

Septième article : **Modélisation des aires favorables à *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seemann ex Bureau et au *Dracaena arborea* (Willd) Link, au Bénin**

Par : J. Logbo, P. Yédomonhan, B. Tenté et A. Akoegninou

Pages (pp.) 88-104.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Septembre 2022 – Volume 32 - Numéro 02

Le BRAB est en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> et peut être aussi consulté sur le site web de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) <http://www.inrab.org>

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Direction Scientifique (DS) - Service Animation Scientifique (SAS)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél. : (+229) 21 30 02 64 ; E-mail : sp.inrab@inrab.org / inrabdg1@yahoo.fr / brabpisbinrab@gmail.com

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

Tél. : (+229) 21 30 02 64 - E-mail : brabpisbinrab@gmail.com

République du Bénin

Sommaire

Sommaire	i
Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Outils de gestion des risques de production et de commercialisation dans les exploitations de maïs au Nord-Bénin E. K. Agossadou, F. Tassou Zakari, M. D. Dohou et J. A. Yabi	1
Impacts of use of conventional tillage tools on cultivated soil in Southern Alibori in Benin N. M. Dahou, B. K. L. Zokpodo, B. E. Lokonon, E. D. Dayou and M. Donou Hounsodé	12
Caractérisation et diversité des systèmes d'élevage de petits ruminants au Bénin M. A. M. Zanou, A. K. N. Aoudji, L. H. Dossa, D. Demblon et M. R. B. Houinato	23
Fragmentation des habitats et conservation des grands mammifères dans les forêts soudaniennes : Synthèse bibliographique sur l'implication pour la gestion des écosystèmes de la Forêt Classée des Trois rivières au Nord-Est-Bénin J. Kpétééré, R. S. Lokossou, M. Kouagou, A. K. Natta et I. I. Toko	42
Diversité, priorité culturelle et de conservation des espèces forestières anciennement domestiquées (EFAD) du Sud-Bénin M. M. L. Atindéhou, A. F. Azihou, G. H. Dassou, M. S. Toyi, A. C. Adomou, A. E. Assogbadjo, D. N'Dah et B. A. Sinsin	57
Chaînes de distribution de la viande bovine et des petits ruminants dans le Département du Littoral et ses environs au Sud-Bénin C. F. A. Salifou, K. A. I. Gade, S. G. Ahounou, S. P. Kiki, F.E.T. Houessou, C. Claude et I. Youssao Abdou-Karim	80
Modélisation des aires favorables à <i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau et au <i>Dracaena arborea</i> (Willd) Link, au Bénin J. Logbo, P. Yédomonhan, B. Tenté et A. Akoegninou	88
Effect of drying on the diversity of benthic macroinvertebrates in tributary streams of the Sota river in North-Eastern Benin Z. Orou Piami, M. P. Gnohossou, H. Akodogbo, K. S. Abahi et H. S. Sanni Worogo	105

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

Informations générales

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé en mai 1991 pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural. La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé. Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être obtenue sur demande adressée au secrétariat du BRAB. Pour recevoir la version électronique pdf du BRAB, il suffit de remplir la fiche d'abonnement et de l'envoyer au comité de rédaction avec les frais d'abonnement. La fiche d'abonnement peut être obtenue à la Direction Générale de l'INRAB, dans ses Centres de Recherches Agricoles ou à la page vii de tous les numéros. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Un thesaurus spécifique dénommé « TropicAgrif » (Tropical Agriculture and Forestry) a été développé pour caractériser les articles parus dans le BRAB et servir d'autres revues africaines du même genre. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin - 01 BP 884 Recette
Principale - Cotonou 01 – Tél.: (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpbinrab@gmail.com – République du Bénin

Éditeur : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Comité de Rédaction et de Publication : -i- **Directeur de rédaction et de publication :** Directeur Général de l'INRAB ; -ii- **Rédacteur en chef :** Directeur Scientifique de l'INRAB ; -iii- **Secrétaire documentaliste :** Documentaliste archiviste de l'INRAB ; -iv- **Maquettiste :** Analyste programmeur de l'INRAB ; -v- **Opérateur de mise en ligne :** Dr Ir Sètchéme Charles Bertrand POMALEGNI, Maître de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir Angelo Cocou DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir Rachida SIKIROU, Directeur de Recherche, Dr Ir Nestor R. AHOYO ADJOVI, Directeur de Recherche et Dr Ir Alex Gbéliho ZOFFOUN, Directeur de Recherche.

Conseil Scientifique : Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr Dr Ir Brice A. SINSIN (Écologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr Dr Ir Joseph D. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr Dr Ir Abdourahamane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr Dr Ir Kakai Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Pr Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr Dr Ir Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr Dr Ir Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Pr Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr Dr Ir Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr Ir Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Pr Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Pr Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Pr Dr Ir Gauthier BIAOU (Économie, Bénin), Pr Dr Ir Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Pr Dr Ir Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Pr Dr Ir Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir Anne FLOQUET (Économie, Allemagne), Dr Ir André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir Adolphe ADJANOHOOUN (Agroforesterie, Bénin), Dr Ir Isidore T. GBEGO (Zootechnie, Bénin), Dr Ir Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Dr Ir André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Élevage), Dr Ir Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Pr Dr Ir Luc O. SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Bénin)

Comité de lecture : Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Indications aux auteurs

Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des rapports de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur et aux co-auteurs. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés par voie électronique par une lettre de soumission (*covering letter*) au comité de rédaction et de publication du BRAB aux adresses électroniques suivantes : E-mail : brabpbinrab@gmail.com. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris les e-mails) de trois (03) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs (*referees*) revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des évaluateurs, spécialistes du domaine.

Sanction du plagiat et de l'autoplagiat dans tout article soumis au BRAB pour publication

De nombreuses définitions sont données au plagiat selon les diverses sources de documentations telles que « -i- Acte de faire passer pour siens les textes ou les idées d'autrui. -ii- Consiste à copier les autres en reprenant les idées ou les résultats d'un autre chercheur sans le citer et à les publier en son nom propre. -iii- Copie frauduleuse d'une œuvre existante en partie ou dans sa totalité afin de se l'approprier sans accord préalable de l'auteur. -iv- Vol de la création originale. -v- Violation de la propriété intellectuelle d'autrui. » (<https://integrite.umontreal.ca/reglements/definitions-generales/>). Le Plagiat et l'Autoplagiat sont à bannir dans les écrits scientifiques. Par conséquent, tout article soumis pour sa publication dans le BRAB doit être préalablement soumis à une analyse de plagiat, en s'appuyant sur quelques plateformes de détection de plagiat. Le **plagiat constaté dans tout article** sera sanctionné par un retour de l'article accompagné du **rapport de vérification du plagiat par un logiciel antiplagiat** à l'auteur de correspondance pour sa correction avec **un taux de tolérance de plagiat ou de similitude inférieur ou égal à sept pour cent (07%)**.

Respecter de certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture

Pour qu'un article soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brèveté** (supprimer les expressions creuses). **Le temps des verbes doit être respecté**. En effet, tout ce qui est expérimental et non vérifié est rédigé au passé (passé composé et imparfait) de l'indicatif, notamment les parties *Méthodologie (Matériels et méthodes)* et *Résultats*. Tandis que tout ce qui est admis donc vérifié est rédigé au présent de l'indicatif, notamment les parties *Introduction*, avec la citation de résultats vérifiés, *Discussion* et *Conclusion*. Toutefois, en cas de doute, rédigez au passé. Pour en savoir plus sur la méthodologie de rédaction d'un article, prière consulter le document suivant : **Assogbadjo A. E., Aïhou K., Youssou A. K. I., Fovet-Rabot C., Mensah G. A., 2011. L'écriture scientifique au Bénin. Guide contextualisé de formation. Cotonou, INRAB, 60 p. ISBN : 978-99919-857-9-4 – INRAB 2011. Dépôt légal n° 5372 du 26 septembre 2011, 3^{ème} trimestre 2011. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.**

Titre

Dans le titre se retrouve l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Un bon titre doit donner le meilleur aperçu possible de l'article en un minimum de mots. Il comporte les mots de l'index *Medicus*. Le titre est un message-réponse aux 5 W [what (quoi ?), who (qui ?), why (pourquoi ?), when (quand ?), where (où ?)] & 1 H [how (comment ?)]. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte mais écrits en minuscules, sauf la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues français et anglais.

Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1^{ère} lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs), sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, e-mail, Tél. et pays) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme de recherche et à la rédaction de l'article.

Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document, etc. Il contient l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Le résumé contient une **Introduction** (contexte, Objectif, etc.) rédigée avec 20% des mots, la **Méthodologie** (type d'étude, échantillonnage, variables et outils statistiques) rédigée avec 20% des mots, les **Résultats obtenus et leur courte discussion** (résultats importants et nouveaux pour la science), rédigée avec 50% des mots et une **Conclusion** (implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches) rédigée avec 10% des mots.

Mots-clés

Les 3 à 5 mots et/ou groupes de mots clés les plus descriptifs de l'article suivent chaque résumé et comportent le pays (la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline ou le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

Texte

Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible. L'article est structuré selon la discipline scientifique et la thématique en utilisant l'un des plans suivants avec les Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques : *IMReD* (Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Conclusion) ; *ILPIA* (Introduction, Littérature, Problème, Implication, Avenir) ; *OPERA* (Observation, Problème, Expérimentation, Résultats, Action) ; *SOSRA* (Situation, Observation, Sentiments, opinion, Réflexion, Action) ; *ESPRIT/SPRIT* [Entrée en matière (introduction), Situation du problème, Problème précis, Résolution, Information appliquée ou détaillée, Terminaison (conclusion)] ; *APPROACH* (Annonce, Problématique (perutable avec Présentation), Présentation, Réactions, Opinions, Actions, Conclusions, Horizons) ; etc.

Introduction

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

Matériels et méthodes

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

Résultats

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

Discussion

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs. Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion fait ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. La conclusion fait la synthèse de l'interprétation scientifique et de l'apport original dans le champ scientifique concerné. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats.

Références bibliographiques

La norme Harvard et la norme Vancouver sont les deux normes internationales qui existent et régulièrement mises à jour. Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités

dans les références bibliographiques. Dans le texte, les publications doivent être citées de la manière suivante : Sinsin (2020) ou Sinsin et Assogbadjo (2020) ou Sinsin *et al.* (2007). Sachez que « *et al.* » est mis pour *et alteri* qui signifie et autres. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées par ordre alphabétique dans la liste des références bibliographiques. Somme toute dans le BRAB, selon les ouvrages ou publications, les références sont présentées dans la liste des références bibliographiques de la manière suivante :

Pour les revues scientifiques :

- ✓ **Pour un seul auteur :** Yakubu, A., 2013: Characterisation of the local Muscovy duck in Nigeria and its potential for egg and meat production. *World's Poultry Science Journal*, 69(4): 931-938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000937>
- ✓ **Pour deux auteurs :** Tomasz, K., Juliusz, M. K., 2004: Comparison of physical and qualitative traits of meat of two Polish conservative flocks of ducks. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47(4): 367-375.
- ✓ **A partir de trois auteurs :** Vissoh, P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe, E. K. Agbossou, 2012 : Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer N° 260*, 479-492.

