

**Premier article :** Impact des changements climatiques actuels et futurs sur les zones favorables à la prolifération des réservoirs du virus de Lassa au Bénin

**Par :** H. P. S. Setho, G. Agounde, A. E. Assogbadjo, P. F. G. A. Cledjo et G. A. Mensah

Pages (pp.) 01-13.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Décembre 2021 – Volume 31 - Numéro 03

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](mailto:sp.inrab@inrab.org) / [inrabdg1@yahoo.fr](mailto:inrabdg1@yahoo.fr) / [brabpisbinrab@gmail.com](mailto: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](mailto:brabpisbinrab@gmail.com)

République du Bénin

## Sommaire

Sommaire	i
Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Impact des changements climatiques actuels et futurs sur les zones favorables à la prolifération des réservoirs du virus de Lassa au Bénin <b>H. P. S. Setho, G. Agounde, A. E. Assogbadjo, P. F. G. A. Cledjo et G. A. Mensah</b>	1
Diversité et statut de conservation de la faune mammalienne de la Forêt classée de Pénésoulou du Bénin en Afrique de l'Ouest <b>L. O. S. N. Dossa, C. A. M. S. Djagoun, G. H. Dassou et A. C. Adomou</b>	14
Endogenous perception and peasant strategies of adaptation to climate variabilities and changes in the municipality of Zagnanado in Southern Bénin <b>V. N. Adjahossou, B. S. Adjahossou, O. Hounmènou, P. Gbénou, E. W. Vissin et J. G. M. Djego</b>	31
Synthèse bibliographique sur le flétrissement bactérien des Solanacées en culture de tomate : épidémiologie et gestion dans le monde et au Bénin <b>M. E. Dossoumou, R. Sikirou, A. Adandonon, A. Zannou et L. Baba-Moussa</b>	38
Exploitation des achatines en milieu naturel et l'achatiniculture en Afrique au Sud du Sahara : Synthèse bibliographique <b>A. A. Mama Ali, M. C. D. Vigan, S. G. Ahounou, P. S. Kiki, G. A. Mensah, I. Youssao Abdou-Karim et M. Dahouda</b>	50
Des connaissances agro-écologiques introduites en milieu rural boostent la résilience des petits producteurs du Bénin. <b>F. Ligan et F. Okry</b>	67
Evaluation des performances des technologies endogènes les plus prometteuses pour la production de jus d'orange à petite échelle au Bénin <b>P. A. F. Houssou, V. Dansou, A. B. Hotegni, W. A. C. Sagui, C. Sacca, K. Aboudou et H. Zannou</b>	79

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: [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@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, Chargé de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir. Guy A. MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir. Angelo C. DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche et MSc. Ir. Gbènakpon A. Y. G. AMAGNIDE.

**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. HOUNHOUGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahmane 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), 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. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Adolphe ADJANOHOOUN (Agro-foresterie, 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 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](mailto: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'autoplégat 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'Autoplégat 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 **brièveté** (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., Youssao 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<sup>ème</sup> 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<sup>ère</sup> 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.



## Impact des changements climatiques actuels et futurs sur les zones favorables à la prolifération des réservoirs du virus de Lassa au Bénin et en Afrique de l'Ouest

H. P. S. Setho<sup>1\*</sup>, G. Agounde<sup>2</sup>, A. E. Assogbadjo<sup>2</sup>, P. F. G. A. Cledjo<sup>1</sup> et G. A. Mensah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MSc. Hugues Pascal Sègbédé SETHO, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement (EDP-ECD) Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : [setugfr@yahoo.fr](mailto:setugfr@yahoo.fr), Tél. : (+229)97796161, République du Bénin

<sup>1</sup>Pr. Placide Fabiyi Gbèyimon Adjaï CLEDJO, EDP-ECD/UAC, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : [cledjoyah@yahoo.fr](mailto:cledjoyah@yahoo.fr), Tél. : (+229)95957332, République du Bénin

<sup>2</sup>Gafarou AGOUNDE, Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté de Sciences Agronomiques (FSA/UAC), 05 BP 1752 Cotonou, E-mail : [agoundegafarou@gmail.com](mailto:agoundegafarou@gmail.com), Tél. : (+229)96692934, République du Bénin

<sup>2</sup>Pr. Dr. Ir. Achille Euphrem ASSOGBADJO, Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté de Sciences Agronomiques (FSA/UAC), 05 BP 1752 Cotonou, E-mail : [assogbadjo@yahoo.fr](mailto:assogbadjo@yahoo.fr), Tél. : (+229) 96687213, République du Bénin

<sup>3</sup>Pr. Dr. Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : [mensahga@gmail.com](mailto:mensahga@gmail.com), Tél. : (+229)97490188/95229550, République du Bénin

\*Auteur correspondant : E-mail : [setugfr@yahoo.fr](mailto:setugfr@yahoo.fr)

### Résumé

Depuis l'aube des temps, l'humanité est souvent confrontée à une succession de maladies épidémiques dont les zoonoses telles que les Fièvres Hémostatiques Virales Lassa (FHVL). Suite à la découverte du premier cas au Nigeria in 1969, le Bénin a signalé son premier cas de Lassa en 2014 et depuis lors des épidémies successives des FHVL ont été enregistrées spécialement dans la zone septentrionale du pays. Entre autres facteurs de propagation, de cette zoonose, *Mastomys natalensis*, *Mastomys erythroleucus*, *Hylomyscus pumilus* et *Mus baoulei*, quatre mammifères rongeurs ont été documentés comme responsables (réservoirs). Malgré les risques liés à cette maladie, très peu d'études ont été menées au Bénin sur l'impact des Changement Climatiques (CC) sur les zones favorables à la prolifération de ces réservoirs. L'objectif de l'étude était d'apprécier l'impact des CC actuels et futurs sur l'étendue des zones favorables à la prolifération des réservoirs au Bénin et en Afrique de l'Ouest à l'horizon 2055. Pour réaliser la modélisation des niches écologiques, les occurrences, les variables climatiques et démographiques ont été combinées dans MaxEnt afin d'analyser la distribution des sources de propagation du virus de Lassa dans les conditions actuelles et futures. Les résultats ont montré que sept variables climatiques et une variable démographique ont été révélées importantes contributrices à la distribution de ces sources de propagation de Lassa. La fourchette de l'Area Under the Curve (AUC) des quatre modèles a varié entre 0,87 et 0,96 ; ce qui montre la robustesse des modèles. La distribution actuelle et future des sources de propagation des FHVL suivait une tendance relativement stable à l'échelle du Bénin avec les deux scénarios climatiques (RCP4.5 et RCP8.5). La même tendance a été observée en Afrique de l'Ouest. Ainsi, les CC auront un impact relativement moyen sur les quatre réservoirs de transmission de la maladie. Cependant, la corrélation des paramètres démographiques à la propagation de ce virus suggère le renforcement des mesures de lutte sur l'interaction hommes-animaux.

**Mots clés** : Environnement, Modélisation, Niches écologiques, Zoonose, Bénin.

### Impact of current and future climate change on areas conducive to the proliferation of Lassa virus reservoirs in Benin and West Africa

#### Abstract

Since the dawn of time, humanity has often been confronted with a succession of epidemic diseases, including zoonosis like Lassa Viral Haemorrhagic Fevers (LVHF). After it was first discovered in Nigeria in 1969, Benin had its first case of Lassa in 2014 and since then successive epidemics have been recorded, especially in the northern region of the country. Among other factors of propagation, *Mastomys natalensis*, *Mastomys erythroleucus*, *Hylomyscus pumilus* and *Mus baoulei*, four mammal rodent species have been documented as responsible (reservoirs). Despite the risks associated with this disease, very few studies have been carried out in Benin on the impact of climate change (CC) on areas favourable to the proliferation of these reservoirs. The objective of the study was to assess the impact of current and future CC on the extent of areas favourable to the proliferation of reservoirs in Benin and West Africa by 2055. To carry out the ecological niche modelling, the occurrences and the climatic and demographic variables were combined in MaxEnt to analyse the distribution of the sources of Lassa virus spread under current and future conditions. The results showed that seven climatic variables and one demographic variable were found to be important contributors to the distribution of these sources of Lassa spread. The range of the Area Under the Curve (AUC) of the four models varied between 0.87 and 0.96 ; this shows the robustness of the models. The current and future distribution of sources of HVF spread followed a relatively stable trend at the scale of Benin under the two climate scenarios (RCP4.5 and RCP8.5). The same trend was observed in West Africa. Thus, the CC will have a relatively moderate impact

on the VLFs that transmit the disease. However, the correlation of demographic parameters to the spread of this virus suggests that control measures on human-animal interaction will be strengthened.

