UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI

Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

Revue scientifique thématique semestrielle

Environnement et Dynamique des Sociétés



N° 013

Décembre

2025

ISSN

1859 - 5146

Presse Universitaire

Niamey

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI (NIGER)

Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

LERTESS – AD

Revue scientifique thématique semestrielle

Environnement et Dynamique des Sociétés



FACTEUR D'IMPACT (SJIFactor.com)		INDEXATION EDS	
2023	4,866	Scientific Journal Impact Factor TOGETHER WE REACH THE GOAL	https://sjifactor.com/passport.php?id=23616
2022	4,497	ACADEMIA	https://universiteabdoumounideniamey.academia.edu/EnvironnementetDynamiquedesSoci%C3%A9t%C3%A9sEDS
2021	4,09	ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER NIGER	https://portal.issn.org/resource/ISSN/1859-5146
2020	3,752	ORCID Connecter la recherche et les chercheurs	https://orcid.org/0009-0006-0118-2004

Photo de couverture: Piste rurale à travers les champs pendant la saison des pluies, Sud de la Région de Zinder, M.WAZIRI M. Zaneidou, 2023

MAQUETTE & PAO: *Dr MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou, LERTESS/AD, UAM - Niamey*

N° 013

ISSN

1859-5146

DECEMBRE 2025

Note aux auteurs

La revue « Environnement et Dynamique des Sociétés» du Laboratoire d'étude et de recherche sur les territoires sahélo-sahariens : aménagement, développement est une revue thématique semestrielle. Elle publie en français ou en anglais des articles originaux ou des ouvrages résultant des recherches effectuées dans l'école doctorale Lettres, Arts, Sciences de l'Homme et de la Société par des chercheurs extérieurs dans les domaines d'intérêt de la revue. Pour faciliter l'édition, les auteurs sont invités à suivre les recommandations suivantes :

[1]. En principe aucun article ne doit occuper plus de 15 pages dans la revue, tout compris, sachant qu'une page de la revue contient environ 500 mots.

[2]. Le manuscrit doit être soumis en version numérique. L'article doit répondre à la structure suivante :

a) Pour un article qui est une contribution théorique et fondamentale : le titre (il doit être concis mais complet et précis), le nom et prénoms de l'auteur ou les noms et prénoms des auteurs suivis de son titre ou de leurs titres académiques ou professionnels, le nom de l'institution ou les noms des institutions d'appartenance de l'auteur ou des auteurs et son adresse ou leurs adresses (y compris les adresses mail). Le plan du texte doit répondre au schéma suivant : Introduction (justification du thème, problématique, hypothèses/objectifs scientifiques, approche), Développement articulé, Conclusion, Bibliographie.

b) Pour un article qui résulte d'une recherche de terrain : le titre (il doit être concis mais complet et précis), le nom et prénoms de l'auteur ou les noms et prénoms des auteurs suivis de son titre ou de leurs titres académiques ou professionnels, le nom de l'institution ou les noms des institutions d'appartenance de l'auteur ou des auteurs et son adresse ou leurs adresses (y compris les adresses mail). Le plan du texte doit répondre au schéma suivant : Introduction, Méthodologie, Résultats et Discussion, Conclusion, Bibliographie.

[3]. Le texte au format A4, doit être saisi en police Times New Roman, taille 12 pour le corps du texte et 14 pour les titres et avec un interligne de 1,5. Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction et de la conclusion et de la bibliographie doivent être titrées et numérotées par des chiffres (exemples : 1. 1.1. 1.2. ; 2. ; 2.1. ; 2.2.1. ; 2.2.2. ; 3. ; etc.).

[4]. Les auteurs peuvent envoyer leurs textes qui doivent être traité en Word sur PC par Internet à EDS : revueeds@gmail.com .

[5]. Tout article doit être accompagné d'un résumé n'excédant pas 200 mots avec indication des mots clés au maximum 5 en français et d'un Abstract et des Key words en anglais. Ces résumés doivent permettre au lecteur d'apprécier exactement l'intérêt de l'article, les problèmes posés, les méthodes employées et les résultats obtenus. Ils doivent être rédigés avec le plus grand soin, dans une langue claire.

[6]. Les illustrations qui doivent être pertinentes (photos, croquis, graphiques, cartes et tableaux) se limiteront au minimum nécessaire.

[7]. Les références bibliographiques : elles doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (B. Yamba, 1975, p21). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné suivi de : « et *al.* ». A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique croissant et de date pour un même auteur le tout numéroté. Pour chaque référence, inclure les noms complets de tous les auteurs. Une référence en ligne (Internet) est acceptable si elle s'avère fiable et crédible, on prend soin de mentionner le lien (la page web). Exemple : ANTHELME Fabien, BOISSIEU Dimitri, GIAZZI Franck et WAZIRI MATO Maman - (Page consultée le 30 mai 2011) *Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Aïr (Sahara, Niger)* - Vertigo, La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol.7 no2, Adresse URL : http://www.vertigo.uqam.ca/.

Exemples :

- ***Pour un article de journal ou revue*** : Nom (s) suivi du prénom (s) de l'auteur (s); la date de parution de l'article : le titre de l'article, le titre du périodique en italique et précédé de « in » ; le volume et le numéro de la première et de la dernière page de l'article. Exemple : BOUZOU MOUSSA Ibrahim., 2003 - Les loupes d'érosion, formes majeures de dégradation des terres de glacis à sols indurés : Cas de Bogodjotou (Niger). In *Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey*, Tome VII, pp. 220-228.
- ***Pour les ouvrages*** : le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage en italique ; le nombre de volumes et le nombre total de page ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Exemple : KILANI Mondher et WAZIRI MATO Maman, 2000 - *Gomba Hausa : dynamique du changement dans un village sahélien du Niger,* éditions Payot, Lausanne, 175 pages.
- ***Pour un chapitre dans un ouvrage*** **:** le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre complet du chapitre; le titre de l'ouvrage en italique, le nom de l'éditeur entre parenthèse; la maison d'édition ; le lieu de l'édition. Exemple : MOTCHO Henri Kokou, 2007 - Dynamique urbaine et intégration régionale en Afrique de l'Ouest. - In *: Les États-nations face à l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest : le cas du Niger*, (WAZIRI MATO, éd.), Karthala, Paris, pp. 121-137.
- ***Pour un article d'acte de colloque*** : le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre de l'article, titre du colloque précédé de in, le nom de la revue, le lieu d'édition, le volume et le numéro de la première et de la dernière page de l'article. Exemple : BOUZOU MOUSSA Ibrahim, 1998 - Dégradation des terres et pauvreté au Niger : cas du terroir villageois de Windé - Bago (Dallol Bosso Sud). In: *Actes du Colloque du Département de Géographie FLSH/UAM Niamey 4-6 juillet 1996. Urbanisation et pauvreté en Afrique de l'Ouest*. Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, n° Hors Série, pp.49-61.
- ***Pour une agence gouvernementale ou internationale considérée comme auteur*** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et du Développement Communautaire, 2006 - *Guide national d'élaboration d'un plan de développement communal,* Direction Générale du Développement Communautaire, 35 pages.

[8]. Les notes : elles doivent être en bas de chaque page et mentionnées dans le texte par leur numéro respectif. La police est la même avec le texte mais de taille 10.

[9]. Les cartes, les graphiques et les figures: ils doivent être produits à l'échelle définitive avec des dimensions adaptées au format de la revue. Les titres sont placés en haut.

[10]. Les photographies : il faut fournir des tirages bien contrastés en couleurs ou en noir et blanc. Les titres sont placés en haut.

[11]. Les tableaux: ils sont numérotés en chiffre arabe et le titre doit être placé en bas.

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI (NIGER)

Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

Revue scientifique thématique semestrielle

Environnement et Dynamique des Sociétés

DIRECTEURS DE PUBLICATION

Directeur de publication : Pr AMADOU Boureima

Directeur Adjoint de publication : Pr WAZIRI MATO Maman

COMITE SCIENTIFIQUE

Pr AMADOU Boureima, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr BOUZOU MOUSSA Ibrahim, Université Abdou Moumouni, Niamey; Pr MOTCHO Kokou Henri, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr ISSA DAOUDA Abdoul-Aziz, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr TANDINA OUSAMANE Mahamane, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr TIDJANI ALOU Mahamane, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr YAMBA Boubacar, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr ZOUNGROUNA Pierre Tanga, Université J. K. de Ouagadougou (Burkina Faso) ; Pr WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr BONTIANTI Abdou, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr MOUNKAÏLA Harouna, Université Abdou Moumouni, Niamey, Pr. BOULAMA Kaoum, Université Abdou Moumouni de Niamey, Pr. AMADOU Oumarou, Université Abdou Moumouni, Niamey, Pr SOULEY Kabirou, Université André Salifou, Zinder, Pr BOUKPESSI Tchaa, Université de Lomé (Togo), Pr. YABI Ibouraïma, Université d'Abomey-Calavi (Benin), Pr. KABLAN N'guessan Hassy Joseph, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Pr. KADET GAHIE Bertin, Ecole Normale Superieur d'Abidjan (Côte d'Ivoire), KADOUZA Padabô, Université de Kara (Togo).

COMITE DE REDACTION

Rédacteur en chef : Pr WAZIRI MATO Maman

Rédacteur en chef Adjoint : Pr DAMBO Lawali

Membres : Pr MOUNKAILA Harouna, Pr BODE Sambo, Dr ABDOU YONLIHINZA Issa (MC), Dr YAYE SAIDOU Hadiara (MC), Dr BAHARI IBRAHIM Mahamadou (MC), Dr MAMAN Issoufou (MC), Dr KONE MAMADOU Mahaman Moustapha (MC)

Nota Bene : *Les opinions et analyses présentées dans ce numéro n'engagent que leurs auteurs et nullement la rédaction de la revue Environnement et Dynamique des Sociétés (EDS).*

ADRESSE :

Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI

BP: 418 Niamey - NIGER.

