

Niche écologique de *Blighia sapida* K.D. Koenig au Togo : implication à la conservation et gestion durable dans un contexte de changement climatique

Ecological niche of *Blighia sapida* K.D. Koenig in Togo: implications for sustainable conservation and management in a context of climate change

Kassegne Kodzovi^{1*}, Atakpama Wouyo^{1,2}, Lare Kokou^{1,3}, Egbelou Hodabalo¹, Dourma Marra¹, Guelly Kudzo Atsu¹, Batawila Komlan¹, Akpagana Koffi¹

¹Laboratoire de botanique et écologie végétale, département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo

²West Africa Plant Red List Authority (WAPRLA), IUCN Species Survival Commission, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland

³Département de Foresterie Institut National de Formation Agricole (INFA) de Tové, BP 401 Kpalimé, Togo

*Auteur correspondant : emakodzovikassegne@gmail.com

ORCDI des Auteurs :

Kassegne Kodzovi : <https://orcid.org/0009-0003-7650-6307>, Atakpama Wouyo : <https://orcid.org/0000-0001-7041-918X>, Lare Kokou : <https://orcid.org/0009-0001-0125-274X>, Egbelou Hodabalo : <https://orcid.org/0009-0003-9252-525X>, Dourma Marra : <https://orcid.org/0000-0002-6864-9039>, Batawila Komlan : <https://orcid.org/0000-0003-2781-3063>, Guelly Kudzo Atsu : <https://orcid.org/0009-0005-0055-3793>, Akpagana Koffi : <https://orcid.org/0000-0003-4290-8861>

Comment citer l'article : Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo, Lare Kokou, Egbelou Hodabalo, Dourma Marra, Guelly Kudzo Atsu, Batawila Komlan, Akpagana Koffi. (2025) Niche écologique de *Blighia sapida* K.D. Koenig au Togo : Implication à la conservation et gestion durable dans un contexte de changements climatiques. *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 5(1) :1-15pp, e-ISSN (Online): 2790-3230.

doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg5106>

Reçu : 30 mars 2025

Accepté : 15 juin 2025

Publié : 30 juin 2025



Résumé

Au Togo, *Blighia sapida* K.D. Koenig occupe une place essentielle dans les systèmes agroforestiers et les pratiques alimentaires locales. Cependant, la dégradation continue des écosystèmes, couplée aux effets croissants du changement climatique, menacent la répartition et la disponibilité de cette ressource végétale stratégique. Dans ce contexte, il devient impératif de mieux comprendre les dynamiques écologiques de l'espèce afin de soutenir les efforts de conservation et de valorisation durable. L'étude est une contribution à la gestion durable de *B. sapida* dans le contexte du changement climatique au Togo. Il s'agit spécifiquement de : (i) modéliser la distribution actuelle et future des habitats potentiels de *B. sapida* au Togo ; (ii) évaluer l'impact des facteurs environnementaux sur la distribution potentielle de *B. sapida* à l'horizon 2055 et (iii) déterminer les aires de priorisation des actions de conservation et de valorisation de l'espèce. L'algorithme d'entropie maximal (MaxEnt) a été utilisé pour modéliser la distribution potentielle actuelle et future de l'espèce à partir de 17 variables environnementales et 1 537 points de présence de l'espèce. Les zones prioritaires de conservation ont été identifiées

Copyright: Published under a Creative Commons Attribution (CC-BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

et hiérarchisées à partir du modèle actuel et des modèles futurs à l'aide du logiciel Zonation. Ainsi, la variable précipitations du trimestre le plus sec est la variable environnementale ayant le plus contribué (30,80 %), suivie du sol (29,80%) et des précipitations annuelles (21,60 %). Les résultats obtenus prédisent que sous le modèle actuel, près de 80 % du territoire togolais notamment la zone soudano-guinéenne est prédite très favorable au développement de *B. sapida*. Une régression des zones très favorables selon les scénarii SSP 126 et SSP 585 est prédite à l'horizon 2055. Les zones écologiques II, III et IV devraient être plus priorisées dans les politiques de reboisement du fisanier afin d'optimiser les efforts et rendre durables les chaînes de valeur de cette espèce. Les données obtenues constituent assurément les outils de valorisation de l'espèce dans un contexte climatique évoluant.

Mots clés : *Blighia sapida*, prédiction, gestion durable, niche écologique, Togo

Abstract

In Togo, *Blighia sapida* K.D. Koenig plays an essential role in agroforestry systems and local food practices. However, ongoing ecosystem degradation, coupled with the increasing effects of climate change, is threatening the distribution and availability of this strategic plant resource. In this context, it becomes imperative to better understand the ecological dynamics of the species in order to support conservation and sustainable development efforts. The study is a contribution to the sustainable management of *B. sapida* in the context of climate change in Togo. Specifically, it aims to: (i) model the current and future distribution of potential *B. sapida* habitats in Togo; (ii) assess the impact of environmental factors on the potential distribution of *B. sapida* by 2055; and (iii) determine priority areas for actions to conserve and enhance the species. The maximum entropy algorithm (MaxEnt) was used to model the potential current and future distribution of the species, based on 17 environmental variables and 1,537 points of presence of the species. Priority conservation areas were identified and prioritized from the current and future models using Zonation software. Rainfall in the driest quarter was the most important environmental variable (30.80%), followed by soil (29.80%) and annual precipitation (21.60%). The results obtained predict that under the current model, almost 80% of Togo's territory, notably the Sudano-Guinean zone, is predicted to be highly favorable to the development of *B. sapida*. A regression of very favorable zones according to the SSP 126 and SSP 585 scenarios is predicted by 2055. Ecological Zones II, III and IV should be given higher priority in fisan reforestation policies in order to optimize efforts and make the species' value chains sustainable. The data obtained will undoubtedly provide tools for enhancing the value of the species in a changing climatic context.

Keywords: *Blighia sapida*, prediction, sustainable management, ecological niche, Togo

1. Introduction

Les arbres fruitiers spontanés aux multiples usages sont sollicités par les populations locales à diverses fins. Dans le cas spécifique du fisanier (*Blighia sapida* K.D. Koenig), divers organes sont utilisés à des fins domestique, commerciale, thérapeutique, religieuse et dotés d'une signification sociale (Codjia et al. 2003; Franck et al. 2020). Au Bénin, *B. sapida* est identifiée parmi les cinq (5) principales espèces utilisées au quotidien par les populations locales (Codjia et al. 2003). Les arilles récoltés sont séchés et vendus dans les marchés locaux, générant ainsi près de 20 % des revenus des ménages (Ekué et al. 2011). Le commerce des fruits de *B. sapida* en destination de la Grande-Bretagne et du Canada a rapporté 14 millions de dollars US à la Jamaïque en 2000; 400 millions de dollars US aux Caraïbes (Jamaïque) en 2005 (Ekué et al. 2011).

À l'instar des autres pays de l'Afrique et d'ailleurs, les fruits de *B. sapida* sont récoltés et les arilles sont consommés crus ou séchés puis vendus dans les marchés locaux au Togo. Le développement des chaînes alimentaires couplées aux pressions anthropiques liées à la récolte des fruits entraîne une faible régénération naturelle et donc la vulnérabilité d'une espèce fruitière (Samarou et al. 2021 ; Samarou et al. 2022). Pour ce faire, une gestion durable des écosystèmes forestiers dans cet environnement changeant implique la connaissance des aires de distribution potentielles passées, actuelles et futures des espèces (Moukrim, 2020). Les études sur l'impact probable du changement climatique sur la viabilité des habitats actuels et futurs ont été menées sur plusieurs arbres fruitiers spontanés du Togo (Alassani et al. 2023; Assang et al. 2023; Atakpama et al. 2022a; Atakpama et al. 2023b; Samarou et al. 2023). Ces études confirment l'impact probable du changement climatique sur les habitats des plantes alimentaires. La régression des habitats sous fortes pressions anthropiques couplée aux défis du changement climatique constitue un élément majeur à relever. Dans cette optique, la meilleure connaissance de la niche écologique du fisanier s'avère urgente. L'attention portée sur le choix de *B. Sapida* s'explique par sa présence remarquable, ses usages multiples et son importance économique au Togo et dans la sous-région ouest-africaine (Atato et al. 2011; Franck et al. 2020; Makagni et al. 2020; Nabede et al. 2022). Cependant il existe peu d'études sur l'écologie, la structure démographique, les paramètres pédoclimatiques régissant la distribution et le développement de cette espèce au Togo. Dans le cadre de la valorisation des ressources phylogénétiques et la mise en œuvre de la politique de reboisement, il serait utile de mettre à la disposition des décideurs des données fiables permettant d'orienter les stratégies de conservation et de valorisations des plantes spontanées (Atakpama et al. 2022a; Samarou et al. 2023), notamment le fisanier.

