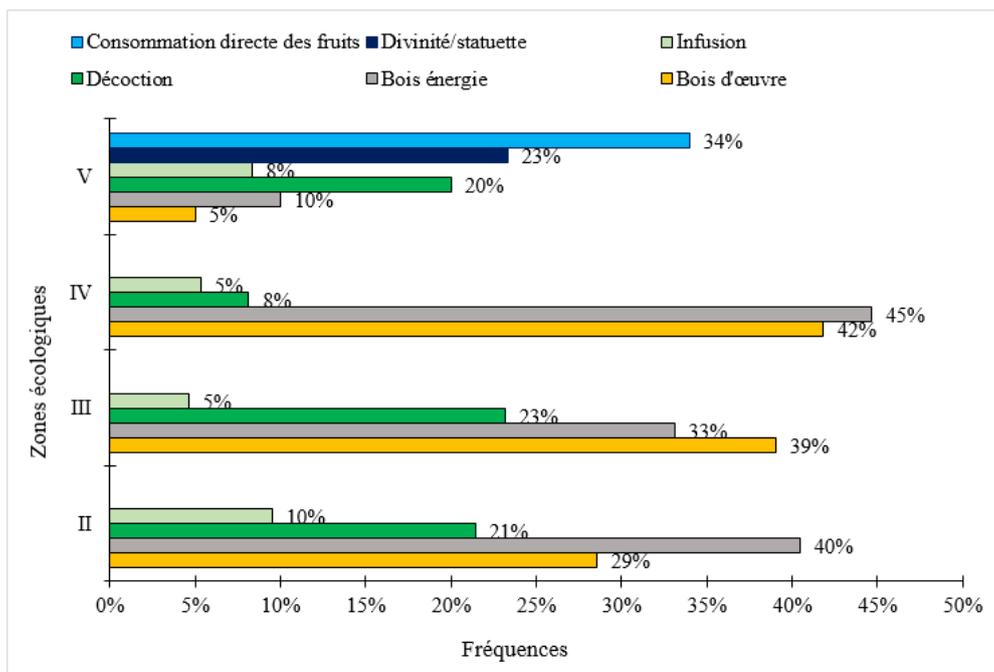


Figure 3 : Formes d'usages de l'espèce selon les zones écologiques

3-1-2. Menaces de l'espèce

La **Figure 4** présente les menaces qui pèsent sur *Detarium senegalense* dans la zone d'étude. Au cours de cette étude, 50 % des enquêtés affirment que l'installation des champs et des fermes agricoles constitue une menace pour la survie de *D. senegalense*. L'exploitation du bois selon 33 % des enquêtés et l'installation des infrastructures à travers l'urbanisation selon 17 % des enquêtés représentent aussi des menaces mentionnées par les enquêtés.

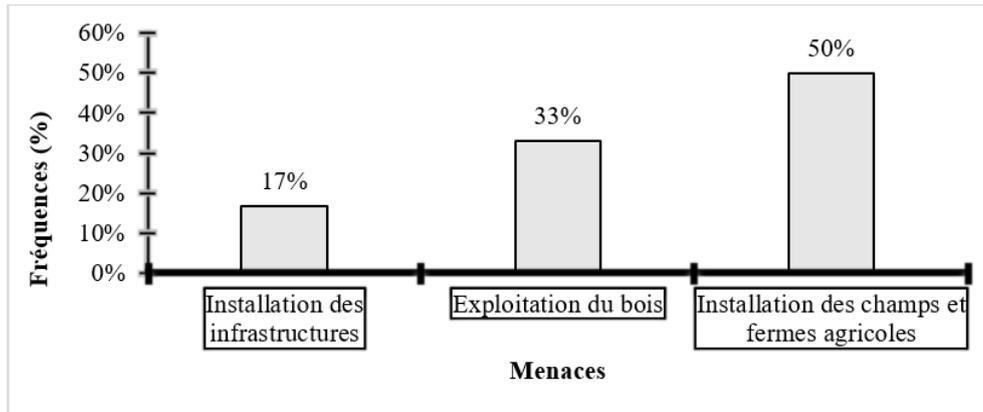


Figure 4 : Les menaces qui pèsent sur *Detarium senegalense*

3-2. Prédiction des impacts des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires favorables à la conservation de *Detarium senegalense* au Togo

3-2-1. Sélection des variables et validation du modèle

Cinq (5) variables bioclimatiques ont été retenues pour le modèle, la variable qui a le plus influencé la distribution géographique potentielle de *D. senegalense* est la précipitation du trimestre le plus sec (bio17) avec une contribution de 80,8 % dans la détermination des limites de dispersion de l'espèce au Togo. Les différentes autres variables à savoir température minimale du mois le plus frais (bio 6), précipitation du mois le plus sec (bio 14), Précipitation du trimestre le plus arrosé (bio 16) et Précipitation annuelle (bio 12) ont également contribué faiblement à la distribution géographique de l'espèce. La **Figure 5** montre la courbe d'AUC au niveau de l'espèce. Le modèle de distribution géographique potentielle produit par MaxEnt a été précis avec un AUC = 0,919 pour *D. senegalense* ; ce qui montre une très bonne performance du modèle utilisé selon Swets (1988).