**Key words:** Environment, Modelling, Ecological niches, Zoonosis, Benin.

## Introduction

Depuis 1969, l'Afrique a connu un foyer de la Fièvre Hémorragique Virale (FHV) due à un aréna virus dénommé virus de Lassa. Morillon et Tolou (1998), confirment que « les premiers cas identifiés sont apparus en 1969 à Jos, dans le Nord du Nigeria, chez une sage-femme et deux infirmières ». De même, l'OMS (2017), « Bien qu'ait été décrit pour la première fois dans les années 1950, le virus à l'origine de la fièvre de Lassa n'a été identifié qu'en 1969. Cette maladie caractérisée par une forte fièvre hémorragique vient s'ajouter aux nombreux problèmes sanitaires que vit l'Afrique et particulièrement l'Afrique de l'Ouest. « De plus, l'Afrique de l'Ouest est une région fortement touchée par les maladies infectieuses endémiques, comme le paludisme, le choléra ou la fièvre de Lassa, dont les symptômes précoces similaires à ceux de la maladie à virus Ebola, sont sources de confusion » (Houot, 2016). Ahossi (2019), a mentionné que « des auteurs comme Hewlett et Hewlett ont déjà qualifié certaines FHV (Ebola et Marburg, Crimée-Congo et Lassa) donnant lieu à une transmission interhumaine fulgurante de « rapidkilling epidemics » (épidémie à mortalité rapide) puisque causant la mort dans 50 à 90% des cas cliniquement diagnostiqués ». Le Réseau Francophone International pour la Promotion de la Santé (RÉFIPS), région des Amériques (2020), informe que « 60% des maladies infectieuses humaines sont d'origine animale, et 75% des agents qui ont un potentiel bioterroriste sont des agents zoonotiques ». De ce point de vue, elles représentent donc un défi pour la santé publique.

En confirmant cette affirmation, Redding *et al.* (2016) allègent que « *Lassa fever virus is a serious, high burden disease within West Africa that is currently still poorly understood* » "La fièvre hémorragique virale Lassa est une maladie grave, à forte charge de morbidité en Afrique de l'Ouest, qui est encore mal comprise à l'heure actuelle". Faisant le point des maladies à potentiel épidémique, Hoteyi et Adjinda (2018), affirment que « Le Bénin reste très exposé en ce qui concerne les maladies à potentiel épidémique, les principales menaces qui pèsent sur la santé publique en termes d'épidémies est le choléra, la méningite méningococcique et la fièvre hémorragique à virus Lassa ». L'OMS (2018), confirme qu'« au Bénin, d'octobre 2014 à mars 2018 il a été rapporté 96 cas au total avec 47 décès, soit un taux de létalité globale de 49%. Sur les 96 cas, 25 cas ont été confirmés dont 17 décès enregistrés parmi ces derniers, soit un taux de létalité des cas de 68% ».

Pendant plusieurs années, *Mastomys natalensis* était considéré comme le seul hôte du virus de Lassa mais A. Olayemi *et al.* (2016) affirment que « de nos jours des recherches récentes ont mis en évidence la présence du virus chez trois autres espèces de rongeurs : la souris de bois africaine *Hylomyscus pamfi* au Nigeria, la souris multimammate de Guinée, *Mastomys erythroleucus* au Nigeria et en Guinée et la souris naine *Mus Baoulée baoulei* ». Parlant de la transmission, l'OMS (2018), confirme que le virus peut aussi infecter l'organisme par une coupure, une plaie ou lorsque des rats infectés sont préparés comme repas vendus. Le contact avec le virus peut aussi se produire lorsqu'une personne inhale l'air contaminé par de fines particules en suspension ; en deuxième étape, la transmission se fait d'homme à homme par contact direct avec le sang, les urines, les excréments ou autres sécrétions organiques d'une personne contaminée ; la transmission interhumaine s'observe au sein de la communauté et en milieu médical où le virus de Lassa peut être transmis par du matériel médical contaminé, (OMS, 2018). Etant donné que la propagation de la maladie est corrélée par les vecteurs qui ne sont rien d'autre que les rats, il urge de s'intéresser aux conditions écologiques qui pourraient favoriser la survie de ces espèces dans le temps et dans l'espace.

La modélisation des habitats favorables ou des niches écologiques (SDM) est un outil couramment utilisé en écologie et en biogéographie (Idohou *et al.*, 2017) pour la restauration des habitats, l'impact des changements climatiques sur la distribution des espèces, et l'invasion biologique. Dans la plupart de ces modèles, c'est l'algorithme Maximum Entropy (MaxEnt) qui est largement utilisé. Sampoux et Badeau (2009), soulignent que « La modélisation statistique (ou empirique) de la niche écologique d'une espèce consiste à construire une fonction de paramètres environnementaux qui prédit la probabilité de présence de l'espèce à partir d'un jeu de données de calibration comprenant des données de présence/absence ou d'abondance de l'espèce et des valeurs de paramètres environnementaux aux sites d'observation ». Saliou (2015), affirme que « Grinnell (1924) a proposé le concept de niche écologique pour désigner cette plage de variations environnementales compatible avec la présence d'une espèce ». Les deux principaux types de données d'occurrence souvent utilisés pour la modélisation de la distribution d'une espèce, sont les données de présence seules (coordonnées géographiques des points où l'espèce a été observée) ou les données de présence/absence et les variables environnementales. Grinnell (1924) cité par Saliou (2015), allègue que « toute espèce vivante ne peut accomplir son cycle biologique et sa reproduction qu'à l'intérieur d'une plage limitée de variations environnementales d'origine abiotique et biotique ». Par ailleurs, différentes projections climatiques dans les horizons futurs révèlent que les changements climatiques (CC) auront des impacts bénéfiques pour certaines espèces alors le contraire se produira pour d'autres (IPPC, 2017).

Au regard des épidémies périodiquement enregistrées et leur ampleur qui constituent une menace potentielle pour le Bénin et pour toute l'Afrique de l'Ouest, une expansion des niches écologiques des quatre réservoirs constituerait une menace additionnelle. Dans un contexte de climat changeant, il est important de s'intéresser à la modélisation des milieux abritant les sources de propagation de virus Lassa dans les conditions actuelles et futures. Sur une base optimiste, nous alléguons que l'influence des conditions bioclimatiques actuelles et futures est faiblement perçue sur la dynamique spatiale des potentiels réservoirs de Lassa dans les zones de biosphère du Bénin. Pour vérifier cette hypothèse, la présente recherche a envisagé d'apprécier l'impact des changements climatiques actuels et futurs sur l'étendue des aires favorables à la prolifération des réservoirs au Bénin et en Afrique de l'Ouest à l'horizon 2055. Plus spécifiquement, il s'agit i) de mettre en évidence l'occurrences des quatre réservoirs de Lassa au Bénin et en Afrique de l'Ouest, ii) de construire les variables pour la distribution des quatre sources de propagation de virus Lassa et iii) de projeter la distribution présente et future des quatre sources de propagation de virus Lassa à l'échelle du Bénin et de l'Afrique de l'Ouest.

## Présentation du milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans les trois zones climatiques du Bénin afin d'explorer leur influence sur les aires de prolifération des réservoirs de Lassa. Le Bénin avec une superficie de 114.763 km<sup>2</sup> est situé entre 6° et 12°50 N et 1° et 3°40 E en Afrique de l'Ouest. Les zones étudiées sont la zone soudanienne située entre 9°45'-12°25' N, la zone soudano-guinéenne située entre 7°30'-9°45' N et la zone guinéenne sub-humide (Dahomey Gap) située entre 6°25'-7°30' N. Pendant l'harmattan, la pluviométrie moyenne annuelle de la zone soudanienne est souvent inférieure à 1.000 mm et l'humidité relative varie de 18 à 99% (Adam et Boko, 1983). La température varie de 24 à 31°C. Dans cette zone, la végétation est composée de savanes et de forêts galeries avec des arbres de plus petite taille (Adam et Boko, 1983).

La zone soudano-guinéenne, a une pluviométrie moyenne unimodale qui s'étend de mai à octobre avec une moyenne annuelle totale entre 900 et 1.110 mm. La température annuelle quant à elle oscille entre 25 et 29°C. Cette zone présente des sols minéraux et des sols ferrugineux. Quant à sa végétation, elle est caractérisée par une mosaïque de bois, de forêts denses sèches, de savanes arborées et arbustives et de galeries forestières (Adam et Boko, 1983). Concernant le régime pluviométrique de la zone guinéenne, elle est bimodale (avril à juin et de septembre à novembre), avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1.200 mm. La température moyenne varie entre 25 et 29°C. Les sols sont soit des sols ferrallitiques profonds et peu fertiles, soit des sols alluviaux et argileux lourds (Boko, 1992).