Quels sont les habitats favorables au développement de *B. sapida* ? Quelles sont les exigences pédoclimatiques déterminant sa distribution au Togo ? Quel est l'impact des changements climatiques sur les habitats ? Quelles sont les aires de priorisation des actions de restauration et de conservation de *B. sapida* face aux défis futurs des changements climatiques ? La présente étude vise à contribuer à la gestion durable de *B. sapida* au Togo dans un contexte de changement climatique. Spécifiquement, il s'agit de : (i) identifier l'habitat potentiel actuel *B. sapida* au Togo ; (ii) évaluer l'impact des facteurs environnementaux sur la distribution actuel et futur de *B. sapida* dans la zone à l'horizon 2055 et (iii) proposer les aires de priorisation des actions de restauration et de conservation de cette espèce. *Blighia sapida* se développe sur des terres cultivées située à basse et moyenne altitude, caractérisée par une bonne fertilité des sols. La distribution de *B. sapida* influencée par les conditions pédoclimatiques spécifiques, notamment : la texture du sol, les précipitations et les températures. Les changements climatiques entraînent une modification progressive des habitats favorables à *B. sapida*, au profit des habitats non favorables. Les zones actuellement marginales pour *B. sapida* pourraient devenir des habitats potentiels en raison des changements climatiques, constituant ainsi des aires prioritaires pour les efforts de restauration.

2. Matériel et Méthode

2.1 Description du milieu d'étude

L'étude se réalise au Togo, un pays de l'Afrique de l'Ouest avec une superficie de 56 600 km². Le relief du Togo est peu accidenté, excepté la chaîne de l'Atakora qui traverse en écharpe le pays du sud-ouest au nord-est, avec des sommets parfois de plus de 900 m dans la partie méridionale. Les sols dominants au Togo sont les sols hydromorphes, les sols ferralitiques et les sols ferrugineux tropicaux qui représentent plus de 50 % des sols du pays (Faure and Pennanaech 1981). Le Togo appartient à la zone intertropicale caractérisée par un climat chaud et humide. Sur le plan phytogéographique, on distingue cinq (5) zones écologiques (Ern 1979) définies sur la base des conditions climatiques et phytosociologiques (Figure 1). Il s'agit de :

La zone écologique I (zone des plaines du nord) soumise au climat soudanien est essentiellement formée d'agrosystèmes (Atakpama et al. 2022a; Atakpama et al. 2022b; Folega et al. 2019; Padakale et al. 2015; Samarou et al. 2022). On distingue aussi des formations naturelles le long des cours d'eau, dans les aires protégées, les forêts communautaires et les forêts sacrées et les bosquets sacrés (Adjonou et al. 2009; Atakpama et al. 2023a; Folega et al. 2020; Folega et al. 2014; Polo-Akpisso et al. 2015).

La zone écologique II (zone des montagnes du nord) est sous l'emprise d'un climat soudanienne de montagne. Les agrosystèmes sont dominants au niveau des plaines (Padakale et al. 2015). On y rencontre aussi des forêts denses sèches, des forêts claires à *Isobertinia doka* et *I. tomentosa* (Dourma et al. 2012) et des mosaïques de savanes en particulier dans les aires protégées (Wala et al. 2012 et Atsri et al. 2018).

La Zone écologique III (zone des plaines du centre) constitue le domaine des forêts denses sèches et des savanes boisées guinéennes de même que des forêts semi-décidues et des formations rupicoles (Pereki et al. 2013). Les formations rupicoles et les zones humides de cette zone principalement drainée par le fleuve Mono sont fortement anthropisées (Mabafei et al. 2021 et Thiam et al. 2022) (Koffi N'dere et al. 2024; Kokou et al. 2023). Les conditions climatiques et pédologiques sont propices au développement d'une variété d'activités, dont l'agriculture et l'élevage. Ces activités socio-économiques couplées au braconnage constituent des menaces pour la conservation de la diversité biologique, notamment la faune (Issifou et al. 2022).

La zone écologique IV (partie méridionale des Monts Togo) est sous climat subéquatorial à une saison de pluie assez longue et une courte saison sèche. Les formations originelles et les forêts denses semi-décidues (Akpagana 1989) sont dégradées par des activités agricoles laissant place à des mosaïques de jachères, forêts et agroforêts (Djiwa et al. 2020).

La zone V (zone du littoral du Togo) comprend une mosaïque de champs, de jachères et d'habitations. Les formations naturelles sont représentées par des îlots de forêts sacrées en pleine dégradation (Kokou et Sokpon 2006). Cette zone est la plus fournie en zone humide dont la réserve de biosphère du Mono, les mangroves et les zones marécageuses (Folega et al. 2017).

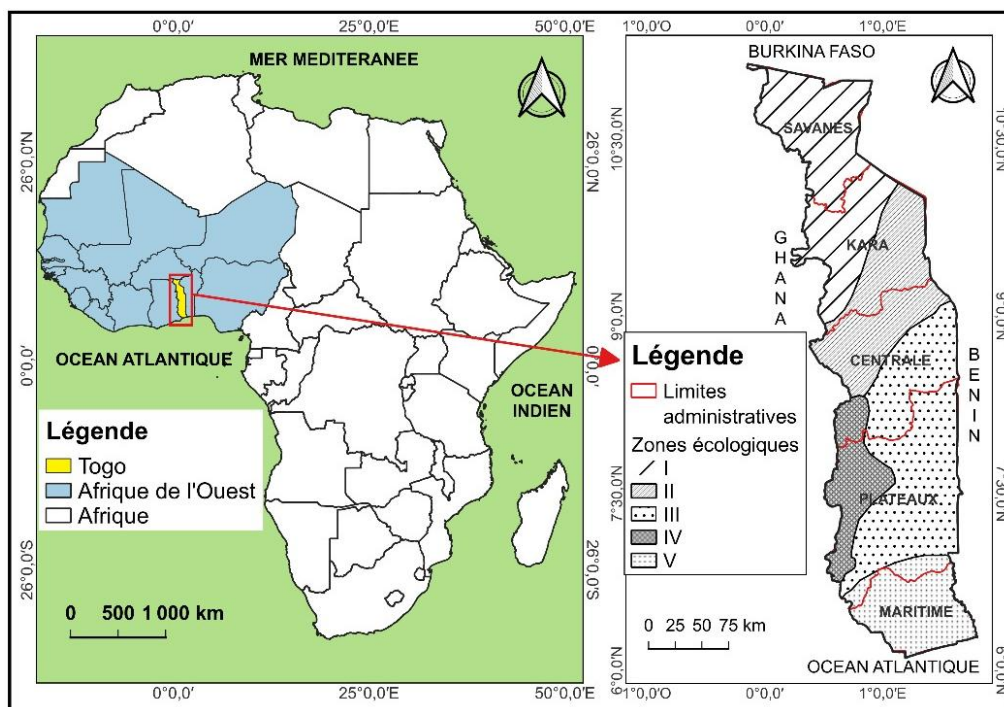


Figure 1. Subdivisions administrative et écologique du Togo et localisation en Afrique

2.2. Description de *Blighia sapida*

Le fisnier ou « faux acajou » encore appelé Ackee en anglais, *Blighia sapida* (Sapindaceae) est un arbre de plein soleil à feuilles persistantes originaire d'Afrique de l'Ouest (Codjia et al. 2003). C'est un arbre atteignant 30 m de hauteur et 1,20 m de diamètre, exploité surtout pour son fruit. Il se développe dans des zones suffisamment humides, dans les jachères et les jardins de cases aux sols fertiles (Dossou et al. 2004). On le rencontre aussi en Amérique Centrale et aux Caraïbes où elle a été introduite dans les années 1790 (Ekue et al. 2004). Sa canopée est composée de branches denses et symétriques ; son écorce est lisse et grise, parfois gris-sombre (photo 1). Les feuilles sont alternes et composées de trois à cinq paires de folioles brillantes. Les inflorescences sont constituées de petites fleurs à cinq pétales de couleur blanc-verdâtre très odorantes et voyantes. L'inflorescence évolue pour donner de petits boutons floraux, lesquelles donnent à maturité les valves déhiscentes. Dans ces valves sont logées des graines de couleur noire portant chacune un arille de couleur crème. Ces graines arillées varient de deux à quatre selon la grosseur du fruit. L'arille renferme une huile riche en substances organoleptiques (Nabede et al. 2022). La valve à maturité à une couleur vive, allant du jaune au rouge (Figure 2).