Email: revueeds@gmail.com **Site :** www.revue-eds.com

© Copyright : Revue EDS, 2025

COMITE DE LECTURE

- *Pr. ABDO LAOUALI SERKI Mounkaïla, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. AMADOU Oumarou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. BODE Sambo, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. BOULAMA Kaoum, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. ELHADJI OUMAROU Chaibou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. FANGNON Bernard, Université d'Abomey Calavi (Benin)*
- *Pr. KOUADIO Guessan, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)*
- *Pr. SITOU Lawali, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (Niger)*
- *Pr. SOULEY Kabirou, Université André Salifou de Zinder (Niger)*
- *Pr. SOUMANA KINDO Aîssata, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *Pr. YABI Ibouraïma, Université d'Abomey-Calavi (Benin)*
- *MC. ABBA Bachir, Université André Salifou de Zinder (Niger)*
- *MC. ABDOU YONLIHINZA Issa, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*
- *MC. ADO SALIFOU Arifa Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)*
- *MC. KASSI-DJODJO Irène, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*
- *MC. KIARI FOUGOU Hadiza, Université de Diffa (Niger)*
- *MC. KOFFI-DIDIA Adjoba Marthe, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*
- *MC. MALAM ABDOU Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)*
- *MC. NABE Bammoy, Université de Kara (Togo)*
- *MC. OUATTARA Seydou, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*
- *MC. TANKARI Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)*
- *MC. TRAORÉ Porna Idriss, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côté d'Ivoire)*
- *MC. ZAKARI Aboubacar, Université André Salifou de Zinder (Niger)*

SOMMAIRE

CHANGEMENTS ET DÉGRADATION DU COUVERT VÉGETAL PAR L'ANALYSE D'IMAGES MULTISPECTRALES LANDSAT : CAS DU QUARTIER NANGA A POINTE-NOIRE (CONGO-BRAZZAVILLE) **10**
MAYIMA Brice Anicet[1] et SOUAMY- LEGRAND Joseph[1]*

CONTRIBUTION DES CULTURES IRRIGUEES A LA SECURITE ALIMENTAIRE DES MENAGES DANS LA COMMUNE RURALE D'ABALA (REGION DE TILLABERY) **25**
SOULEY BOUBACAR Adamou[1], BOUBACAR ABOU Hassane[1,] ABDOU BAGNA Amadou[2], DAMBO Lawali[3] et MOTCHO Kokou Henri[3]*

LES FEMMES DANS LES FRONTIERES AU NORD DE LA COTE D'IVOIRE : ENTRE MULTIPLICATION DES INITIATIVES PRIVEES ET RESILIENCE **38**
KONAN Kouamé Hyacinthe[1] et AINYAKOU Taiba Germaine[2]*

RONIER DANS LE QUOTIDIEN DES POPULATIONS LOCALES DE LA REGION DES SAVANES DU TOGO (AFRIQUE DE L'OUEST) **50**
Kondjingue Djadame[1], Atakpama Wouyo[2], Afelu Bareremna[3], Egbelou Hodabalo[4], Batawila Komlan[5] et Akpagana Koffi[5]*

DETERMINANTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX ET RIZICULTURE IRRIGUÉE A LAGDO (NORD-CAMEROUN) **70**
TCHOBWE Carlos[1], WATANG ZIEBA Félix[2], GALAPNA LATOUROU Bienvenu[1], ASSAN YAGOUA BOUKAR Boukar [1] et DAISSO Victorine[3]*

L'UNION EUROPÉENNE (UE) ET LE DÉVELOPPEMENT DU PARC W AU NIGER DE 2002 À 2008 .... **80**
YAO Yao Jules[1] et SILUE Ténédja[2]*

IMPACT DE L'APPROCHE COMMUNALE WASH DANS LES COMMUNES DE CONVERGENCE DE L'UNICEF : CAS DE LA COMMUNE RURALE DE DJIRATAOUA (REGION DE MARADI, NIGER) **91**
HAROUNA KASSOUM Nazifi[1], MAHAMANE ABDOUL-KADER Moustapha[1], MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou[1], ZAKARYA IDI Mahamadou[1] et DAMBO Lawali[1]*

WOMEN AND POLITICAL POWER: AN ANALYSIS OF ELIZABETH'S KINGSHIP IN *MARY STUART* BY FRIEDRICH SCHILLER **108**
Ayouba Idrissa Mariama[1]

EDUCATION ENVIRONNEMENTALE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS QUELQUES ECOLES DE PROVINCES DU MANDOUL ET DU CHARI BAGUIRMI AU TCHAD **121**
DJOULA Arsène[1], FOCKSIA DOCKSOU Nathaniel[2] et SOULEY Kabirou[3]*

INSTITUTIONNALISATION DES SAVOIRS ENDOGENES DE GESTION DU CLIMAT DANS L'AIRE SOCIOCULTURELLE BAATONU AU NORD DU BENIN **136**
Daouda MOUSSA[1] ; Traoré Kabirou BIO COMADA[2] et Mohamed Nasser BACO[3]*

LES STRUCTURES SYLLABIQUES EN SOUMRAY : APERÇU PHONOLOGIQUE D'UNE LANGUE TCHADIQUE DU SUD DU TCHAD **153**
Eric EDJINAÏN DONO[1]

IMPACT DE LA DISPONIBILITE DES TERRES SUR LA REDUCTION DE LA PAUVRETE AU SENEGAL DEPUIS L'INDEPENDANCE **168**
Gueye Moustapha[1] et Wague Mamadou Lamine[2]*

ANALYSE DES DETERMINANTS DU CONSENTEMENT A PAYER POUR LA CONSERVATION DES SOLS AGRICOLES DANS LA COMMUNE DE BANIKOARA AU BENIN 185
Alfred Bothé Kpadé DOSSA[1]

ACCES AU BOIS ÉNERGIE EN TEMPS DE CRISE À NIONO AU MALI..... 202
Issa TOGOLA[1] et Issa FOFANA[2]*

IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ACTIVITE DE LA PECHE AUTOUR DE LA MARE DE DAN-DOUTCHI (COMMUNE RURALE DE BAGAROUA, REGION DE TAHOUA - NIGER)..... 215
DJIBRINA ADA Saâdou[1], KIARI FOUGOU Hadiza[2] et MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou[3]*

ANALYSE DE LA REPONSE SPECTRALE DES CLASSES ET ETUDE DE LA PERFORMANCE DES ALGORITHMES DE MACHINE LEARNING POUR LA CARTOGRAPHIE DE LA MANGROVE DANS LES MILIEUX DELTAÏQUES HETEROGENES : CAS DE LA RESERVE DE BIOSPHERE DU SALOUM, SENEGAL..... 231
Moussa SOW[1], Labaly TOURE[2] et Ndeye Marième SAMB[3]*

EVALUATION DE LA VULNERABILITE DE L'AGRICULTURE PLUVIALE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA COMMUNE URBAINE D'AGUIE (REGION DE MARADI, NIGER) 250
WAGADOU DALAMI Ahmadine[1], BOUZOU MOUSSA Ibrahim[2] et LONA Issaka[3]*

CONTRAINTES LIEES A LA PLANIFICATION SPATIALE DANS L'ARRONDISSEMENT DE GODOMEY (COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI, BENIN)..... 270
QUENUM Comlan Irené Eustache Zokpénou[1]

RETOUR D'EXPERIENCE DU PROGRAMME (JASS) DANS LA PREVENTION DES CONFLITS ET L'ACCES EQUITABLE DES RURAUX AUX OPPORTUNITES ET RESSOURCES DANS LES COMMUNES RURALES D'ADJEKORIA ET KAROFANE 292
MAMAN Issoufou[1], IBRAHIM Habibou[1,] AFANE Abdoulkader[1], MAMADOU KONE Mahaman Moustapha[1] et YAMBA Boubacar[2]*

IMPACTS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION DES AGRUMES (ORANGES) DANS LA COMMUNE DE KLOUÉKANMÈ AU SUD-OUEST DU BÉNIN..... 307
Théodore Tchékpo ADJAKPA[1]

LA REDÉFINITION DU DISCOURS ÉPISTÉMOLOGIQUE CARTÉSIEN 322
DJASRABẼ BONDO[1]

REPENSER LA POLITIQUE EN AFRIQUE FRANCOPHONE : DE LA VIOLENCE POLITIQUE A LA POLITIQUE DU COMPROMIS..... 333
MASRANGAR Nadjiara[1] et OLAME HOUMINA Patrice[2]*

MODELISATION SPATIALE DES NUISANCES ENVIRONNEMENTALES LIEES A L'ELEVAGE BOVIN DANS LA VILLE DE KATIOLA (CENTRE-NORD DE LA COTE D'IVOIRE) 350
KOUADIO N'Guessan Arsène[1]

EXPLOITATION PETROLIERE ET EXTENSION URBAINE : CAS DE LA COMMUNE DE DOBA (TCHAD) 365
MORÉMBAYE Bruno[1], William DJEDANEM ALMBANG[2], DOUNIA Richard[3] et MADJADINGAR TEBLE WOLWAÏ[4]*

POLITIQUE DE GRATUITÉ DE L'ÉCOLE AU TCHAD ET QUALITÉ DES APPRENTISSAGES AU CYCLE PRIMAIRE DANS LA COMMUNE DU 9EME ARRONDISSEMENT DE N'DJAMÉNA 381
Gadebé ASSEM[1] et Djibrine RAMADANE AKHAYE[1*]*