Pour les organismes et institutions :

- ✓ FAO, 2017. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017 : Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire. Rome, FAO. 144 p.
- ✓ INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015 : Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4): Résultats définitifs. Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, 33 p.

Pour les contributions dans les livres :

- ✓ Whithon, B.A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. *In*: Carr, N.G., Whithon, B.A., (eds), *The biology of cyanobacteria*. Oxford, Blackwell.
- ✓ Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. *In* : Reyniers, F.N., Netoyo L. (eds.). *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

Pour les livres :

- ✓ Zryd, J.P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.
- ✓ Stuart, S.N., R.J. Adams, M.D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN–The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Pour les communications :

- ✓ Vierada Silva, J.B., A.W. Naylor, P.J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. *Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA*, 3243-3247.
- ✓ Lamachere, J.M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n° 199, 109-119.

Pour les abstracts :

- ✓ Takaiwa, F., Tnifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. *Plant Cell Physiology abstracts*, 1980, 4533.

Thèse ou mémoire :

- ✓ Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

Pour les sites web : <http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h.

Equations et formules

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

Unités et conversion

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

Abréviations

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développé des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Eviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom(s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p.e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple : *Oryza sativa* = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

Tableaux, figures et illustrations

Chaque tableau (avec les colonnes rendus invisibles mais seules la première ligne et la dernière ligne sont visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et/ou scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées.

Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excell, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si c'est nécessaire.

Modélisation des aires favorables à *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seemann ex Bureau et au *Dracaena arborea* (Willd) Link, au Bénin

J. Logbo¹, P. Yédomonhan², B. Tenté³ et A. Akoegninou²

¹Dr Jhonn LOGBO, Université Nationale d'Agriculture. Unité de Recherche Horticole et d'Aménagement des Espaces Verts. Laboratoire des Sciences végétales, Horticoles et Forestières. Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts, BP 43 Kétou, E-mail : jhonn_logbo@yahoo.fr, Tél. : (+2229) 94370132/(229)96662190, République du Bénin

²Pr Dr Paul YEDOMONHAN, LaBEV/FAST/UAC, 01 BP 4521 Cotonou, E-mail : h.yedo@yahoo.fr, Tél. : (+2229)95564054, République du Bénin

Pr Dr Akpovi AKOEGNINO, LaBEV/FAST/UAC, 01 BP 4521 Cotonou, E-mail : akoegnin@gmail.com, Tél. : (+2229)67792055, République du Bénin

³Pr Dr Brice TENTE Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale, Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Faculté des Sciences Humaines (FASH/UAC), BP 677, Abomey-Calavi, E-mail : tentebrice@gmail.com, Tél. : (+2229)61479961, République du Bénin

*Auteur Correspondant : E-mail : Dr Jhonn LOGBO, jhonn_logbo@yahoo.fr; Tél. (+229) 96662190

Résumé

Au Bénin, de nombreux écosystèmes forestiers subissent de fortes dégradations, accompagnés d'une perte de la biodiversité végétale et des déplacements d'aires potentielles de répartition des espèces suite aux pressions anthropiques et climatiques. L'étude a visé la caractérisation des aires favorables à *Newbouldia laevis* et au *Dracaena arborea*, deux essences forestières ayant une importance socioculturelle pour les populations pour leur conservation et leur gestion rationnelle. La méthodologie a consisté à la modélisation des aires de distribution actuelles des deux espèces, d'évaluer les effets potentiels des variations climatiques à l'horizon 2050 et de déterminer les contributions des variables bioclimatiques importantes pour la modélisation sur l'étendue des aires de distribution phytogéographique. Les coordonnées géographiques des spécimens de *N. laevis* et au *D. arborea* herborisés à l'herbier national, les individus inventoriés dans les zones phytogéographiques et les points d'occurrence à partir de la base de données GBIF recensées ont été utilisés. L'algorithme Maxent et le scénario HadCM3 ont été utilisés pour la prédire les aires favorables aux espèces. Les résultats ont montré que la température moyenne du trimestre le plus froid (B_{IO11}), la saisonnalité de la température (B_{IO4}), les précipitations du trimestre le plus sec (B_{IO17}), les précipitations annuelles (B_{IO12}), les précipitations du trimestre le plus chaud (B_{IO18}) et les précipitations du mois le plus sec (B_{IO14}), moins corrélées ($r < 0,85$) constituaient les variables contribuant fortement au modèle. Les aires actuelles favorables à *N. laevis* passeront en 2050 à des aires moyennes à faibles avec une réduction de 38% au niveau des grandes aires et une augmentation de 30% et de 5% chez les aires moyennes et faibles. Les aires favorables au *D. arborea* connaîtront de fortes baisses avec une réduction de 20% au niveau des aires élevées et une augmentation chez les aires moyennes de 18% et faibles de 2%. L'importante contribution des variables bioclimatiques montre que la distribution future des espèces sera sous influence par les variations de pluviométrie. L'étude va aider les gestionnaires du patrimoine forestier du Bénin dans leurs prises de décision sur la conservation et la protection de la biodiversité.

Mots clés : modelisation, variables bioclimatiques, zones phytogéographiques *N. laevis*, *D. arborea*, Bénin

Modelling of favourable areas for *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seemann ex Bureau and *Dracaena arborea* (Willd) Link, in Bénin

Abstract

In Benin, many forest ecosystems are undergoing severe degradation, accompanied by a loss of plant biodiversity and shifts in potential species distribution areas due to anthropogenic and climatic pressures. The study aimed to characterize areas favourable to *Newbouldia laevis* and *Dracaena arborea*, two forest species of sociocultural importance to the populations for their conservation and rational management. The methodology consisted of modelling the two species' current distribution areas, assessing the potential effects of climate variations by 2050 and determining the contributions of bioclimatic variables important for modelling on the extent of phytogeographical distribution areas. The geographical coordinates of the *N. laevis* and *D. arborea* specimens verbalized in the national herbarium, the individuals inventoried in the phytogeographical areas and the points of occurrence from the GBIF database identified were used. The Maxent algorithm and the HadCM3 scenario were used to predict species friendly areas. The results showed that the average temperature of the coldest quarter (B_{IO11}), seasonality of temperature (B_{IO4}), precipitation of the driest quarter (B_{IO17}), annual precipitation (B_{IO12}), precipitation of the warmest quarter (B_{IO18}) and precipitation of the driest month (B_{IO14}), which were less correlated ($r < 0.85$), were the variables that strongly contributed to the model. The current *N. laevis* friendly areas will increase to medium to low in 2050 with a 38% reduction in large areas and a 30% and 5% increase in medium and small areas. Areas favourable to *D. arborea* will

experience sharp declines with a 20% reduction at the level of the high areas and an increase in the average area of 18% and low of 2%. The important contribution of the bioclimatic variables shows that the future distribution of the species will be influenced by the variations in rainfall. This study will help managers of Bénin forest heritage in their decision-making on the conservation and protection of biodiversity.

Keywords: Modelisation, bioclimatic variables, phytogeographic areas, *N. laevis*, *D. arborea*, Bénin

Introduction

La recherche de nouvelles performances agricoles et l'exploitation abusive des ressources forestières suite à l'accroissement rapide de la population, réduisent la composante végétale de la biodiversité reconnue comme étant un patrimoine vital commun à toute l'humanité (Manfo *et al.*, 2015 ; Doffou *et al.*, 2021). Cette réduction qui compromet la durabilité de leur exploitation, porte préjudice à la survie de nombreuses espèces végétales (Lougbeignon *et al.*, 2011 ; Fandohan *et al.*, 2011 ; Fachola *et al.*, 2019). En effet, la survie de l'homme, dépend des plantes qui lui procure de la nourriture, du combustible, du bois, des médicaments et bien d'autres services. Cette composante végétale caractérisée, en majorité, par les écosystèmes forestiers et savanicoles font l'objet d'une agression sans précédente (Konaté et Linsenmair, 2010 ; Doffou *et al.*, 2021), des pressions venant de l'homme et du climat. Au Bénin, le couvert forestier très peu dense et estimé à 4.625.000 ha, soit 42% du territoire national en raison de sa situation géographique et de l'influence du phénomène du Dahomey Gap, est fortement altérée et dégradée (Akoegninou *et al.*, 2006), avec une réduction de près de 85% des forêts denses et plus de 30% du couvert végétal entre 1978 à 2010 (FAO, 2010). La couverture végétale est passée de 8,12 millions d'ha (70,4% du territoire national) en 2007 à 7.9 millions (68.5% du territoire), une perte de 215.738 ha soit 2,67% de leur surface en 2016 (DGEFC, 2016). Ce recul de couvert forestier consécutif aux pressions anthropiques et aux systèmes inadéquats de production agricole tels que la culture itinérante sur brûlis, l'exploitation forestière incontrôlée, la carbonisation, la pratique des feux de végétation non contrôlée, le surpâturage, les limites et insuffisances de l'administration forestière, etc. (Oloukoi *et al.*, 2006 ; Mama *et al.*, 2013 ; Avakoudjo *et al.*, 2014 ; Amoussou *et al.*, 2016 ; Toko Imorou *et al.*, 2019) ; à cela s'ajoute les changements climatiques qui constituent une menace grave pour la survie des espèces, l'équilibre et l'intégrité des écosystèmes (GIEC, 2013 ; Fandohan *et al.*, 2013). De nombreuses espèces végétales autochtones autrefois abondantes disparaissent et sont remplacées par des essences exogènes (IUCN, 2008 ; Djego *et al.*, 2011 ; Fachola *et al.*, 2019). Il y a nécessité de préserver les espèces végétales autochtones très sollicitées autant dans les réserves forestières que dans les terroirs proches des utilisateurs. Outre ce constat, les changements climatiques constituent l'une des principales menaces de la diversité biologique (GIEC, 2013), faisant obstacle à la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement des Nations Unies. La connaissance des propriétés spécifiques de ces changements, susceptibles d'avoir un impact sur les espèces ou leurs habitats, constitue un élément central des stratégies d'adaptation (Heller *et al.*, 2009 ; Fandohan *et al.*, 2013). Les conséquences des changements climatiques sur la végétation ont retenu l'attention de nombreux scientifiques (Hughes, 2000 ; Ekue *et al.*, 2004 ; Lebourgeois *et al.*, 2010 ; Saliou *et al.*, 2015 ; Ayihouenou *et al.*, 2016 ; Fandohan *et al.*, 2020) et ont fait ressortir une évolution positive de la productivité des espèces, sans que les contributions de la concentration atmosphérique en CO₂, des dépôts azotés, et du réchauffement climatique n'aient pu être clairement dissociés (Piedallu *et al.*, 2009 ; Bontemps *et al.*, 2012) et un déplacement probable des aires de distribution des espèces (Morin *et al.*, 2008 ; Piedallu *et al.*, 2009). En Afrique, 25 à 42% des espèces végétales sont menacées d'extinction du fait d'une perte de 81 à 97% des habitats favorables d'ici 2085 (Boko *et al.*, 2007). Au Bénin, l'hysope africaine, ou *N. laevis* (P. Beauv.) et *D. arborea* (Willd.) Link ou le Dragonier africain, deux essences agroforestières, autochtones et anthropophiles sont autrefois bien représentés au centre et au sud du Bénin (Akoegninou *et al.*, 2006). Ces espèces ont peu de valeur économique mais d'importante valeur socio-culturelle et très sollicitées par les populations pour les pratiques traditionnelles et endogènes (Juhe-Beaulaton, 2009) subissent à la fois des pressions anthropiques et les effets des variabilités et changements climatiques. D'où l'intérêt de l'étude dont l'objectif a été de déterminer les contributions des variables bioclimatiques intervenant dans la modélisation des aires favorables aux espèces indispensable à la prédiction des aires de répartition favorables aux deux espèces pour leur gestion rationnelle et leur conservation.

Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans les différentes zones bioclimatiques (Adam et Boko, 1983 ; Adjanohoun, 1989) du Bénin qui se distinguent les unes des autres non seulement par des conditions environnementales particulières (climat, sols et végétation) mais aussi par les traits humains et groupes socio-culturels variés qui pratiquent plusieurs types d'activités dont l'agriculture, l'élevage, la pêche, la chasse et l'artisanat. Le Bénin situé entre les parallèles 6°10' et 12°25' Nord et les méridiens 0°45' et 3°55' Est (Figure 1). Il couvre une superficie de 114.763 km² avec une population 10.008.749 habitants pour une densité moyenne de 87,2 habitants au km² (INSAE, 2015). Sur le plan climatique, le milieu d'étude couvre dans le sud la zone guinéenne (6°25'-7°30'N) est caractérisée par une pluviométrie bimodale avec une moyenne annuelle de 1.200 mm. La température moyenne annuelle est de 26,5°C et l'humidité relative varie entre 69 et 97% par an ; l'insolation moyenne annuelle est de 2.290 heures. Les sols sont de type ferrallitiques et profonds, ou de types riches en vertisols, humus et minéraux

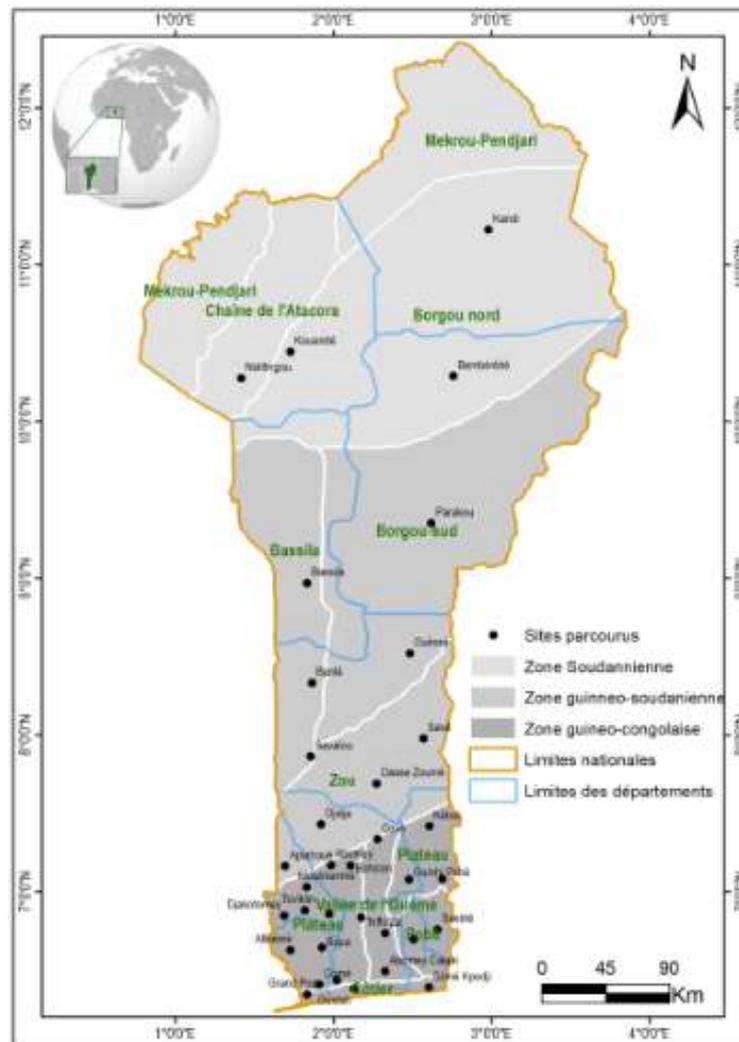


Figure 1. Localisation des différents sites de l'étude

Au centre, une zone soudano-guinéenne (7°30'9'45'N) avec une pluviométrie unimodale, de mai à octobre, avec 113 jours de pluie. La pluviométrie moyenne annuelle (1960-2000) est de 900 à 1.100 mm. La température moyenne annuelle varie entre 21,2°C et 32,5°C. L'humidité relative moyenne est comprise entre 45,5% et 87,1%. Les sols sont de type ferrugineux et de fertilité variable. La végétation est caractérisée par une mosaïque de forêt claire, de forêt dense et de savane arbustive à arborée avec des galeries forestières. Au nord, une zone soudanienne semi-aride (9°45'-12°25'N), est caractérisée par une pluviométrie moyenne est inférieure à 1.000 mm avec un déficit pluviométrique élevé. L'humidité relative moyenne de 1960 à 2000 est de 54,9% en moyenne par an. La température moyenne est de 27,5°C avec une insolation moyenne de 2.862 heures. Les sols sont pour la plupart des lithosols, hydromorphes et bien drainés. La végétation est constituée de savanes renfermant de petits arbres.

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal a été constitué de l'hysope africaine, *Newbouldia laevis* (P. Beauv.) Seemann ex Bureau (Figure 2A) et du Dragonier africain, *Dracaena arborea* (Willd.) Link (Figure 2B), tous deux des essences agroforestières, pérennes et anthropophiles très sollicitées pour les pratiques traditionnelles et endogènes (Juhe-Beaulaton, 2009).



Figure 2. Photos de *Newbouldia laevis* (2A) et de *Dracaena arborea* (2B)

Source : Logbo, 2022 (A) Logbo, 2022 (B)

Newbouldia laevis de la famille des *Bignoniaceae* et de l'ordre des tubiflorales, est la seule espèce du genre *Newbouldia*. Elle est originaire d'Afrique tropicale et s'étend du Sénégal, au Cameroun, au Gabon, en République démocratique du Congo et en Angola (Usman et Osuji, 2007). L'espèce fait partie des dicotylédones et pouvant atteindre 15 à 20 m de haut et est rencontrée dans les forêts secondaires, les savanes guinéennes aux forêts denses sur des sols humides et drainés. Au Bénin, *N. laevis* est retrouvée dans les forêts denses humides, dans les champs et jachères en zones Guinéo-congolaise et soudano-guinéenne et dans les habitations (Akoégninou *et al.*, 2006). Les feuilles sont composées imparipennées avec 3 à 6 paires de folioles dentées montrant deux glandes à la base du pétiole. Les inflorescences sont en racèmes terminaux portant des fleurs gamopétales superovariées. Les fleurs sont grandes et de couleur rosâtre. Les fruits sont folliculaires pendants de 30 cm de long à valves trinervées. Les graines sont ailées de 3 cm de long. Elle est également utilisée comme piquet de clôture vivante et de borne de limites des champs et parcelles. L'écorce contient des dérivés de l'harmaline, l'harmine et harmol qui ont une action antihelminthique et ne dispose pas de propriétés toxiques. Elle est utilisée pour des soins médico-magique, culturel, rites religieux. L'espèce est employée contre la conjonctivite et de dysménorrhées. L'espèce n'est pas alimentaire et ne dispose pas de propriétés nocives. Les graines peuvent se semer mais le bouturage est plus rapide. *N. laevis* pousse. Ces arbres sacrés se reconnaissent souvent par la présence d'un pagne blanc ou d'une ceinture de feuilles de palmier, accrochés sur leur tronc, de poteries où sont déposées des offrandes et l'existence dans leur voisinage de quelques plantes caractérisant les lieux de cultes (Dassekpo *et al.*, 2017).

Dracaena arborea est une plante monocotylédone de la famille des *Dracaenaceae* qui renferme les genres *Dracaena* et *Sansevieria*. Le genre *Dracaena* regroupe 116 espèces dont 63 sont en Afrique tropicale et le reste entre l'Asie, l'Australie, l'Amérique centrale et les régions chaudes de l'Europe (Masumbuko *et al.*, 2013). De hauteur pouvant atteindre 20 m (Sheridan, 2008 ; Kougan, 2010) et de diamètre du tronc variant entre 20 à 30 cm, *D. arborea* est une plante arborescente, arbustive ou sous forme d'arbrisseau et rencontrée dans les forêts denses humides, les forêts galeries, les forêts sacrées, les jardins de case, les jachères et dans les champs de huit zones phytogéographiques du Bénin (Logbo

et al., 2019). Les formations naturelles ont subi de profondes modifications, dues essentiellement à l'aridité du climat, aux sécheresses successives et surtout aux activités humaines. *D. arborea* possède des ramifications distales en couronne d'étroites feuilles lancéolées de 50 à 120 cm de long poussant vers l'apex de tiges ou espacées le long de la partie. Les fleurs sont blanc crème, en inflorescences pendantes de 1 à 1¼ m de long (Burkill, 1995). Les feuilles en lame sont habituellement en forme d'épée, elliptiques à lancéolées. Les inflorescences sont ramifiées et rarement simples. Les fleurs sont bisexuelles, parfois solitaires avec le pédicelle articulé. Il possède 1 ou 2 ovules par loge, un style mince et un fruit globuleux de 1 à 3 graines. *D. arborea* est une plante culturelle, cultuelle et rituelle, utilisée en médecine traditionnelle africaine, et pour délimiter les champs et les parcelles et agro horticulture pour les haies (Sheridan, 2008), comme marqueurs et plantes d'ornement.