Figure 2. Arbre, feuilles, fruits, arilles et bois de *B. sapida*

2.3. Collecte des données

❖ Données de présence

Les données de présence du fisanier proviennent de deux principales sources : les données de terrain enregistrées à l'aide du récepteur GPS (Global Positioning System) au Togo et les données issues de la plateforme GBIF (Global Biodiversity Information Facility: www.gbif.org). Afin de maximiser la précision des modèles, il est recommandé de veiller à ce que les données de présence de l'espèce étudiée couvrent le plus possible la région où elle est influencée par les mêmes facteurs climatiques (Fitzpatrick and Hargrove 2009). De ce fait, les points de présence de l'espèce hors du Togo ont été complétés dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest en explorant la base de données GBIF. La visualisation des points de présence a permis de procéder à un épurement qui a consisté à la suppression des points erronés et des doublons. Au total 1537 points de présence ont été retenus.

❖ Variables environnementales

Pour la modélisation, 17 variables environnementales ont été exploitées (Tableau 2). On distingue 15 variables bioclimatiques, l'altitude et les données pédologiques. Les données pédologiques sont issues de la base de données « Harmonized World Soil Database (HWSD) ». Les données d'altitude et bioclimatiques proviennent de la plateforme WorldClim2.1 (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>) (Karger et al. 2021). Les données bioclimatiques actuelles sont les moyennes de la période de 1970-2000. Les données bioclimatiques futures à l'horizon 2055 représentant la moyenne pour les périodes 2041-2070. Deux (2) scénarii (SSP 126 et SSP 585) des cinq (5) trajectoires SSPs (Shared Socio-economic Pathways) ont été considérés. SSP 126 (scénario optimiste) correspond à un changement graduel, mais global vers un contexte socio-économique durable avec une décroissance de la démographie et de la consommation. SSP 585 (scénario pessimiste) estime une croissance rapide et globale de l'économie, couplée à l'exploitation abondante de combustibles fossiles (O'Neill et al. 2017). La résolution de toutes les données est de 30 secondes (approximativement 1 km x 1 km). Contrairement à certains travaux scientifiques précédents, les variables bioclimatiques bio8, bio9, bio18 et bio19 n'ont pas été considérées à cause des biais constatés pour ces dernières au niveau de l'Afrique de l'Ouest (Biaou et al. 2023).

Tableau 1. Variables bioclimatiques utilisées dans la modélisation

Variations environnementales (codes)	Définition des variables	Unité
hwsd	Sol	-
wc2.1-30s	Altitude	m
Variables de température		

BIO 1	Température moyenne annuelle	°C
BIO 2	Moyenne mensuelle des variations journalières	°C
BIO 3	Iso thermalité	%
BIO 4	Saisonnalité de la température	°C
BIO 5	Température maximale du mois le plus chaud	°C
BIO 6	Température maximale du mois le plus froid	°C
BIO 7	Plage de température annuelle	°C
BIO 10	Température moyenne du trimestre le plus chaud	°C
BIO 11	Température moyenne du trimestre le plus froid	°C
Variables de Précipitation		
BIO 12	Précipitations annuelles	mm
BIO 13	Précipitation du mois le plus humide	mm
BIO 14	Précipitation du mois le plus sec	mm
BIO 15	Saisonnalité des précipitations	%
BIO 16	Précipitation du trimestre le plus humide	mm
BIO 17	Précipitation du trimestre le plus sec	mm

2.3. Traitements des données

❖ Exécution et validation des modèles

La modélisation des aires potentielles du fisanier (*Blighia sapida*) a été élargie à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest afin d'augmenter la précision des modèles à l'échelle du Togo (Atakpama et al. 2016; Fandohan et al. 2013; Fitzpatrick and Hargrove 2009). La modélisation a été réalisée suivant le principe de l'entropie maximale (MaxEnt : Maximum Entropy). Cet algorithme utilise une procédure d'optimisation comparant la présence de l'espèce avec les paramètres environnementaux (Phillips et al. 2006). La moyenne issue de la répétition de 10 modèles croisés est utilisée dans la cartographie des habitats. Ce modèle a été calibré avec 75 % des points de présence et le reste des points a été utilisé pour le tester. La performance du modèle a été évaluée en utilisant l'indice « Receiver Operating Characteristics Curve », obtenu par le calcul de l'aire située en dessous de la courbe (AUC, Area Under Curve). Les valeurs de l'AUC sont interprétées tel que proposé par Araújo et al. (2005) : $0,5 < AUC < 0,9$ (le modèle est bon) ; $AUC > 0,9$ (le modèle est excellent). Le test de Jackknife a été aussi effectué pour apprécier la contribution de chaque variable ayant participé à l'exécution du modèle (Dimobe et al. 2020). L'évaluation du modèle a été complétée par la projection des points de présence sur le modèle généré.

❖ Cartographie de l'habitat

La cartographie des habitats a été réalisée avec le logiciel QGIS 3.18 en utilisant les informations issues de la modélisation de MaxEnt. Deux (2) classes d'habitats ont été définies en considérant un seuil des 10 centiles (S) « 10 percentiles threshold » nécessaires pour transformer les probabilités continues d'occurrence en valeurs binaires de présence/absence (Phillips and Dudík 2008). Les valeurs au-dessus de « S » sont considérées comme des habitats favorables tandis que les valeurs en dessous sont considérées comme les habitats non favorables. À partir de la valeur seuil, trois (3) classes d'habitats favorables ont été redéfinies (Atakpama et al. 2023b; Moukrin et al. 2020) : habitats très favorables ($p \geq S$), habitats moyennement favorables ($S/2 \leq p < S$) et habitats peu favorables ($S/4 \leq p < S/2$). La détermination des aires potentielles actuelles de l'espèce et celles à l'horizon 2055 suivant chaque scénario climatique (SSP 126 et 585) a permis de déduire la dynamique potentielle des habitats du fisanier à l'horizon 2055, grâce à l'outil d'analyse spatiale du logiciel QGIS 3.18. L'outil d'analyse spatiale du logiciel Arc GIS 10.5 a permis de calculer la superficie de chaque type d'habitats suivant les zones écologiques et les régions économiques du Togo. Suite à cette analyse, la dynamique potentielle des habitats à l'horizon 2055 suivant chaque scénario climatique est déduite en faisant les différences des superficies actuelles et les superficies des différents types d'habitats suivant les deux (2) scénarii climatiques. Les données issues de calculs ont permis la construction des graphiques en se servant du Tableur Microsoft Excel.

❖ Détermination des zones prioritaires

Le logiciel Zonation version 4.0, un outil de planification de conservation a été utilisé à cet effet. Ce dernier a permis de classer et d'identifier les habitats prioritaires en faisant sortir simultanément la qualité de ces habitats (Atakpama et al. 2022). Les fichiers d'entrée dans le logiciel Zonation sont les trois (3) images issues de la modélisation dans MaxEnt : habitat potentiel actuel, les habitats suivant les scénarii SSP 126 et SSP 585. Ces fichiers sont au format ASCII compatible avec le logiciel zonation.

3. Résultats

3.1. Variables déterminants la distribution du fisanier et validation du modèle

La valeur moyenne de l'AUC de l'aire sous la courbe ROC est de 0,93. Ce qui atteste que le modèle est bon dans la prédiction de l'aire de distribution du fisanier. Les variables environnementales qui contribuent le plus dans la distribution du fisanier sont : les précipitations du trimestre le plus sec (Bio 17), le sol (hwsd) et les précipitations annuelles (Bio 12). Leurs contributions sont respectivement de 30,80 %, 29,80 % et 21,60 %. Le sol est le prédicteur environnemental qui présente le gain le plus élevé lorsqu'il est utilisé isolément dans la modélisation de *B. sapida* (Figure 3). Le test de Jackknife confirme aussi la contribution des précipitations du trimestre le plus sec sur la distribution du fisanier.

