

Analyse de l'impact du changement climatique sur l'aire de distribution actuelle et future de *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause au Bénin, Afrique de l'Ouest

Etienne Monsoundé DOSSOU^{1*}, Toussaint Olou LOUGBEGNON¹,
Laurent Ghènato HOUESSOU² et Jean T. Claude CODJIA³

¹ Ecole de Foresterie, Sylviculture et d'Ingénierie de Bois, Université d'Agriculture de Kétou (UAK),
BP 95 Kétou, Bénin

² Ecole Nationale Supérieure d'Aménagement et de Gestion des Aires Protégées (ENSAGAP),
Université de Parakou (UP), Bénin

³ Ecole de Foresterie et d'Ingénierie du Bois, Université d'Agriculture de Kétou (UAK), BP 95 Kétou, Bénin

* Correspondance, courriel : dossou_et@yahoo.fr

Résumé

La présente étude, bien que spécifique, s'inscrit dans une problématique plus large de conservation des arbres fruitiers indigènes aux usages multiples. Elle a pour objectifs d'évaluer l'influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *L. microcarpa*. *L. microcarpa* est un arbre fruitier des savanes sahélo-soudanaises et soudanaises, mais négligé au Bénin. La technique de modélisation de l'enveloppe climatique utilisée dans cette étude est basée sur le principe d'entropie maximale (Maxent) combinée avec le Système d'Information Géographique (SIG) pour prédire sous des conditions présentes et futures les habitats potentiels favorables à la conservation de l'espèce. Les points d'occurrence de l'espèce ont été collectés au GPS et associés aux variables bioclimatiques obtenues de la base de données en ligne de Worldclim ainsi qu'aux variables biophysiques. Pour les prédictions futures, les modèles climatiques CCCMA, HADCM3 et CSIRO ont été utilisés sous le scénario A2. Les résultats obtenus montrent que 37,09 % du territoire béninois sont actuellement très favorables à la conservation de *L. microcarpa*. Les modèles CSIRO et HADCM prédisent, une augmentation des zones très favorables à l'espèce à l'horizon 2050. Par contre, le modèle CCCMA prédit une réduction drastique de l'aire de distribution de l'espèce. *L. microcarpa* est une espèce très importante en période de soudure pour les populations sahéliennes mais négligée de nos jours. Il urge d'entreprendre des actions de valorisation de cette espèce.

Mots-clés : *L. microcarpa*, maxent, aire de distribution, variables bioclimatiques, Bénin.

Abstract

Climate change impact predictions on *Lannea microcarpa* populations in Benin

This study, although specific, is part of a wider problem. Conservation of native multi-purpose fruit trees. It aims to assess the influence of climate change on the geographic distribution of *L. microcarpa*. *L. microcarpa* is a fruit tree savannah Sudano-Saharan and Sudanian but neglected in Benin. The technique of modeling the climate envelope used in this study is based on the principle of maximum entropy (Maxent) combined with Geographic Information System (GIS) to predict under present conditions and future potential suitable habitat for conservation of the species.

The occurrence points of the species were collected GPS and associated with bioclimatic variables obtained from the database online WorldClim biophysical variables as well. For future predictions, CCCMA, HadCm3 and CSIRO climate models have been used in the A2 scenario. The results show that 37.09 % of the territory of Benin is currently very favorable to the conservation of *L. microcarpa*. The CSIRO and HADCM models predict an increase in the areas very favorable species in 2050. The CCCMA model predicts a drastic reduction in the distribution area of the species. *L. microcarpa* is a very important species in lean period for the Sahelian populations but neglected nowadays. It is urgent to take action recovery of this species.

Keywords : *L. microcarpa*, *maxent*, *distribution*, *bioclimatic variable*, *Benin*.

1. Introduction

Le rapport du panel intergouvernemental sur le changement climatique [1], indique que le climat s'est réchauffé d'environ 0,74 °C (0.56 - 0.92) au cours du 20^e siècle, avec une accélération du réchauffement au cours des 30 dernières années. Les impacts de ce réchauffement climatique sur la biodiversité sont nombreux et font état de 15 à 37 % d'extinction possible chez les espèces terrestres au cours des 50 prochaines années [2]. Chez les végétaux, le réchauffement climatique observé ces dernière année, même s'il était de faible amplitude, a déjà eu des conséquences écologiques observables, en particulier sur la phénologie des espèces [3, 4] et sur leur distribution. De nombreuses espèces végétales risquent ainsi d'être mises en danger [5 - 6], puisque leur aire de distribution devrait se réduire très fortement. Or en Afrique, les ressources végétales ont, depuis des siècles, joué un rôle alimentaire et commercial important. Ils contribuent encore aujourd'hui à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire des populations d'Afrique en général et du Bénin en particulier. La contribution des ressources végétales aux économies nationales des pays d'Afrique ne serait pas négligeable non plus. En 1998, l'exportation des écorces de *Prunus africana* vers l'Europe et l'Amérique du Nord a rapporté 700 000 USD au Cameroun et 200 millions USD aux industries pharmaceutiques du nord [7]. Comprendre comment réagiront les ressources végétales d'Afrique au climat futur permettrait donc de prédire les extensions ou les réductions de leurs aires de distribution, ce qui est d'une importance capitale dans une perspective de gestion durable de ces ressources. L'évolution récente des techniques statistiques et des systèmes d'information géographique permet d'envisager des modèles de distribution des espèces [8].