## Matériels et méthodes

### Occurrences des quatre réservoirs de Lassa au Bénin et en Afrique de l'Ouest

Les coordonnées de présence des sources de propagation de Lassa ont été collectées à travers leurs aires de distribution au Bénin. Pour optimiser la précision des résultats de la modélisation, un accent particulier a été mis sur les données de présence (coordonnées) des espèces étudiées. Ces données ont été obtenues en explorant la base de données de GBIF (Global Biodiversity Information Facility : [www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et aussi par digitalisation de certains points de présence trouvés dans la littérature. Les occurrences provenant de GBIF ont été importées dans le tableur Excel (Office 2019) pour leur épuration. Alors, il a été procédé à la suppression de toutes les données sans coordonnées avant l'année de référence 1970 afin d'avoir plus de précision.

Dans le tableau 1 ont été indiquées les 65 occurrences tirées de GBIF et les 25 occurrences tirées des articles pour les quatre espèces au Bénin. De plus, 217 occurrences ont été tirées de la base GBIF et 84 des articles, soit au total 301 occurrences en Afrique de l'Ouest (tableau 2).

Tableau 1. Provenance des occurrences et leur effectif à l'échelle du Bénin

Espèce	Source des occurrences		Total
	GBIF	Articles	
<i>Mastomys natalensis</i>	12	8	20
<i>Mastomys erythroleucus</i>	15	12	27
<i>Mus baoulei</i>	35	0	35
<i>Hylomyscus pumfi</i>	3	5	8
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>25</b>	<b>90</b>

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

Sources : GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et Articles

Tableau 2. Provenance des occurrences et leur effectif à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest

Espèce	Source des occurrences		Total
	GBIF	Articles	
<i>Mastomys natalensis</i>	100	46	146
<i>Mastomys erythroleucus</i>	48	23	71
<i>Mus baoulei</i>	58	0	58
<i>Hylomyscus pamfi</i>	11	15	26
<b>Total</b>	<b>217</b>	<b>84</b>	<b>301</b>

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

Sources : GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et Articles

### Variables environnementales

Dans le cadre de la présente recherche, le choix est porté sur les variables environnementales issues de la plateforme de AfriClim basées sur le modèle ensemble car elles sont plus adaptées aux réalités climatiques de l'Afrique. Ainsi, les variables climatiques actuelles de résolution 30 secondes (ou kilomètres) ont été téléchargées sur le site AfriClim (<https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim>). Elles étaient composées de 21 variables bioclimatiques relatives à la température, précipitation, aridité et l'humidité. Concernant les projections climatiques futures, deux scénarii à savoir RCP 4.5 et RCP 8.5 comptant pour l'horizon 2055 ont été utilisés. En effet, le RCP4.5 est un scénario optimiste qui prévoit une baisse relative de température à cet horizon alors que le RCP8.5 est un scénario pessimiste qui prévoit un réchauffement d'avantage de la terre. En plus de ces variables, la variable démographique a été ajoutée afin de voir si elle est déterminante dans la distribution des sources de propagation de Lassa. En ce qui concerne la préparation des variables, elles ont été découpées, converties et mises sous des formats ASCII compatible au logiciel MaxEnt.

### Modélisation des niches écologiques

Dans le cadre de la présente recherche, la modélisation des niches écologiques des quatre espèces réservoirs a été nécessaire pour projeter leur dynamique dans l'espace et dans le temps.

### Technique de modélisation de la niche écologique et calibration du modèle

Le choix a été porté sur l'algorithme MaxEnt parmi toute la panoplie disponible dans ce domaine. En effet, (Maxent, ver. 3.4.1 ; Phillips *et al.*, 2006) offre certains avantages à savoir les occurrences (présence) et les variables environnementales qui sont facilement accessibles. MaxEnt est un modèle de distribution des espèces qui se révèle être l'une des méthodes de modélisation les plus performantes, susceptibles de générer de très bonnes informations biogéographiques tout en offrant une bonne discrimination des habitats favorables et non favorables à une espèce d'un point de vue bioclimatique (Phillips *et al.*, 2006). MaxEnt est alors bien adapté au contexte de notre travail et a été préféré surtout pour son intérêt de combiner les données de présence observées des rongeurs réservoirs (*Mastomys Natalensis*, *Mastomys erythroleucus*, *Hylomyscus pamfi* et *Mus baoulei*). Pour chaque espèce, le modèle a été répété cinq fois et les principaux paramètres utilisés ont 10 percentile training presence, 10,000 comme pseudo-points, 500 itérations et 0,00001 comme seuil de convergence.

### Sélection des variables et la validation des modèles

La sélection des variables était basée sur le test de Jackknife et surtout sur la connaissance écologique de chaque espèce. Quant à la validation des modèles, il a été utilisé la validation croisée qui permet en réalité de valider les modèles via Area Under the Curve (AUC) (Swets, 1988). Cette approche est considérée comme robuste et prédictive (Elith et Graham, 2009).

### Cartographie et analyse spatiale

Les résultats de la modélisation issus des modèles de MaxEnt sont importés dans ArcGIS 10.4.1 pour cartographier les zones favorables des espèces dans les conditions climatiques actuelles et futures à l'horizon 2055. Les valeurs de minimum training presence (MTP) et celles de Equal training sensitive (ETS) ont été utilisées pour classer les zones de distribution en les trois classes suivantes : peu favorable ; non favorable ; très favorable. Le risque de propagation est évalué en superposant la carte des habitats de chaque espèce aux zones habitables par les hommes. A cet effet, un "buffer" a été généré autour de chaque localité du Bénin en utilisant le shape file des localités du Bénin dans le logiciel ArcGIS 10.4.1.

## Résultats

### Contribution des variables à la distribution des quatre sources de propagation du Lassa

Les histogrammes de la figure 1 ont illustré une construction de la contribution des variables à la distribution des quatre sources de propagation du virus Lassa.

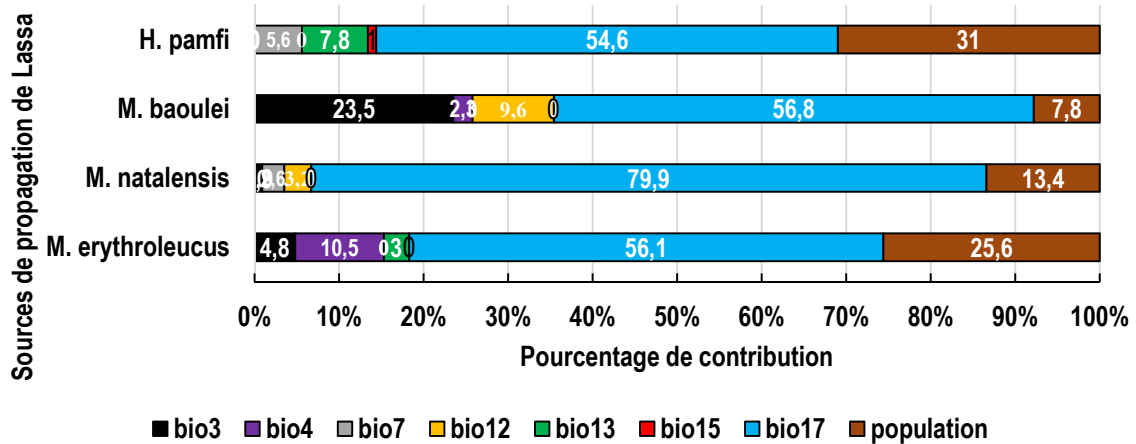


Figure 1. Contribution des variables à la distribution des quatre sources de propagation de virus Lassa

Source : <https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim>

Les huit variables suivantes relatives tant à la précipitation qu'à la température ont contribué à la distribution spatiale des quatre sources de propagation en raison de cinq variables par espèce (figure 1) bio17 (Précipitations du trimestre le plus sec) ; bio15 (Saisonnalité des précipitations) ; bio13 (Précipitations du mois le plus humide) ; bio12 (Précipitations annuelles totales) ; bio3 (Isothermalité) ; bio4 (Saisonnalité des températures) ; bio7 (Écart annuel des températures) puis de la densité de la population. Globalement, la variable de la précipitation bio17 a contribué plus pour la distribution des quatre sources de propagation du virus hémorragique Lassa. Cette contribution était de l'ordre de 56,8%, 56,1%, 79,9% et 54,6% respectivement pour *M. baoulei*, *M. erythroleucus*, *M. natalensis* et *H. pamfi*. La variable relative à la densité de la population était la deuxième variable ayant participé plus à la répartition spatiale de quatre espèces. Cette contribution était de 25,6% pour *M. erythroleucus*, de 13,4% pour *M. natalensis*, de 31% pour *H. pamfi* et de 7,8% pour *M. baoulei*. Les variables de la température avaient une contribution relativement faible à la distribution des quatre espèces. Les autres variables de précipitation bio12, bio13 et bio15 ont contribué seulement respectivement pour *M. baoulei* (9,6%), *M. natalensis* (3,2%) et *H. pamfi* (7,8% et 1%). Dans ce lot, la variable bio7 a contribué à hauteur de 2,5% et de 5,6% respectivement pour *M. natalensis* et *H. pamfi*. La variable bio3 a contribué pour la distribution de *M. baoulei*, *M. erythroleucus* et *M. natalensis* avec un taux de contribution respectif de 23,5%, 4,8% et 0,9%. Par ailleurs, la variable bio4 avait plus le pouvoir de contribution parmi les variables de température et a seulement contribué pour 10,5% à la distribution de *M. erythroleucus*.