Méthodologie de collecte des données

Collecte des points d'occurrence

Des prospections de terrains ont été réalisées dans tout le Bénin et un inventaire systématique des individus de chaque espèce dans les trois zones bioclimatiques. Les données de présence ont été prises à l'aide d'un GPS (Global Positioning System). Au total, 480 points de présence ont été géoréférencés et utilisés pour la modélisation de la distribution potentielle des espèces. Cette base de données a été complétée par les points de présence disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) et des travaux antérieurs sur les espèces (Akeoginou et al., 2006).

Variables bioclimatiques

Les dix-neuf variables bioclimatiques (Tableau 1) ont été obtenues à partir des données brutes de Worldclim version 2 (Fick and Hijmans, 2017) avec les variables pour différentes résolutions spatiales, de 30 secondes (~1 km²) à 10 minutes (~340 km²). Pour les projections climatiques futures, le modèle HadGCM2 (Hadley Centre version2) a été utilisé. Les Coordonnées géographiques (longitude et latitude) de présence ont été enregistrées à partir de travaux de terrain. Les données climatiques actuelles et futures de 1950-2000 de l'aire globale considérée ont été téléchargées du site Internet de Worldclim (www.worldclim.org) (Hijmans et al., 2005 ; Hijmans et al., 2006 ; Fick et al., 2017).

Les coefficients de corrélation calculés entre les 19 variables ont permis de définir les variables fortement corrélées, deux variables sont fortement corrélées entre elles si le coefficient de corrélation de Pearson est supérieur à 0,80. Pour ce modèle, la prédiction des projections faites pour 2050 est réalisée sous le scénario d'émission A2a. Ce scénario a été utilisé de préférence car il prédit une situation considérée plus probable pour l'Afrique à l'horizon 2050 (Williams et al., 2007 ; Fandohan et al., 2011 ; Gouwakinou et al., 2011 ; Gbesso et al., 2013). Il décrit un monde très hétérogène, une population à fort taux de croissance avec un faible niveau technologique et de développement (Boko et al., 2007).

Tableau 1. Variables bioclimatiques (base worldclim, version 2.1, janvier 2020)

Les variables bioclimatiques	
BIO 1	Température moyenne annuelle
BIO 2	Ecart diurne moyen (température maximale – température minimale ; moyenne mensuelle)
BIO 3	Isothermalité (BIO1/BIO7) * 100
BIO 4	Saisonnalité de la température (Coefficient de variation)
BIO 5	Température maximale de la période la plus chaude
BIO 6	Température minimale de la période la plus froide
BIO 7	Ecart annuel de température (BIO5-BIO6)
BIO 8	Température moyenne du trimestre le plus humide
BIO 9	Température moyenne du trimestre le plus sec
BIO 10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
BIO 11	Température moyenne du trimestre le plus froid
BIO 12	Précipitations annuelles
BIO 13	Précipitations de la période la plus humide
BIO 14	Précipitations de la période la plus sèche
BIO 15	Saisonnalité des précipitations (Coefficient de variation)
BIO 16	Précipitations du trimestre le plus humide
BIO 17	Précipitations du trimestre le plus sec
BIO 18	Précipitations du trimestre le plus chaud
BIO 19	Précipitations du trimestre le plus froid

Analyse des données

Présentation et du modèle de MaxEnt

La modélisation de la distribution potentielle des espèces végétales 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 (Santana *et al.*, 2008). Les données de présence des espèces obtenues sur le terrain et les données climatiques ont été enregistrées dans le programme Maxent 3.3.2 (Phillips *et al.*, 2006), afin de caractériser les répartitions potentielles actuelles des espèces. Ce modèle utilise l'approche statistique des entropies maxima pour exécuter des prévisions à partir de données incomplètes (Elith *et al.*, 2006 ; Pearson *et al.*, 2007 ; Phillips et Dudik, 2008 ; Nabout *et al.*, 2009).

Validation du modèle de MaxEnt

Dans le Tableau 2 a été présentée pour une appréciation la validité du test de Maxent suivant les valeurs de l'aire sous la courbe (Area under curve ou AUC). Pour valider le modèle, les variables climatiques ont été soumises à un test de corrélation (Tableau 2) afin d'isoler celles qui sont les moins corrélées ($r < 0,85$) en tenant compte des biais que peuvent avoir les corrélations sur les prédictions futures (Elith *et al.*, 2011). L'importance de l'utilisation des variables environnementales dans la distribution géographique potentielle des espèces a été estimée grâce au test Jackknife (Phillips *et al.*, 2006 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013 ; Phillips *et al.*, 2017), afin d'identifier les variables climatiques qui contribuent fortement à la modélisation en utilisant 25% des points d'observation des espèces. Pour le calibrage du modèle, 75% des points ont été utilisés. Pour les estimations robustes des performances du modèle ont été évaluées en procédant cinq fois la validation croisée du modèle. Pour la validité de la performance du modèle, il existe plusieurs méthodes pour tester la signification statistique d'un modèle (Fielding et Bell, 1997 ; Peterson *et al.*, 2008). Celle utilisée pour cette étude est le calcul de l'aire sous la courbe ou AUC (Fielding et Bell, 1997 ; Phillips *et al.*, 2006 ; 2017). Si la valeur de l'AUC est supérieure à 0,90, le modèle est dit de bonne qualité (Swets, 1988).

Tableau 2. Validité du test de Maxent suivant les valeurs de l'aire sous la courbe (Area under curve ou AUC)

Interprétations	Valeurs
Excellente	1,00 > AUC > 0,90
Bonne	0,80 < AUC < 0,90
Acceptable	0,70 < AUC < 0,80
Mauvaise	0,60 < AUC < 0,70
Invalide	0,50 < AUC < 0,60

Etapes de la modélisation des aires de distribution des deux espèces

Les étapes consistent à un partitionnement des données d'occurrence initiales pour créer deux jeux de données supposés indépendants (Fielding et Bell, 1997) qui a pour but de calibrer le modèle puis de vérifier que les points de test sont correctement prédits par le modèle. Cette évaluation s'effectue par le biais de statistiques permettant de rendre compte de la capacité du modèle à prédire les points de test à partir des points de calibration, comme le taux d'erreur d'omission (Anderson *et al.*, 2003 ; Peterson *et al.*, 2008). Les méthodes de partitionnement sont souvent adaptées à des situations précises (Peterson *et al.*, 2011 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; Radosavljevic et Anderson, 2014 ; Roberts *et al.*, 2017 ; Valavi *et al.*, 2021). La méthode Jackknife (Pearson *et al.*, 2006 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013), évalue la performance de chaque modèle calibré à partir des $(n - 1)$ points d'occurrence avec le n ième point et est adaptée aux petits jeux de données. L'évaluation se ensuite par le biais de l'algorithme prédictif Maxent, afin de déterminer la robustesse du modèle. Pour cela, il est nécessaire de quantifier la performance et la signification. La modélisation de la distribution de *D. arborea* et de *N. laevis* est faite à partir du logiciel Maximum Entropie ou MaxEnt (Asseh, 2019 ; Asseh *et al.*, 2019). A cet effet, les coordonnées géographiques de présence des espèces en fichier CSV sont insérées dans l'algorithme de traitement Maxent qui utilise le principe d'entropie maximale (Phillips *et al.*, 2006, 2017 ; Phillips et Dudik, 2008 ; Phillips *et al.*, 2017). Ensuite, les enveloppes bioclimatiques (précipitation et la température pour un site donné dont la plus petite surface prise en considération est de 5 m x 5 m) disponibles pour les scénarii du climat de 2000 et de celles prédites de changement climatique en 2050 sont intégrées dans le même algorithme. Enfin,

on procède à l'évaluation des données intégrées dans l'algorithme Maxent qui a son tour génère un modèle d'aires favorables.

Cartographie et analyse spatiale

Le modèle d'aires favorables généré par l'algorithme Maxent a été importé dans le logiciel ArcGIS 10 qui est un outil d'analyse spatiale pour cartographier les aires favorables aux espèces pour les conditions climatiques actuelles et celles futures. L'étendue de chaque type d'habitat sous des conditions climatiques présentes et futures a été estimée à partir du nombre de pixels occupés par chaque type d'habitat en vue d'évaluer le gain ou la perte dans les aires favorables aux espèces à l'échelle du pays suivant les projections climatiques.

Résultats

Validation du modèle

Les valeurs des AUC obtenues ont été respectivement pour *Newbouldia laevis* et pour *Dracaena arborea* de 0,959 et de 0,969, avec une projection significativement différente d'une projection aléatoire ($p < 0,0001$; test binomial unilatéral) pour la mise en œuvre du modèle Maxent et de son test (Figure 3). Ceci suggérerait une bonne performance de l'algorithme Maxent à capturer les variations des données environnementales. Ce résultat indiquait la robustesse de la modélisation effectuée. En plus de valider la distribution connue, le modèle a permis également de prédire les niches écologiques favorables aux deux espèces (Figure 3). Le test de Jackknife (Figures 4 et 5) et l'analyse de la matrice des corrélations (Tableau 3) ont permis d'identifier les six (06) variables moins corrélées ($r < 0,85$) suivantes et contribuant fortement à la modélisation : -i- Température moyenne du trimestre le plus froid (B_{1011}) ; -ii- Saisonnalité de la température (Ecart-type $\times 100$) (B_{104}) ; -iii- Précipitations du trimestre le plus sec (B_{1017}) ; -iv- Précipitations annuelles (B_{1012}) ; -v- Précipitations du trimestre le plus chaud (B_{1018}) ; -vi- Précipitations du mois le plus sec (B_{1014}).