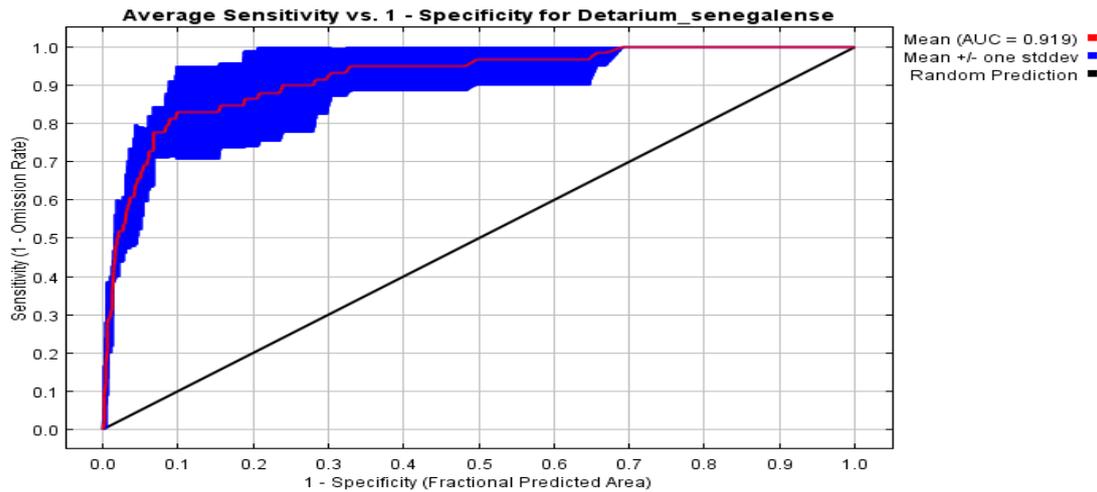


Figure 5 : Valeurs de l'AUC sous la courbe ROC

L'importance des variables a été appréciée à partir du test du Jackknife dont le résultat du test est présenté par la **Figure 6**. Pour les variables prédictives d'occurrence de *D. senegalense*, la moyenne du pourcentage de contribution et même de permutation a servi pour la sélection des variables. Pour chaque variable environnementale, la barre verte montre le gain total sans la variable considérée. Quant à la barre bleue, elle indique la représentation du gain ou de l'AUC obtenu avec le modèle en tenant seulement compte de la variable considérée. En rouge la représentation du gain total ou de l'AUC total obtenu avec le modèle en y ajoutant toutes les variables considérées.

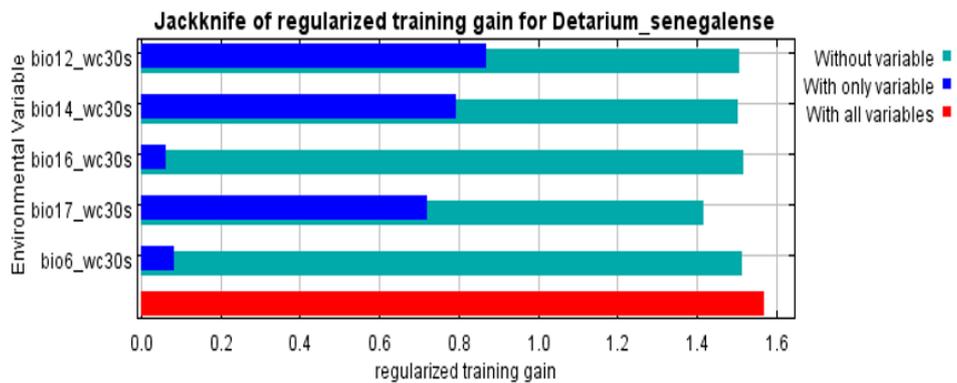


Figure 6 : Importance des variables du test de Jackknife pour *Detarium senegalense*

Les différents résultats issus du calibrage du modèle ont été soumis au test Partial ROC afin de vérifier la performance prédictive du modèle. Ainsi, 25 % des occurrences ont été utilisés pour tester le modèle et 75 % pour le calibrage. Le résultat du test de validation du modèle est présenté par la **Figure 7**. Le résultat du test de Partial ROC au seuil de 0,05 a donné une valeur moyenne du ratio AUC/AUC random de 1,89 et celle de l'AUC de 0,919. Ce résultat montre réellement une meilleure performance du modèle à prédire de vrai présence et absence de *D. senegalense* dans le contexte de changement climatique. En outre le test a montré que la différence entre l'AUC de la prédiction du modèle et l'AUC random est hautement significative et donc confirme que le modèle fonctionne mieux qu'aléatoirement. La statistique de performance du modèle (TSS) est de 0,53 aux seuils moyens de 0,0332 (Minimum training presence) et 0,2932 (Maximum training sensitivity plus specificity). Cette valeur démontre la bonne qualité du modèle et a permis d'évaluer les seuils de décision et de classer les sorties MaxEnt comme habitat favorable ou simplement défavorable à la présence de l'espèce à travers le milieu d'étude.