Parmi ces modèles récemment développées, figurent les modèles de maximum d'entropie, comme la méthode Maxent [9]. Cette méthode se trouve particulièrement adaptée à des données de présence seulement (qui sont plus courantes en écologie que les données de présence-absence) et à l'utilisation de nombreuses variables en interaction [10]. Dans le présent article Maxent a été utilisé pour estimer l'aire de distribution potentielle de *L. microcarpa* au Bénin dans les conditions climatiques actuelles, et analyser comment elle pourrait varier sous l'effet des changements climatiques. *L. microcarpa* est une espèce des savanes sahélo-soudaniennes et soudaniennes. De la famille des anarcadiaceae. *L. microcarpa* est un arbre à cime hémisphérique assez dense de 6 à 8 m de hauteur atteignant parfois 15 m [11]. Le tronc, assez court, peut atteindre 70 cm de diamètre. Ecorce lisse ou à écailles minces, à fibre torse, gris clair, à tranche fibreuse rougeâtre striée de blanc. Feuilles alternes, imparipennées, mesurant jusqu'à 25 cm de long et faites de 2 à 5 paires de folioles opposées. L'inflorescence est en racème terminal atteignant 15 cm de long, piqué de points glanduleux. La fleur, jaunâtre, mesure environ 4 mm de diamètre ; elle possède 4 pétales. Le fruit est une drupe ellipsoïde, glabre, pourpre foncé à maturité, d'environ 1,4 cm de long avec 2 à 4 petites dents au sommet. En Afrique de l'Ouest, l'écorce de *L. microcarpa* est utilisée pour teindre les tissus de coton en rouge-brun. Il s'agit d'une des principales plantes employées dans la production des tissus appelés "basilan fini" (médicament appliqué sur étoffe), largement associée à la notion de guérison, puisque la décoction de la plante est utilisée à des fins médicinales [12].

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La République du Bénin est située en Afrique de l'Ouest, entre les parallèles 6°30' et 12°30' Nord et les méridiens 1° et 3°40' Est. Elle est limitée au nord par la République du Niger et au nord-ouest par le Burkina-Faso, au sud par l'Océan Atlantique, à l'ouest par le Togo et à l'est par la République Fédérale du Nigeria. Elle couvre une superficie de 112.622 Km². Le pays est divisé en trois zones phytogéographiques (*Figure 1*). Il s'agit : de la zone guinéenne dominée par les forêts plus ou moins dense, la zone Soudano-guinéenne qui abrite les savanes et les forêts claires et la zone de Soudanienne dominée essentiellement par la savane.