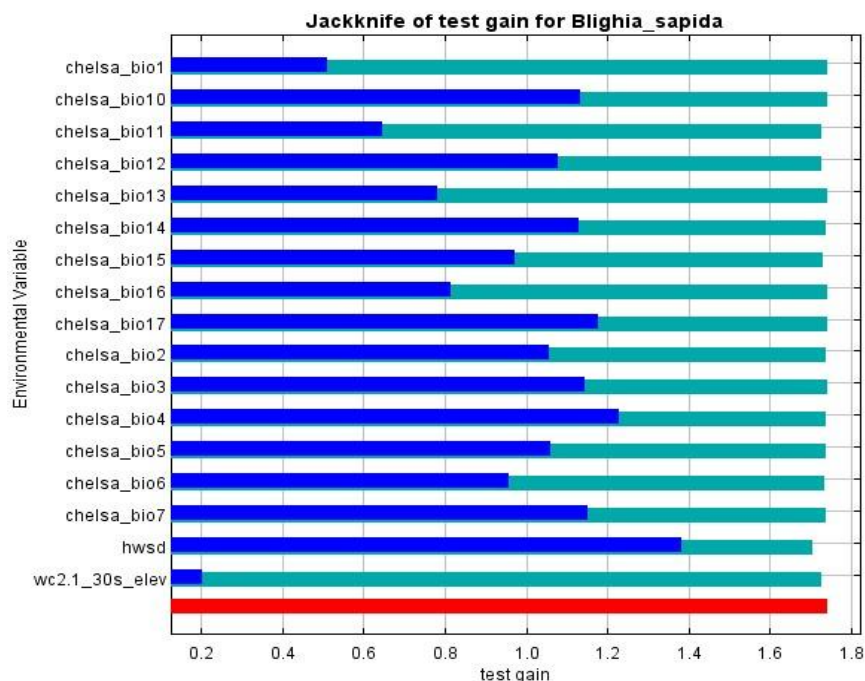
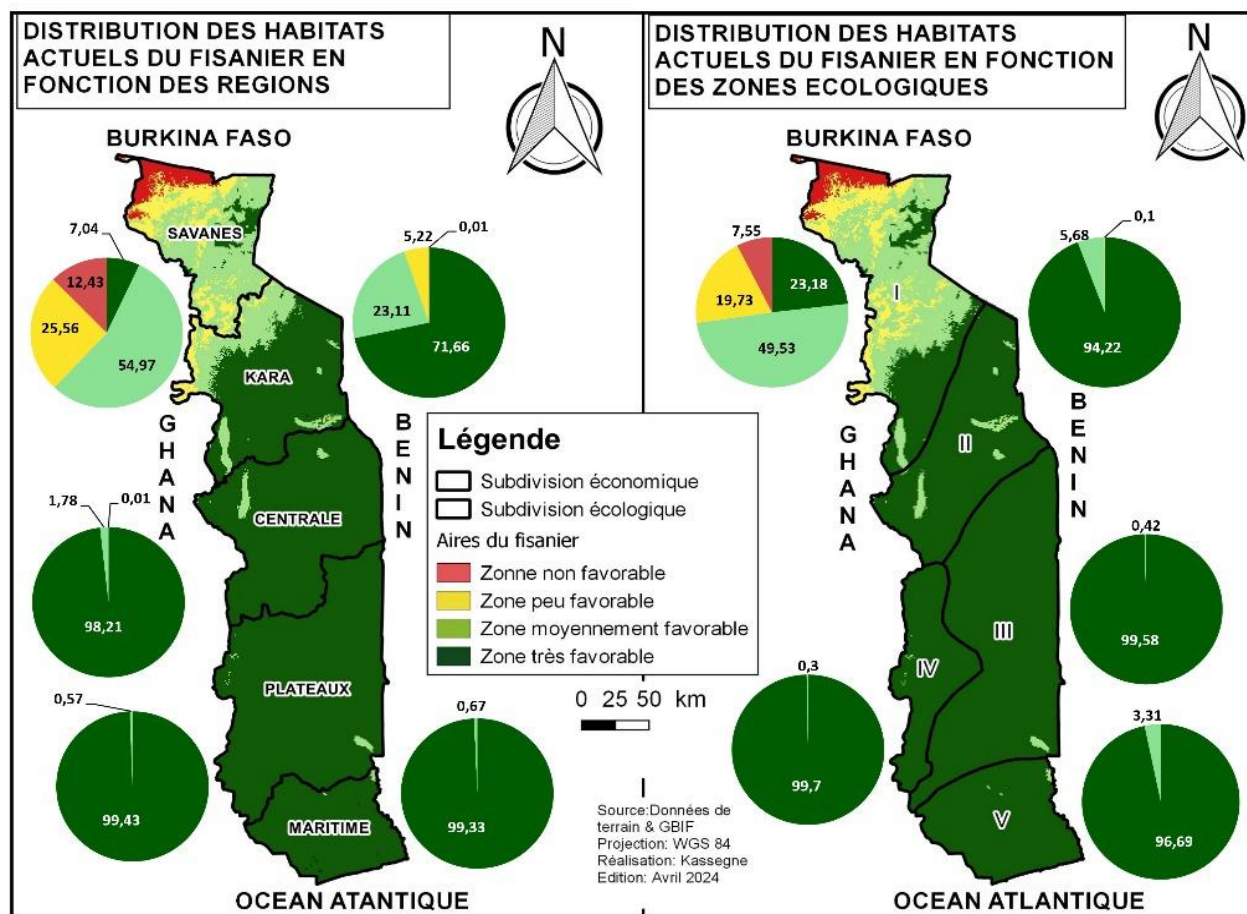
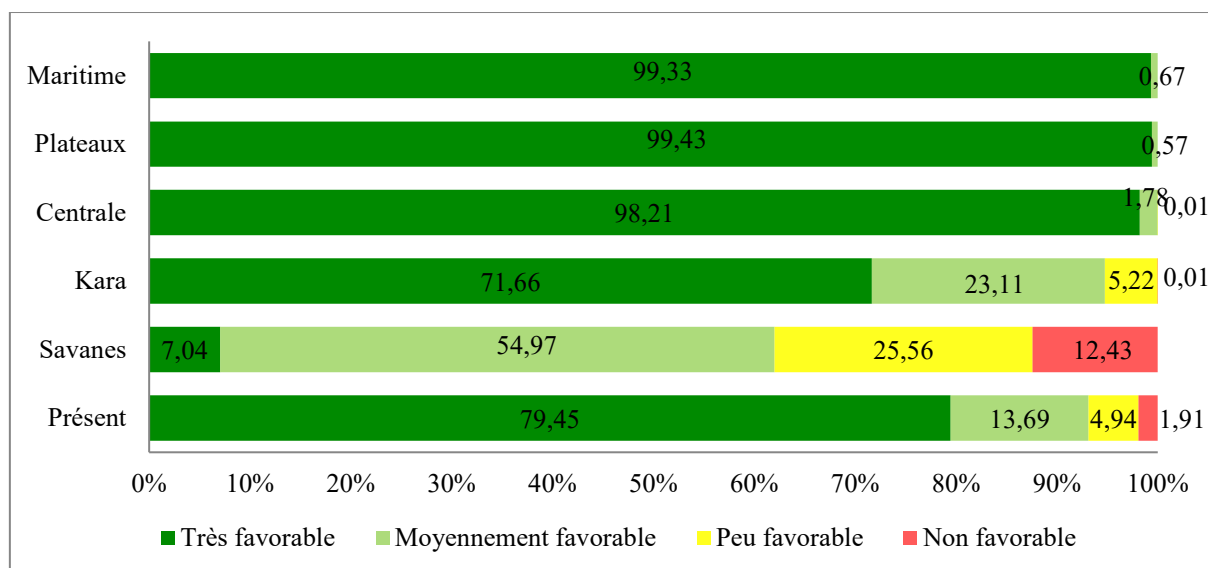


Figure 3. Contribution de variables bioclimatique dans la modélisation, test de Jackknife

3.2. Habitats potentiels actuels du fisanier au Togo

Dans l'ensemble, environ 79 % du territoire togolais est prédit très favorable au fisanier sous les conditions climatiques actuelles. Les habitats non favorables sont quasi inexistants (1,91 %) et se retrouvent principalement du côté septentrional de la région des Savanes (zone écologique I). Plus de la moitié du territoire de cette région est prédit moyennement favorable (54,97 %) et 12,43 % non favorable (Figure 4). Presque la totalité des zones écologiques III ; IV et V sont prédites très favorables à la culture du fisanier (Figure 4 et 5).

Figure 4. Habitats potentiels actuels de *B. sapida* au TogoFigure 5. Qualité de l'habitat potentiel actuel de *B. sapida*

3.3. Influence du climat sur les habitats potentiels du fisanier à l'horizon 2055 au Togo

Les deux (2) scénarii (SSP 126 et SSP 585) prédisent à l'horizon 2055 une légère régression des habitats très favorables et une augmentation des habitats peu favorables (Figure 7). Le scénario SSP 585 prédit une faible augmentation des habitats non favorables et peu favorables et une légère régression des habitats moyennement favorables. Ce scénario prédit également une augmentation de 65,43 % des habitats non favorables et 151,55 % des habitats peu favorables (Figure 7). Le scénario SSP 126 quant à lui prédit une augmentation des habitats moyennement favorables et peu favorables de 7,18 % et 26,27 % respectivement (Figure 6 et 7). Le scénario SSP 585 prédit une légère régression des habitats très favorables et des habitats moyennement favorables de proportion 3,19 % et 40,76 % respectivement (Figure 7). Ce scénario (SSP 126) prédit une régression de 2,68 % des habitats très favorables et 7,95 % des habitats très favorables.