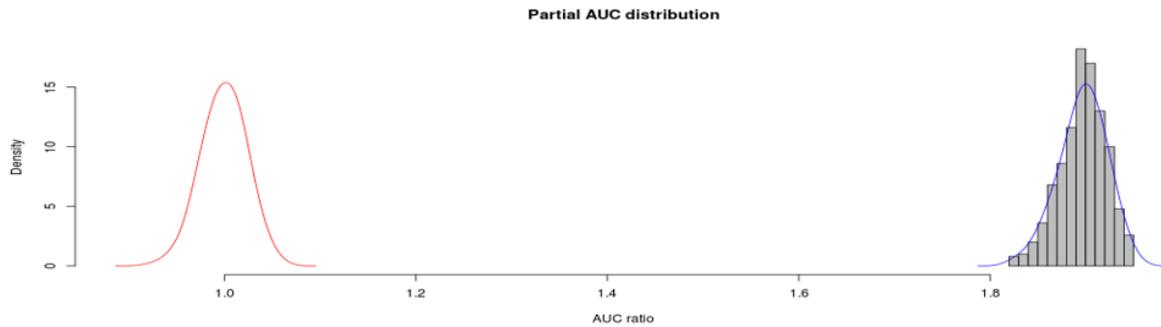


Figure 7 : Résultat du Partial ROC pour *Detarium senegalense*

3-3. Distribution actuelle et future des habitats de *D. senegalense* avec MaxEnt

Les résultats issus de la modélisation de la répartition spatiale au Togo dans le présent et dans le futur sous les deux scénarios (4.5 et 8.5), montrent les habitats potentiellement favorables et défavorables pour *D. senegalense*. Les résultats pour le modèle du présent montrent que les zones écologiques II, III, IV, V sont favorables à l'espèce. Pour le futur à l'horizon 2055 sous le scénario RCP 4.5, seules les zones écologiques II et IV seront favorables à l'espèce. Sous le scénario RCP 8.5 à l'horizon 2055, on note la disponibilité de ces deux zones écologiques à abriter l'espèce, mais avec des étendues beaucoup plus réduites. Au total, les aires favorables dans le présent pour *D. senegalense* englobent seulement 8,87 % de la superficie totale du pays. Les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 prévoient tous une réduction sensible des aires favorables de l'espèce à l'horizon 2055 (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Proportion des aires de distribution de *Detarium senegalense* dans le présent et dans le futur avec MaxEnt

	Présent		Scénario RCP 4.5		Scénario RCP 8.5	
	Superficie (Km ²)	%	Superficie (Km ²)	%	Superficie (Km ²)	%
<i>Habitats non favorables</i>	51578,57	91,13	54552,30	96,38	55645,42	98,31
<i>Habitats favorables</i>	5021,43	8,87	2047,69	3,62	954,58	1,69

La **Figure 8** présente les aires favorables et non favorables à l'espèce dans le présent suivant les deux scénarios 4.5 et 8.5.

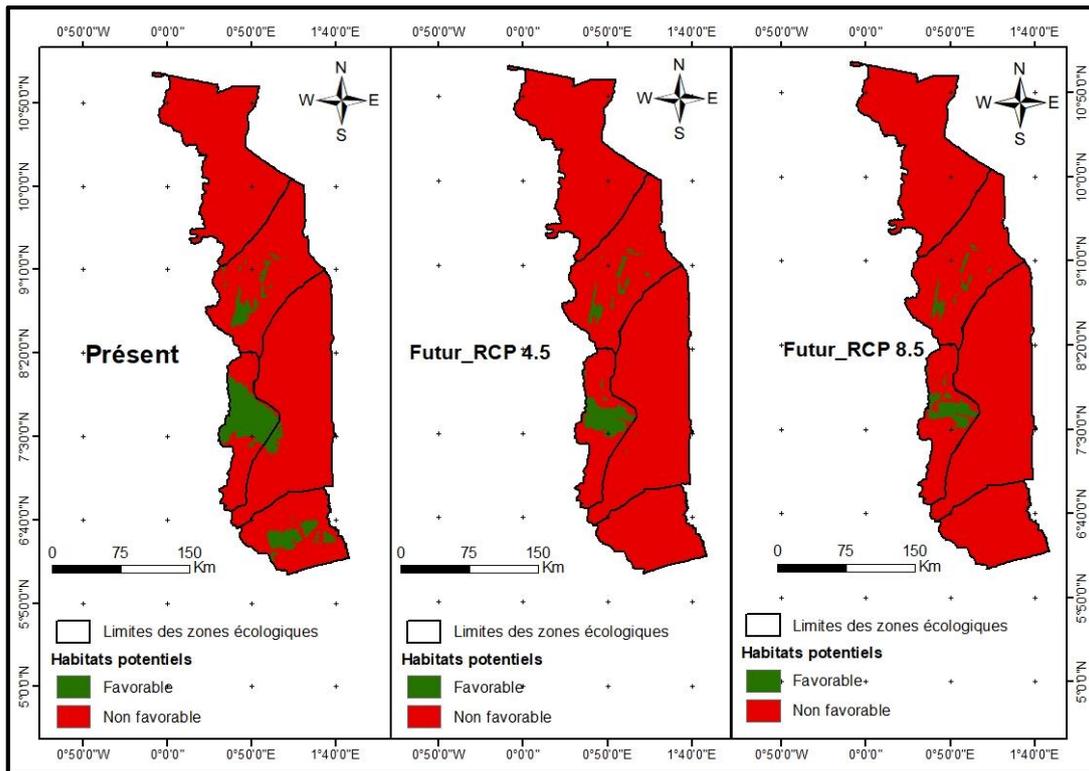


Figure 8 : Distribution des habitats favorables et non favorables de *Detarium senegalense* dans le présent et dans le futur