### Robustesse des modèles utilisés

Les résultats des cinq répétitions de MaxEnt pour les quatre sources de propagation du virus Lassa ont montré un AUC entre 0,87 et 0,96. Dans le tableau 3 a été présentée la performance des modèles avec AUC et le seuil de favorabilité des habitats.

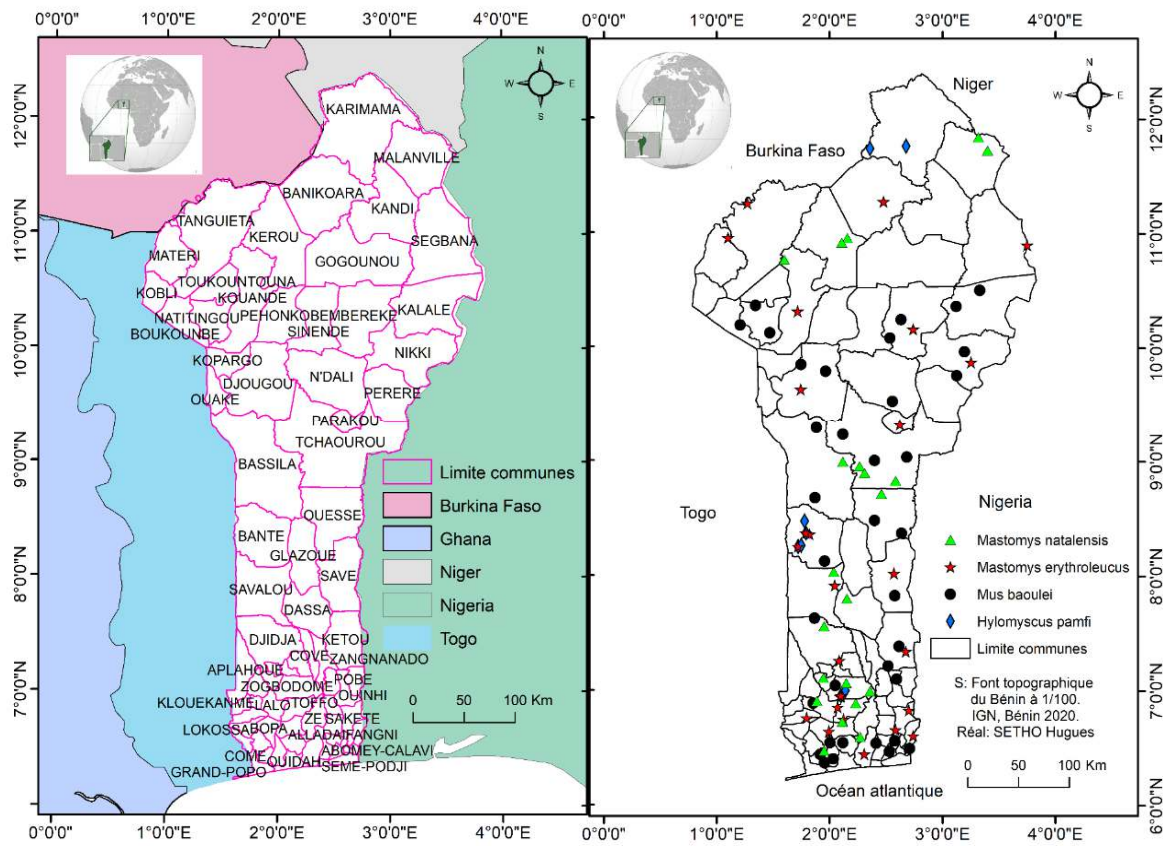
Tableau 3. La performance des modèles avec AUC (Area Under the Curve) et le seuil de favorabilité des habitats

Espèce	Area Under the Curve (AUC)
<i>Mastomys erythroleucus</i>	0,92
<i>Mastomys natalensis</i>	0,87
<i>Mus baoulei</i>	0,96
<i>Hylomyscus pamfi</i>	0,96

Source : Travaux de H. P. Setho, 2020

Concernant les occurrences des réservoirs en Afrique, sur la figure 2 a été illustrée une répartition selon les résultats obtenus, puis la distribution spatiale des quatre sources de propagation du virus de Lassa à l'échelle

du Bénin a été mise en évidence avec une forte occurrence de *Mus baoulei*, *Mastomys natalensis* et de *Mastomys Erythroleucus* dans le Sud-Bénin. Ainsi, une grande occurrence de *Mastomys natalensis* a été notée dans la commune de Tchaourou. De façon globale, *M. baoulei* avait une distribution plus large sur toute l'étendue du pays. En revanche, la région nord présentait plus d'occurrence de *Mastomys erythroleucus*.



1.

Figure 2. Distribution spatiale des quatre sources de propagation du virus Lassa à l'échelle du Bénin

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

Sources : GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et Articles

Concernant l'Afrique de l'Ouest, la provenance des occurrences et leur effectif ont été présentés par le tableau 4.

Tableau 4. Provenance des occurrences et leur effectif à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest

Espèce	Source des occurrences		Total
	GBIF	Articles	
<i>Mastomys natalensis</i>	100	46	146
<i>Mastomys erythroleucus</i>	48	23	71
<i>Mus baoulei</i>	58	0	58
<i>Hylomyscus pamfi</i>	11	15	26
<b>Total</b>	<b>217</b>	<b>84</b>	<b>301</b>

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

Sources : GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et Articles

Pour les quatre espèces en Afrique de l'Ouest, 217 occurrences ont été tirées de la base GBIF et 84 des articles donnant au total 301 occurrences. Après la modélisation dans MaxEnt, les résultats obtenus ont été présentés par la figure 3. Sur la figure 3 a été révélée une occurrence étendue de *Mastomys natalensis* surtout au sud des pays de l'Afrique de l'ouest (Nigeria, Bénin, Niger, Togo, Ghana, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Liberia, Sierra-Leone, Mali, Guinée et le Sénégal). Concernant *Hylomyscus pamfi*, l'espèce a été observée au Nigeria, au Bénin et au Togo tandis que *Mastomys erythroleucus* se retrouvait majoritairement au Bénin et au Togo et

en faible occurrence en Sierra-Leone. L'espèce *Mus baoulei* a été fortement retrouvée au Bénin et Togo mais faiblement en Guinée Conakry.

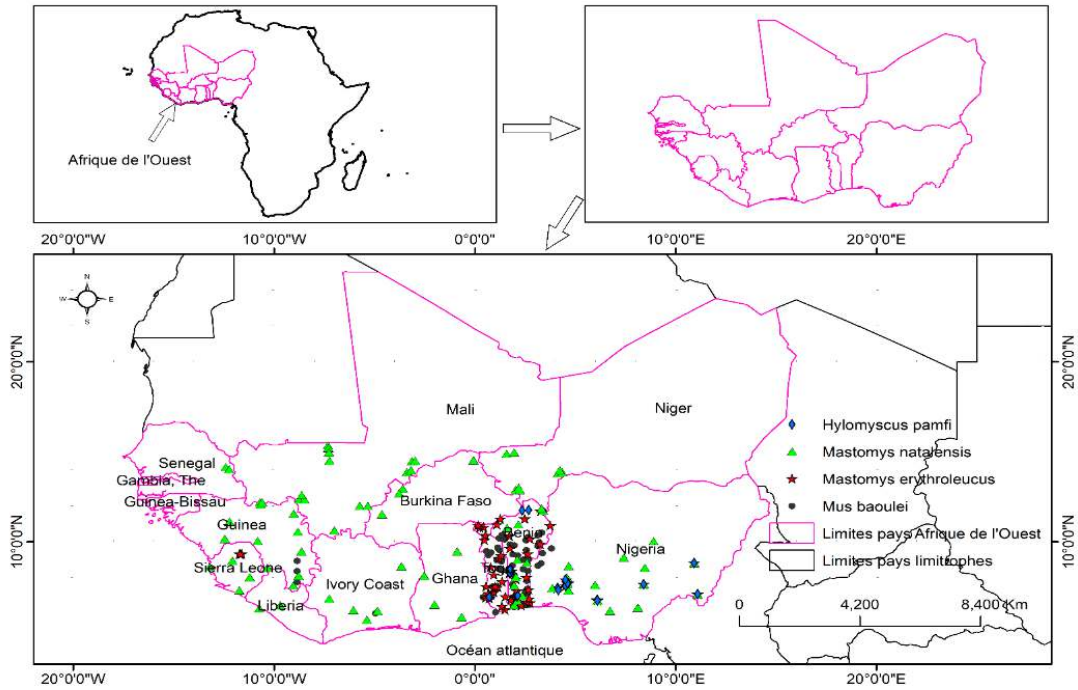


Figure 3. Distribution spatiale des quatre sources de propagation du virus lassa à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