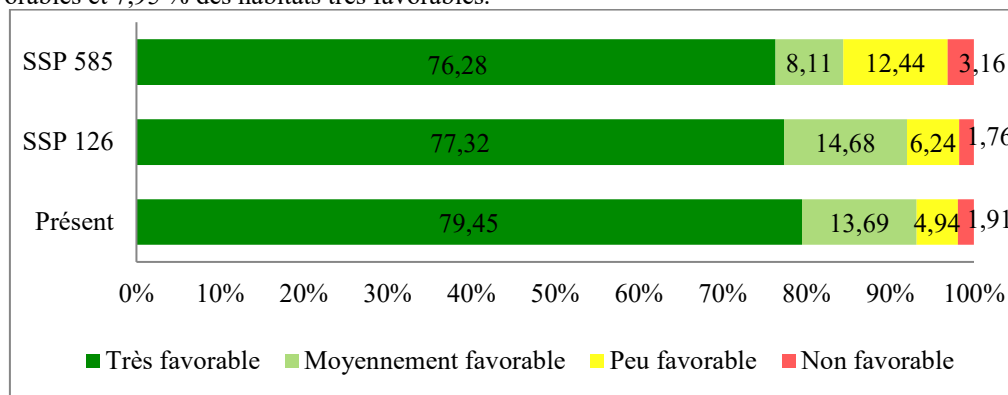


Figure 6. Qualité de l'habitat potentiel actuel et futur du fisanier au Togo

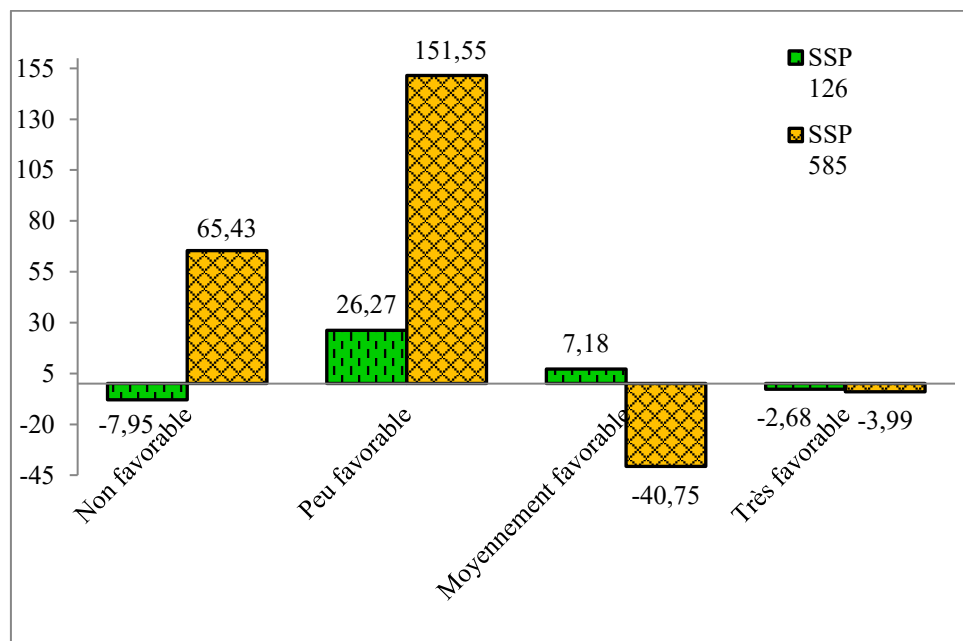


Figure 7. Dynamique des habitats du fisanier (*B. sapida*) suivant SSP 126 et SSP 585

La figure 8 présente la spatialisation des habitats du fisanier en fonction des zones écologiques et des régions économiques sous les conditions climatiques actuelles et à l'horizon 2055. Suivant ces deux scénarii, les zones écologiques V et III sont majoritairement prédites favorables à l'espèce. Le scénario SSP 585 prédit une régression des habitats moyennement favorables au profit des habitats peu et non favorables. Dans la zone écologique I, les habitats moyennement favorables connaîtront une régression suivant les deux scénarii au profit des habitats peu et non favorables (Figure 8).

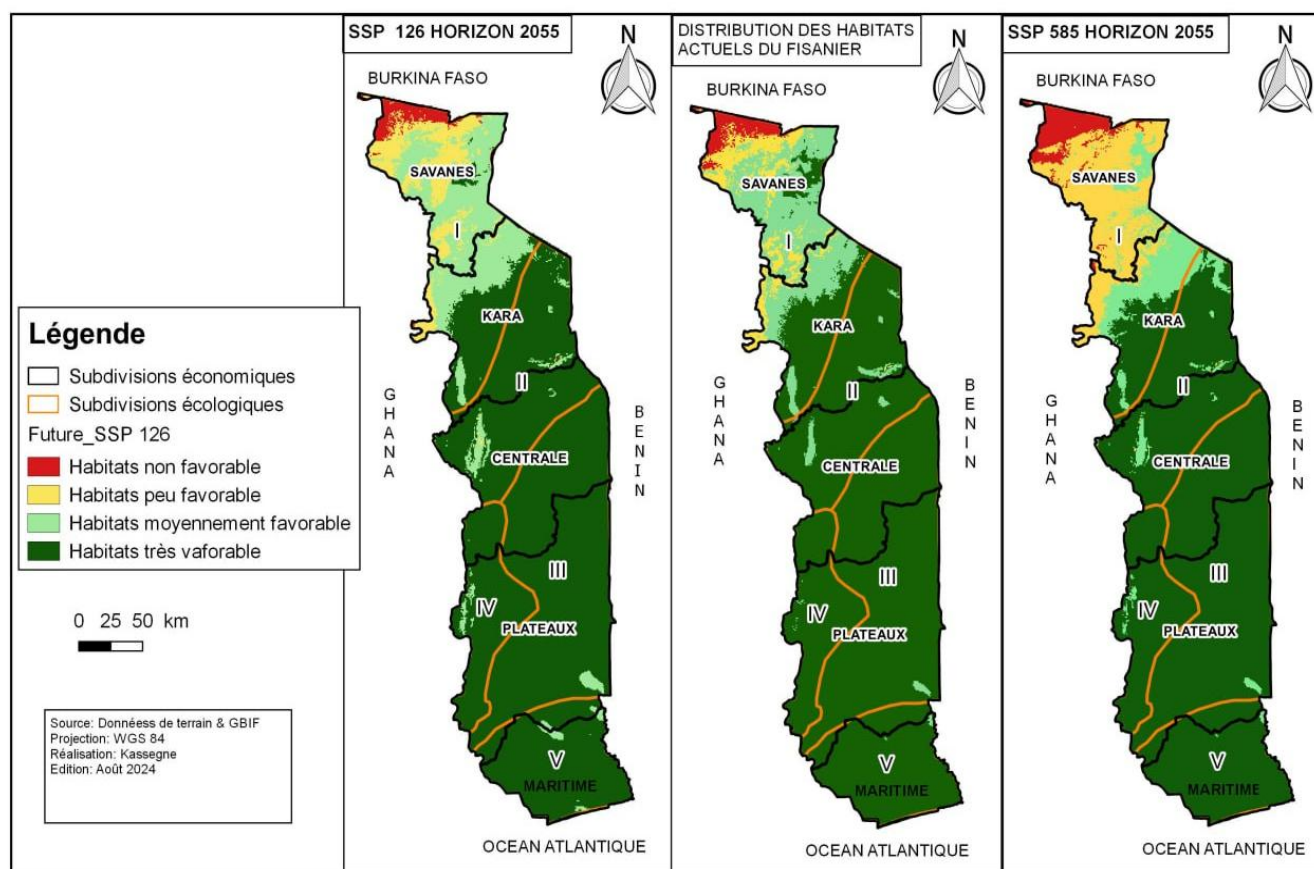


Figure 8. Habitats actuels et à l'horizon 2055 du fisanier en fonction des zones écologiques et des régions économiques du Togo

3.4. Aires de priorisation des actions de culture et de conservation du fisanier au Togo

Les aires les plus prioritaires pour le développement de la culture de *B. sapida* se situent dans le sud-ouest de la région des Plateaux, au centre et au nord-est de la région Centrale et au centre de la région Maritime (Figure 9). Une petite poche de zones les plus prioritaires se localise au sud-est de la région de la Kara. Les aires non prioritaires couvrent presque la totalité de la zone écologique I, l'Est de la zone écologique III. Tout le littoral et la partie septentrionale de la zone écologique V sont également prédites non prioritaires à la culture du fisanier.

4. Discussion

4.1. Variables environnementales et distribution du fisanier

La valeur AUC de 0,93 indique que le modèle est bon et donc révèle de la bonne performance de l'algorithme MaxEnt dans la prédiction des habitats (Araújo et al. 2005) du fisanier. Cette valeur de l'AUC est similaire à celle obtenue par Assang et al. (2023) dans le cadre de la détermination des zones prioritaires pour la culture durable de l'anacardier au Togo.