4. Discussion

4-1. Importance ethnobotanique de l'espèce *Detarium senegalense*

La présente étude a révélé que *Detarium senegalense* est citée pour plusieurs catégories d'usage. Il s'agit précisément des six (6) catégories d'usages suivantes : commerciale (35 %), bois d'œuvre (23 %), bois énergie (23 %), médicinale (13 %), alimentaire (4 %) et culturelle et culturelle (2 %). La première catégorie d'usage commerciale est la plus citée. Cette catégorie d'usage s'illustre par la collecte des amandes de l'espèce destinée à la vente. Cette catégorie d'usage est la plus citée au niveau de l'ensemble des enquêtés et fait que *D. senegalense* est souvent classée parmi les espèces aux Produits Forestiers Non Ligneux. Les amandes de *D. senegalense* sont collectées par les populations surtout les femmes pour la commercialisation dans les marchés locaux, mais aussi aux particuliers. Les études de [16] ont aussi mentionné cette utilisation commerciale de l'espèce par les populations locales. *D. senegalense* est une espèce à impact socioéconomique non négligeable, car la vente de ses graines apporte de revenus des populations locales. Des études similaires ont été réalisées sur d'autres espèces à valeur socio-économique importante dans la sous-région [41, 42]. Par ailleurs, plusieurs études ont indiqué la commercialisation des amandes oléagineuses de cette espèce en Afrique de l'Ouest [6, 43]. L'utilisation du bois de *D. senegalense* sous forme de bois énergie et de bois d'œuvre a été révélée également à travers cette étude. L'espèce au bois de cœur, jaune pâle, rougeâtre vers le centre du fût est utilisée pour la fabrication des bancs, tables, mortiers, pilon et sert aussi à faire du charbon ou simplement du bois de feu ([https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_(PROTA))). Cela confirme l'exploitation du bois de *D. senegalense* sous forme de bois d'œuvre et de feu à travers l'étude de [11]. Au niveau médicinal, *D. senegalense* peut être prise sous forme de décoction ou d'infusion pour soulager plusieurs maux. En effet, les feuilles et écorces de l'espèce sont prises sous forme de décoction et/ou

d'infusion pour le traitement du paludisme, des plaies intestinales, de la diarrhée et de la constipation. Selon [9], ces mêmes organes en plus des racines sont sollicités par la pharmacopée locale contre les plaies. Les études de [8] ont en outre identifié au Nigéria les propriétés des écorces du tronc de cette espèce contre la diarrhée. Ces dernières études confirment l'usage de cette plante contre les plaies et la diarrhée. Cette espèce au niveau médicinal a bien plus d'usage ailleurs. Au Sénégal, *D. senegalense* est utilisée en pharmacopée contre les enflures, les dermatoses, l'énurésie [44]. Il a été révélé par d'autres études que les extraits des feuilles de *D. senegalense* sont potentiellement thérapeutiques pour le traitement du cancer dans les pays en voie de développement [9]. En outre, la décoction donnée aux femmes après accouchement permet l'éjection du placenta au Libéria [19]. Sur l'ensemble de la zone d'étude, les fruits de *D. senegalense* ne sont pas directement consommables, car ces fruits ne sont pas doux. Cependant dans la zone écologique V, les populations ont affirmé que le fruit mûr est doux et est directement consommable surtout par les enfants. La consommation des fruits mûrs de cette espèce est citée très peu alors qu'au Sénégal au-delà de la consommation directe par les populations locales, ces fruits sont transformés et utilisés sous forme de boisson populaire connue sous le nom de nectar [6]. Toujours dans la catégorie alimentaire, la farine de la graine de cette plante africaine est utilisée traditionnellement au Nigéria comme un condiment pour l'épaississement de soupes et ragoûts [7], ce qui n'a pas été révélé par les résultats de la présente étude au Togo. *D. senegalense* intervient également dans la fabrication des objets consacrés aux divinités sous forme de statuette, mais aucun traitement médico-magique n'a été signalé pour cette espèce. Elle est pourtant citée dans le traitement médico-magique du sommeil par l'ethnie Socé de Bétani au Sénégal [19].

4-2. Ecologie de *D. senegalense* et variables environnementales gouvernant sa répartition spatiale