Sources : GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) et Articles

**Distribution présente et future des quatre sources de propagation de virus Lassa à l'échelle du Bénin**

La distribution actuelle et future des quatre sources de propagation de virus à l'origine des Fièvres Hémorragique Lassa donnait une tendance relativement stable à l'échelle du Bénin comme cela a été illustré sur les figures 4, 5, 6 et 7.

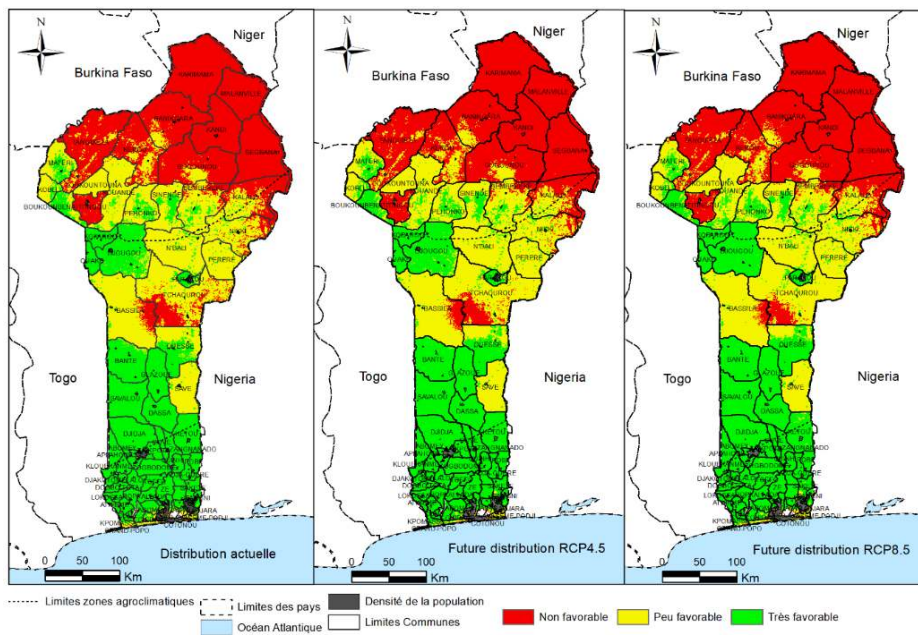


Figure 4. Distribution actuelle et future de *Mastomys erythroleucus*

Source : Travaux H. P. Setho 2020

Sur la figure 4 a été présentée la distribution actuelle et future de *Mastomys erythroleucus*. Cette espèce était fortement distribuée dans la zone Guinéo-Congolaise sauf le long de la côte des communes de Ouidah, Sèmè-Kpodji et de Grand-Popo où la distribution a été moyenne. Au niveau de la zone Soudano-Guinéenne, une forte distribution de l'espèce a existé dans les communes de Aplahoué, Djidja, Dassa, Savalou, Glazoué, Bantè, Djougou, Parakou, Ouaké et Kopargo. Par contre elle avait une distribution moyenne dans les communes de Savè, Bassila, N'dali, Pérèrè, le nord-ouest de Tchaourou et du centre au nord-sud-ouest de Nikki. Le côté nord-est de Nikki, le sud-ouest de Tchaourou ainsi que l'est de Bassila n'étaient pas favorables à la distribution de l'espèce dans les conditions actuelles et futures. Concernant la zone Soudanienne, seules les communes de Boukounbé, le centre de Matéri, Péhonko et de Sinandé étaient très favorables à la distribution de l'espèce. La projection de ces distributions actuelles à l'horizon 2055 indiquait une stabilité avec les scénarios RCP4.5 et RCP8.5.

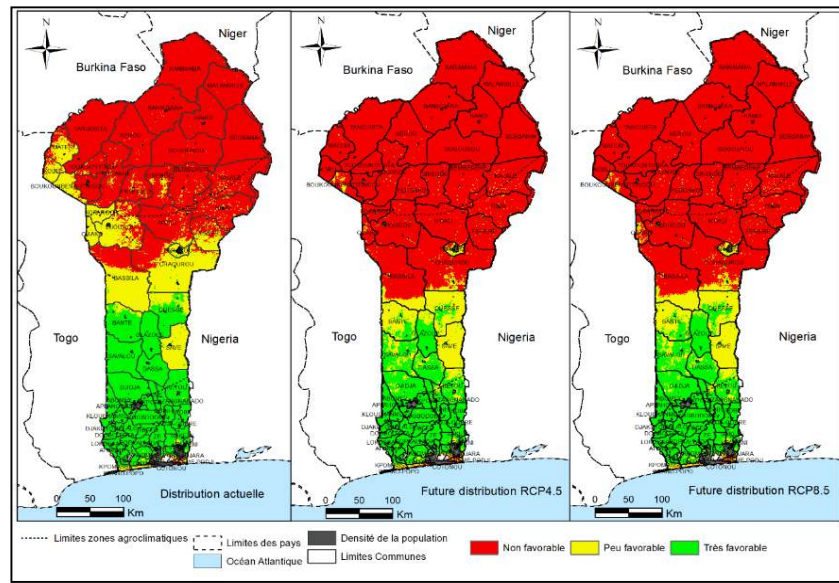


Figure 5. Distribution actuelle et future de *Hylomyscus pamfi*

Source : Travaux H. P. Setho 2020

Concernant *Hylomyscus pamfi*, la distribution dans la zone Guinéo-Congolaise était similaire à celle de *Mastomys erythroleucus* (figure 5). La même observation était faite dans la zone Soudano-Guinéenne à l'exception des communes de Djougou, Parakou, Ouaké et Kopargo, Savè, sud de Bassila et de Pérèrè qui étaient moyennement favorables tandis que les communes de N'dali, Nikki, Nord-est de Tchaourou et le nord de (Pérèrè et de Bassila) n'étaient pas favorables pour l'espèce. Dans la zone Soudanienne, hormis les communes de Boukounbé, Koubli et de Matéri qui étaient peu favorables, le reste des communes n'était pas favorable à la distribution de l'espèce. Bien qu'une stabilité d'habitat soit notée pour cette espèce dans le futur, les modèles a révélé une légère expansion des habitats non favorables vers le sud Bénin avec les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5). En conséquence, les communes de Bassila et de Tchaourou ne pouvaient être pas favorables à l'espèce. De même, une réduction relative des habitats a été notée dans les communes de Savalou, Bantè, Ouèssè, Kétou, Dassa, Glazoué et de Djidja qui pouvaient être moyennement favorables. Une légère expansion a été notée avec le scénario pessimiste (RCP8.5) au niveau des communes de Ouèssè et de Glazoué comparativement au RCP4.5.

Dans les conditions actuelle, *Mastomys Natalensis* (figure 6) avait une distribution relativement similaire à celle de *Mastomys erythroleucus* dans les trois zones agroclimatiques. Cependant, une exception a été observée quant à la poche d'habitat non favorable dans le sud-ouest de Tchaourou ainsi qu'à l'est de Bassila pour le *M. erythroleucus*. De même, cette similarité a été notée à l'horizon 2055 avec les deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5).

Dans les conditions actuelles, les zones à forte densité humaine étaient relativement concernées par la prévalence de Lassa via *Mus baoulei* (figure 7). Néanmoins, les localités de Kétou, Dassa, Savè, Tchaourou et Natitingou étaient moins favorables à la distribution de *M. baoulei*. Les communes de Kandi, Ségbana, Banikoara, Kérou, Malanville, Tanguéta et Kalalé n'étaient pas favorables à la distribution de cette espèce. Concernant les modèles de futur a été notée une globale stabilité spatiale de l'espèce. Cependant, un recul a été nettement observé dans les zones à très forte densité humaine à savoir Cotonou, Abomey-Calavi, Porto-Novo. Ce recul a été plus prononcé avec le scénario RCP8.5 que le RCP4.5. Par ailleurs, une grande partie de Tchaourou pouvait être moins favorable à la distribution de l'espèce avec plutôt le RCP4.5 que le RCP8.5.