SÉCHERESSE AU SAHEL ET MIGRATIONS DE COMMUNAUTÉS BOZO EN CÔTE D'IVOIRE : LE CAS DE GOHITAFLA ET DE BOUAFLÉ (1968-2011) 397
N'founoum Parfait Sidoine KOUAME[1]

LES EFFETS DES PLUIES EXCEPTIONNELLES DE L'ANNEE 2024 DANS LA VILLE DE MARADI AU NIGER..... 416
KADRI AMADOU Aboubacar[1] et BOUZOU MOUSSA Ibrahim[2]*

CARACTERISATION DES ESPACES AGRICOLES SOUS TENSION FONCIERE DANS LES PLAINES DE LA TANDJILE-EST AU SUD-OUEST DU TCHAD..... 432
ASSOUE Obed[1]

AMENAGEMENT SPATIAL ET DEVELOPPEMENT URBAIN DE LA COMMUNANUTE URBAINE D'IGNIE (REPUBLIQUE DU CONGO)..... 446
BAKANAHONDA Syviney Franck Laurel[1], MBIZI Amaël Alberic[2] et ASSUE Yao Jean-Aimé[3]*

PERIPHERISATION URBAINE, PRESSION FONCIERE ET DECLIN PROGRESSIF DES ESPACES AGRICOLES : ANALYSE DIACHRONIQUE SUR L'ARRONDISSEMENT COMMUNAL NIAMEY 5 (2000-2023)..... 458
YAYE SAIDOU Hadiara[1] et SAIDOU GUIBEYE Idrissa[1]*

AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES ET DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS DANS LES COMMUNES DE KOUKANE, KANDIAYE, WASSADOU ET DIAOBE KABENDOU EN HAUTE CASAMANCE (SENEGAL) 471
Cheikh Tidiane WADE[1], Henri Marcel SECK[2], Mohamadou Moctar Kébé KOUYATE[3] et Babacar NDAO[4]*

INNOVATION DANS LES SCIENCES SOCIALES : DES PERSPECTIVES THEORIQUES ENCORE FECONDES..... 487
ALASSANE ISSOUFOU Abdoul-Aziz[1]

MARY SLESSOR, HEROÏNE ECOSSAISE DE L'EVANGELISATION DE L'AFRIQUE VICTORIENNE. 502
CAMARA Ahmady[1] et DAO Sidiki[1]*

PRATIQUES D'ADAPTATION ET DE RESILIENCE DES COMMUNAUTES RURALES DU MASSIF DE L'AÏR FACE AUX CONTRAINTES CLIMATIQUES 516
Ouma Kaltoum SIDI TANKO[1], Amina MAIZOUMBOU KUNDA[1] et Awal BABOUSSOUNA[1]*

GENRE ET GESTION DES DECHETS MENAGERS A MOUNDOU (TCHAD)..... 533
DJIMRABEYE Richard[1], NEDOUMBAYEL Jacquine DJEKOUNLAR[2] et NODJILEMBAYE Modestine NDJEKILA[3]*

ENJEUX FONCIERS ET TENSIONS COMMUNAUTAIRES AUTOUR DE L'AIRE DE PATURAGE D'ALKAMARAM DANS LA COMMUNE RURALE DE GUIDIGUIR (ZINDER, NIGER) 546
ZABEIROU Oumarou[1] et MALAM SOULEY Bassirou[2]*

STRATEGIES D'ADAPTATION DES AGRO-PASTEURS FACE A L'INSUFFISANCE DES RESSOURCES PASTORALES DANS LA COMMUNE RURALE DE DOGUERAOUA (NIGER)..... 561
ADO MIKO Mahamadou Makana[1], ADO SALIFOU Arifa Moussa[2], OUSSEINI ISSA Abdou[1] et WAZIRI MATO Maman[3]*

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE GENERATIVE ET OPTIMISATION DE LA FORMATION DES ENSEIGNANTS DANS LES UNIVERSITES D'ETAT AU CAMEROUN : DEFIS ET PERSPECTIVES ... 576
BISSOHONG Lydienne Charlie[1] et MBETE MEFIRE Mouhamed[2]*

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA DISTRIBUTION DES AIRES FAVORABLES A *KHAYA SENEGALENSIS* AU TCHAD AUX HORIZONS 2050 ET 2070 592
Ali Mbodou LANGA[1], Elie Antoinne PADONOU[2], Ghislain Comlan AKABASSI[3], Bokon Alexis AKAKPO[4] et Achilles Ephrem ASSOGBADJO[5]*

OPPORTUNITE ET RISQUES DE LA MOTOTAXI AU 7ème ARRONDISSEMENT DE N'DJAMENA (TCHAD) 609
ADOUM IDRISS Mahadjir[1] et DJIALLADE Nodjiam Benoit[2]*

CLINIQUES MOBILES ET CONTRAINTES D'ACCES AUX SOINS DANS LES ZONES TOUCHEES PAR LES ATTAQUES DES GROUPES ARMES AU NIGER..... 619
SOULEY ISSOUFOU Mamane Sani[1]

GOUVERNANCE ÉDUCATIVE ET FIDÉLISATION DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE EN MILIEU RURAL : RÔLE DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES DÉCENTRALISÉES..... 633
MBETE MEFIRE Mouhamed[1]

PETITE IRRIGATION EN MILIEU PERI-URBAIN : ÉTUDE DES PRATIQUES, CONTRAINTES ET OPPORTUNITES DANS LA VALLEE DE TADDIS (TAHOUA, NIGER) 654
ZAKARYA IDI Mahamadou[1], RABE Mahamane Moctar[2], MAMAN Issoufou[3], WAZIRI MATO Maman[3], LAWALI GANAHI Idrrissa[4] et ABDOULAYE SOUMAILA Almoustapha[4]*

ANALYSE DE LA DISPONIBLITE ALIMENTAIRE DANS LE DEPARTEMENT DE MAGARIA (REGION DE ZINDER, NIGER) 671
ABDOU SANI Mountaka[1], IDI MAHAMAN Hassane[2] SOULEY Kabirou[3] et WAZIRI MATO Maman[4]*

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA DISTRIBUTION DES AIRES FAVORABLES A *KHAYA SENEGALENSIS* AU TCHAD AUX HORIZONS 2050 ET 2070

Ali Mbodou LANGA[1*], Elie Antoinne PADONOU[2], Ghislain Comlan AKABASSI[3], Bokon Alexis AKAKPO[4] et Achilles Ephrem ASSOGBADJO[5]

1. Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure de N'Djamena, Tchad
2. 'École de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture (UNA) Bénin
3. Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
4. WASCAL, Climate Change and Human Habitat, Federal University of Technology, Minna PMB 65, Niger State, Nigeria, Bénin
5. Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
**Correspondant courriel : alilanga.mbodou@gmail.com*

Résumé

L'étude à évaluer l'impact du changement climatique sur la distribution de *Khaya senegalensis* au Tchad en utilisant la méthode de modélisation Maxent. Les résultats de la projection dans le présent montre que les superficies des habitats très favorables et peu favorable à l'espèce sont relativement équivalentes. Tandis que dans les horizons du futur (Horizons 2050 et 2070), la modélisation prédit une augmentation des aires très favorables accompagnée d'une réduction des aires peu et non favorables. Le gain de superficie des aires très favorables à l'espèce se fait par une progression vers le nord à travers une conversion des zones actuellement peu et non favorables. Le schéma est identique pour les zones peu favorables qui gagnent de terrain au détriment des zones actuellement non favorables. Une des principales conclusions de cette étude est que le changement climatique aura une action positive sur la distribution des aires favorables à *K. senegalensis* au Tchad aux horizons 2050 et 2070. Ce qui est un argument supplémentaire en plus de son usage multiple en perspective de sa valorisation à grande échelle au profit des populations.

Mots clés : changement climatique, modélisation, aires favorables, *Khaya senegalensis*, Tchad

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF AREAS FAVORABLE TO *KHAYA SENEGALENSIS* IN CHAD BY 2050 AND 2070

Abstract

This study assessed the impact of climate change on the distribution of *Khaya senegalensis* in Chad using the Maxent modeling method. The projection results for the present show that the areas of highly and unfavorably suitable habitats for the species are relatively equivalent. However, in the future (2050 and 2070), the model predicts an increase in highly suitable areas accompanied by a reduction in unsuitably suitable and

unsuitably suitable areas. The expansion of highly suitable areas occurs through a northward shift, resulting from the conversion of currently unsuitably suitable and unsuitable zones. The pattern is identical for unsuitably suitable areas, which expand at the expense of currently unsuitable zones. One of the main conclusions of this study is that climate change will have a positive impact on the distribution of suitable areas for *Khaya senegalensis* in Chad between 2050 and 2070. This provides further support, in addition to its multiple uses, for its potential for large-scale development and benefit to local populations.