Une bonne connaissance de la distribution d'une espèce permet de mieux la conserver [45]. *D. senegalense* est une espèce des forêts denses humides semi-décidues et des galeries forestières [4]. Son écologie révèle qu'elle habite également les savanes humides, souvent le long des cours d'eau [10]. Contrairement à *D. microcarpum* Guil. Et Perr., qu'on retrouve dans les savanes sèches et sur les terrains secs, *D. senegalense* habite les lisières forestières, les terrains humides. Elle apprécie les lieux frais [45]. Selon les études de [20] au Togo, cette espèce se retrouve entre 800 - 1100 mm dans les zones arides ; entre 1400 - 1700 mm dans les zones subhumides et entre 1200 - 1500 mm dans les zones humides. L'abondance des précipitations et les températures les moins élevées devraient conditionner la présence de *D. senegalense*. D'après le modèle, parmi les 21 variables bioclimatiques, les précipitations du trimestre le plus sec (bio17), la température minimale du mois le plus frais (bio6), les précipitations du mois le plus sec (bio14), les précipitations du trimestre le plus arrosé (bio16) et les précipitations annuelles (bio12) sont les variables environnementales qui ont le plus contribué au modèle de prédiction de la distribution spatiale de *D. senegalense*. Toutes ces variables bioclimatiques impliquées dans le modèle sont en adéquation avec son écologie. La zone écologique IV où *D. senegalense* est abondante au Togo est la zone la plus forestière parmi toutes les zones écologiques [23]. Cette zone a un fort taux de couvert végétal, soit 34,81 % du couvert végétal national selon l'inventaire forestier national [22]. Ce qui justifie également cet habitat pour l'espèce, car c'est une espèce forestière qui se développe de manière optimale dans les savanes guinéennes caractérisées par des précipitations abondantes. Dans la zone écologique II, le Parc national de Fazao-Malfakassa surtout avec quelques cours d'eau traversant cette dernière présente des conditions favorables pour le développement de cette espèce. Cette zone écologique II est en réalité caractérisée par une végétation de forêts sèches constituées en majorité des espèces végétales telles que *Isoberlinia doka* Craib & Stapf, *Uapaca togoensis* Pax [46] et aussi de *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet, *Euphorbia poissonii* Pax, au niveau des parties montagneuses mises à nu du sous-sol rocheux de broussailles [23]. Sa présence dans cette zone des forêts sèches est liée aux galeries d'eaux. Les deux cours d'eau (Haho et Zio) traversant la zone écologique V expliquent également un optimum écologique pour *D. senegalense* dans la zone écologique V, car cette espèce a une prédilection le long des cours d'eau [3].

4-3. Impacts des changements climatiques et stratégies de conservation de l'espèce

Plusieurs menaces pèsent sur la biodiversité. Les changements climatiques constituent l'une des principales menaces sur cette dernière [47]. Les fluctuations des paramètres climatiques tels que la température et les précipitations affecteraient la répartition géographique des habitats des espèces [48]. Récemment, l'état des lieux concernant les changements climatiques en Afrique est inquiétant selon l'Organisation Météorologique Mondiale [49], l'évolution du régime des précipitations, la hausse des températures et l'augmentation des phénomènes climatiques extrêmes ont même aggravé la crise socio-économique et sanitaire du continent. Face à ces menaces, les végétaux ligneux sont affectés depuis les années 1960, surtout avec la baisse des précipitations, l'expansion des surfaces cultivables et la demande urbaine du bois [50]. Le scénario RCP 4.5 prévoit pour *D. senegalense*, une réduction sensible de 5,25 % des aires favorables. Au niveau du scénario RCP 8.5, on observe une réduction plus accrue (7,19 %) de ses aires favorables. On en déduit que les conditions futures entraîneront la perte des habitats favorables à l'espèce dans le contexte de changement climatique. *D. senegalense* est une espèce à impact socioéconomique et à usages multiples. Malgré ses multiples valeurs d'usage, elle reste peu documentée, ce qui pourrait entraver sa gestion durable. Les menaces les plus citées sur cette espèce concernent l'exploration de nouvelles terres cultivables, l'exploitation forestière. Ces dernières années l'on assiste aussi de plus en plus à la dégradation forestière avec les feux de brousse, la pratique de l'agriculture sur brûlis, les feux de végétation [51]. Hormis dans la forêt sacrée de Havé, les localités dans lesquelles se trouvent les pieds de *D. senegalense* constituent les pôles majeurs de collecte de ses fruits. Cette collecte et vente d'amande impactent négativement la régénération naturelle de l'espèce. La sylviculture n'est pas maîtrisée pour permettre la reconstitution des peuplements en dégradation et le développement des plantations pour cette espèce. La densité des individus de *D. senegalense* ainsi que celle de la catégorie des régénérations est très faible [3]. Par ailleurs, les effets des différentes pressions exercées sur cette espèce sont aggravés surtout par les changements climatiques. D'après la modélisation de l'impact du changement climatique, il a été constaté qu'une grande partie de l'aire de répartition de l'espèce diminuerait selon le scénario RCP 4.5 et 8.5. Cependant, peu d'aires protégées conservent *D. senegalense* dans les deux scénarios. Au-delà de quelques limites et incertitudes [52] dans la prédiction de la répartition de l'espèce, ce qui est souvent inhérent aux modèles, le présent modèle de niche écologique a prédit l'espace environnemental qui correspond à la niche fondamentale de l'espèce [53] et à la suite de ce modèle, certaines actions peuvent être entreprises pour sauver *D. senegalense* au Togo. Nous suggérons l'organisation des ateliers de sensibilisation des populations sur les enjeux des menaces pesant sur la biodiversité en général et les comportements adéquats compatibles avec la conservation de l'espèce ; un renforcement de capacités des populations pour augmenter leur capacité à cultiver l'espèce dans les pépinières ; l'introduction de ces pépinières dans les zones préalablement identifiées comme de faible densité ou d'absence de l'espèce [54] ; l'évaluation dans le futur d'éventuelles nouvelles tendances dans l'évolution des traits de sa population qui est une approche adaptative de la conservation de l'espèce [55]. Ces différentes options stratégiques visent à mettre en place des mécanismes d'incitation au reboisement de cette espèce de la part des acteurs publics, privés et au niveau communautaire et même familial.