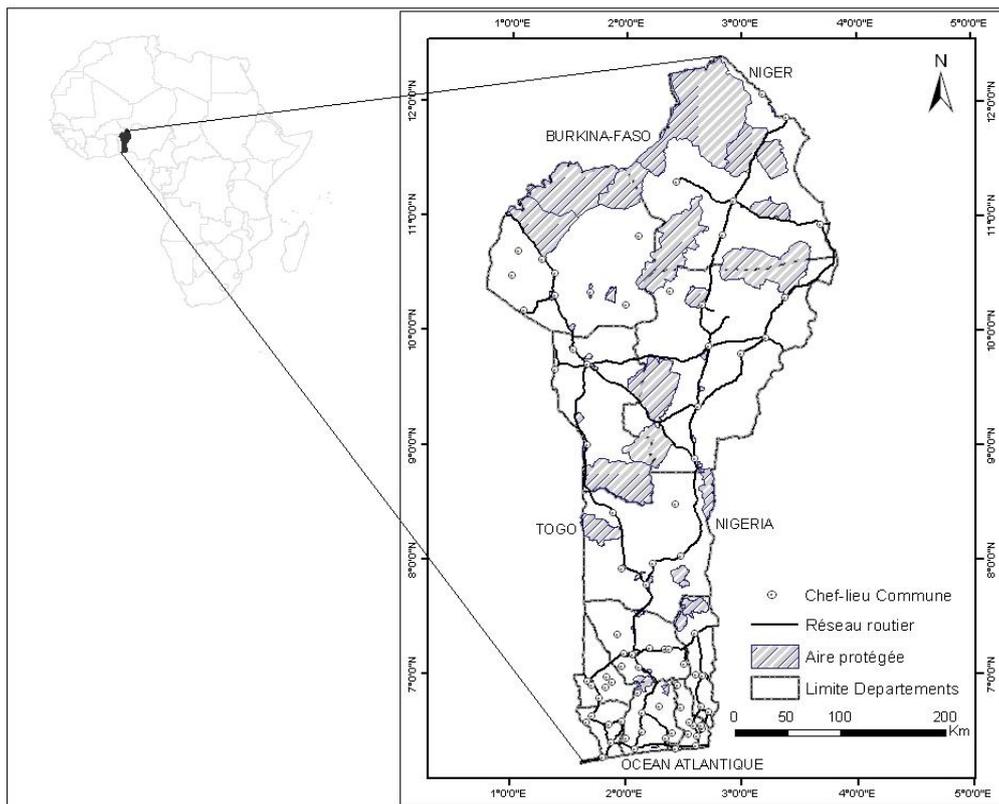


Figure 1 : Situation géographique du Bénin

2-2. Echantillonnage des données

La collecte des points de présence de *L. microcarpa* a été faite sans une réelle stratégie d'échantillonnage. En effet, le modèle Maxent ne nécessite que les coordonnées géographiques des individus du peuplement.

2-3. Données collectées

2-3-1. Données de présence de *L. microcarpa*

Les données de présence ont été prises à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) dans les Communes de Banikoara, Kandi, Karimama et Natitingou. Cette base de données a été complétée par les points de présence disponible le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) <http://www.gbif.org/>, des collections de l'herbier national et des travaux antérieurs réalisés sur l'espèce dans la sous-région.

2-3-2. Variables environnementales

Les couches climatiques et biophysique ont été obtenues à partir des données brutes de Worldclim [13] <http://www.worldclim.org/>, de Global Change Master Directory (<http://gcmd.nasa.gov>) pour la végétation et de Global Land Cover Facility (<http://glcf.umd.edu/index.shtml>) pour les types sols (**Tableau 1**). Pour les données futures, les modèles utilisés sont le Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCMA), le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) et le Hadley Centre Coupled Model, version 3 (dit HadCM3). Le scénario d'émission de GES choisi est le scénario A2a et l'an 2050 a été choisi comme date pour la prédiction. A cette date, le climat futur ainsi modélisé correspond à une augmentation moyenne de température de 4.5°C et une baisse moyenne des précipitations annuelles de 18 mm par an [1].

Tableau 1 : Les 19 variables climatiques de la base de données worldclim

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

2-3-3. Sélection des variables

Pour éviter la surparamétrisation du modèle, le jeu de données a été réduit en éliminant les variables fortement corrélées (coefficient de corrélation de Spearman supérieur à 0,5). L'analyse de corrélation a été réalisée à l'aide du logiciel ENMTools [14].

2-4. Modèle utilisé

La modélisation de la distribution potentielle d'une espèce végétale repose sur l'hypothèse principale considérant que si une espèce est présente dans un habitat caractérisé par un certain nombre de variables environnementales, elle doit être capable de survivre et de se reproduire en tout autre lieu présentant les mêmes caractéristiques [15].

Dans cette étude, les données de présence de *L. microcarpa* recueillies sur le terrain et les données climatiques ont été utilisées pour modéliser la distribution potentielle actuelle de l'espèce à l'aide du programme MAXENT 3.3.2 [9]. Les paramètres par défaut du programme MAXENT ont été sélectionnés comme suggérés par [16] pendant l'étape de simulation de la prédiction de la distribution de l'espèce. Maxent utilise une approche statistique appelée entropie maximum pour faire des prévisions à partir de données incomplètes.

2-5. Validation du modèle

Pour être utilisé à des fins prédictives, un modèle doit être validé. Pour ce faire, le jeu de données initial des points de présence a été divisé en deux sous-groupes : un sous-groupe composé de 70 % des données de présence a été utilisé pour la calibration du modèle, l'autre composé de 30 % des données de présence a contribué à évaluer le pouvoir prédictif du modèle sur la base du AUC (area under the curve). Les valeurs de l'AUC sont interprétées telles que proposées par [17] : $AUC > 0,90$: le modèle est bon ; $0,75 \leq AUC \leq 0,90$: le modèle est passable ; $AUC < 0,75$: le modèle est mauvais. Les données de probabilité de distribution générées par le modèle ont été cartographiées à l'aide du SIG dans le logiciel ArcGIS 10.0.