Les variables qui ont plus contribué au modèle de distribution des habitats du fisanier sont : les précipitations du trimestre le plus sec, le sol et les précipitations annuelles. Plusieurs auteurs de la sous-région ont trouvé que la distribution des espèces végétales est principalement influencée par des facteurs climatiques (Atakpama et al. 2022a; Avaligbé et al. 2021; Dimobe et al. 2020; Fandohan et al. 2013). La forte contribution des données pédagogique (hwsd) a été également soulignée dans la distribution des habitats de *Anacardium occidentale* L. (Assang et al. 2023) et de *Tamarindus indica* L. (Samarou et al. 2023) au Togo. De même, la contribution de la variable de la précipitation annuelle (bio 12) a été évoquée par Fandohan et al. (2013) au Bénin, par Garba et al. (2020) au Niger, par Samarou et al. (2023) au Togo sur le *T. indica* et par Atakpama (2022) au Togo sur *Vitellaria paradoxa*.

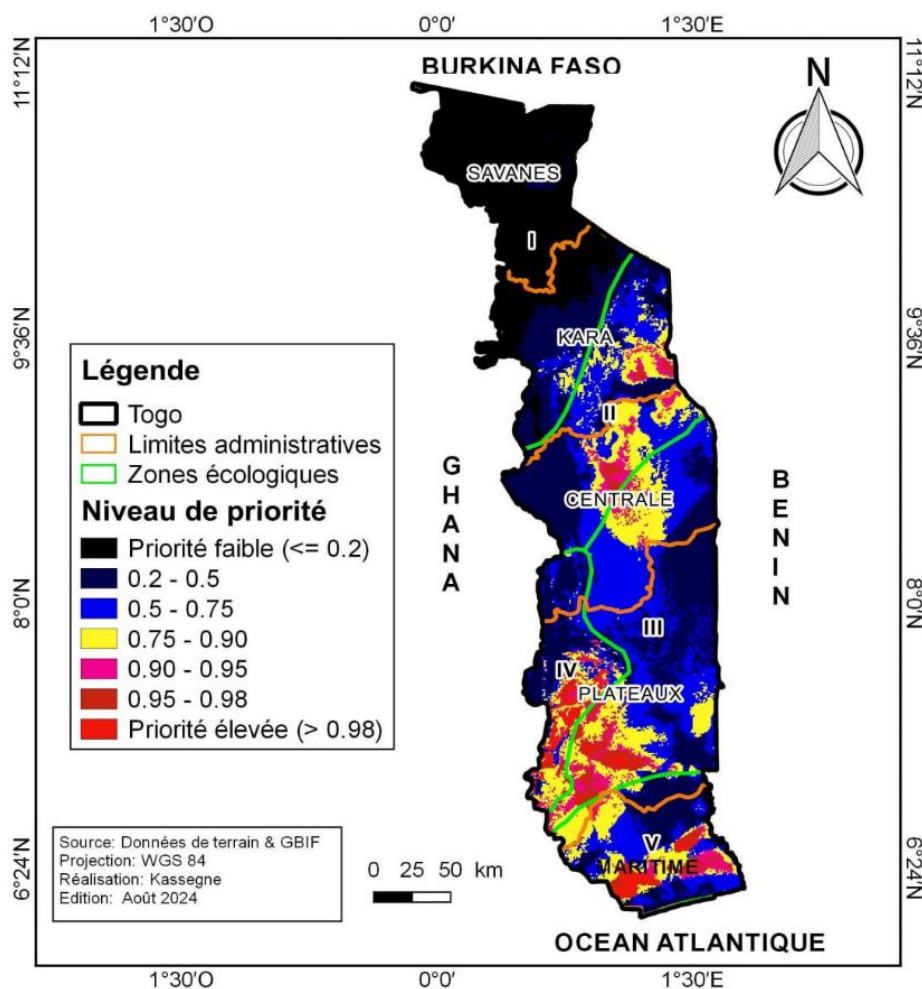


Figure 9. Aires de priorisation pour la conservation et de culture de *B. sapida* au Togo

4.2. Habitats potentiels actuels du fisanier au Togo

Un peu plus des trois quarts du territoire togolais est actuellement prédit favorable au fisanier. Les aires prédites non favorables se localisent essentiellement dans la zone soudanienne du Togo, en particulier au niveau du socle éburnéen. Ces résultats sont proches à ceux de Ekue et al. (2004) dans l'aperçu sur la distribution écologique et le système agroforestier traditionnel autour de l'ackee (*Blighia sapida*) au Bénin où moins d'individus de fisanier (environ 3 pieds par hectare) sont rencontrés en milieu soudanien du Bénin au profit du tamarinier (*Tamarindus indica*) et du néré (*Parkia biglobosa*) qui sont plus favorisés par le même milieu. Ceci se justifie donc le fait que le fisanier préfère le plus souvent les milieux humides et des sols fertiles (Ekue et al. 2010). Ces exigences écologiques expliqueraient la faible présence, voire l'absence de l'espèce dans cette zone. On note également que l'espèce est moins présente dans la région Maritime du Togo, qui est pourtant prédite très favorable. Ce résultat est conforme à ceux des autres études précédentes qui montrent que la niche fondamentale de l'espèce est souvent plus petite que sa niche écologique (Biaou et al. 2023; Kokou et al. 2025; Samarou et al. 2023). Ceci s'expliquerait d'une part par la densité élevée de la population humaine (INSEED 2022), qui entraîne la réduction des parcs agroforestiers et des jardins, connus comme zones de conservation de l'espèce (Ekué et al. 2004). La quasi-totalité de la région est constituée des zones agraires et des bâties (MEDDPN 2019). La faible utilisation de cette espèce par les groupes ethniques de la région maritime (Nabede et al. 2022) constitue également un frein à sa conservation dans les jardins de cases.

4.3. Influence du climat sur les habitats potentiels du fisanier à l'horizon 2055 au Togo

Les projections climatiques indiquent que les habitats actuellement favorables au fisanier connaîtront une faible régression au détriment des habitats peu et moyennement favorables (SSP 126) et aux habitats non favorables (SSP 185). Cette réduction pourrait être liée à la transition prévue vers un climat légèrement plus aride. La plage de saisonnalité des températures élevées provoquerait la chute des fleurs et réduirait considérablement la quantité et la qualité des fruits (Dao and Pare 2015). Cette même

hypothèse a été soulignée par Dimobe et al. (2020) et par Atakpama et al. (2022) au Togo sur *Vitellaria paradoxa* respectivement au Burkina Faso et au Togo. Ces résultats sont contraires à ceux de Samarou et al. (2023) qui a prédit une expansion des habitats très favorables du tamarinier à des horizons 2055 ainsi que ceux de Platts et al. (2010) qui suggèrent que les habitats favorables à *V. paradoxa* s'étendraient à des horizons temporaires. D'une part, ces différences se justifieraient du fait que le fisanier ne serait pas une espèce qui nécessite une saison sèche pour son développement comme le cas du tamarinier (El-Siddig et al. 2006 ; Samarou et al. 2023). Les zones écologiques I et II majoritairement soudanienne n'offrent donc pas des conditions environnementales favorables pour une bonne distribution du fisanier. D'autre part, ces différences seraient liées du fait que jusqu'alors aucun programme de développement des peuplements de *B. sapida* n'est établi au Togo.

Suivant les scénarii SSP 126 et SSP 585, la culture de *B. sapida* serait possible sur une très grande proportion des zones écologiques V, III et IV. Ces zones jouissant du climat guinéen ou subéquatorial offrent des conditions environnementales favorables à la culture et donc à une bonne distribution du fisanier. Suivant les mêmes scénarii, la culture de *B. sapida* serait difficile sur environ 65 % de proportion des zones écologiques I et II. Ces zones en majorité soudanienne jouissant d'un climat tropical et une petite partie de la zone guinéenne n'offrent pas les meilleures conditions environnementales favorables à la culture et à la bonne distribution du fisanier. Ces résultats sont comparables à ceux de Ekué et al. (2004) sur la distribution de *Blighia sapida* au Bénin. Les précipitations du mois le plus humide et la température moyenne du mois le plus froid sont des variables environnementales favorables à la culture, au développement et à la maturation des fruits de l'espèce *B. sapida* au Togo. Ceci justifierait l'importante proportion de l'habitat favorable au développement du fisanier sur le territoire togolais ; en occurrence dans les zones écologiques V ; III et IV. Ces résultats sont contraires à ceux de El-Siddig et al. (2006) et ceux de Samarou et al. (2023) sur *Tamarindus indica*.