Keywords: climate change, modeling, suitable areas, *Khaya senegalensis*, Chad

Introduction

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) décrit le changement climatique comme un phénomène lié à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La hausse de température et l'irrégularité des précipitations engendrées par ce phénomène sont parmi les principale causes des variations importantes dans la diversité des espèces et le fonctionnement des écosystèmes (Pörtner *et al.,* 2022). Fandohan *et al.* (2013) pensent que 20 à 30% des espèces végétales et animales d'Afrique seraient face à un grand danger d'extinction si le réchauffement global arrivait à excéder 1,5°C à 2,5°C. Le cinquième rapport du GIEC (2014) confirme cette assertion qu'actuellement la modification des zones de répartition, des déplacements migratoires et des activités saisonnières des espèces terrestres et aquatiques a pour principale cause le changement climatique. Cette modification associée à la surexploitation des sols, à l'apparition d'espèces envahissantes et à la pollution de l'air et de l'eau, pourrait avoir comme conséquence l'extinction de nombreuses espèces autochtones (Boko et *al.*, 2007 ; GIEC, 2007). Bernier et Schoene (2009) notent que le changement climatique influence aussi l'économie et le bien-être de nombreuses communautés des pays pauvres. Le cinquième rapport du GIEC (2014) signale que le coût d'une hausse de 2°C de la température se situerait entre 0,2% et 2% du PIB mondial. Des études récentes en Afrique de l'Ouest et du centre (Idohou *et al.*, 2017 ; Salako *et al.*, 2018 ; Favi *et al.*, 2021 ; Lompo *et al.*, 2021 ; Manda *et al.*, 2022 ; Assogba *et al.*, 2022 ; Chérif *et al.*, 2022) notent que le changement climatique impacte aussi la distributions des aires favorables aux espèces végétales et animales. *Khaya senegalensis* est une espèce à usage multiple qui subit une exploitation anarchique à cause des vertus médicinales de ses organes et des revenus générés par la vente des produits dérrivés de son et de l'huile extraite de ses graines. La présente étude est donc entreprise pour comprendre la situation de *K. senegalensis* au Tchad. Elle a pour objectif d'évaluer l'impact de ce phénomène sur sa distribution actuelle et future aux horizons 2050 et 2070 afin de contribuer à la conservation et gestion durable de cette espèce à usage multiple au profit des populations.

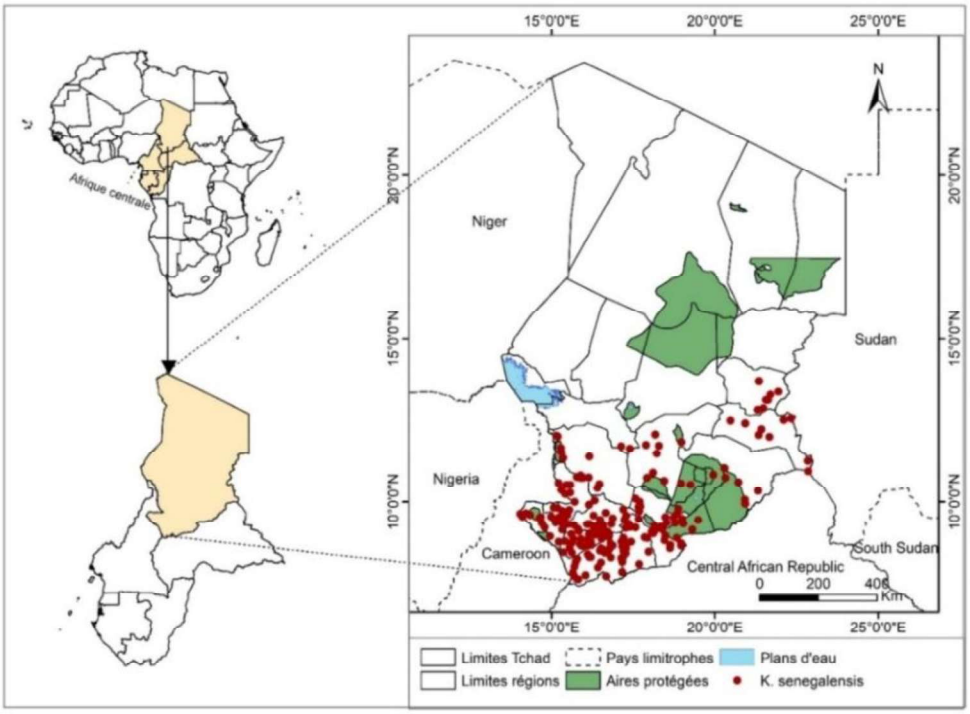
1. Approche méthodologique

1.1 Collecte de données

1.1.1 Données d'occurrences

Les données d'occurrences (coordonnées géographiques) de *K. senegalensis* utilisées dans le cadre de cette étude sont celles collectées sur le terrain entre mai et juillet 2016 (Figure 1). Au total 209 points d'occurrences ont été utilisés pour tourner les modèles. Afin de réduire les biais d'agrégation et les effets des biais temporaires, les occurrences ont été épurées en supprimant les doublons (Phillips *al.*, 2017).

Figure 1 : Occurrences de K. senegalensis issus du terrain



1.1.2 Données environnementales

Les données environnementales utilisées dans le cadre de cette étude sont les variables bioclimatiques et les données relatives au sol et à la topographie. Les variables bioclimatiques ont été téléchargées de la plateforme de WorldClim (www.worldclim.org) version 2.1 (Phillips *et al.*, 2017). Elles sont composées de 19 variables directement reliées à la physiologie et à la croissance des plantes (Phillips *et al.*, 2017) et reparties entre 11 variables liées à la température et 8 à la précipitation (Tableau 1). Les données relatives au sol et à la topographie (altitude et pente) ont été obtenues respectivement au niveau de la base données FAO (www.webarchive.iiasa.ac.at/) et de WorldClim (www.worldclim.org). Toutes les variables ont été découpées à une résolution de 5 Km à l'échelle du Tchad et de 6 pays qui lui sont géographiquement proches à savoir : Cameroun, Centre Afrique, Niger, Nigéria, Soudan et Soudan du Sud.

Pour la simulation du futur, deux scénarios d'évolution socioéconomique nommés SSP (Shared Socioeconomic Pathways) parmi les cinq ont été retenus. Ces deux scénarios sont le SSP2 4.5 (scénario optimiste) et le SSP5 8.5 (scénario pessimiste). Ces scénarios socioéconomiques tiennent compte des défis en matière d'adaptation des sociétés au changement climatique et en matière d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre (Mondon et Imbard, 2013). Le scénario SSP2 (défi d'adaptation moyen et défi d'atténuation moyen) décrit un monde caractérisé par la poursuite des tendances actuelles. Le SSP5 (défi d'adaptation faible et défi d'atténuation élevé) décrit un monde qui se concentre sur un développement traditionnel et rapide des pays en voie de développement fondé sur une forte consommation d'énergie et des technologies émettrices de carbone. La hausse du niveau de vie permettrait d'augmenter la capacité d'adaptation, notamment grâce au recul de l'extrême pauvreté (Mondon et Imbard, 2013). Le SSP2 4.5 induit un niveau d'émissions intermédiaire et un réchauffement d'environ +2,7°C à +3,4°C (Citepa, 2021). Il correspond à peu près au scénario RCP4.5 de l'AR5 (Citepa, 2021). Le scénario SSP5 8.5 induit des émissions de GES en forte hausse à peu près multipliées par deux entre les niveaux actuels et 2050 et un réchauffement de +4,4°C à cette échéance. Il se rapproche du scénario RCP8.5 de l'AR5.

N°	Variable	Code variable
1	Température moyenne annuelle	Bio1
2	Moyenne mensuelle des variations journalières	Bio2
3	Iso-thermalité (Bio2/Bio7) x 100	Bio3
4	Saisonnalité de température (écart-type x 100)	Bio4
5	Température maximale du mois le plus chaud	Bio5
6	Température minimale du mois le plus froid	Bio6
7	Écart annuel de température (Bio5 - Bio6)	Bio7
8	Température moyenne du trimestre le plus humide	Bio8
9	Température moyenne du trimestre le plus sec	Bio9
10	Température moyenne du trimestre le plus chaud	Bio10
11	Température moyenne du trimestre le plus froid	Bio11
12	Précipitations annuelles	Bio12
13	Précipitations du mois le plus humide	Bio13
14	Précipitations du mois le plus sec	Bio14
15	Saisonnalité des précipitations (coefficient de variation)	Bio15
16	Précipitations du trimestre le plus humide	Bio16
17	Précipitations du trimestre le plus sec	Bio17
18	Précipitations du trimestre le plus chaud	Bio18
19	Précipitations du trimestre le plus froid	Bio19

Tableau 1 : Variables utilisées dans le modèle de distribution potentielle de K. senegalensis au Tchad

1.2 Analyse et traitement des données

1.2.1 Sélection des variables environnementales

Les variables environnementales ont été sélectionnées sur la base des critères fondamentaux suivant : 1) variables non corrélées, 2) variables ayant un grand

potentiel de contribution aux modèles et 3) variables ayant une importance écologique pour l'espèce. Les tests de corrélation de Pearson et de Variance Inflation Factor (VIF) ont été réalisés à travers le package *usdm* package (Naimi, 2017) afin de d'éliminer une des paires de variables avec un coefficient supérieur à |0.7| et un VIF>8. Le test de jackknife a été réalisé via le package *SDMtune* package (Vignali *et al.*, 2020). Sur la base de ces tests (corrélation de Pearson, Variance Inflation Factor (VIF) et Jackknife), 10 variables ont été retenues pour la modélisation (Tableau 2, Tableau 3 et Figure 2). Les 10 variables sont l'altitude, les précipitations du mois le plus humide (bio13), les précipitations du mois le plus sec (bio14), la saisonnalité des précipitations (bio15), les précipitations du trimestre le plus chaud (bio18), les précipitations du trimestre le plus froid (bio19), la moyenne mensuelle de variations des températures journalières (bio2), l'iso-thermalité (bio3), la pente et le sol.