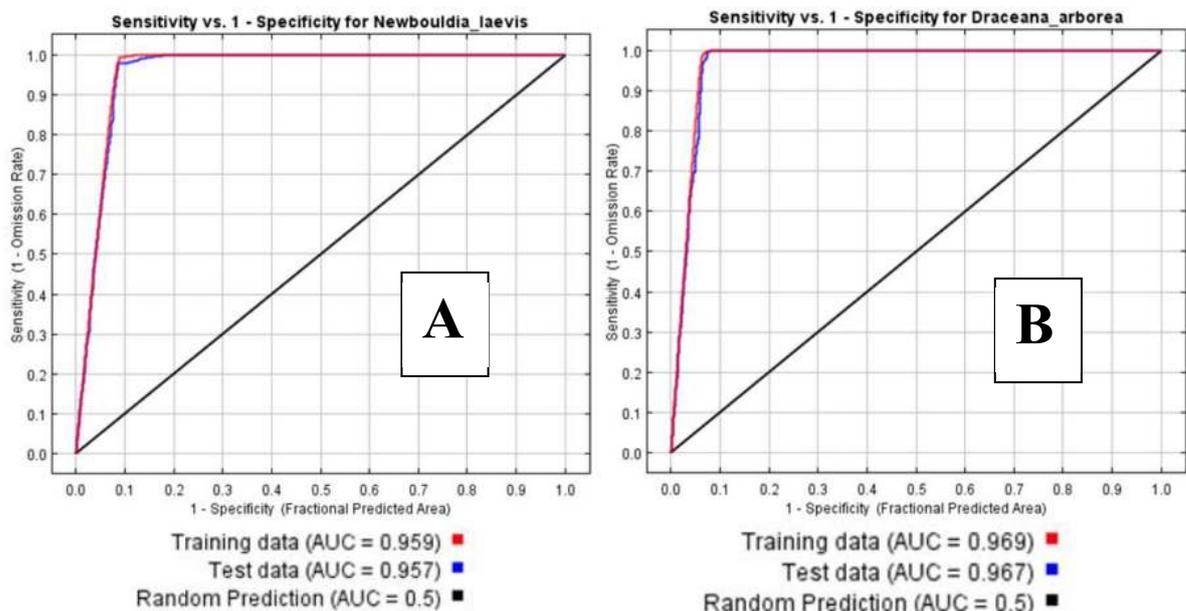


Figure 3. Test de *Newbouldia laevis* (3A) et de *Dracaena arborea* (3B)

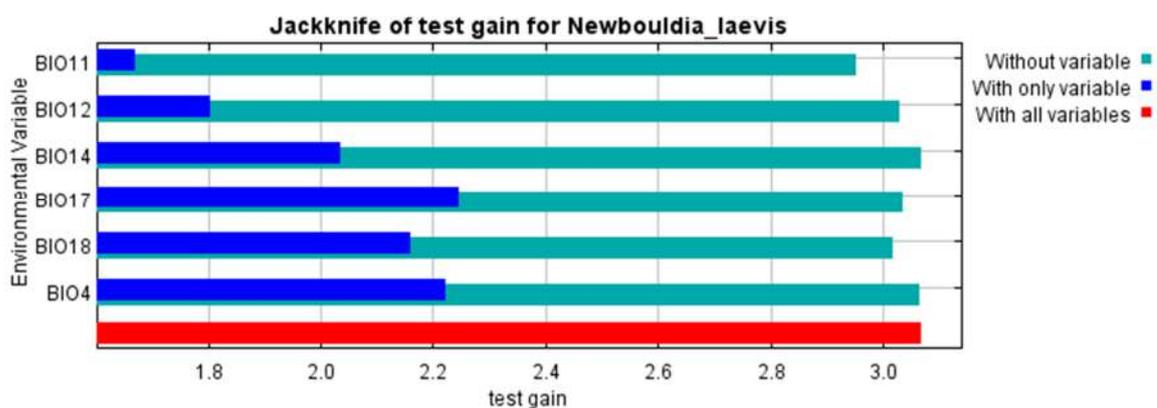


Figure 4. Graphique de Jackknife réalisé chez *Newbouldia laevis*

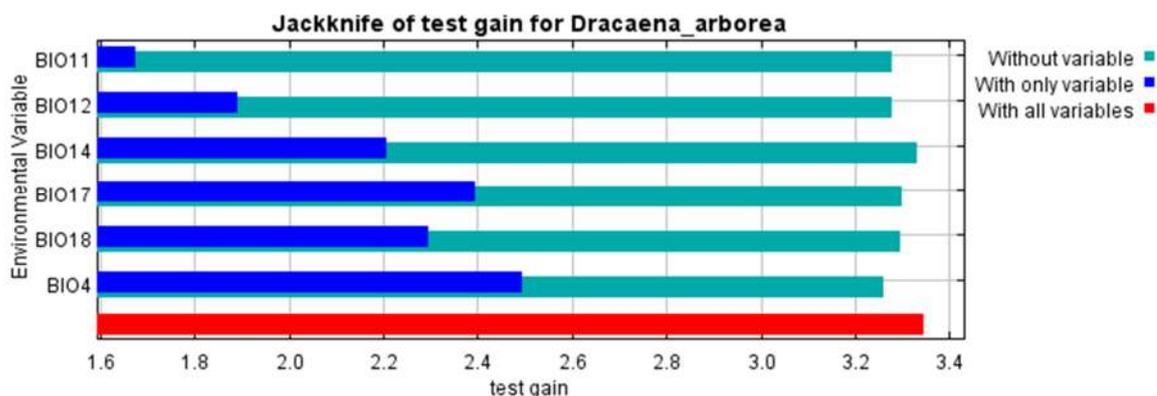


Figure 5. Graphique de Jackknife réalisé chez *Dracaena arborea*

Tableau 3. Matrice de corrélation calculée entre les variables climatiques

Variables	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO14	BIO15	BIO16	BIO17	BIO18	BIO19	
BIO1		0,24	-0,01	-0,05	0,49	0,36	0,06	0,62	0,23	0,56	0,55	-0,12	0,00	-0,15	0,49	-0,03	-0,17	-0,15	-0,14	
BIO2			-0,78	0,75	0,85	-0,74	0,90	0,45	-0,12	0,76	-0,49	-0,75	-0,66	-0,56	0,58	-0,66	-0,61	-0,74	-0,67	
BIO3				-0,94	-0,79	0,88	-0,95	-0,33	0,17	-0,77	0,77	0,84	0,79	0,54	-0,41	0,79	0,61	0,85	0,66	
BIO4					0,79	-0,89	0,95	0,36	-0,15	0,77	-0,85	-0,80	-0,82	-0,38	0,34	-0,81	-0,44	-0,76	-0,57	
BIO5						-0,56	0,87	0,61	0,05	0,97	-0,38	-0,72	-0,65	-0,47	0,54	-0,65	-0,53	-0,73	-0,57	
BIO6							-0,89	-0,10	0,28	-0,49	0,92	0,73	0,73	0,42	-0,26	0,72	0,47	0,69	0,59	
BIO7								0,39	-0,13	0,82	-0,75	-0,82	-0,78	-0,50	0,45	-0,78	-0,56	-0,80	-0,66	
BIO8									-0,27	0,65	0,01	-0,42	-0,40	-0,19	0,60	-0,41	-0,22	-0,36	-0,33	
BIO9										0,06	0,26	0,19	0,20	0,08	-0,34	0,20	0,10	0,14	0,18	
BIO10											-0,34	-0,70	-0,64	-0,42	0,53	-0,65	-0,48	-0,70	-0,54	
BIO11												0,62	0,70	0,22	-0,05	0,68	0,26	0,55	0,40	
BIO12														0,95	0,61	-0,52	0,96	0,67	0,89	0,82
BIO13															0,44	-0,39	0,99	0,49	0,77	0,71
BIO14															-0,41	0,42	0,98	0,71	0,47	
BIO15																-0,41	-0,47	-0,53	-0,47	
BIO16																	0,48	0,78	0,74	
BIO17																		0,77	0,53	
BIO18																			0,68	
BIO19																				

Contribution des variables climatiques au modèle

Dans les tableaux 4 et 5 a été montrée la contribution des variables climatiques dans la prédiction des aires de distribution de *D. arborea* et de *N. laevis*. Ainsi, la précipitation du trimestre le plus sec (Précipitations totales du trimestre le plus sec), la température moyenne du trimestre le plus froid et la saisonnalité de la température ont contribué respectivement à hauteur de 28,1% ; 25,9% et 17,4% à la prédiction de l'aire de distribution de *N. laevis*.

Tableau 4. Variables environnementales et leur contribution dans le modèle de l'aire de distribution de *Newbouldia laevis*

Variables	Dénomination de la variable	Contribution des variables en %
BIO17	Précipitations du trimestre le plus sec	28,1
BIO11	Température moyenne du trimestre le plus froid	25,9
BIO4	Saisonnalité de la température (Ecart-type*100)	17,4
BIO18	Précipitation du trimestre le plus chaud	16,1
BIO12	Précipitation annuelles	12,4
BIO14	Précipitation du mois le plus sec	0,1

Tableau 5. Variables environnementales et leur contribution dans le modèle de l'aire de distribution de *Dracaena arborea*

Variables	Dénomination de la variable	Contribution des variables en %
BIO4	Saisonnalité de la température (Ecart-type*100)	27,2
BIO17	Précipitations du trimestre le plus sec	25,3
BIO18	Précipitation du trimestre le plus chaud	20,6
BIO14	Précipitation du mois le plus sec	12,1
BIO12	Précipitation annuelles	11,4
BIO11	Température moyenne du trimestre le plus froid	3,4

Par contre, la saisonnalité de la température (27,2%), la précipitation du trimestre le plus sec (25,3%) et la précipitation du trimestre le plus chaud (20,6%) ont contribué à la prédiction des aires de distribution de *D. arborea*. Chaque espèce pris individuellement dispose d'une variable climatique propre qui expliquait mieux sa contribution dans la prédiction des aires de distribution de l'espèce. Ainsi, la précipitation du trimestre le plus sec (28,1%) expliquait mieux la prédiction des aires de distribution de *N. laevis*. Par contre, la saisonnalité de la température (27,2%) expliquait celle de *D. arborea*. La variable climatique commune pour les deux espèces a été la précipitation du trimestre le plus sec. En considérant les valeurs inférieures des probabilités d'occurrence dans les endroits où *N. laevis* et de *D. arborea* ont été effectivement observée, la supposition a été que ces espèces ont eu peu de chance d'être rencontrée dans des zones où les probabilités sont inférieures à 10%.

Pour la Validation du modèle de Maxent, les variables climatiques soumises à un test de corrélation ont permis d'isoler celles qui ont été les moins corrélées ($r < 0,85$) suivant les biais des corrélations sur les prédictions futures (Tableau 3). Le graphique du jackknife réalisés sur les variables environnementales a confirmé la prépondérance de BIO17, de BIO18 et de BIO4 et la faible influence de BIO11 dans la répartition des aires favorables aux distributions de *N. laevis* et de *D. arborea*. L'analyse de Jackknife (Figures 3 et 4) a montré que les précipitations du trimestre le plus sec chez *N. laevis* et la saisonnalité de la température pour *D. arborea* ont le plus contribué au développement du modèle lorsqu'elles ont été isolément utilisées. Pour chaque variable environnementale, la barre verte a montré de combien le gain total a été diminué si cette variable spécifique a été exclue de l'analyse. La barre bleue au contraire, a montré le gain obtenu si une variable a été utilisée isolément et les variables restantes ont été exclues de l'analyse.