5. Conclusion

Cette étude a apporté de nouvelles informations sur la valeur ethnobotanique et la modélisation de la répartition spatiale de *D. senegalense* au Togo. *D. senegalense* est une espèce végétale à plusieurs usages. Cependant son utilisation actuelle par les populations la rend vulnérable au point de compromettre sa présence dans le futur au Togo. Aucune stratégie de conservation n'est pour l'instant entreprise pour sa conservation. Bien que les populations locales soient conscientes de son importance dans leur vie quotidienne,

elles n'ont pas encore cette culture de la conserver à travers le reboisement. Il faudrait changer de comportement et penser à la nécessité de sa régénération surtout que la commercialisation de ses graines apporte un plus au panier de la ménagère. C'est en cela que l'espèce doit être promue par les agents de développement pour contribuer efficacement à la préservation de ses populations. C'est aussi urgent d'intensifier les activités de reboisement et de sensibilisation des populations pour la conservation de la biodiversité végétale globalement. L'étude a permis également de réaliser la première carte de répartition des habitats de *D. senegalense* au Togo. L'impact des changements climatiques sur la répartition spatiale des habitats de *D. senegalense* sous les scénarios RCP 4.5 et 8.5 horizon 2055. Les projections dans le futur sous ces scénarios prédisent toutes la réduction de superficies des zones favorables à l'espèce. Ces scénarii montrent un impact négatif des changements climatiques sur son habitat. Au défi de l'impact des changements climatiques, il est urgent d'appliquer des stratégies d'adaptation pour conserver l'espèce de sorte que les pieds de cette espèce soient plantés dans les zones appropriées prévues en tenant compte des densités existantes, insuffisantes ou de l'absence de l'espèce. Il serait intéressant de continuer la réflexion au niveau du modèle de prédiction en intégrant l'étude des sols et des effets anthropiques dans les sites étudiés pour une meilleure compréhension de son l'habitat.

Références

- [1] - X. SCHEDEMAN, M. W. ZONNEVELD, Manuel de formation à l'analyse spatiale de la diversité et de la distribution des plantes. *Bioversity International*, Rome, Italy, (2012) 186 p.
- [2] - D. WILKIE, Le programme du CARPE (Programme Regional pour l'Environnement en Afrique Centrale) sur les produits forestiers non ligneux. FAO, Rome - Italy, (2000) 3 - 17
- [3] - B. A. K. DOSSA, B. SOUROU, C. OUINSAVI, Germination des Graines et Croissance en Pépinière et en Champ des Plantules de *Detarium senegalense* au Bénin. *European Scientific Journal*, Vol. 16, (2020) 12 p.
- [4] - P. NEUENSCHWANDER, B. SINSIN, GE. GOERGEN, Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une liste rouge pour le Bénin. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, (2011) 365 p.
- [5] - E. MBAYE, SD. BADIANE, Circulation des produits forestiers non-ligneux à Dakar : Logiques et fonctionnement des filières de *Detarium senegalense* et *Saba senegalensis*. *Géocarrefour*, Vol. 93, N°2 (2019) 16 p.
- [6] - N. DIOP, A. NDIAYE, M. CISSE, O. DIEME, M. DORNIER, O. SOCK, Le ditax (*Detarium senegalense* JF Gmel.) : principales caractéristiques et utilisations au Sénégal. *Fruits*, Vol. 65, N° 5 (2010) 293 - 306
- [7] - Q. WANG, P. R. ELLIS, SB. ROSS-MURPHY, JS. REID, A new polysaccharide from a traditional Nigerian plant food : *Detarium senegalense* Gmelin. *Carbohydrate Research*, Vol. 284, N°2 (1996) 229 - 239
- [8] - F. S. SANNA, H. G. HAMZA, P. A. ONYAYILI, Antidiarrheal activity of fractions from aqueous extract of *Detarium senegalense*. *Herba Polonica*, Vol. 61, N°2 (2015) 30 - 40
- [9] - F. AGADA, M. CHIKA, A. UBA, HE. MSHELIA et HL. ZUBAIRU, Comparative Antiproliferative Activity of Leaf and Stem Bark Extracts of *Detarium senegalense* and Leaf of *Cymbopogon citratus*. *Cancer Research Journal*, Vol. 6, N°2 (2018) 38 p.
- [10] - BGCI, Botanic Gardens Conservation International (BGCI) et Groupe mondial de spécialistes des arbres de la CSE de l'UICN. 2019. *Detarium senegalense*. La Liste rouge de l'UICN des espèces menacées, (2019) <https://www.iucnredlist.org/species/62023169/149046911>. Consulté le 12 juin 2021
- [11] - K. ADJOSSOU, Diversité, structure et dynamique de la végétation dans les fragments de forêts humides du Togo : les enjeux pour la conservation de la biodiversité. Th. Doct., Univ. Lomé, Togo, (2009)
- [12] - H. M. BURKILL, *The useful plants of west tropical Africa. Volume 2: Families El*. Royal Botanic Gardens, (1994)
- [13] - H. H. EL-KAMALI, Ethnopharmacology of medicinal plants used in North Kordofan (Western Sudan). *Ethnobotanical Leaflets*, Vol. 13, (2009) 89 - 97