3. Résultats

3-1. Contribution des facteurs environnementaux dans la prédiction des aires de distribution potentielle de *L. microcarpa*

Les variables identifiées par le test de Jackknife comme les plus importantes pour expliquer la distribution de *L. microcarpa* sont la précipitation annuelle (BIO12), la précipitation du mois le plus sec, la précipitation du trimestre le plus chaud et la saisonnalité de la température (Ecart-type x 100). Les autres variables telles que le sol, l'altitude et le couvert végétal ont montré une contribution nulle à la prédiction des modèles (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Variables environnementales utilisées dans la modélisation

Codes des variables environnementales	Dénomination de la variable	Contribution des variables en %
BIO12	Précipitations annuelles	47,7
BIO14	Précipitations du mois le plus sec	14,7
BIO18	Précipitations du trimestre le plus chaud	13,3
BIO4	Saisonnalité de la température (Ecart-type x 100)	9,1
BIO17	Précipitations du trimestre le plus sec	8,1
BIO11	Température moyenne du trimestre le plus froid	7,1
Landcover	Couvert végétal	0
Sol	Types de sols	0
Lat	Altitude	0

3-2. Distribution actuelle et future des habitats favorables à *L. microcarpa*

La distribution sous les circonstances climatiques actuelles montre que seuls quatre districts phytogéographiques (Borgou-Sud, Borgou-Nord, Chaîne de l'Atacora et Mékrou-Pendjari) semblent être propices pour la croissance et le développement de *L. microcarpa* (Figure 3). *L. microcarpa* n'a pas été observé dans la partie sud du Bénin. Le modèle confirme la zone du sud comme étant non propice au développement de *L. microcarpa*. Cette situation s'explique, car *L. microcarpa* rencontre généralement dans les savanes soudano-sahéliennes sur sols rocheux. L'analyse des étendues des différents niveaux d'habitat favorable à l'espèce révèle qu'environ 42560,93 km² (soit 37,09 % du territoire national) sont actuellement très favorables au développement de l'espèce (Tableau 3). Les projections futures à l'horizon 2050 ont montré des changements importants entre la distribution actuelle et celle à venir (Figure 2) de *L. microcarpa*. Les modèles CSIRO et HADCM prédisent respectivement une augmentation (57,16 % pour CSIRO et 13,15 % pour HADCM) des habitats très favorables à l'espèce. Par contre, le modèle CCCMA prédit une réduction très importante des habitats favorables à l'espèce (soit 86,04 %).

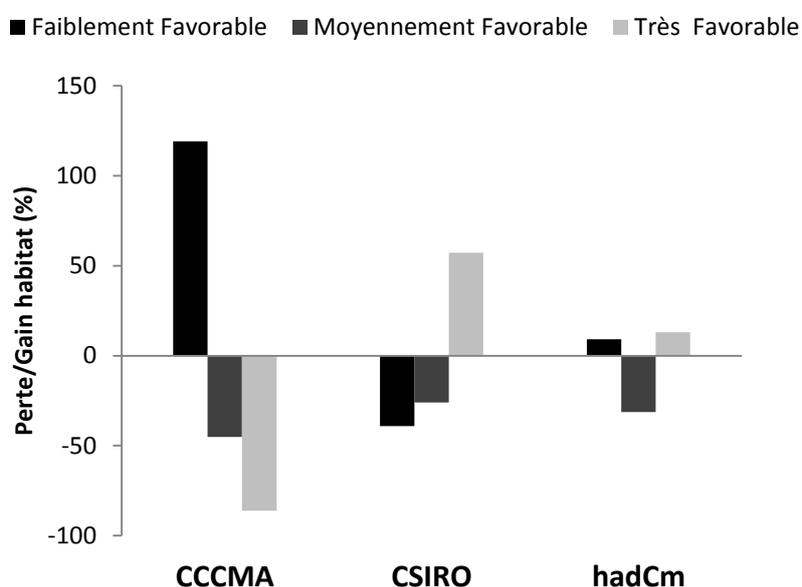


Figure 2 : Perte/gain d'habitats favorables à *L. microcarpa* suivants trois modèles climatiques au Bénin

Tableau 3 : Variation des habitats favorables à *L. microcarpa* au Bénin

	Faiblement Favorable		Moyennement Favorable		Très Favorable	
	Etendue prédicte (km ²)	Portion du territoire national concernée(%)	Etendue prédicte (km ²)	Portion du territoire national concernée (%)	Etendue prédicte (km ²)	Portion du territoire national concernée (%)
Présent	42156,92	36,73	30361,19	26,46	42560,93	37,09
CCCMA	92427,76	80,54	16664,85	14,52	5941,83	5,18
CSIRO	25688,25	22,38	22459,53	19,57	66886,94	58,28
hadCm	46001,58	40,08	20883,33	18,20	48157,62	41,96