Impact des changements climatiques sur les aires d'habitats favorables aux deux espèces *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea*

Impact des changements climatiques sur les aires d'habitats favorables à *Newbouldia laevis*

Les figures 6A et 6B traduisaient les aires de distribution actuelle et à l'horizon 2050 de *N. laevis*. Sous les conditions climatiques actuelles, *N. laevis* disposait entre les latitudes 7°30'0"N et 10°30'0"N, des aires élevées favorables et constituaient ses zones de préférence écologique et propices à sa croissance et à son développement. Ces limites prenaient compte, en zone guinéenne qui s'étendait de la côte à la latitude de Djidja (7°15'N), quatre districts phytogéographiques du côtier, du plateau, de pobè et de la vallée de l'ouémé. Dans la zone de transition, soudano-guinéenne qui s'étendait de Dassa à la latitude de Bembéréké, prenaient en compte les districts phytogéographiques du Zou, du Borgou sud, de Bassila, puis la zone soudanienne située au-delà de la latitude 10° N et s'étendant de Gogounou à Malanville. Cette zone a regroupé de faibles à moyennes l'aire favorable à *N. laevis* dans les districts phytogéographiques, la Chaîne de l'Atacora et la Mékrou-Pendjari. Par contre, dans le district phytogéographique du Borgou-Nord à hauteur de Kandi des aires élevées favorables à *N. laevis* ont été observées. A l'horizon 2050, les projections futures ont montré des réductions dans les aires de distribution actuelles de *N. laevis* en zones guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne (Figure 6b). De fortes aires favorable à l'espèce ont été notées dans les districts phytogéographiques du zou à la latitude d'Abomey, dans le Borgou sud à la latitude de Parakou et du mont Soubakpérou et la zone à cheval entre les districts phytogéographiques de Bassila et du Borgou nord à la hauteur de Djougou et Kouandé.

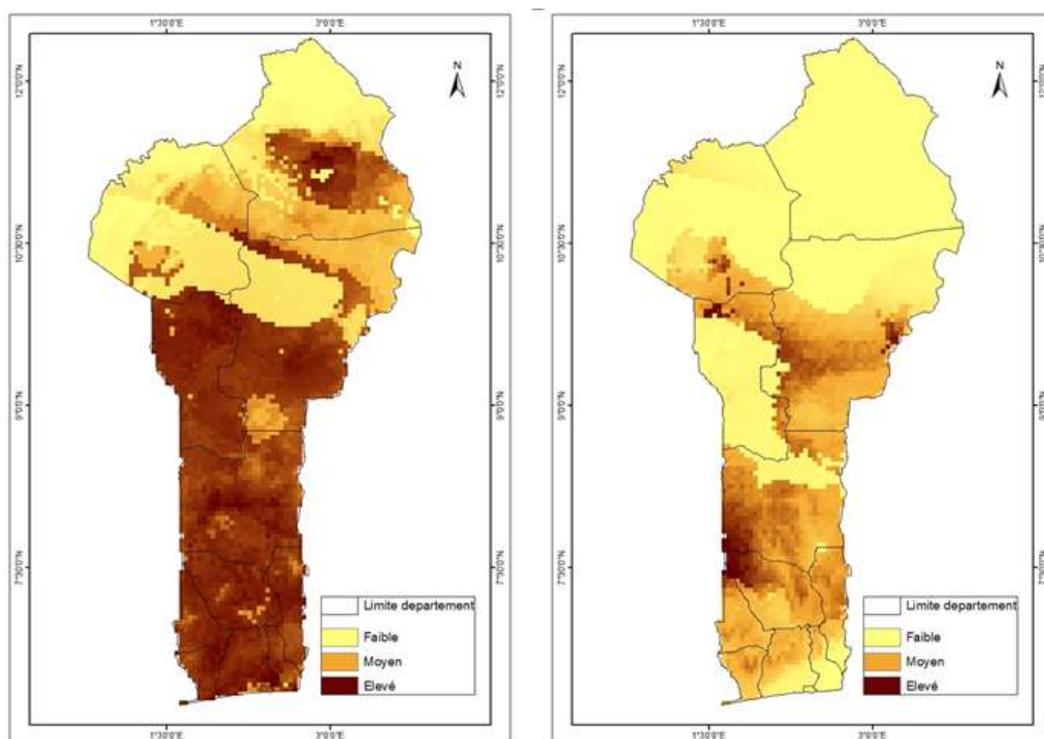


Figure 6. Distributions actuelle (6A) et future (6B) des aires favorables à *Newbouldia laevis*

Impact des changements climatiques sur les aires d'habitats favorables à *Dracaena arborea*

Les figures 7A et 7B traduisaient les aires de distribution actuelle et à l'horizon 2050 de *D. arborea*. Les aires élevées favorables au développement de l'espèce sous les conditions climatiques actuelles ont été observées et regroupaient en zone guinéenne, les districts phytogéographiques du côtier, du plateau, de pobè et de la vallée de l'ouémé. Des aires moyennes de distribution ont été notées dans les districts phytogéographiques de Pobè, de la vallée de l'ouémé et du plateau à hauteur de Lokossa et de Dogbo tota à la limite Kétou Savè. En zone de transition soudano-guinéenne, des aires élevées favorables à *D. arborea* ont été notées dans les districts phytogéographiques du Zou, du Borgou-Sud,

de Bassila aires moyennes favorables entre la limite Savè-Parakou dans le Borgou-Sud et vers le Mont Goubouna dans le district phytogéographique de Bassila. Au-delà de cette limite, de faibles aires favorables à *D. arborea* ont été observées dans les districts phytogéographiques de la chaîne de l'Atacora, du Mékrou-Pendjari et du Borgou-Nord.

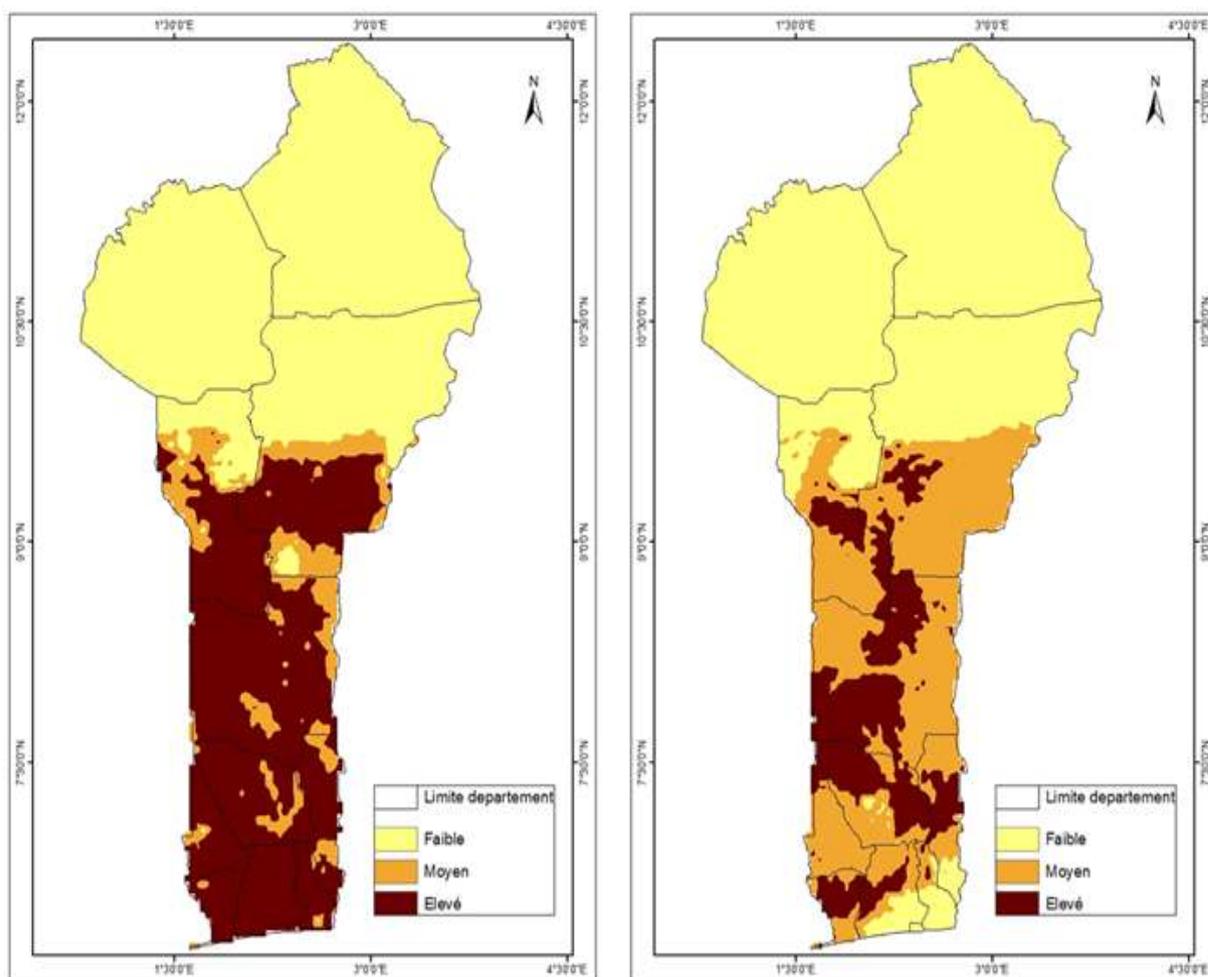


Figure 7. Distributions actuelle (7A) et future (7B) des aires favorables à *Dracaena arborea*

La partie méridionale du territoire constitue la zone de préférence écologique des deux espèces. L'analyse des étendues des différents niveaux des aires favorables à chaque espèce révèle que 45.400 km² ont été actuellement très favorables au développement de *D. arborea* contre 71.275 km² pour *N. laevis*. Les projections à l'horizon 2050 ont montré des changements importants dans les aires d'habitats favorables chez les espèces. Le modèle HADCM3 utilisé, prédit une diminution des grandes aires au profit des aires moyennes et faibles favorables au développement des deux espèces.

Rapport Perte/gain des aires favorables aux deux à l'horizon 2050

Les histogrammes de la figure 8 ont traduit le rapport perte/gain des aires de distribution favorables à *N. laevis* et à *D. arborea* à l'horizon 2050. Les aires faibles d'habitats favorables au développement des espèces sur l'ensemble des districts phytogéographiques allaient connaître des gains de 30% et de 2% et celles des aires moyennes d'habitats favorables de 5% et de 18% respectivement chez *N. laevis* et *D. arborea*. Par contre, les aires élevées d'habitats favorables au développement des espèces allaient enregistrer des pertes de 38% et de 20% chez *N. laevis* et *D. arborea* respectivement.