- [14] - NRC, National Research Council : *Lost Crops of Africa*. National Academies Press, Washington DC, Grains, Vol. 1, (1996) 408 p.
- [15] - A. ATATO, P. WALA, K. KOMLAN, A. Y. WOEGAN, K. AKPAGANA, Diversité des fruitiers ligneux spontanés du Togo. *Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol*, Vol. 4, N° 1 (2010) 1 - 9
- [16] - F. A. DANGBO, K. ADJONOU, K. KOKOU, J. BLASER, The Socio-Economic Contribution of *Detarium Senegalense* Seeds to rural livelihoods in Togo (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 13, N° 3 (2019b) 1582 - 1595. doi: 10.4314/ijbcs. v13i3.30
- [17] - B. A. ENDRESS, D. L. GORCHOV, M. B. PETERSON, E. PADRON SERRANO, Harvest of the Palm *Chamaedorea radicalis*, Its Effects on Leaf Production, and Implications for Sustainable Management. *Conservation Biology*, Vol. 18, N°3 (2004) 822 - 830. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00073.x>
- [18] - M. A. BILOSO, Valorisation des Produits Forestiers Non Ligneux des plateaux de Bateke en périphérie de Kinshasa (RD Congo). *Thèse de doctorat*, Université Libre de Bruxelles, (2008) 252 p.
- [19] - A. CAVIN, Contribution à la connaissance taxonomique et chimique de fruits africains du genre " *Detarium*" (Fabaceae-Caesalpinioideae) : " *D. microcarpum*" Guill. et Perr. et des formes comestibles et toxiques de " *D. senegalense*" JF Gmel. *Thèse de doctorat*. University of Geneva, (2007) 277 p. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:493>
- [20] - F. A. DANGBO, K. ADJONOU, K. KOKOU, J. BLASER, Ecological Sustainability of Detar (*Detarium senegalense* JF Gmel) in Togo (West Africa). *American Journal of Plant Sciences*, Vol. 10, N°3 (2019a) 417 - 432
- [21] - UICN/PACO, Evaluation de l'efficacité de la gestion des aires protégées : aires protégées du Togo, (2008) 44 p.
- [22] - REDD+ Togo, Plan D'actions de Mise En Oeuvre de La Stratégie Nationale de Réduction Des Émissions Dues à La Déforestation et à La Dégradation Des Forêts (REDD+) 2020 - 2029 ; Coordination Nationale REDD+ du Togo : Lomé, Togo, (2020)
- [23] - H. ERN, Die vegetation togos. gliederung, gefährdung, erhaltung. *Willdenowia*, (1979) 295 - 312
- [24] - F. A. DANGBO, K. ADJONOU, K. KOKOU, J. BLASER, Ecological Sustainability of Detar (*Detarium senegalense* JF Gmel) in Togo (West Africa). *American Journal of Plant Sciences*, Vol. 10, N°3 (2019a) 417 - 432
- [25] - CIA, The World Factbook, Central Intelligence Agency, (2020)
- [26] - A. LI, An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 141, N°4 (2003) 399 - 436
- [27] - B. BERINAME, K. KOKOU, N. BIGOU-LARE, D. KOUMANTIGA, A. AKPAKOUA, M. B. ADJAYI, G. A. ABBE, Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo : diversité, usages, importance et vulnérabilité. Base en ligne, Vol. 22, N°3 (2018) 152 - 171. URL : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=16487>. 20
- [28] - Y. A. WOEGAN, Diversité des formations végétales ligneuses du Parc national de Fazao-Malfakassa et de la réserve d'Aledjo (Togo), *Acta Botanica Gallica*, Vol. 158, N°3 (2011) 445 - 449
- [29] - T. BOUKPESSI, Les pratiques endogènes de gestion et de conservation de la biodiversité : Cas des bois sacrés du Centre-Togo. *Mémoire de géographie*, Université de Lomé, boulevard Arago 75013 Paris, (2003) 22 - 24
- [30] - G. H. SEGNIAGBETO, D. ASSOU, K. D. KODA, E. K. G. AGBESSI, K. H. ATSRI, D. DENDI, L. LUISELLI, J. JAN DECHER, R. A. MITTERMEIER, Preliminary notes on the status and distribution of primates in Central and Southern Togo. *Biodiversity*, Vol. 18, N°4 (2017) 137 - 150
- [31] - E. E. ASSEH, Y. KONAN, E. AKE-ASSI, Diversité et connaissance ethnobotanique des espèces de la famille des Acanthaceae de la réserve naturelle Partielle de Dahliafleur, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°9 (2019) 444 - 459. Doi : 10.19044/esj.2019.v15n9p444