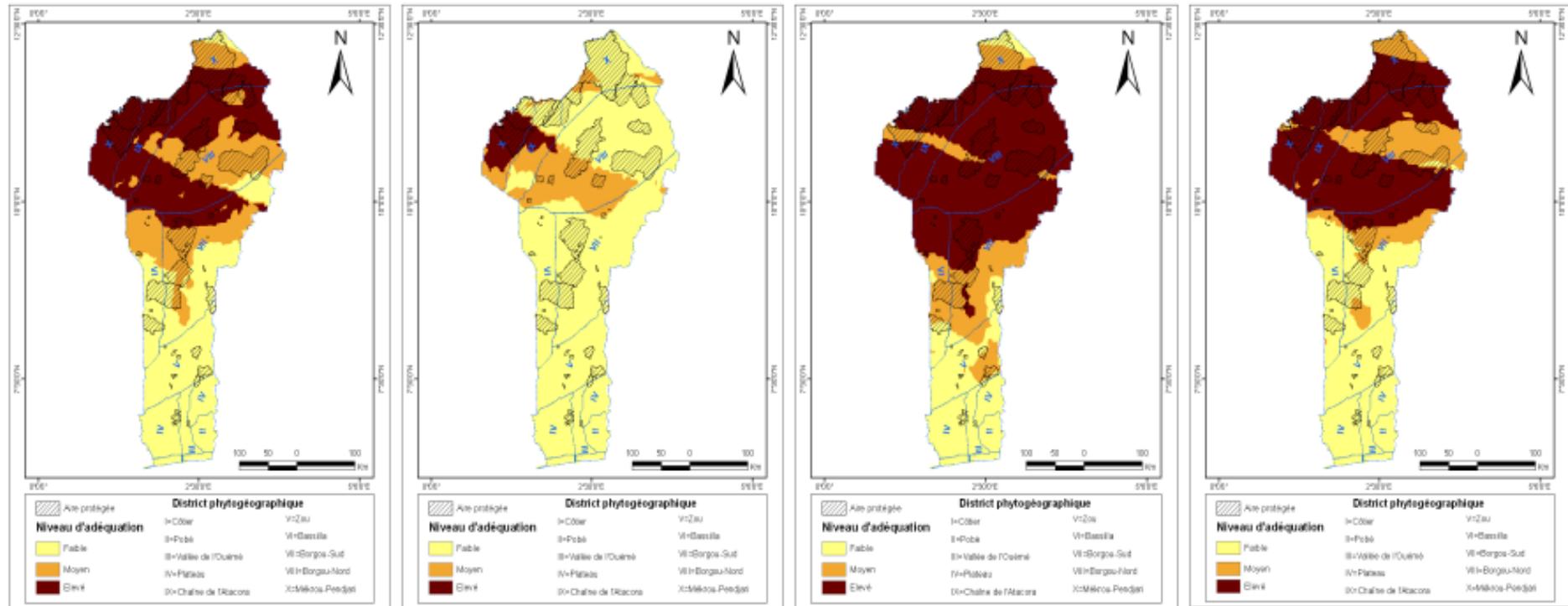


Figure 3 : Distribution potentielle présente et future de *L. microcarpa* au Bénin

3-3. Distribution actuelle et future des habitats favorables à la conservation de *L. microcarpa* dans les aires protégées

Les réserves de Biosphère de la Pendjari et du W semblent être les plus propices pour la croissance et le développement de *L. microcarpa* (Figure 5). Les aires protégées du sud sont faiblement favorables à la conservation de l'espèce. Les habitats qui sont actuellement très favorables au développement de *L. microcarpa* dans les aires protégées ont une étendue de 8132,49 km (soit 29,88 % de la superficie totale des aires protégées du Bénin) (Tableau 4). Selon les projections en 2050, les modèles CSIRO et HADCM prédisent une augmentation (43,79 % pour CSIRO et 43,95 % pour HADCM) des habitats actuellement très favorables à la conservation de l'espèce dans les aires protégées (Figure 4). Par contre, le modèle CCCMA prédit une réduction très importante des habitats actuellement très favorables à la conservation de l'espèce dans les aires protégées (soit 63,13 % de réduction).

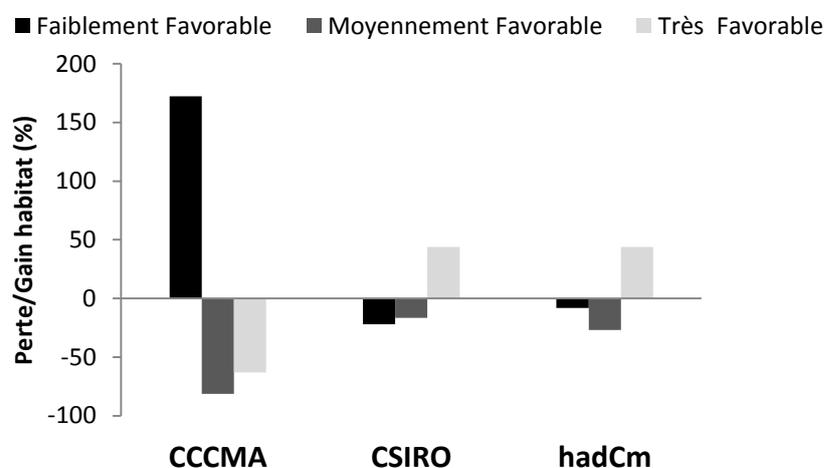


Figure 4 : Perte/gain d'habitats favorables à *L. microcarpa* suivants trois modèles climatiques dans les aires protégées