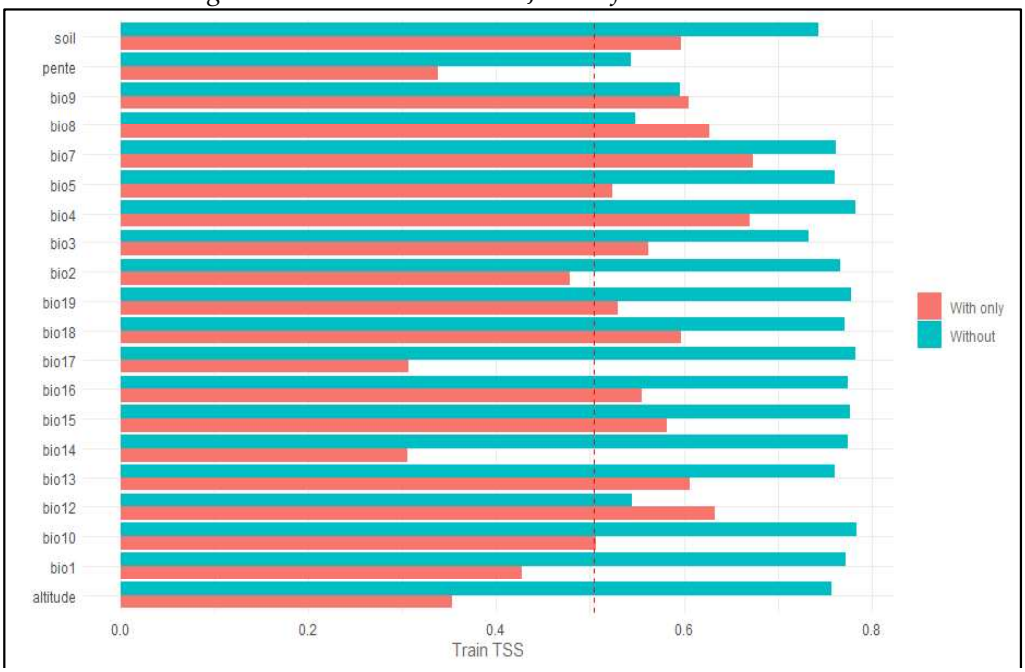
Variable	Altitude	Bio13	Bio14	Bio15	Bio18	Bio19	Bio2	Bio3	Pente	Sol
Altitude	1.00	-0.01	-0.04	0.16	0.08	0.06	0.14	0.35	0.39	0.39
Bio13	-0.01	1.00	-0.05	-0.58	0.59	0.36	-0.32	0.22	-0.02	-0.17
Bio14	-0.04	-0.05	1.00	-0.32	0.27	0.10	-0.35	0.28	0.24	0.02
Bio15	0.16	-0.58	-0.32	1.00	-0.68	-0.40	0.25	-0.54	-0.20	0.21
Bio18	0.08	0.59	0.27	-0.68	1.00	0.28	-0.41	0.26	0.27	-0.05
Bio19	0.06	0.36	0.10	-0.40	0.28	1.00	-0.22	0.41	0.06	-0.12
Bio2	0.14	-0.32	-0.35	0.25	-0.41	-0.22	1.00	0.28	-0.17	0.05
Bio3	0.35	0.22	0.28	-0.54	0.26	0.41	0.28	1.00	0.32	-0.08
Pente	0.39	-0.02	0.24	-0.20	0.27	0.06	-0.17	0.32	1.00	0.21
Sol	0.39	-0.17	0.02	0.21	-0.05	-0.12	0.05	-0.08	0.21	1.00

Tableau 2 : Test de corrélation sur les variables moins corrélées

Variables	VIF
Altitude	2.343109
Bio13	2.271006
Bio14	1.877137
Bio15	4.501903
Bio18	2.700591
Bio19	1.576596
Bio2	2.746278
Bio3	4.629109
Pente	1.57863
Sol	1.338601

Tableau 3 : Résultat du test de VIF

Figure 2 : Résultat de test de Jackknife sur les variables



1.2.2 Méthode de modélisation

La méthode de modélisation utilisée est celle de l'algorithme Maxent (Phillips *et al.*, 2017). Cette méthode est l'une des plus rependue dans la littérature lorsqu'il s'agit de modéliser les habitats des espèces végétales et animales. Elle a été utilisée en Afrique avec succès par beaucoup d'auteurs (Djotan *et al.*, 2018, Moukrim *et al.*, 2020, Abdou Habou *et al.*, 2021, Hamadou *et al.*, 2021, Wouyou *et al.*, 2022) pour identifier les habitats favorables de plusieurs espèces animales et végétales. Dans le cadre de ce travail, une pseudo-absence de 10 000 points a été générée par Maxent lui-même en raison de vrais points d'absence des individus de l'espèce. Les modèles ont ensuite été tournés 5 fois et 75 % des points ont été utilisés. Les 25% ont été utilisés pour la validation. La validation sous-échantillonnage a été adoptée à travers le ROC AUC pour évaluer la performance des modèles. Une valeur de l'AUC >0.8 indique une bonne performance des modèles (Gebrewahid, 2020). Les valeurs des seuils de validation du *Minimum training presence* (MTP) et *Equal training sensitivity and specificity* (ETSS) ont été utilisées pour la classification des habitats de l'espèce. Ainsi, <MTP correspond aux habitats non favorable,]MTP-ETSS[indique un habitat moyennement favorable et >ETSS correspond aux habitats hautement favorables.

1.2.3 Cartographie des habitats actuels et futurs

Les résultats de la modélisation avec Maxent ont été importés dans ArcGis 10.8 pour générer des cartes de distribution actuelle et future de *K. senegalensis* au Tchad. Les habitats ont été différenciés en trois classes (habitats très favorables, habitats peu favorables et habitats non favorables), en utilisant les valeurs de seuil MTP et ETSS.

3 Résultats

3.1 Contribution des variables et performance du modèle

Les résultats des tests statistiques ont montré que 10 variables sur les 19 étaient moins corrélées. En fonction de leurs contributions aux modèles et surtout de l'écologie de l'espèce, 6 variables ont été identifiées importantes pour la modélisation de la distribution de *K. senegalensis* au Tchad. Les 6 variables sont par ordre d'importance de leurs contributions, les précipitations de la période la plus humide (Bio13), le sol, l'isothermalité (Bio3), la Moyenne mensuelle des variations journalières des températures (Bio2), les précipitations du trimestre le plus froid (Bio19) et l'altitude (Figure 3).

La performance du modèle est appréciée à travers la valeur moyenne de l'AUC. Un modèle est qualifié de « mauvais » lorsque l'AUC ≤ 0,70. Il est qualifié de « passable » lorsque 0,70 < AUC ≤ 0,90 et « d'excellent » lorsque AUC > 0,90 (Gebrewahid, 1988). La valeur moyenne de l'AUC obtenue dans le cadre de cette étude étant égale à 0,935 (Figure 4) alors la performance du modèle dans la prédiction des habitats favorables à *K. senegalensis* au Tchad peut donc être qualifiée d'excellente.

Figure 3 : Contribution des variables environnementales

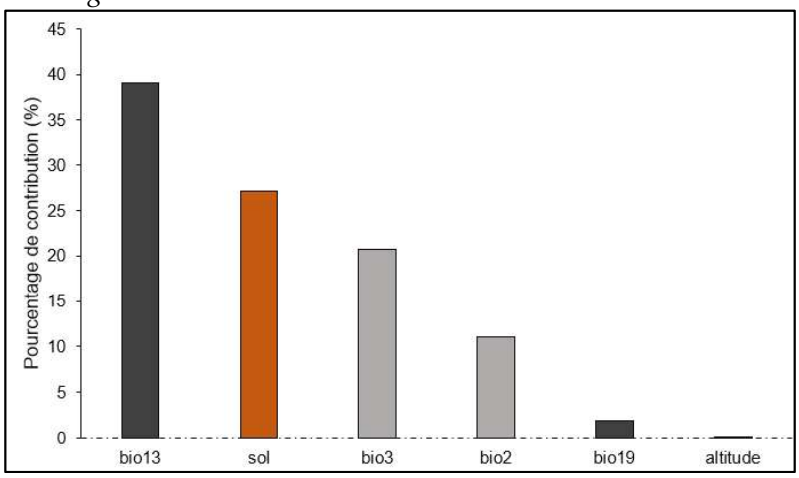
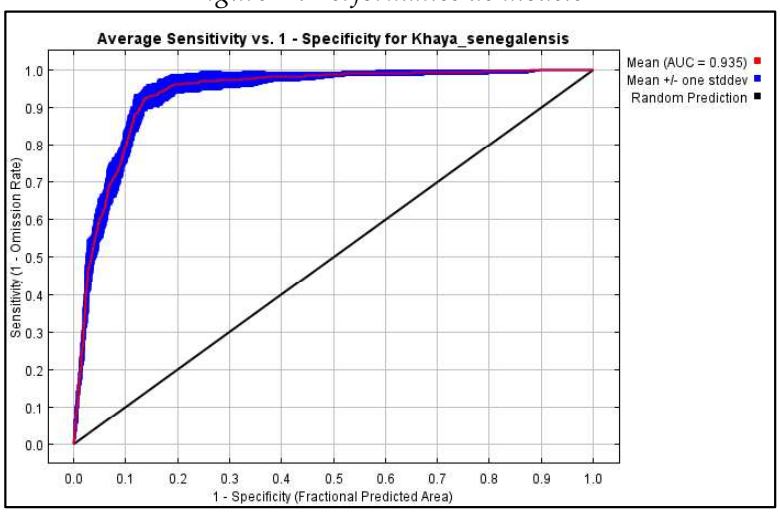