- [32] - C. AVOCEVOU-AYISSO, T. H. AVOHOU, M. OMOROU, G. DESSOU, B. SINSIN, Ethnobotany of *Pentadesma butyracea* in Benin : A quantitative approach. *Ethnobotany Research and Applications*, Vol. 10, (2012) 151 - 166
- [33] - K. KOKOU, A. ATATO, R. BELLEFONTAINE, A. D. KOKUTSE, G. CABALLE, Diversité des forêts denses sèches du Togo (Afrique de l'Ouest). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, Vol. 61, N°3 (2006) 225 - 246
- [34] - S. PHILLIPS, A brief tutorial on Maxent. *AT&T Research*, Vol. 190, N°4 (2010) 231 - 259
- [35] - R. W. SCHRAUF, J. SANCHEZ, Using freelisting to identify, assess, and characterize age differences in shared cultural domains. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, Vol. 63, N°6 (2008) S385 - S393
- [36] - S. J. PHILLIPS, R. P. ANDERSON, R. E. SCHAPIRE, Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, Vol. 190, N°3 - 4 (2006) 231 - 259
- [37] - H. GU, J. WANG, L. MA, Z. SHANG, Q. ZHANG, Insights into the BRT (Boosted Regression Trees) method in the study of the climate-growth relationship of Masson pine in subtropical China. *Forests*, Vol. 10, N°3 (2019) 228 p.
- [38] - A. BARGAIN, M. FABRI, Guide méthodologique pour la modélisation Prédictive d'habitats profonds en méditerranée, (2016) 128 p.
- [39] - W. JETZ, C. RAHBK, Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science*, Vol. 297, N°5586 (2002) 1548 - 1551
- [40] - O. ALLOUCHE, A. TSOA, R. KADMON, Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of applied ecology*, Vol. 6, N°43 (2006) 1223 - 1232
- [41] - A. E. ASSOGBADJO, R. K. GLÈLÈ, R. HOUTOUTOU, G. F. VODOUHÈ, Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduc* L.) in Benin. *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol. 5, N°9 (2011) 1549 - 1557
- [42] - K. KOURA, J. C. GANGLO, A. E. ASSOGBADJO, C. AGBANGLA, Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, Vol. 7, N°1 (2011) 1 - 12
- [43] - D. K. KODA, K. ADJOSSOU, J. C. DJEGO, K. A. GUELLEY, Diversité et usages des espèces fruitières des systèmes agroforestiers à caféiers du Plateau-Akposso au Togo. *Afrique Science*, Vol. 12, N°4 (2016) 113 - 119
- [44] - S. D. DIENG, F. NIANG-DIOP, M. DIOP, A. GOUDIABY, B. SAMBOU, M. A. LYKKE, Filière des produits à usage médicinal issus de *Cordyla pinnata*, *Detarium microcarpum* et *Detarium senegalense* au Sénégal. *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, Vol. 22, (2019) 23 - 35. Doi : 10.21248/fvss.22.78
- [45] - S. CODJIA, A. AOUJJI, K. KOURA, J. C. GANGLO, Systèmes Agroforestiers à *Garcinia Kola* Heckel au Sud-Est du Bénin : distribution géographique, connaissances endogènes et retombées financières. *European Scientific Journal*, Vol. 14, N°12 (2018) 188 p.
- [46] - E. OURO DJERI, T. DJAGBA, A. A. SEWA, S. OURO-LANDJO, A. ALBADA, Situation des ressources génétiques forestières du Togo. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne, note thématique sur les ressources génétiques forestières, document FGR F, (1998) 13 p.
- [47] - GIEC, Glossaire [Planton, S. (coord.)], In : Changements climatiques, Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique, (2013)

- [48] - GIEC, Résumé à l'intention des décideurs. In Bilan 2007 des Changements climatiques : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (éds), Cambridge University Press : Cambridge, Royaume Uni, (2007) 114 p.
- [49] - Organisation Météorologique Mondiale (OMM) Changement climatique en Afrique, un état des lieux inquiétant). <https://www.la-croix.com/Changement-climatique-Afrique-etat-lieux-inquietant-2021-10-19-1201181301>, consulté le 03/04/2022
- [50] - J. ONANA, J. L. DEVINEAU, *Azelia africana* Smith ex Persoon dans le Nord-Cameroun. Etat actuel des peuplements et utilisation pastorale. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 55 (1) (2002) 39 - 45
- [51] - K. AKPAGANA, *Pistia stratiotes* L.(Araceae), une adventice aquatique en extension vers le nord du Togo. *Acta Botanica Gallica*, Vol. 140, N°1 (1993) 91 - 95
- [52] - B. ABRAHMS, DIPIETRO D, A. GRAFFIS, A. HOLLANDER, Managing biodiversity under climate change : challenges, frameworks, and tools for adaptation. *Biodiversity and Conservation*, Vol. 26, N°10 (2017) 2277 - 2293
- [53] - J. SOBERÓN, A. T. PETERSON, Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, Vol. 2, (2005) 1 - 10. DOI:10.17161/bi.v2i0.4.U.S
- [54] - J. C. GANGLO, G. K. DJOTAN, J. A. GBÈTOHO, S. B. KAKPO, A. K. N. AOUJJI, K. KOURA, D. R. T. YÊHOUÉNOU, Ecological niche modeling and strategies for the conservation of *Dialium guineense*. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, Vol. 9, N°12 (2017) 373 - 388 p.
- [55] - B. K. WILLIAMS, E. D. BROWN, Adaptive management : the US Department of the Interior applications guide. US Department of the Interior, Adaptive Management Working Group, (2012) 136 p.