Tableau 4 : Variation des habitats favorables à *L. microcarpa* dans les aires protégées

Modèle	Faiblement Favorable		Moyennement Favorable		Très Favorable	
	Etendue prédicte (km ²)	Portion d'aire protégée concernée (%)	Etendue prédicte (km ²)	Portion d'aire protégée concernée (%)	Etendue prédicte (km ²)	Portion d'aire protégée concernée (%)
Présent	8132,49	29,88	10887,72	40,00	8195,86	30,11
CCCMA	22157,96	81,42	2035,89	7,48	3022,22	11,10
CSIRO	6332,93	23,27	9097,93	33,43	11785,18	43,30
hadCm	7468,48	27,44	7949,30	29,21	11798,28	43,35

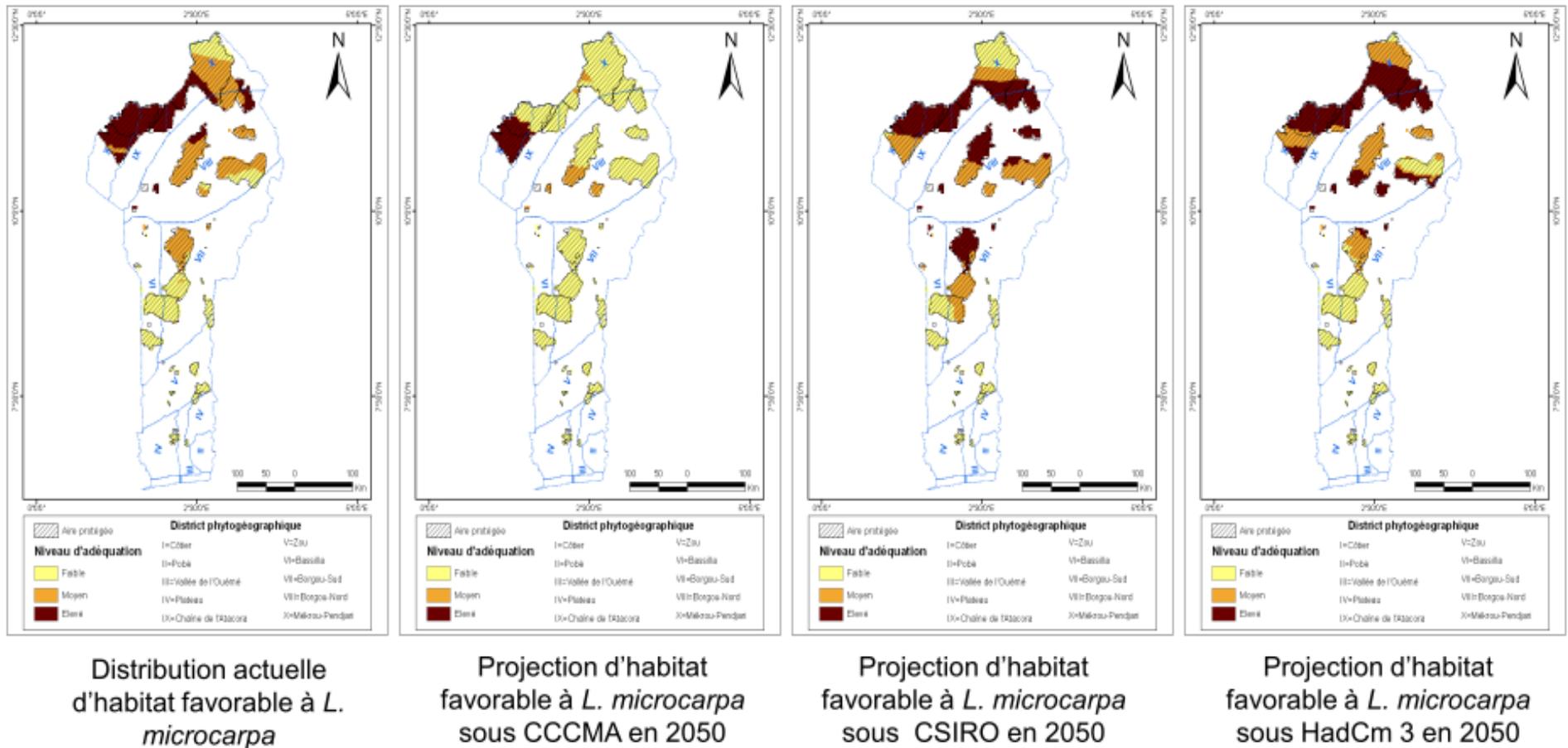


Figure 5 : Distribution potentielle présente et future de *L. microcarpa* dans les aires protégées