Que ce soit les habitats potentiels actuels ou futurs, la partie septentrionale de la région de Savanes dans la zone soudanienne est prédite non favorable. Bien que *Blighia sapida* soit une espèce ubiquiste, elle ne semble pas convenir à l'écosystème de la zone soudanienne (Ekue et al. 2004). C'est ce qui expliquerait la quasi-absence des habitats très favorables dans la zone écologique I et la régression des habitats moyennement favorables au détriment des habitats peu et non favorables. Cette réduction pourrait être liée à la transition prévue vers un climat légèrement plus aride (Atakpama et al. 2022). La réduction et le changement de l'habitat du Karité suite aux changements climatiques ont également été rapportés au Burkina Faso (Dimobe et al. 2020).

La fluctuation des variables climatiques comme les précipitations et la température auront une incidence sur la diversité biologique et sur la répartition géographique des habitats favorables aux espèces (Abdou et al. 2021). Toutefois, ces modèles de prédiction sont limités par les incertitudes liées aux paramétrages des interactions écologiques et les limitations de disséminations spécifiques à chaque espèce. Par ailleurs, la plupart des modèles dans la sous-région ont peu abordé l'implication de la diversité intraspécifique dans la distribution des populations (Samarou et al. 2023). Or, il est reconnu que la diversité génétique intervient dans l'adaptation des espèces dans leurs environnements et définit la plasticité des populations (Maguire 2018).

4.4. Aires de priorisation des actions de culture et de conservation du fisanier au Togo

Les zones des montagnes et les plaines du sud sont prédites prioritaires pour la conservation et la mise en culture du fisanier au Togo. La zone écologique I demeure une zone très faiblement prioritaire. La région Maritime, majoritairement prédite très favorable, la zone côtière surtout et le côté septentrional sont prédits non prioritaires à la conservation du fisanier. Ceci justifie le fait qu'une zone favorable n'est pas forcément une zone prioritaire pour la conservation ou de valorisation d'une espèce (Atakpama et al. 2022a). En plus de permettre le classement de la viabilité des zones, cette information permet de mieux juger le rapport coût et conservation/valorisation (Atakpama et al. 2022a). Ce type d'information s'avère importante pour mieux raisonner les choix des aires de conservation, de valorisation et de mise en culture des espèces.

5. Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer les impacts des changements climatiques sur la distribution spatiale des aires de cultures potentielles du fisanier au Togo. Les précipitations du trimestre le plus sec, le sol, les précipitations annuelles et la saisonnalité de la température, sont des variables qui influencent beaucoup plus sur la distribution spatiale des aires de culture potentielle du fisanier au Togo. Environ 79,45 % du territoire togolais est prédits très favorables à la culture du fisanier avec une forte concentration dans les régions des Plateaux, Maritime et Centrale. À l'horizon 2055, les habitats très favorables régresseront. Cette diminution est plus importante sous le scénario SSP 585. Les aires les plus prioritaires pour la conservation et la mise en culture du fisanier sont plus localisées dans la région des Plateaux et le centre de la région Centrale. La prise en compte de ces résultats sur les aires de priorisation contribuerait à l'optimisation des investissements de la valorisation et la mise en culture du fisanier au Togo. Compte tenu de l'importance économique et surtout alimentaire de l'espèce, les institutions de recherches agronomiques et forestières devraient mettre en place les bonnes pratiques culturelles et de sélection variétale de l'espèce au Togo.

Remerciement

Remerciements

Nos remerciements aux membres du Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale (LBEV) qui ont contribué à la collecte des données. Notre gratitude également aux évaluateurs.

Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo
Gestion des données	Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo
Analyse formelle	Kassegne Kodzovi; Lare kokou, Egbelou Hodabalo, Atakpama Wouyo
Enquête et investigation	Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo
Méthodologie	Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo
Supervision et Validation	Atakpama Wouyo, Dourma Marra, Batawila Komlan
Écriture-Préparation	Kassegne Kodzovi, Atakpama Wouyo, Dourma Marra
Écriture-Révision	Kassegne Kodzovi, Dourma Marra, Atakpama Wouyo, Guelly Kudzo Atsu, Batawila Komlan, Akpagana Koffi

Références

- Adjonou K, Bellefontaine R, Kokou K (2009) Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo: structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes *Sécheresse* 20:394-396 <https://agritrop.cirad.fr/553451/>
- Alassani AK, Kanda M, Atakpama W, Folega F, Batawila K, Akpagana K (2023) Diversité structurale des peuplements à *Afraegle paniculata* (Schum.) Engl. dans la préfecture de Doufelgou au Togo *Rev. Écosyst. Pays.* 3:1-12 doi:<https://doi.org/10.59384/recopays.tg3205>
- Aleza K, Villamor GB, Nyarko BK, Wala K, Akpagana K (2018) Shea (*Vitellaria paradoxa* Gaertn CF) fruit yield assessment and management by farm households in the Atacora district of Benin *Plos one* 13:20 doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190234>
- Araújo MB, Pearson RG, Thuiller W, Erhard M (2005) Validation of species–climate impact models under climate change *Glob. Chan. Bio.* 11:1504-1513 doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001000.x>
- Assang MD, Atakpama W, Ahouadjinou EBO, Dimobe K (2023) Priority area for sustainable Cashew (*Anacardium occidentale* L.) growing in Togo: Economic implications and conservation areas *Rev. Nat. Tech.* 15:29-40 <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/47/15/1/213517>
- Atakpama W et al. (2022a) Potentielle aire de culture du karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn spp *paradoxa*) au Togo *Synthèse* 28:31-45 https://synthese.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2022/12/Vol28_Num2_Art6.pdf
- Atakpama W, Atoemne K, Egbelou H, Padakale E, Batawila K, Akpagana K (2022b) Distribution et démographie des parcs à rôniers dans la Région des Savanes du Togo *AJLP-GS* 5:290-302 doi:<https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v5i2.28341>
- Atakpama W, Badjare B, Aladji EYK, Batawila K, Akpagana K (2023a) Dégradation alarmante des ressources forestières de la Forêt Classée de la Fosse de Doungh au Togo *AJLP-GS* 6:485-503 <https://revues.imist.ma/index.php/AJLP-GS/article/view/39046>
- Atakpama W, Gouwakinnou GN, Dimobe K, Batawila K, Natta AK, Akpagana K (2023b) Habitat Suitability of Subpopulations of *Adansonia digitata* L. in West Africa: Implications for Conservation and Domestication Trees, Forests and People 12:100397 doi:<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100397>
- Atakpama W, Wala K, Gouwakinnou GN, Pereki H, Akodewou A, Batawila K, Akpagana K (2016) Abundance, distribution pattern and potential suitable habitat of *Sterculia setigera* Del. in Togo (West Africa) *IJISR* 26:23-38 <http://www.ijisr-issr-journals.org/abstract.php?article=IJISR-16-131-02>
- Atakpama W, Woegan YA, Folega F, Binao NK, Batawila K, Akpagana K (2022c) Systèmes agroforestiers de la Région des Plateaux du Togo *Rev. AgroBio.* 12:2932-2940 <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/255/12/1/187488>
- Atato A, Wala K, Batawila K, Lamien N, Akpagana K (2011) Edible Wild Fruit Highly Consumed during Food Shortage Period in Togo: State of Knowledge and Conservation Status *J. Life Sci.* 5:1046-1057 https://www.academia.edu/3566489/Edible_Wild_Fruit_Highly_Consumed_during_Food_Shortage_Period_in_Togo_State_of_Knowledge_and_Conservation_Status