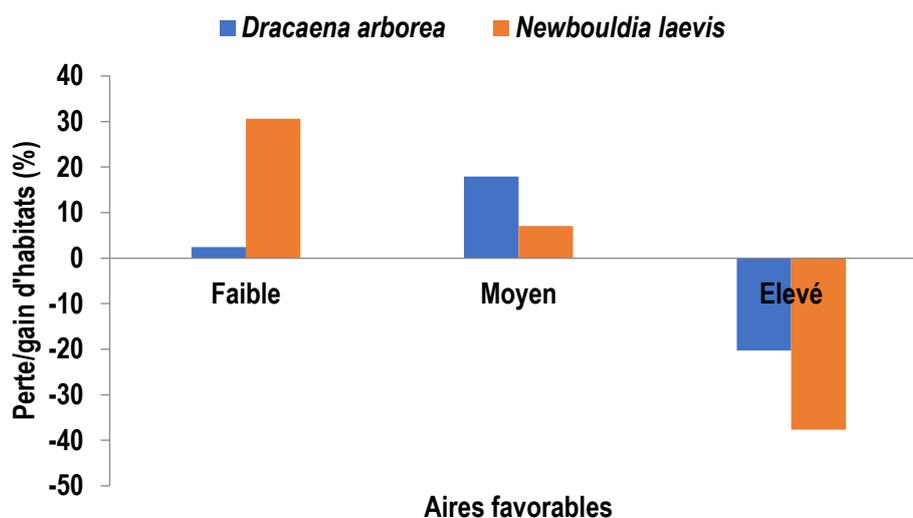


Figure 8. Perte et/ou gain des aires favorables à *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea* à l'horizon 2050

Discussion

La modélisation est un outil pour déterminer les aires favorables des espèces (Nakao *et al.*, 2011). Dans la prédiction des projections climatiques futures, plusieurs modèles sont utilisés (IPCC, 2007). Pour cette étude le choix du modèle HadCM3 est opéré pour caractériser les aires actuelle et future favorables à *Newbouldia laevis* et à *Dracaena arborea* afin de prédire l'impact du climat sur leur distribution. Les valeurs des AUC calculées suggèrent une bonne performance de l'algorithme Maxent utilisé pour capturer les variations des données environnementales. Ce résultat indique la robustesse du modèle utilisé. Les résultats obtenus montrent également que les aires favorables à *N. laevis* et au *D. arborea* sont principalement influencées par les facteurs climatiques. Au sein des trois zones bioclimatiques il est à noter des variations des paramètres climatiques tels que la température, la pluviométrie, l'insolation, l'hygrométrie moyenne. Ces facteurs du climat ont une influence prédominante sur les différentes phases de la plante à savoir la croissance, le développement, la floraison, la fructification, sur la morphologie des plantes et sur les ressources en eau du sol. Ces variations des paramètres climatiques peuvent entraîner des changements d'aires de distribution des espèces (Pauli, 2007).

Ces résultats corroborent les observations faites par des auteurs qui ont montré l'influence des facteurs climatiques successivement sur *Tamarindus indica* (Fandohan *et al.*, 2011), sur *Sclerocarya birrea* (Gouwakinnou *et al.*, 2011) et sur *Chrysophilum albidum* (Gbesso *et al.*, 2013). En effet, les paramètres directs tels que la température, les précipitations sont plus efficaces lorsque la modélisation de la distribution des espèces concerne de grande superficie contrairement aux paramètres indirects que constituent l'altitude, la topographie, le couvert végétal qui sont efficaces pour les petites surfaces (Guisan et Zimmermann, 2000). Le faible pouvoir prédictif des variables biophysiques peut être lié aussi à la résolution 2,5 min qui réduit la quantité de détails qu'elles apportent aux modèles (Guisan et Hofer, 2003).

Impact des changements climatiques sur les aires favorables à *Newbouldia laevis* et à *Dracaena arborea*

Les résultats montrent à l'horizon 2050 des changements importants dans les aires actuelles favorables au développement de *N. laevis* et de *D. arborea*. Suite aux changements climatiques, *N. laevis* et *D. arborea* vont être constitués que des aires faibles à moyennes favorables à son développement. Les aires moyennes seront remplacées par de faibles aires favorables aux espèces. La réduction des aires élevées au profit des aires moyennes et faibles observées chez *N. laevis* et *D. arborea* peuvent s'expliquer par les conditions du milieu ambiant dans lesquelles elles vivent. Ces espèces réagissent en s'adaptant aux variations climatiques de nature biotiques ou abiotiques lorsqu'elles deviennent défavorables. Dans les milieux arides des districts phytogéographiques de la chaîne de l'Atacora, Borgou

Nord et Mékrou Pendjari, les stress abiotiques imposent des limites au développement des plantes. Pour résister, les espèces doivent développer en retour des mécanismes morphologiques, physiologiques et/ou biochimiques pour échapper, éviter ou tolérer ces contraintes. Ces changements des aires favorables aux espèces dans les districts phytogéographiques sont accélérés par les pressions anthropiques exercées les populations dans la recherche des différentes parties des plantes (feuilles, tige et racines) à des fins culturelles, cultuelles ou médicinales. La réaction de chaque espèce à ces nouvelles conditions environnementales est actuellement très difficile à prévoir. Elle va être probablement dépendante de ses caractéristiques génétiques et va pouvoir conduire à une migration vers des conditions devenues favorables, à une adaptation physiologique et/ou génétique aux nouvelles conditions plus chaudes et sèches, à des extinctions locales de populations, voire à une combinaison de ces trois possibilités (Engler *et al.*, 2009). La deuxième hypothèse n'est pas vérifiée puisqu'à l'horizon 2050, des modifications seront observées dans les différentes aires de distribution des habitats favorables au développement des espèces. Ces déplacements probables des aires de distribution des espèces ont été déjà observés dans d'autres conditions climatiques différentes de celles du Bénin (Thuiller, 2007 ; Lenoir *et al.*, 2008 ; Morin *et al.*, 2008)

Rapport perte/gain d'habitats favorables au développement des deux espèces *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea*

Les résultats sur les rapports perte/gain d'aires favorables aux espèces montrent une augmentation des aires faibles et moyennes favorables au développement des espèces contre une diminution au sein des grandes aires favorables. Ces résultats peuvent s'expliquer par les effets des changements climatiques qui agissent différemment sur les différents districts phytogéographiques. Ces résultats corroborent les observations de certains auteurs (Zaniewski *et al.*, 2002 ; Gnagbo *et al.*, 2015).

Conclusion

La connaissance de l'action du climat sur les aires favorables des deux espèces *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea* est importante afin de mieux assurer leur protection et leur conservation durable. Ce travail réalisé sur *Dracaena arborea* et sur *Newbouldia laevis* montre qu'avec les dynamiques spatiotemporelles projetées, liées aux variations du climat, les conditions environnementales des zones bioclimatiques du Bénin sont peu favorables aux deux espèces *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea* à l'horizon 2050. La prise en compte de ces résultats dans les politiques officielles de développement et d'aménagement peut contribuer à la conservation et à l'utilisation durable des deux espèces *Newbouldia laevis* et *Dracaena arborea* au Bénin.

Références Bibliographiques

- Adam, K.S., Boko, M., 1983 : Le Bénin. Paris, SODIMAS/EDICEF Publ., (1983), 98 p.
- Adjahoun, E., V. Adjakidjè, M.R.A. Ahyi, L. Aké Assi, A. Akoegninou, J. d'Almeida, F. Apovo, K. Boukef, F. Chadare, G. Cusset, K. Dramane, J. Eyme, J.N. Gassita, N. Gbaguidi, E. Goudoté, S. Guinko, P. Hounnon, L. Issa, A. Keita, H.V. Kiniffo, B.D. Koné, N.A. Musampa, N. Saadou, T. Sodogandji, S. de Souza, A. Tchabi, D.C. Zinsou, T. Zohoun, 1989: Contribution aux Etudes Ethnobotaniques et Floristiques en République Populaire du Bénin, (2^{ème} édition), ACCT : Paris, 895 p.
- Akoegninou, A., W.J. van der Burg, L.J.G. van der Maesen, V. Adjakidjè, J.P. Esseou, B. Sinsin, H. Yédomonhan, 2006: Flore Analytique du Bénin Backhuys Publishers, Cotonou et Wageningen, 1034 p.
- Amoussou, E., S.H. Totin Vodounon, A. Hougni, E.W. Vissin, C. Houndénou, G. Mahé, M. Boko, 2016: Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(5): 2183-2201.
- Asseh, E.E., 2019: Etudes floristique, phytogéographique et ethnobotanique des Acanthaceae de Côte d'Ivoire : cas de la réserve naturelle partielle de dahliafleur, dans le district autonome d'Abidjan et essai de domestication de *Justicia flava* (Forssk) Vahl, pour l'horticulture. Thèse de Doctorat Unique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 178 p.
- Asseh, E.E., E. Ake-Assi, K.J. Koffi, 2019: Diversité biologique et influence des changements climatiques sur la distribution géographique de quelques espèces d'Acanthaceae en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2): 676-692. DOI : 10.4314/ijbcs.v13i2.9.
- Avakoudjo, J., A. Mama, I. Toko Imorou, V. Kindomihou, B. Sinsin, 2014: Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (6) : 2608-2625.
- Ayihouenou, E., B.A. Fandohan, A.I. Sode, N.G. Gouakinnou, A.B. Djossa, 2016: Biogéographie du néré dans les conditions environnementales actuelles et futures au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* (BRAB), 11, pp. 93-108.