Contrairement à la commune de Tchaourou, la commune de Natitingou pouvait être plus favorable à la distribution de l'espèce avec les deux scénarios.

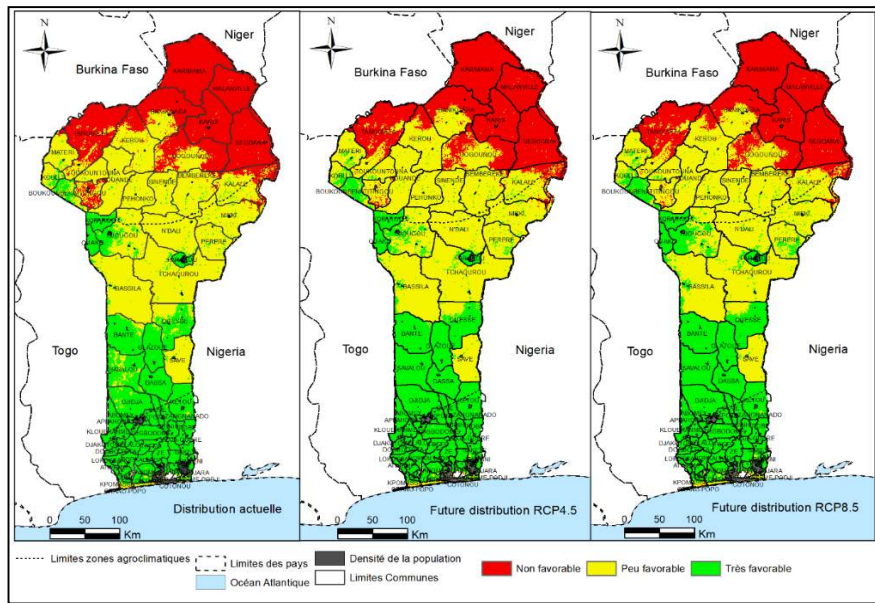


Figure 6. Distribution actuelle et future de *Mastomys natalensis*

Source : Travaux H. P. Setho 2020

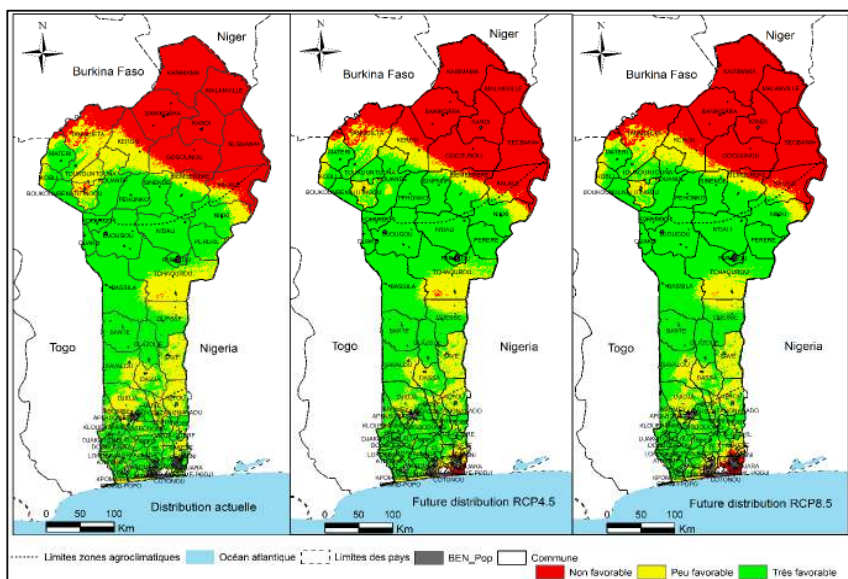


Figure 7. Distribution actuelle et future de *Mus baoulei*

Source : Travaux H. P. Setho 2020

L'analyse globale de la dynamique des aires probables d'occurrence des sources de propagation de virus Lassa dans le futur a indiqué que les aires de *M. baoulei*, *M. natalensis* et *M. erythroleucus* pourraient s'augmenter de (3,23% ; 1,92%), (1,50% ; 2,91%) et (1,30% ; 2,19%) respectivement sous les scénarios RCP4.54 et RCP8.5 à l'horizon 2055. Par contre pour *H. pamfi*, les zones favorables pouvaient diminuer de (5,19%) et (4,45%) respectivement sous les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2055. Une particularité a été notée pour *M. baoulei* (3,23% vs 1,91%) et *H. pamfi* (5,19% vs 4,45%) où le scénario optimiste RCP4.5 a montré une tendance plus sévère pour ces deux espèces dans le temps. Dans le tableau 5 a été présentée cette dynamique des aires favorables.

Tableau 5. Dynamique des aires favorables/non favorables aux réservoirs du virus Lassa au Bénin

Favorabilité (%)	<i>M. baoulei</i>		<i>M. natalensis</i>		<i>M. erythroleucus</i>		<i>H. pamfi</i>	
	RCP45	RCP85	RCP45	RCP85	RCP45	RCP85	RCP45	RCP85
Non favorable	1,25	2,18	-1,83	-2,28	-0,90	-1,20	13,87	13,11
Peu favorable	-4,48	-4,09	0,33	-0,63	-0,40	-0,99	-8,68	-8,66
Très favorable	3,23	1,91	1,50	2,91	1,30	2,19	-5,19	-4,45

Source : Travaux H. P. Setho 2020

**Distribution présente et future des quatre sources de propagation de virus Lassa à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest**

A l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, la distribution présente et future des quatre sources de propagation de virus de Lassa a été présentée sur la figure 8.

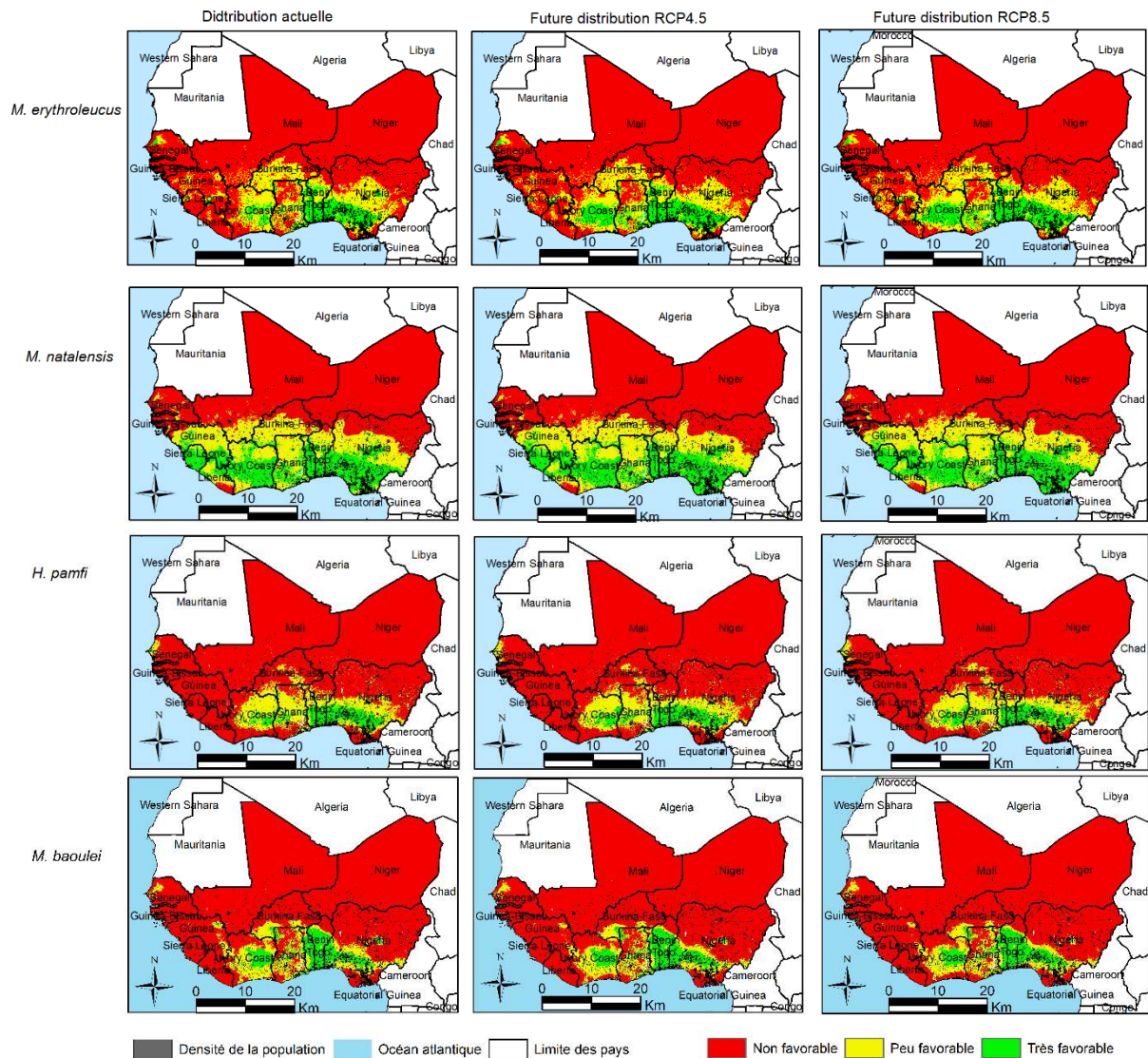


Figure 8. Distribution présente et future des quatre sources de propagation de virus Lassa à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest

Source : Travaux H. P. Setho 2020

Au niveau de l'Afrique de l'ouest (figure 8), la distribution actuelle était beaucoup plus large pour *M. natalensis* contrairement à *M. erythroleucus*, *M. baoulei* et *H. pamfi* qui avaient une distribution un peu plus étroite et centrée au niveau du Nigeria, Bénin, Togo, Ghana et la Côte-d'Ivoire. A l'horizon 2055, une légère expansion a été notée pour l'espèce *M. erythroleucus* au centre et au sud de Ghana. Pour les deux autres espèces un

changement palpable n'est pas observé dans le futur en comparaison avec la distribution actuelle. Toutefois, les pays comme le Niger, Mali, Gambie, Sierra-Leone, Guinée Bissau, Guinée Conakry, Liberia et le Sénégal, n'ont pas présenté de conditions favorables à la distribution de *M. erythroleucus* et *H. pamfi* dans le présent et future. Les conditions n'ont pas favorisé la distribution présente et future de *M. Natalensis* en Guinée, Niger, Mali et Gambie. Pour *M. baoulei*, aucun changement palpable n'a été observé par rapport à la distribution dans les conditions actuelles.

## Discussion

### Variables contributrices à la distribution

Afin de garantir la qualité du modèle utilisé à travers l'Area Under the Curve (AUC), Swets (1988) propose pour assurer la fiabilité du modèle des valeurs de l'AUC > 0,90. Pour les espèces *M. natalensis*, *M. erythroleucus*, *M. baoulei* et *H. pamfi* étudiées les valeurs varient entre 0,87 et 0,96. Par conséquent, les modèles sont relativement bons pour prédire leurs distributions présentes et futures. Le modèle MaxEnt utilisé présente certains points forts qui se traduisent par son aptitude à intégrer des données de présence en complément des variables environnementales sur la zone d'étude (Lahoz-Monfort *et al.*, 2010 ; Pearson *et al.*, 2006 ; Peck *et al.*, 2010). Dans la pratique, MaxEnt a aussi comme avantage d'accepter pour la modélisation les données quantitatives et qualitatives. Thorn *et al.* (2009) conseillent l'utilisation de MaxEnt dans les études de distribution géographique des espèces. De même, des algorithmes déterministes efficaces ont été développés car ils garantissent une convergence vers la distribution optimale (Elith *et al.*, 2011). Toutefois, l'application du modèle MaxEnt a certaines limites. Entre autres, une trop forte autocorrélation spatiale dans les données d'observation peut faire apparaître des biais dans les prédictions (Peck *et al.*, 2010).

Afin d'apprécier l'impact des changements climatiques actuels et futurs sur l'étendue des aires favorables à la prolifération des réservoirs au Bénin à l'horizon 2055, les variables relatives à la précipitation et à la démographie contribuent plus à la distribution des quatre espèces réservoirs du virus Lassa. Par contre pour Redding *et al.* (2016), c'est la densité humaine qui contribue plus à la distribution de *Mastomys natalensis*. Cette différence peut s'expliquer par le fait qu'ils ont utilisés les occurrences des épidémies (les points de prévalence de la maladie) et non celles des réservoirs comme dans notre cas. De même, la résolution utilisée par ces auteurs est de 5 km au lieu d'un (01) km utilisé pour nos modèles. En revanche, la prise en compte des facteurs les plus importants dans le modèle garantit la qualité des résultats trouvés comme le confirment Saliou *et al.* (2015) « Du fait que la modélisation de la distribution potentielle ait pris en compte les facteurs limitants les plus importants dans la distribution des espèces (température et précipitation), du crédit peut être accordé à la qualité des résultats obtenus ».

Dans le cadre de cette recherche le choix a été porté sur la modélisation des niches écologiques qui a souvent été citée comme un puissant outil pour cartographier la distribution actuelle et future des espèces et prédire l'impact des changements climatiques sur leur distribution (Van Zonneveld *et al.*, 2009).

### Dynamique spatio-temporelle des quatre réservoirs

La distribution présente et future des quatre sources de propagation du virus Lassa donne une tendance relativement stable à l'échelle du Bénin, quel que soit les scénarii climatiques. Les scénarios donnent une tendance stable malgré la variation dans le temps des deux variables les plus contributrices (précipitation bio17 et la densité de la population) à la distribution spatiale des habitats actuellement très favorables à ces quatre espèces à l'horizon 2055. En d'autres termes, les changements climatiques auront un impact très faible sur les sources de propagation du virus de Lassa, ceci malgré leur évidence comme l'affirme Gbesso (2013), « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque ». Ces résultats sont en phase avec ceux de Redding *et al.* (2016) qui confirment que le changement de paysage dû aux changements climatiques a un effet moins puissant sur les débordements des réservoirs que sur l'expansion du virus dans les communautés. « Landscape change has a less powerful effect on spillovers ». Même si ces auteurs n'ont pas utilisé la même méthode et n'ont travaillé que sur *M. Natalensis*, ils confirment la tendance relativement stable. Toutefois, ils concluent qu'à l'avenir, le virus de Lassa est susceptible de devenir un plus grand fardeau pour les communautés locales s'étendant à plus de zones avec environ deux fois plus d'événements de débordement prévus d'ici 2070. De même, dans les conditions actuelles et futures, le risque de propagation du virus est corrélé à la densité humaine ; le paradoxe reste que cela n'explique pas la transmission de la maladie de l'animal à l'homme comme expliqué précédemment. En effet, les travaux de Redding *et al.* (2016) ont révélé la diminution par exemple des *Mastomys* dans les zones urbaines depuis 2015. Ce qui pourrait expliquer la stabilité observée à l'horizon 2055. Les travaux de Kouassi *et al.* (2010) qui affirment que « Malgré les perturbations des différentes saisons de l'année, les régimes pluviométriques mensuels n'ont pas été changés » corroborent aussi nos résultats. Par ailleurs, les résultats de Dossou *et al.* (2015), corroborent la relative tendance stable. Il convient cependant de noter que notre recherche montre qu'une légère expansion des réservoirs est à signaler dans la commune de Ouèssè. Dans les conditions actuelles, *M. natalensis* une

distribution relativement similaire à celle de *M. erythroleucus* dans les trois zones agroclimatiques exception faite de la poche d'habitats non favorables observée dans le sud-ouest de Tchaourou et de Bassila pour le *M. erythroleucus*. Ces résultats sont concordants à certains points de vue avec ceux de Houemenou *et al.* (2018) qui affirment ce qui suit : « le recul de *Mastomys* par rapport aux rats noirs dans les villes béninoises signifierait également un recul du risque de circulation du virus de Lassa dans les milieux urbains du pays. La prévention et le contrôle de cette fièvre hémorragique qui sévit désormais chaque année au Bénin depuis 2015 devraient alors se concentrer essentiellement sur les zones péri-urbaines et rurales où les *Mastomys* sont encore présents et majoritaires ». Toutefois, certains facteurs comme la capacité de dispersion des espèces, la capacité de leur reproduction, le mode de transmission du virus entre espèces réservoirs et les catastrophes sont des incertitudes qui peuvent influencer cette prédiction.