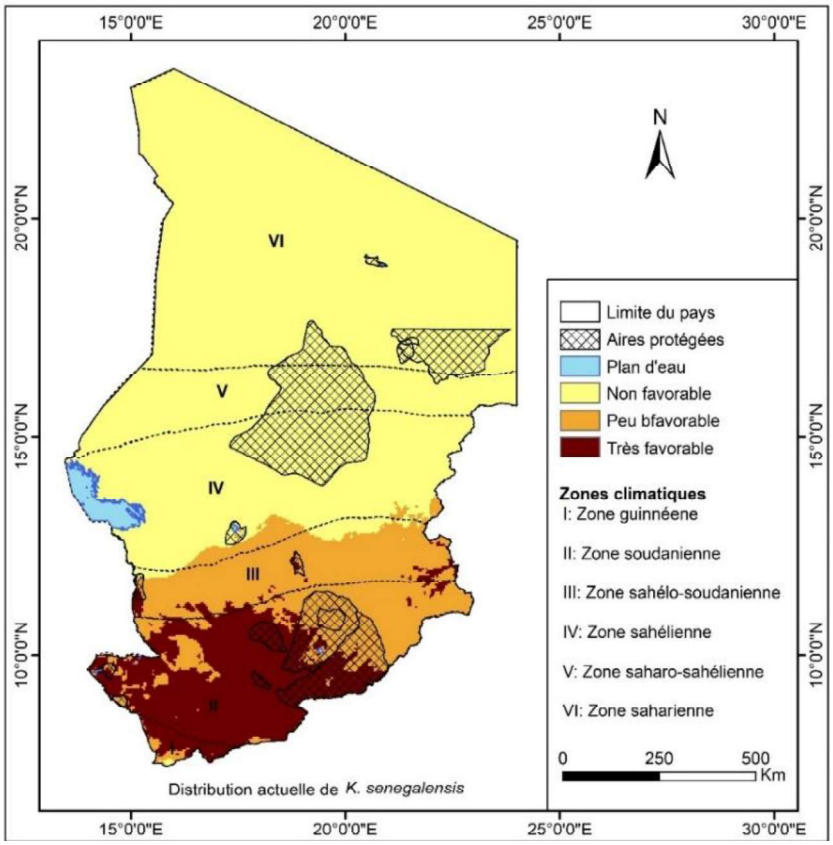
Figure 4 : Performance de modèle



3.2 Distribution actuelle de *K. senegalensis* au Tchad

Les résultats issus de la modélisation sont importés dans ArcGIS 10.8 pour réaliser des cartes montrant la distribution de *K. senegalensis* au Tchad aux différents horizons temporels retenus pour cette étude. Sous le climat actuel (Figure 5), la répartition des aires favorables (très favorables et peu favorables) se limite aux zones où l'espèce est actuellement présente. Ces aires sont principalement localisées dans les zones soudaniennes, soudano-guinéenne et soudano-sahélienne. Les aires très favorables à l'espèce sont majoritairement circonscrites à la zone soudanienne et soudano-guinéenne bien qu'il y a quelques poches à l'ouest, au centre et à l'est de la zone soudano-sahélienne. Les aires peu favorables couvrent principalement la zone soudano-sahélienne, l'est de la zone soudanienne, l'extrême sud de la zone soudano-guinéenne et à une portion de la bordure sud de la zone sahélienne. Les aires non favorables occupent sous le climat actuel plus de 2/3 de la superficie du pays et s'étendent sur la zone sahélienne, saharo-sahélienne et saharienne (Figure 5).

Figure 5 : Distribution actuelle de K. senegalensis au Tchad



3.3 Distributions futures de *K. senegalensis* au Tchad

Les résultats de la modélisation des distributions futures de *K. senegalensis* au Tchad sous les SSP2 4.5 et SSP5 8.5 sont présentés à la Figure 6. La comparaison des informations contenues sur cette figure avec celles de la Figure 5 (distribution actuelle) montre que les zones très favorables augmenteront de surfaces aux différents horizons

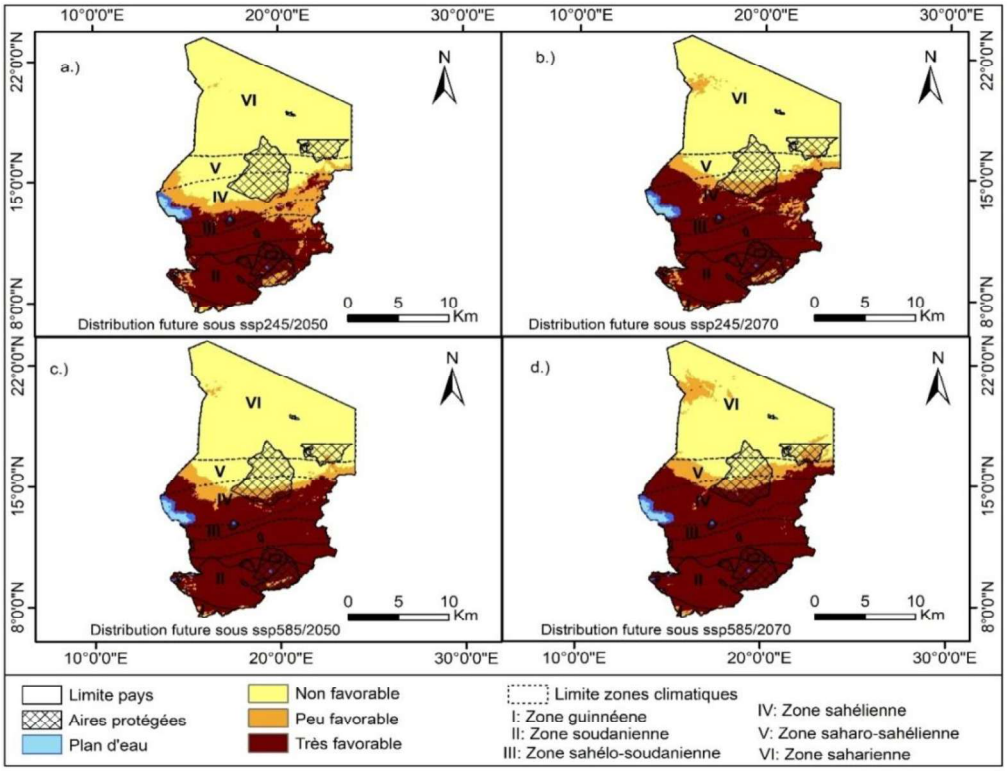
du futur (2050 et 2070) pendant que les zones peu favorables et non favorables réduiront leurs superficies. Aux horizons 2050 et 2070, l'augmentation de la superficie des zones très favorables se fera au détriment des zones actuellement peu favorables et non favorables et cela quel que soit le scénario climatique considéré (Figure 6 a, b et c, d).

Sous le scénario SSP2 4.5 et à l'horizon 2050 (Figure 6 a), les zones très favorables actuellement circonscrites principalement à la zone soudanienne et soudano-guinéenne (Figure 5) progresseront vers la zone sahélienne pour atteindre la latitude du Lac Tchad dans le nord-ouest du pays. A l'horizon 2070 (Figure 6 b) ces zones couvriront presqu'entièrement la zone sahélienne et atteindront même la zone saharo-sahélienne au nord du Lac Tchad aux alentours du 15° de latitude nord.

Sous le scénario SSP5 8.5 la progression des zones très favorables deviendrait encore plus marquée (Figure 6 c et d). Sous ce scénario et à l'horizon 2050 (Figure 6 c) le résultat en termes de gain en superficie et en progression vers le nord est comparable à celui enregistré à l'horizon 2070 sous le scénario SSP2 4.5 (Figure 6 b). À l'horizon 2070 (Figure 6 d) cette progression sera encore plus accentuée et atteindrait les limites sud de la zone saharienne au niveau de la réserve d'Archè dans le massif de l'Ennedi au nord-est du pays au-delà du 15° de latitude Nord.

Enfin il faut aussi noter qu'aux horizons du futur tous les types d'habitats augmenteront ou diminueront de superficie en progressant vers le nord actuellement plus aride suivant un gradient sud-nord. Les habitats peu et non favorables diminueront leurs superficies alors que ceux habitats très favorables en augmenteront.

Figure 6 : Distributions potentielles futures de K. senegalensis au Tchad



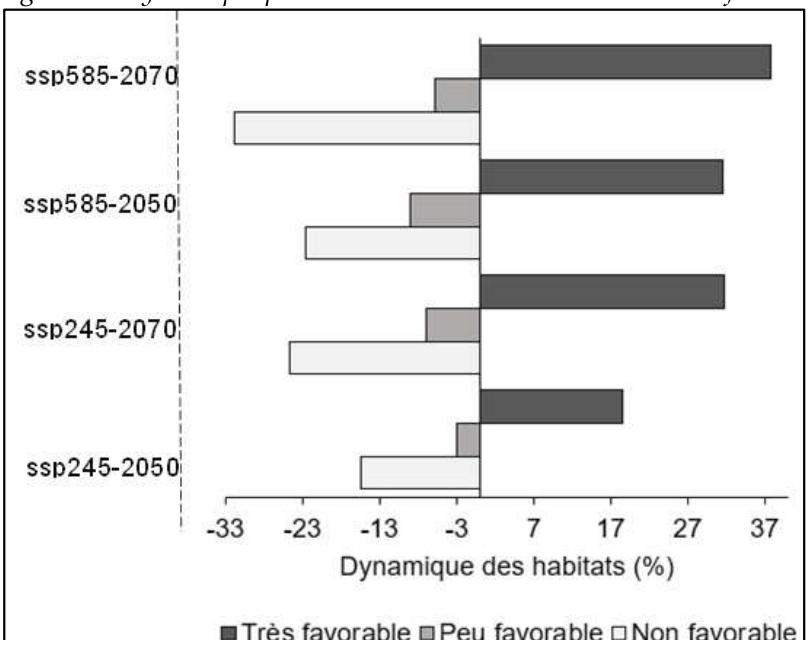
3.4 Dynamique spatio-temporelle des habitats de *K. senegalensis*

La Figure 7 montre la dynamique spatio-temporelle des différents types d'habitats de *K. senegalensis* sous les 2 scénarios aux horizons 2050 et 2070. Il ressort de cette figure qu'aux 2 horizons temporels les habitats très favorables enregistreront des gains de superficies alors que ceux peu favorables et non favorables des pertes de superficie quel que soit le scénario climatique considéré.