4. Discussion

4-1. Crédibilité du modèle

Il convient de souligner que le modèle Maxent utilisé dans le cadre de cet article est un modèle statistique et statique. Il ne projette donc que la distribution potentielle des espèces. En outre, les projections de ce modèle n'intègrent aucun paramètre démographique (fécondité, mortalité, croissance) et dynamique des populations (dispersion, migration, compétition inter ou intraspécifique) [18]. Or la capacité de dispersion et de migration des espèces est un facteur déterminant dans l'impact potentiel du changement climatique sur leurs habitats. Cette faiblesse du modèle a été très critiquée par plusieurs auteurs. En effet, quand ne prend pas en compte les contraintes de dispersion l'élévation des températures pourrait augmenter l'aire de distribution de certaines espèces [19], mais l'intégration des contraintes de dispersion dans les modèles limite généralement beaucoup cet accroissement voire conduit à une prédiction de réduction de l'aire de distribution [20, 21]. Toutefois, le modèle Maxent [9] présente des caractéristiques intéressantes. Elle s'avère particulièrement adaptée à des données de présence seulement (qui sont plus courantes en écologie que les données de présence-absence) et à l'utilisation de nombreuses variables en interaction [10].

4-2. Contribution des variables à la prédiction des habitats favorables à *L. microcarpa*

Le fort réchauffement prévu, en particulier dans le scénario A2, va donc fortement affecter l'aire de distribution de *L. microcarpa*. Toutefois, le modèle montre que des variables liées aux précipitations sont très importantes, en particulier les précipitations (précipitations annuelles, précipitations du mois le plus sec, précipitations du trimestre le plus chaud, saisonnalité de la température (Ecart-type x 100), précipitations du trimestre le plus sec et température moyenne du trimestre le plus froid) apparaissent comme la variable globalement la plus influente à l'échelle de notre étude contrairement aux variables biophysiques (couvert végétal, types de sols et altitude) qui ont une contribution nulle. Les résultats sur ce point confortent ceux obtenus avec *Tamarindus indica*, [22, 23]. On peut donc conclure que les variables directs tels que la température, les précipitations sont plus efficaces lorsque la modélisation de la distribution des espèces concerne une large étendue contrairement aux paramètres indirects comme l'altitude, la topographie, le couvert végétal qui sont efficaces pour les petites étendues.

4-3. Aire de distribution de *L. microcarpa*

L'aire de distribution d'une espèce correspond à la portion de territoire occupée par l'ensemble des populations de cette espèce sur la zone étudiée. Les deux causes principales limitant la distribution observée sont les stress physique et biotique. L'importance des causes physiques a été très tôt reconnue en écologie, via la reconnaissance du rôle du climat dans le contrôle de la distribution des animaux et des plantes à l'échelle globale. Les facteurs biotiques, comme la compétition, affectent pour leur part la distribution des espèces à des échelles plus locales [24]. En comparant les distributions potentielles modélisées par Maxent et les distributions de présences réelles connues de *L. microcarpa*, il a été possible de discuter des influences relatives de l'environnement physique et biotique sur la structuration spatiale actuelle de l'espèce *L. microcarpa* au Bénin. Il en ressort qu'à l'échelle du Bénin, les paramètres environnementaux tels que les précipitations annuelles, les précipitations du mois le plus sec, précipitations du trimestre le plus chaud et la saisonnalité de la température (Ecart-type x 100), jouent un rôle majeur dans la distribution de l'espèce. En effet, la distribution sous les circonstances climatiques actuelles et même futur montre que seules les parties soudaniennes et sahélo-soudaniennes (les phytodistricts de Borgou-Sud, de Borgou-Nord, de la Chaîne de l'Atacora et du Mékrou-Pendjari) semblent être propices pour la croissance et le développement de *L. microcarpa*. Ce qui est conforme à l'écologie de *L. microcarpa* qui est une espèce des savanes sahélo-soudaniennes et soudaniennes, sur sol rocheux [12].

5. Conclusion

Deux types de prédiction sur la distribution de *L. microcarpa* ont pu être dégagés. Les résultats obtenus font ressortir de nouveaux sites probables de l'espèce qui mérite d'être prospecté pour redéfinir son aire de distribution. A travers ces informations cartographiques, une augmentation remarquable de l'aire de distribution de l'espèce est constatée pour les modèles HadCm3 et CSIRO. Par contre, le modèle CCCMA prédit une réduction drastique de l'aire de distribution de *L. microcarpa*. Ces résultats conduisent également à préconiser un plan de gestion et de conservation de l'espèce.