### Importance de l'étude et limites des modèles

La température à l'échelle mondiale est prévue s'augmenter environ 2.6–4.8 °C à l'horizon 2100 (IPCC, 2013). Sous cette augmentation, une stabilité relative en termes de zone de distribution spatiale est prévue pour les 4 espèces dans le cadre de ce travail. En d'autres mots, l'influence des facteurs bioclimatiques ne favorisera par une grande expansion des quatre réservoirs. Toutefois, l'existence de foyers actifs au Bénin peut renforcer la rapide propagation du virus. Cela implique donc, que les sensibilisations doivent être accentuées comme dans le contexte de la crise sanitaire de la COVID-19. A titre d'exemple, les cas de virus Ebola ont refait surface en Congo Kinshasa et Guinée Conakry en ces derniers jours à cause de relâchement des mesures préventives au détriment de la COVID-19. Cependant, ce travail présente certaines limites qui sont liées d'une part aux données utilisées en particulier des données d'occurrences qui ne sont pas directement collectées sur le terrain. Aussi, il y a souvent des incertitudes liées à chaque modèle de prédiction qui peuvent en réalité influencer les résultats de travail. D'ailleurs, tous les modèles sont faux mais certains sont utiles (Georges Box, 1976). L'utilité ici réside dans la priorité à donner à d'autres facteurs pour une alerte sur le virus Lassa dans les conditions actuelles et futures. Par ailleurs, ces modèles ont été très critiqués compte tenu de leurs faiblesses quant à prédire l'impact des changements climatiques sur la répartition géographique des espèces. Au nombre de ces faiblesses, on peut citer les incertitudes liées aux modèles utilisés, les difficultés à paramétrer les interactions écologiques, les réponses idiosyncratiques individuelles des espèces aux changements climatiques, les limitations de disséminations spécifiques à chaque espèce, la plasticité des limites physiologiques et les réponses adaptatives des agents disséminateurs (Schwartz, 2012).

### Conclusion

L'objectif de l'étude, celui d'apprécier l'impact des changements climatiques actuels et futurs sur l'étendue des aires favorables à la prolifération des réservoirs au Bénin et en Afrique de l'Ouest à l'horizon 2055 est atteint. Les résultats montrent que la distribution actuelle et future des sources de propagation des FHVL donne une tendance relativement stable à l'échelle du Bénin quels que soient les scénarii climatiques malgré la variation dans le temps des deux variables les plus contributrices (précipitation bio17 et la densité de la population). En d'autres mots, l'exposition des populations à l'infection au virus de Lassa par zoonose va être sensiblement similaire au Bénin et en Afrique de l'Ouest car, l'impact des changements climatiques (CC) actuels et futurs sur l'étendue des zones favorables à la prolifération des réservoirs au Bénin et en Afrique de l'Ouest à l'horizon 2055 reste peu perceptible. Toutefois, avec cette tendance stable, les infections interhumaines pourraient alourdir l'impact des FHVL si des dispositions de prévention ne sont pas prises. Ainsi, cela implique que les activités intégrées de prévention doivent être accentuées comme dans le cas de la COVID-19 car les foyers sont toujours actifs. Notre recherche oriente les actions de lutte contre les épidémies du Lassa plutôt vers ces types d'activités car l'influence des facteurs relatifs aux changements climatiques sur l'expansion des réservoirs reste peu évidente.

### Références bibliographiques

- Adam, K. S., Boko, M., 1983 : Le Bénin. Ed. EDICEF, Paris, 98 p.
- Ahossi, E. C., 2019 : Soins infirmiers en contexte d'épidémie à mortalité rapide : cas de la fièvre hémorragique à Virus Lassa au Bénin : un défi professionnel. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, Canada, 404 p.
- Boko, M., 1992 : Saisons et types de temps au Bénin : analyse objective et perceptions populaires. L'Espace géographique, 21-4, pp. 321-332.
- Dossou, H. J. D. K., G. Houémènou, B. Tenté, G. A. Mensah, 2015 : « Inventaire des rongeurs et de leurs ectoparasites en milieu urbain au Bénin : transmission possible de zoonoses », 545 – 573
- Elith, J., Graham, C. H., 2009: Do they? How do they? WHY do they differ? ... on finding reasons for differing performances of species distribution models, *Ecography* 32: 66–77
- Gbesso, F. H. G., B. H. A. Tente, N. G. Gouwakinnou, B. A. Sinsin, 2013 : Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae) au Bénin, *J. Biol. Chem. Sci.* 7(5) : October, 2007-2018

- Hoteyi, M. I., S. Adjinda, 2018 : Plan de Gestion Intégrée des Vecteurs et des Pestes : projet Redisse III/Bénin, 91 p.
- Houemenou, G., J. Dossou, S. Badou, J. Etougbetche, D. Agossou, A. K. Youssao, G. Dobigny, 2018 : Rongeurs domestiques et péri-domestiques des milieux urbains et péri-urbains du Sud-Bénin : implications pour la santé publique, *Revue Internationale des Sciences Appliquées*, 36 - 41
- Houot, A., 2016 : Le Virus Ebola, de sa découverte au développement d'une vaccination efficace. *Sciences pharmaceutiques*, 154 p.
- Idohou, R., A. T. Peterson, A. E. Assogbadjo, R. L. Vihotogbe, E. Padonou, R. Glèlè Kakaï, 2017: Identification of potential areas for wild palm cultivation in the Republic of Benin through remote sensing and ecological niche modeling, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, 1383-1393
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY USA, 1132 p.
- Kouassi, A. M., K. F. Kouamé, Y. B. Koffi, K. B. Dje, J. E. Paturel, S. Oulare, 2010 : Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, *Revue européenne de géographie, Environnement, Nature, Paysage*, 28 p.
- Lahoz-Monfort, J.J., G. Guillera-Aroita, E.J. Milner-Gulland, R.P. Young, E. Nicholson, 2010: Satellite imagery as a single source of predictor variables for habitat suitability modelling: How Landsat can inform the conservation of a critically endangered lemur. *J. Appl. Ecol.*, 47 : 1094-1102.
- Morillon, M., H. Tolou, 1998 : Les fièvres hémorragiques virales, *La Lettre de l'Infectiologue - Tome XIII - n° 9 - novembre, pathologie*, 419-428
- Olayemi, A., D. Cadar, N'Faly Magassouba, A. Obadare, F. Kourouma, A. Oyeyiola, S. Fasogbon, J. Igbokwe, T. Rieger, S. Bockholt, H. Jérôme, J. Schmidt-Chanasit, M. Garigliany, S. Lorenzen, F. Igbahenah, Jean-Nicolas Fichet, D. Ortsega, D. Omilabu, S. Günther, Fichet-Calvet E., 2016: « New Hosts of The Lassa Virus » *Sci Rep*. May 3;6:25280 , 6 p.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2011 : Deuxième édition du guide technique de la surveillance intégrée de la maladie et la riposte dans la région africaine, 439 p.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2018 : Rapport annuel 2017 – 2018, activités de l'OMS dans la région africaine, 52 p.
- Pearson, R.G., C.J. Raxworthy, M. Nakamura, P. Townsend, 2006: Predicting species distributions from small numbers of occurrences records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeogr.*, 34: 102-117.
- Peck, M., J. Thorn, A. Mariscal, A. Baird, D. Tirira, D. Kniveton, 2010: Focusing conservation effort for the critically endangered Brown-headed Spider Monkey (*Ateles fusciceps*) using remote sensing, modeling, and playback survey methods. *Intern. J. Primatol.*, 32: 134-148.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, R. Schapire, 2006: « Maximum entropy modeling of species geographic distributions » *Ecological modelling*, 190, 231-259.
- Redding, D. W., L. M. Moses, A. A. Cunningham, J. Wood, K. E. Jones, 2016: Environmental-mechanistic modelling of the impact of global change on human zoonotic disease emergence: a case study of Lassa fever, *Methods in Ecology and Evolution*, 7, special feature: 5th anniversary of methods in ecology and evolution, 646–655.
- RÉFIPS (Réseau francophone international pour la promotion de la santé), région des Amériques, 2020 : La relation entre les inégalités sociales et les zoonoses, 94 p.
- Saliou, A., M. Oumou, B. 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), 342-353.
- Sampoux, J. P., Badeau, V., 2009: Empirical niche modelling of the spontaneous diversity of forage and turf species to improve collection and ex situ conservation. In: Huyghe C (ed) *Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding*. Springer, Dordrecht, 29-40.
- Schwartz, M. W., 2012: Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biol. Conserv.*, 155: 149-156.
- Swets, J., 1988: Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240: 1285-1293.
- Thom, J.S., V. Nijman, D. Smith, K. Nekaris, 2009: Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (*Primates: Nycticebus*). *Diversity and distributions*, 15, 289-298.
- Van Zonneveld, M., J. Koskela, B. Vinceti, A. Jarvis, 2009: Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia. *Unasylva*, 231/232: 24-29.

[www.gbif.org](http://www.gbif.org)

<https://webfiles.york.ac.uk/KITE/AfriClim>.