Sous le scénario optimiste (SSP2 4.5), les habitats actuellement très favorables à l'espèce augmenteront respectivement leurs superficies d'environ 20 % à l'horizon 2050 et 30% à l'horizon 2070. Dans le même temps les habitats actuellement peu favorables verront leurs superficies diminuer d'environ 3% à l'horizon 2050 et 5% à l'horizon 2070 pendant que celles des zones non favorables diminueront d'environ 15% en 2050 et 25% en 2070.

Sous le scénario pessimiste (SSP5 8.5) le schéma sera identique avec des proportions d'augmentation et de diminution relativement plus importantes. Les habitats très favorables connaîtront une augmentation d'environ 35% à l'horizon 2050 et 40% à l'horizon 2070. Alors que les réductions des habitats peu favorables et non favorables seront respectivement d'environ 10% et 20% à l'horizon 2050 et 5% et 33% à l'horizon 2070.

Figure 7 : Dynamique potentielle des classes d'habitat dans le futur



4 Discussion

4.1 Contribution des variables et performance du modèle

La méthode de modélisation utilisée dans le cadre de cette étude est la méthode Maxent (Maximum Entropy) développée par Phillips *et al* (2006). C'est une approche qui associe les données d'occurrence aux données environnementales susceptibles

d'influencer la physiologie et la capacité de persistance de l'espèce pour modéliser ses distributions actuelle et futures (Fandohan *et al.*, 2013). Les résultats relatifs à la contribution des variables ont montré que la variable Bio13 (précipitations de la période la plus humide) avec environ 40% de contribution est la variable qui contribue le plus à l'explication de la distribution *K. senegalensis* au Tchad. Elle est suivie du sol (25%), de l'iso-thermalité (20%), de la moyenne mensuelle des variations journalières des températures (10%), des précipitations du trimestre le plus froid et de l'altitude (5%). Ces résultats sont proches de ceux d'Ayihouenou *et al* (2016) qui ont trouvé que le sol et les variables bioclimatiques (Bio12 (précipitations annuelles) et Bio2 (moyenne de variation journalière)) sont des variables importantes dans la projection des habitats favorables à *Parkia biglobosa* au Bénin. Des résultats similaires ont été également trouvés par Agbo *et al* (2018) avec Bio2 dans la prédiction de la distribution de *Detarium microcarpum*. Par ailleurs, plusieurs autres auteurs estiment que la variabilité de sol dans le futur reste discutable mais les résultats de la présente étude comme ceux de Devineau (1999) et Ayihouenou (2016) ont montré que le sol pourrait valablement intervenir dans la distribution des espèces végétales.

Par rapport à la performance du modèle les résultats ont donné une valeur de l'AUC supérieure à 0,9 (Gebrewahid, 1988) et celle de TSS proche de 1 (Watling et al., 2015) alors la performance du modèle peut être considérée comme bonne. Autrement dit Maxent est bien indiquée pour modéliser les habitats favorables *K. senegalensis* au Tchad. Ces résultats confirment aussi la fiabilité du modèle telle que prouvée par Kaky *et al* (2020) dans une étude comparative de huit modèles dont Maxent. Dans cette étude qui a porté sur des espèces médicinales en Egypte il a été démontré que Random Forest et Maxent étaient les 2 meilleurs modèles parmi les huit utilisés. Des résultats analogues ont été aussi trouvés par Wang *et al* (2012) comparant Maxent, GLM, GARP et DA et par Yudaputra *et al* (2019) comparant Bioclim, Domain, GLM, Maxent, RF et SVM. Ainsi, la littérature considère souvent Maxent parmi les plus robustes modèles et son pouvoir prédictif est bien apprécié par plusieurs auteurs parmi lesquels on peut citer Fandohan *et al* (2013), Idohou *et al* (2017) ou Kaky *et al* (2020).

4.2 Distribution actuelle et future de *K. senegalensis*

Le modèle a permis de générer les cartes de distributions actuelle et future de *K. senegalensis* au Tchad. Sous les conditions actuelles les aires très favorables à la culture et à la conservation de *K. senegalensis* sont essentiellement circonscrites à la zone soudanienne et soudano-guinéenne. Ces deux zones correspondent en effet à l'aire de distribution actuelle de l'espèce au Tchad telle qu'observée lors des travaux de terrain. Ces résultats confirment les travaux de plusieurs auteurs (White, 1986 ; Ouinsavi, 2000 ; Orwa *et al.*, 2009 ; Arbonnier, 2009 ou Bouka *et al.*, 2019) sur l'écologie et la distribution de l'espèce en Afrique. Les projections du climat actuel indiquent aussi

que les aires peu favorables sont cantonnées à la zone soudano-sahélienne et les aires non favorables à la zone sahélienne et saharienne. Ce qui semble se justifier d'autant plus que les conditions environnementales notamment les faibles pluviométries et les fortes températures qui règnent actuellement dans ces deux dernières zones ne correspondent pas à celles de la niche écologique normale de l'espèce. *Khaya senegalensis* est en effet une espèce qui tolère des températures de 25° à 45°C, des pluviométries de 600 à 1 200 mm et qui préfère des sols ferralitiques profonds (Aubreville, 1957; Berhaut, ; Akoègninou *et al.*, 2006; Arbonnier, 2009; Orwa *et al.*, 2009).

Sous les conditions du futur (SSP2 4.5 et SSP5 8.5) les aires très favorables progresseront vers le nord pour atteindre la zone sahélienne et saharo-sahélienne considérées présentement comme non favorables. Ceci pourrait s'expliquer par une amélioration des conditions climatiques qui rendront ces régions probablement accessibles à l'espèce aux horizons 2050 et 2070.

4.3 Impact du changement climatique sur la conservation de *K. senegalensis* au Tchad

Le rapprochement des cartes de distribution de *K. senegalensis* sous les conditions climatiques actuelle et future permet d'apprécier l'impact du changement climatique sur sa répartition future et donc sa conservation au Tchad. Cette comparaison permet de remarquer que les aires favorables au développement de *K. senegalensis* au Tchad connaîtront des variations tant en 2050 qu'en 2070. Le modèle prédit une extension des aires favorables à *K. senegalensis* vers le nord. Sous les deux scénarios (SSP2 4.5 et SSP5 8.5) le modèle prédit des gains en superficie des aires très favorables à l'espèce aux deux horizons 2050 et 2070. L'hypothèse selon laquelle les changements climatiques impacteraient la répartition des espèces telle que avancée par plusieurs auteurs Idohou *et al.*, 2017; Salako *et al.*, 2018; Favi *et al.*, 2021; Lompo *et al.*, 2021; Manda *et al.*, 2022; Assogba *et al.*, 2022; Chérif *et al.*, 2022) semble être ainsi confirmée. Cependant, contrairement à plusieurs auteurs qui ont trouvé un impact négatif du changement climatique sur la distribution des habitats favorables aux espèces avec une régression des aires favorables, les résultats de cette étude indiquent un impact positif du phénomène sur la distribution des aires favorables à *K. senegalensis* au Tchad aux horizons 2050 et 2070. Des résultats similaires avec un impact positif du changement climatique ont été aussi trouvés par d'autres auteurs avec plusieurs espèces. Les travaux de Rhouma et Mariem (2022) en Tunisie sur *Pinus halepensis*, de Doffou et al (2021) en Côte d'Ivoire sur *Tieghemella heckelii* et d'Amoussou et al (2022) sur 40 espèces végétales de PFNL réparties dans l'ensemble de l'Afrique tropicale peuvent être cités comme exemples. Pour Amoussou et al (2022), la réaction des espèces de PFNL au changement climatique dépend de leur répartition, de leur écologie et de leur capacité

de dispersion. Autrement dit, l'impact du changement climatique sur la distribution d'une espèce dépend de l'écologie de cette espèce. Il peut être positif si l'espèce est relativement peu exigeante ou rustiques et négatif si celle-ci est plus exigeante. *Khaya senegalensis* est une espèce qui tolère des températures comprises entre 25 et 45°C et des pluviométries de plus de 1 200 mm (Aubreville, 1950 ; Berhaut, 1967 ; Akoègninou *et al*., 2006; Arbonnier, 2009; Orwa *et al*., 2009) les résultats obtenus à travers cette étude montre qu'elle pourrait s'accommoder aux conditions climatiques qui régneront au Tchad aux horizons 2050 et 2070. À ces horizons les conditions climatiques (pluviométrie et températures) deviendraient probablement favorables à l'espèce dans les zones actuellement plus arides et favoriseraient son extension vers ces zones.

Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent que le changement climatique aura un impact positif sur la distribution des aires favorables à *K. senegalensis* aux horizons 2050 et 2070 au Tchad. Sous les 2 scénarios climatiques retenus les aires très favorables à l'espèce gagneront de superficies par conversion des zones actuellement peu et non favorables et s'étendront vers le nord aux deux horizons temporels retenus pour cette étude. L'avenir de *K. senegalensis* au Tchad semble donc ne pas être en danger. Les décideurs pourraient sur la base de ces résultats détecter les zones propices à la conservation, à la gestion durable de l'espèce et penser à mettre l'accent sur sa valorisation au profit des populations.

Références bibliographiques

Agbo, R. I., Idohou, R., Vihotogbé, R., Missihoun, A. A., Dagba, R. A., Assogbadjo, A. E., & Agbangla, C. (2019). Spatio-temporal dynamics of suitable habitats for Detarium microcarpum Guill. & Perr.(Caesalpiniaceae), a priority food tree species in Benin (West Africa). Modeling Earth Systems and Environment, 5(2), 595-604.

Akoègninou, A., Van der Burg, W.J., Van der Maesen, L.J.G., 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers.

Amoussou, BEN, Idohou, R., Glèlè Kakaï, R., Dauby, G., & Couvreur, TL (2022). Impact du changement climatique de fin de siècle sur les espèces prioritaires de produits forestiers non ligneux en Afrique tropicale. African Journal of Ecology ,

Arbonnier, M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones seches d'Afrique de l'Ouest. Ed. Quae; MNHN, Versailles.