- Boko, M., I. Niang, A. Nyong, C. Vogel. 2007 : Africa. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the 4th Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press* : Cambridge, UK ; 2007 ; 433-467.
- Bontemps, J.D., J.C. Herve, P. Duplat, J.F. Dhote, 2012: Shifts in the height-related competitiveness of tree species following recent climate warming and implications for tree community composition : the case of common beech and sessile oak as predominant broadleaved species in Europe. *Oikos* 121(8),1287-1299. DOI: 10.1111/j.1600-0706.2011.20080.x.
- Burkill, H.M., 1995: The useful plants of West Tropical Africa, 2nd Edition. Volume 3, Families J-L. *Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom*.
- Dassekpo, SI, E.G. Achigan-dako, H.S. Honfo, F. Tovissodé, B. Tenté, C.S. Houssou, A. Ahanchédé, 2017 : Approches socioculturelle et culturelle des sages de *Newbouldia laevis* et plantes associées dans les traditions du Bénin. *Rev Ivoir Sci Technol*, 30(2017): 291-304. <http://www.revist.ci>.
- DGEFC., 2016 : Rapport annuel d'activités 2016. 48 p.
- Doffou, S.C., K. Kouadio, H.N. Dibi, 2021 : Effets des variations climatiques à l'horizon 2050 sur la distribution phytogéographique de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(2) : 679-694,
- Djègo, J., S. Djègo-Djossou, Y. Cakpo, P. Agnani, B. Sinsin. 2011 : Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4): 1432-1447.
- Ekué, M.R.M., A.E. Assogbadjo, G.A. Mensah, J.T.C. Codjia, 2004 : Aperçu sur la distribution écologique et le système agroforestier traditionnel autour de l'ackee (*Blighia sapida*) en milieu soudanien au Nord Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, n° 44, pp. 34-44.
- Eliith, J., C.H. Graham, R.P. Anderson, K.M. Dudi, S. Ferrier, A. Guisan, R.J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A.L.J. Lehmann, L.G. Lohmann, B.A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J.Mc.C. Overton, A.T. Peterson, S.J. Phillips, K.S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R.E. Schapire, J. Soderon, S. Williams, M.S. Wisz, N.E. Zimmermann, 2006: Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29 : (2006), 129-151.
- Eliith, J., S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dubik, Y.E. Chee, C.J. Yates, 2011: A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 : pp. 43-57.
- Engler, R., C.F. Randin, P. Vittoz, T. Czaka, M. Beniston, N.E. Zimmermann, A. Guisan, 2000: Predicting future distributions of mountain plants under climate change : does dispersal capacity matter ? - *Ecography*, vol. 32, n° 1, pp. 34-45.
- Fachola, B.O., G.H.F. Gbesso, O.T. Loubegnon, N. Agossou, 2019 : Paramètres dendrométriques et structuraux de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. et de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalziel dans les phytodistricts Pobè et Plateau au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2): 652-661, <http://ajol.info/index.php/ijbcs>, <http://indexmedicus.afro.who.int>. Available online at <http://www.ifgdg.org>.
- Fandohan, B., A.E. Assogbadjo, R. Glèlè Kakaï, B. Sinsin, 2011: Geographical distribution, tree density and fruit production of *Tamarindus indica* (Fabaceae) across three ecological regions in Benin. *Fruits* 66 (2) : 53-62. Impact Factor 2011 : 0.764.
- Fandohan, B., G. Gouwakinnou, N.H. Fonton, B. Sinsin, J. Lui, 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. *Biotechnol. Agron -oc. Environ.* 17(3) :450-462.
- FAO, 2010 : Evaluation des Ressources forestières mondiales, Rapport principal, 348 p. ISSN 1014-2894.
- Fick, S.E., Hijmans, R., 2017: WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas (pp.1-14). *International journal of climatology*, 00, Wiley Online. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Fielding, A.H., Bell, J.F., 1997: A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models. *Environmental Conservation*, 24, 38-49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>.
- Gbesso, F.H.G., B.H.A. Tenté, N.G. Gouwakinnou, B.A. Sinsin, 2013 : Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5) (2013) : 2007-2018, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
- Gnagbo, A., K.B. Kpangui, C.Y. Adou Yao, 2015 : Distribution des épiphytes de Côte d'Ivoire : effets des zones phytogéographiques et des variations pluviométriques. *Afrique SCIENCE* 11(1) 175 – 186. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
- Gouwakinnou, N.G., 2011: Population ecology, uses and conservation of *Sclerocarya birrea* (A. Rich) Hochst. (Anacardiaceae) in Benin, West Africa. PhD Thesis, University of Abomey Calavi. p. 176.
- GIEC., 2013 : Changement climatiques : les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au 5è rapport d'évaluation du GIEC, 34 p.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135 (2000): 147-186.

- Guisan, A., Hofer, U., 2003: Predicting reptile distributions at the mesoscale : relation to climate and topography. *Journ. Biogeogr.*, 30 : 1233-1243.
- Heller, N.E., Zavaleta, E.S., 2009: Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biol. Conserv.*, 142, 14-32.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, A. Jarvis, 2005: Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25 (2005) : 1965-1978.
- Hijmans, R.J., Graham, C.H., 2006: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Glob. Chang. Biol.*, 12 (2006) : 110.
- Hughes, L., 2000: Biological consequences of global warming : is the signal already Apparent? - *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 15, n° 2, pp. 56-61.
- IPCC- Climate Change., 2007: Synthesis Report. Cambridge University Press (2007) : New York, USA.
- IUCN, UNEP., 2009: *The world database on protected areas (WDPA)*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC, <http://protectedplanet.net/>, (08/01/12).
- Juhe-Beaulaton, D., 2009 : Arbres mémoires, forêts sacrées et jardins des plantes de Porto Novo (Bénin) : un patrimoine naturel urbain à considérer, Autre part, 51 : 75 – 98.
- Konaté, S., Linsenmair, K.E., 2010: Biological diversity of West Africa: importance, threats and valorization. In Biodiversity Atlas of West Africa, Volume II : Burkina Faso. Thiombiano A, Kampmann D (eds). Frankfurt/Main : Ouagadougou; 14-75.
- Lebourgeois, F., C. Rathgeber, E. Ulrich, 2010 : Effet de la variabilité climatique et des événements extrêmes sur la croissance d'*Abies alba*, *Picea abies* et *Pinus sylvestris* en climat tempéré français. *Revue forestière française*, vol. LXII, n°1(2010a) pp. 7-23.
- Lenoir, J., Gegout, J.C., Marquet, P.A., De Ruffray, P., Brisse, H., 2008: A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. - *Science*, vol. 320, n° 5884, (2008), pp. 1768-1771.
- Logbo, J., Yédomonhan, P., Tenté, B., Akoegninou, A., 2019 : Usages et importances culturelles de *Dracaena arborea* (Willd) Link chez les peuples Kwa au Bénin *Afrique SCIENCE*, 15(2) 117 – 132. <http://www.afriquesciencenet>.
- Lougbegnon, T.O., B.A.H. Tenté, M. Amontcha, J.T.C. Codjia, 2011 : Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. Numéro 70, pp. 35-46.
- Manfo, D.A., M. Tchindjang, H.J. Youta, 2015 : Systèmes agroforestiers et conservation de la biodiversité dans un milieu fortement. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement* du Bassin du Congo, 5: 22-34.
- Mama, A., B. Sinsin, C.De. Cannière, J. Bogaert, 2013 : Anthropisation et dynamisation des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31 (1): 78-88.
- Masumbuko, C., F. Habiaryemye, J. Lejoly, 2013: Impact of *Sericostachys scandens* on forest regeneration in the Kahuzi-Biega National Parc. In : Beau N, Dessein S. & Robbrecht E. (Eds.). *African Plant diversity, Scripta Botanica Belgica*. pp. 130-137. Proceedings XIXth AETFAT Congress 26 - 30 April 2010, Antananarivo.
- Morin, X., D. Viner, I. Chuine, 2008: Tree species range shifts at a continental scale : new predictive insights from a process-based model. - *Journal of Ecology*, vol. 96, n° 4, (2008), pp. 784-794.
- Muscarella, R., P.J. Galante, M. Soley-Guardia, R.A. Boria, J.M. Kass, M. Uriarte, R.P. Anderson, 2014: ENMeval : an R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1198– 1205.
- Nabout, J.C., M.P. Junior, M.L. Bini, J.A.F. Diniz-Filho, 2009: Distribuição geográfica potencial de espécies americanas do caranguejo “violonista” (*Uca* spp.) (*Crustacea, Decapoda*) com base em modelagem de nicho ecológico. *Iheringia, Série Zoologia*, 99 (2009) : 92-98.
- Nakao, K., T. Matsui, M. Horikawa, I. Tsuyama, N. Tanaka, 2011: Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of *Quercus acuta* in Japan. *Plant Ecol.*, 212, (2011), 229-243.
- Oloukoï, J., V.J. Mama, F.B. Agbo, 2006 : Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Téledétection* 6 (4) : 305-323.
- Pearson, R.G., C.J. Raxworthy, M. Nakamura, A.T. Peterson, 2007: Predicting species distributions from small numbers of occurrence records : a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34 (2007) : 102-117.
- Peterson, A.T., J. Soberón, R.G. Pearson, R.P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura, M.B. Araújo, 2011: *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Monographs in Population Biology, 49. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Piedallu, C., V. Perez, J.C. Gégout, F.F. Lebourgeois, R. Bertrand, 2009 : Impact potentiel du changement climatique sur la distribution de l'Epicéa, du Sapin, du Hêtre et du Chêne sessile en France. *Revue Forestière Française*, LXI, 6-2009, pp 567-593.

- Pieddallu, C., Gegout, J., 2008: Efficient assessment of topographic solar radiation to improve plant distribution models. - *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 148, n°11(2008), pp. 1696-1706.
- Phillips, S.J., Dubik, M., 2008: Modelling of species distributions with Maxent. New extensions & a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31, 5 (2008), 161-175.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson, R.E. Schapire, 2006: Maximum Entropy Modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (2006): 231-259.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson, M. Dudik, R.E. Schapire, E.M. Blair, 2017: Opening the black box : an open source release of Maxent. *Ecography*, vol. 40, n° 7, pp. 887-893. DOI: 10.1111/ecog.03049.
- Radosavljevic, A., Anderson, R.P., 2014: Making better Maxent models of species distributions : complexity, overfitting and evaluation. *Journal of Biogeography*, **41**, 629– 643.
- Roberts, D.R., V. Bahn, S. Ciuti, M.S. Boyce, J. Elith, G. Guillera-Aroita, S. Hauenstein, J.J. Lahoz-Monfort, B. Schröder, W. Thuiller, D.I. Warton, B.A. Wintle, F. Hartig, C.F. Dormann, 2017: Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography* **40**: 913– 929.
- Saliou A.R.A., M. Oumorou, B.A. Sinsin, 2015 : Modélisation des niches écologiques des ligneux fourragers en condition de variabilité bioclimatique dans le moyen-Bénin (Afrique de l'Ouest). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, vol. 70 4), pp. 342-353.
- Shcheglovitova, M., Anderson, R.P., 2013: Estimating optimal complexity forecological niche models: a jackknife approach for species with small samplesizes. *Ecological Modelling*, 269, 9–17.
- Sheridan, M., 2008: Tanzanian Ritual Perimetrics and African Landscapes: The Case of *Dracaena*, *Int. J. Afri. Hist. Stud.* **41**, 491–521.
- Kougan, G.B., T. Miyamoto, T. Paululat, J.F. Mirjolet, O. Duchamp, B.L. Sondengam, 2010: Steroidal saponins from two species of *Dracaena*. *J. Nat. Prod.* **73**, 1266–1270.
- Sweets, J.A., 1988: Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240 (1988) : 1285-1293.
- Thuiller, W., 2007: Biodiversity - Climate change and the ecologist. - *Nature*, vol. 448, n°7153, pp. 550-552.
- Usman, H., Osuji, J.C., 2007: Phytochemical and in vitro anti microbial assay of the leaf extract of *Newbouldia leavis*. *Afr. J. Trad. CAM.* 4(4): 476-480.
- Valavi, R., J. Elith, J.J. Lahoz-Monfort, G. Guillera-Aroita, 2021: Modelling species presence-only data with random forests. *Ecography* **44**: 1– 12.
- Vodouhè, F., 2010 : Exploitation des produits forestiers non ligneux et conservation de la biodiversité au Bénin. Thèse de Doctorat unique /UAC, Bénin. 180 p.
- Williams, J.W., S.T. Jackson, J.E. Kutzbach, 2007: Projected distribution of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104 : 5738-5742.
- Zaniewski, A.E., A. Lehmann, J.M.C. Overtonn, 2002: Predicting species spatial distributions using presence-only data : a case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling* **157**, (2002), 261–280.