- Avaligbé YJF, Chabi FO, Gnanglè CP, Bello OD, Yabi I, Ahoton L, Saïdou A (2021) Modelling the Current and Future Spatial Distribution Area of Shea Tree (*Vittelaria paradoxa* CF Gaertn) in the Context of Climate Change in Benin American J. Clim. Chan. 10:263-281 doi:<https://doi.org/10.4236/ajcc.2021.103012>
- Biaou S, Gouwakinnou GN, Noulèkoun F, Salako KV, Kpoviwanou JMRH, Houéhanou TD, Biaou HSS (2023) Incorporating intraspecific variation into species distribution models improves climate change analyses of a widespread West African tree species (*Pterocarpus erinaceus* Poir, Fabaceae) Glob. Ecol. Cons. 45:e02538 doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02538>
- Brunel JF, Hiepko P, Scholz H (1984) Flore analytique du Togo : Phanerogames. GTZ, Eschborn. doi:<https://doi.org/10.2307/3776742>
- Codjia JTC, Assogbadjo AE, Ekué MRM (2003) Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin Cah. Agri. 12:321-331 <https://acedafrica.org/wp-content/uploads/2024/04/Diversite-et-valorisation-au-niveau-local-des-ressources-vegetales-forestieres-alimentaires-du-Benin.pdf>
- Dao MCE, Pare E (2015) Perceptions paysannes de l'effet du changement climatique sur le karité et stratégies d'adaptation au Burkina Faso Sci. Nat. Appl. 34:81-92 https://revuesciences-techniquesburkina.org/index.php/sciences_naturelles_et_appliquee/article/view/629/458
- Dimobe K et al. (2020) Climate change reduces the distribution area of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) in Burkina Faso J. Arid Envi. 181:104237 doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104237>
- Dossou K, Codjia J, Biaou G (2004) Rôle de la ressource forestière *Blighia sapida* (ackee ou faux acajou) dans l'économie des ménages du Nord-Ouest du Bénin Bull. Rech. Agron. Bénin 46 : 33-41
- Ekué M, Assogbadjo A, Mensah G, Codjia J (2004) Aperçu sur la distribution écologique et le système agroforestier traditionnel autour de l'ackée (*Blighia sapida*) en milieu soudanien au Nord Bénin Bull. Rech. Agron. Bénin 44:34-44
- Ekué MRM, Gailing O, Vornam B, Finkeldey R (2011) Assessment of the domestication state of ackee (*Blighia sapida* K.D. Koenig) in Benin based on AFLP and microsatellite markers Conserv. Gen. 12:475-489 doi:<https://doi.org/10.1007/s10592-010-0155-z>
- El-Siddig K, Gunasena H, Prasad B, Pushpakumara D, Ramana K, Vijayand P, Williams J (2006) Tamarind: Tamarindus Indica L. British Library, Southampt., Southampton Centre for Underutilised edn. Crops for the Future,
- Ern H (1979) Die Vegetation Togos, Gliederung, Gefährdung, Erhaltung Willdenowia 9:295-315 doi:<https://doi.org/10.2307/3995654>
- Eyog-Matig O, Gandé Gaoué O, Dossou B (2002) Programme de ressources génétiques forestières en Afrique au sud du Sahara. Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI), Ouagadougou, Burkina Faso
- Fandohan B, Gouwakinnou GN, Fonton NH, Sinsin B, Liu J (2013) 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 BASE 17:450-462 <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=16917&file=1&pid=10186>
- Faure P, Pennanaech S (eds) (1981) Les sols du Togo. Atlas du Togo,
- Fitzpatrick MC, Hargrove WW (2009) The projection of species distribution models and the problem of non-analog climate Biodivers Conserv 18:2255-2261 doi:[10.1007/s10531-009-9584-8](https://doi.org/10.1007/s10531-009-9584-8)
- Folega F, Atakpama W, Kanda M, Wala K, Batawila K, Akpagana K (2019) Agroforestry parklands and carbon sequestration in tropical Sudanese region of Togo RMSAV 7:563-570 https://agromaroc.com/index.php/Actes_IAPH2/article/view/745/939
- Folega F, Diwediga B, Guuroh R, Wala K, Akpagana K (2020) Riparian and stream forests carbon sequestration in the context of high anthropogenic disturbance in Togo MJAS 1:39-49 <https://techagro.org/index.php/MJAS/article/view/820>
- Folega F, Dourma M, Wala K, Batawila K, Xiuhai Z, Chunyu Z, Akpagana K (2014) Basic overview of riparian forest in sudanian savanna ecosystem: case study of Togo Rev Ecol Terre Vie 69:24-38
- Franck EE, Atakpama W, Tchacondo T, Batawila K, Akpagana K (2020) Importance du temps en médecine traditionnelle : Cas de l'usage de trois plantes de la pharmacopée togolaise Nutrition & Santé 9:94-105 doi:<https://doi.org/10.30952/ns.9.2.5>
- INSEED (2022) 5ème recensement general de la population et de l'habitat (RGPH-5). Ministère de la Planification du Développement et de la Coopération, Lomé, Togo
- Karger DN, Nobis MP, Normand S, Graham CH, Zimmermann NE (2021) CHELSA-TraCE21k v1. 0. Downscaled transient temperature and precipitation data since the last glacial maximum Climate of the Past Discussions:1-27 doi:https://doi.org/10.1594/WDCC/CHELSA_v1
- Kebezikato AB, Atakpama W, Samarou M, Kperkouma W, Batawila K, Akpagana K (2023) Importance socio-économique du baobab (*Adansonia digitata*) au Togo RMSAV 11:294-302 doi:<https://10.5281/ZENODO.8278018>

- Kebenzikato AB et al. (2015) Connaissances ethnobotaniques du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Togo BASE 19:246-260 <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=16797&file=1&pid=12272>
- Kebenzikato AB et al. (2014) Distribution et structure des parcs à *Adansonia digitata* L. (baobab) au Togo Afrique Sci 10:434-449 <https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/download/109682/99437>
- Koffi N'dere A, Kokou KB, Atakpama W, Kombate B, Egbelou H, Kanda M, Batawila K (2024) Empreinte anthropique sur la dynamique des écosystèmes de la forêt classée d'Amou-Mono au Togo Rev. Nat. Tech. 16:18-29 <https://journals.univ-chlef.dz/index.php/natec/article/view/163>
- Kokou BK et al. (2025) Climate change reduces and shifts suitable habitats of *Uapaca kirkiana* Müll. Arg. to higher altitudes in Malawi Trees, Forests and People 20:100884 doi:<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100884>
- Kokou KB et al. (2023) Dynamique et modélisation du stock de carbone de la Forêt Classée d'Amou-Mono au Togo Rev. Écosyst. Pays. 3:1-14 doi:<https://doi.org/10.59384/recopays.tg3211>
- Makagni T et al. (2020) Ethnobotanical Study Of Medicinal Plants In The Fight Against Buruli Ulcer In The Maritime Region Of Togo Europ. Sci. J.16:239-255 doi:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n27p239>
- MEDDPN (2019) Analyse cartographiée de l'occupation des zones agroécologiques et bassins de concentration des populations au Togo, Folega F., Consultant sous ordre de la Coordination Nationale sur les changements climatiques. Lomé, Togo, MEDDPN
- Moukrim S et al. (2020) Modélisation de la distribution potentielle de *Cedrus atlantica* Manetti au Maroc et impacts du changement climatique BFT 344:3-16 doi: <https://doi.org/10.19182/bft2019.344.a31888>
- Nabede A, Sina H, Souho T, Mamatchi M, Bade FT, Baba-Moussa F (2022) Ethnobotanical and Socio-economic Value of *Blighia sapida* (KD Koenig) in Togo Asian Plant Res. J. 9:32-39 doi:<https://doi.org/10.9734/APRJ/2022/v9i330210>
- O'Neill BC et al. (2017) The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century Global environmental change 42:169-180 doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- Ouinsavi C, Gbémavo C, Sokpon N (2011) Ecological structure and fruit production of African fan palm (*Borassus aethiopum*) Ppopulations American J. Plant Sci. 2:733-743 doi: <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.26088>
- Padakale E, Atakpama W, Dourma M, Dimobe K, Wala K, Guelly AK, Akpagana K (2015) Woody species diversity and structure of *Parkia biglobosa* Jacq. Dong parklands in the sudanian zone of Togo (West Africa) ARRB 6:103-114 doi:<https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/14105>
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions Ecol Model 190:231-259 doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips SJ, Dudík M (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation Ecography 31:161-175 doi:<https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Platts PJ, Poudyal M, McClean CJ (2010) Modelling Shea under climate scenarios. University of York, UK
- Polo-Akpisso A et al. (2015) Plant Species Characteristics and Woody Plant Community Types within the Historical Range of Savannah Elephant, *Loxodonta africana* Blumenbach 1797 in Northern Togo (West Africa) ARRB 7:283-299 doi:<https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/19271>
- Samarou m, Atakpama W, Folega F, Dourma M, Wala K, Batawila K, Akpagana K (2022) Caractérisation écologique et structurale des parcs à tamarinier (*Tamarindus indica* L., Fabaceae) dans la zone soudanienne du Togo (Afrique de l'Ouest) Rev. Écosyst. Pays. 1:109-125 <https://lbev-univlome.com/wp-content/uploads/2022/08/Samarou-et-al21.2022.pdf>
- Samarou M, Atakpama W, Kombate B, Egbelou H, Folega F, Batawila K, Akpagana K (2023) Vulnérabilité du tamarinier (*Tamarindus indica* L., Fabaceae) face aux changements climatiques : cas du Togo Rev. AgroBio. 13:3300-3313 <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/228538>
- Thiombiano D, Lamien N, Dibong S, Boussim I (2010) Etat des peuplements des espèces ligneuses de soudure des communes rurales de Pobé-Mengao et de Nobéré (Burkina Faso) J. Animal & Plant Sciences 9:1104-1116
- Wala K, Sinsin B, Guelly KA, Kokou K, Akpagana K (2005) Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo) Sécheresse 16:209 - 216 https://www.jle.com/fr/revues/sec/e-docs/typologie_et_structure_des_parcs_agroforestiers_dans_la_prefecture_de_doufelgou_togo_266540/article.phtml?tab=download&pj_key=doc_attach_2236