Références

- [1] - IPCC, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).
- [2] - C. D. THOMAS, A. CAMERON, R. E. GREEN, M. BAKKENES, L. J. BEAUMONT, Y. C. COLLINGHAM, B. F. N. ERASMUS, M. F. DE SIQUEIRA, A. GRAINGER, L. HANNAH, L. HUGHES, B. HUNTLEY, A. S. VAN JAARSVELD, G. F. MIDGLEY, L. MILES, M. A. ORTEGA-HUERTA, A. T. PETERSON, O. L. PHILLIPS, S. E. WILLIAMS, Extinction risk from climate change. *Nature* 427 (2004) 145-148.
- [3] - C. PARMESAN, G. YOHE, A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: (2003).
- [4] - T. L. ROOT, J. T. PRICE, K. R. HALL, S. H. SCHNEIDER, C. ROSENZWEIG, J. A. POUNDS, Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421(2003) 57-60.
- [5] - W. THUILLER, S. LAVOREL, M. B. ARAÚJO, M. T. SYKES, and I. C. PRENTICE, Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (2005a) 8245-8250.
- [6] - N. D. CROSSMAN, B. A. BRYAN, and D. M. SUMMERS, Identifying priority areas for reducing species vulnerability to climate change. *Diversity and Distribution* 18 (2012) 60-72.
- [7] - L. AINGE & N. BROWN, *Irvingiagabonensis* and *Irvingiawombolu*: a state of knowledge report undertaken for CARPE. Oxford, UK: Oxford Forestry Institute (2001).
- [8] - J. ELITH, J. R. LEATHWICK, Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. In: *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, (2009) 677-697.
- [9] - S. J. PHILLIPS, R. P. ANDERSON & R. E. SCHAPIRE. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190 (2006) 231-259.
- [10] - J. ELITH, S. J. PHILLIPS, T. HASTIE, M. DUDÍK, Y. E. CHEE, C. J. YATES, A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (2011) 43-57.
- [11] - M. ARBONNIER, Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD-MNHN-UICN. (2000) 530p.
- [12] - M. MARQUET & P. C. M. JANSEN, *Lanneamicrocarpa* Engl. & K. Krause. [Internet] Fiche de PROTA4U. Jansen, P.C.M. & Cardon, D. (Editeurs). PROTA(2005) (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>. Visité le 29 octobre 2013.
- [13] - R. J. HIJMANS, S. E. CAMERON, J. L. PARRA, P.G. JONES, A. JARVIS, Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25 (2005) 1965-1978.
- [14] - D. L. WARREN, S. N. SEIFERT, Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications* 21 (2011) 335-342.

- [15] - F. S. SANTANA, M. F. DE SIQUEIRA, A. M. SARAIVA & P. L. P. CORREA, A reference business process for ecological niche modelling, *Ecological Informatics* 3 (2008) 75-86.
- [16] - S. J. PHILLIPS & M. DUDIK, Modeling of species distributions with Maxent. New extensions & a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31 (2008) 61-175.
- [17] - J. A. SWETS, Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240 (1988) 1285-1293.
- [18] - J. ELITH, H. C. GRAHAM, P. ANDERSON, M. DUDIK, S. FERRIER, A. GUIBAN, J. HIJMANS, F. HUETTMANN, R. LEATHWICK, A. LEHMANN, J. LI, G. LOHMANN, A. LOISELLE, G. MANION, C. MORITZ, M. NAKAMURA, Y. NAKAZAWA, C. OVERTON MC, P. TOWNSEND, J. PHILLIPS, K. RICHARDSON, R. SCACHETTI-PEREIRA, E. SCHAPIRE, J. SOBERON, S. WILLIAMS, S. M. WISZ & E. ZIMMERMANN, Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: (2006) 129-151.
- [19] - S. SHARMA, D. A. JACKSON, Predicting smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) occurrence across North America under climate change: a comparison of statistical approaches. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65 (2008) 471-481.
- [20] - M. B. ARAÚJO, W. THUILLER & R. G. PEARSON, Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33 (2006) 1712-1728.
- [21] - J. BUSE AND E. M. GRIEBELER, Incorporating classified dispersal assumptions in predictive distribution models - A case study with grasshoppers and bush-crickets 222 (2011) 2130-2141.
- [22] - N. G. GOUWAKINNOU, Population ecology, uses and conservation of *Sclerocaryabirrea* (A. Rich) Hocchst. (Anacardiaceae) in Benin, West Africa (2011). PhD Thesis, University of AbomeyCalavi (Republic of Benin).
- [23] - B. FANDOCHAN, N. G. GOUWAKINNOU, N. H. FONTON, B. SINSIN et J. LIU. Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3): (2013).
- [24] - R. G. PEARSON, T. P. DAWSON, Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12 (2003) 361-371.