Assogba, D., Idohou, R., Chirwa P., Assogbadjo A.E., 2022. On opportunities and challenges to conserve the African baobab under present and future climates in Benin (West Africa). Journal of Arid Environments 198 (2022) 104692

Aubreville, A., 1950. Flore forestière soudano-guinéenne(A. O. F.- Cameroun).

Ayihouenou, E. B., Fandohan, A. B., Sodé, A. I., Gouwakinnou, N. G., & Djossa, A. B. (2016). Biogéographie du néré (Parkia biglobosa (Jack.) R. Br. ex. Don.) sous les conditions environnementales actuelles et futures au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro spécial Agronomie, Société, Environnement & Sécurité Alimentaire, 93-108.

Berhaut, J., 1967. Flore du Sénégal (2ème édn). Clairafrique Dakar 485.

Bernier, P., Schoene, D., 2009. Adapting forests and their management to climate change: an overiew. Information Service of FAO Rome, Italy.

Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., Tabo, R., Yanda, P., 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Afr. Camb. Univ. Press Camb. 433–467.

Bouka Dipelet, U.G., Doumenge, C., Loumeto, J.J., Florence, J., Gonmadje, C., Mckey, D., 2019. Des confusions entre espèces préjudiciables à la gestion durable des essences forestières : l'exemple des acajous d'Afrique (Khaya, Meliaceae). Bois Forets Trop. 339, 17. https://doi.org/10.19182/bft2019.339.a31714

Citepa, J., 2021. Inventaire Des Émissions de Polluants Atmosphériques et de Gaz à Effet de Serre En France—Format Secten.

Chérif, A.A., Sodé, A.I., Houndonougbo, J.S.H., Idohou, R., Fandohan, A.B., Kakaï, R.G., Assogbadjo, A.E., 2022. Habitat suitability modeling for the conservation and cultivation of the multipurpose fruit tree, Balanites aegyptiaca L., in the Republic of Chad, Sahel. Model. Earth Syst. Environ. https://doi.org/10.1007/s40808-022-01416-4

Devineau, J. L. (1999). Seasonal rhythms and phenological plasticity of savanna woody species in a fallow farming system (south-west Burkina Faso). Journal of tropical ecology, 15(4), 497-513.

Djotan, A. K. G., Aoudji, A. K. N., Tessi, D. R. Y., Kakpo, S. B., Gbetoho, A. J., Kourouma, K., & Ganglo, J. C. (2018). Vulnerability of Khaya senegalensis Desr & Juss to climate change and to the invasion of Hypsipyla robusta Moore in Benin (West Africa). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(1), 24-42.

Doffou, S. C., Kouadio, K., & Camara, B. (2021). Effet des types de graines sur la croissance initiale de Tieghemella heckelii pierre ex a. chev.(sapotaceae) dans la pépiniere de l'Unité de Gestion Forestiere de d'Azaguié, Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE, 19(5), 111-122.

Fandohan, B., Gouwakinnou, G. N., Fonton, N. H., 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. Biotechnology Agronomy and Society Environment, 17(3), 450-462.

Favi, G. A., Dassou, G. H., Agound, G., Ouachinou, J. M. A. S., Djidohokpin, D., Adomou, A. C., 2021. Current and future distribution pattern of Cochlospermum planchonii and Cochlospermum tinctorium in Benin (West Africa), in response to climate change scenario. Model. Earth Syst. Environ. 8, 1–14. doi: 10.1007/s40808-021-01109-4

Gebrewahid, Y., Abrehe, S., Meresa, E., Eyasu, G., Abay, K., Gebreab, G., ... & Darcha, G. (2020). Current and future predicting potential areas of Oxytenanthera abyssinica (A. Richard) using MaxEnt model under climate change in Northern Ethiopia. Ecological processes, 9(1), 1-15.

GIEC (2014) 5ème rapport du GIEC sur les changements climatiques et leurs évolutions futures, Parties 2 et 3.

Habou, K. M. A., Abdou, L., Rabiou, H., & Mahamane, A. (2021). Impact des changements climatiques sur la dynamique de l'habitat potentiel de Balanites aegyptiaca (L.) Del. au Niger. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9(2).

Hamadou, O., Oumani, A. A., Yahou, H., Morou, B., & Mahamane, A. (2021). Modélisation de la distribution spatiale de la girafe (Giraffa camelopardalis peralta, Linnaeus 1758) de l'Afrique de l'Ouest pour sa conservation au Niger. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(6), 2486-2499.

Idohou, R., Assogbadjo, A. E., Kakaï, R. G., & Peterson, A. T. (2017). Spatio-temporal dynamic of suitable areas for species conservation in West Africa: eight economically important wild palms under present and future climates. Agroforestry Systems, 91(3), 527-540.

Kaky, E., Nolan, V., Alatawi, A., & Gilbert, F. (2020). A comparison between Ensemble and MaxEnt species distribution modelling approaches for conservation: A case study with Egyptian medicinal plants. Ecological Informatics, 60, 101150.

Lompo, O., Dimobe, K., Mbayngone, E., Savadogo, S., Sambaré, O., Thiombiano, A., 2021. Climate influence on the distribution of the yellow plum (Ximenia americana L.) in Burkina Faso. Trees For. People 4, 100072. doi : 10.1016/j.tfp.2021.100072

Manda, L., Idohou, R., Assogbadjo, A.E. and Agbangla, C., 2022. Climate change reveals contractions and expansions in the distribution of suitable habitats for neglected crop wild relatives of the genus Vigna (Savi) in Benin. Frontiers in Conservation Science. doi : 10.3389/fcosc.2022.870041

Mondon, S., & Imbard, M., 2013. Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC. Direction générale de l'économie et du climat, document de travail.

Moore, B., Allard, G., 2008. Les impacts du changement climatique sur la santé des forêts. Doc. Trav. Sur Sante Forets Secur. Biol. FAO.

Moukrim, S., Lahssini, S., Rifai, N., Menzou, K., Mharzi-Alaoui, H., Labbaci, A.. & Rhazi, L. (2020). Modélisation de la distribution potentielle de Cedrus

atlantica Manetti au Maroc et impacts du changement climatique. Bois & Forêts des Tropiques , 344 , 3-16.

Naimi, B. (2017). Package 'usdm'. Uncertainty Analysis for Species Distribufion Models.

Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M., Tsuyama, I., Tanaka, N., 2011. Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of Quercus acuta in Japan. Plant Ecol. 212, 229–243.

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Simons, A., 2009. Agroforestree Database: a tree reference and selection guide. Version 4. Agroforestree Database Tree Ref. Sel. Guide Version 4.

Ouinsavi, C., 2000. Conservation in situ de Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss: importance socio-économique, structure et dynamique des peuplements naturels et productivité des plantations d'essai du Bénin (PhD Thesis). Thèse d'ingénieur agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université ….

Padonou, E.A., Teka, O., Bachmann, Y., Schmidt, M., Lykke, A.M., Sinsin, B., 2015. Using species distribution models to select species resistant to climate change for ecological restoration of bowé in West Africa. Afr. J. Ecol. 53, 83–92.

Pearson, R.G., Dawson, T.P., 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Glob. Ecol. Biogeogr. 12, 361–371.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., Blair, M.E., 2017. Opening the black box: An open-source release of Maxent. Ecography 40, 887–893.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Model. 190, 231–259.

Pittock, B., 2009. Can solar variations explain variations in the Earth's climate?: An editorial comment. Clim. Change 96, 483–487. https://doi.org/10.1007/s10584-009-9645-8

Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R.A., Betts, R., Kerr, R.B., Biesbroek, R., 2022. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability.

Rhouma, TB, & Mariem, HB (2022). Identification des principaux déterminants environnementaux et modélisation de la distribution potentielle de la Pin d'Alep et impact du changement climatique en Tunisie. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires , 10 (1).

Salako, V.K., Kenou, C., Dainou, K., Assogbadjo, A.E., Kakaï, R.G., 2018. Impacts of land use types on spatial patterns and neighbourhood distance of the agroforestry palm Borassus aethiopum Mart. in two climatic regions in Benin, West Africa. Agrofor. Syst. 1–15

Vignali, S., Barras, AG, Arlettaz, R., & Braunisch, V. (2020). SDMtune : un package R pour ajuster et évaluer les modèles de distribution des espèces. Ecology and Evolution , 10 (20), 11488-11506.

Wang, M., & Overland, JE (2012). Un Arctique sans glace de mer en été d'ici 30 ans : une mise à jour des modèles CMIP5. Geophysical Research Letters , 39 (18).

Watling, JI, Brandt, LA, Bucklin, DN, Fujisaki, I., Mazzotti, FJ, Romanach, SS, & Speroterra, C. (2015). Les indicateurs de performance et le partitionnement de la variance révèlent des sources d'incertitude dans les modèles de distribution des espèces. Ecological Modelling ,

White, F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco / AETFAT / UNSO, ORSTOM & UNESCO. Paris, France. 384 p

Wouyou, HG, Lokonon, BE, Idohou, R., Zossou-Akete, AG, Assogbadjo, AE, & Kakai, RG (2022). Prédiction des impacts potentiels du changement climatique sur le Caesalpinia bonduc (L.) Roxb, espèce menacée, au Bénin (Afrique de l'Ouest). Heliyon , 8 (3).

Yudaputra, A., Robiansyah, I., & Rinandio, D. S. (2019, May). The Implementation of Artificial Neural Network and Random Forest in Ecological Research: Species Distribution Modelling with Presence and Absence Dataset. In Proceedings The SATREPS Conference (Vol. 2, No. 1, pp. 38-49).