

UNIVERSITE DE LOME
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

*Revue du Laboratoire de Recherches
Biogéographiques et d'Etudes Environnementales
(LaRBE)*



PRESSES DE L'UL

Treizième Numéro

Lomé,

Décembre 2016

Directeur de publication : Prof. Thiou Tanzidani Komlan TCHAMIE, Université de Lomé, Togo.

Rédacteur en Chef : Prof. Lalle Yendoukoa LARE, Université de Lomé

Secrétariat de publication : Aklesso MOUZOU, Bawoubadi Edem SABI, Ataféi PEWISSI, Wiyao POUTOULI, Amah-Edih KOUYA, Atiyihwè AWESSO, Tchaa BOUKPESSI, Abdourazakou ALASSANE, Minkilibé Paulin DJANGBEDJA, Paroussiè Wiyao TAKOU, Atina BADAMELI, Faya LEMOU, Jean-Bosco VODOUNOU.

Comité Scientifique :

Firmin ADJOHOSSOU (Cotonou, Bénin); Pascal AFFATON (Marseille , France); Abel AFOUDA (Cotonou, Bénin); Yao AGBOSSOUMONDE (Lomé, Togo); Kodjo AKLIKOKOU (Lomé, Togo); Koffi AKPAGANA (Lomé, Togo); Abdoul-Salam BÂ (Bamako, Mali); Komlan BATAWILA (Lomé, Togo); Ibrahim BOUZOU-MOUSSA (Niamey, Niger); Akpovi KOEGNINOU (Cotonou, Bénin); Napo Pierre ALI (Lomé, Togo); Sabiba Kou'Santa AMOUZOU (Lomé, Togo); Moctar BAWA (Lomé, Togo); Kossi S. M. BADAMELI (Kara, Togo); Michel BOKO (Cotonou, Bénin); Essowè BOUWESSIDJAO (Lomé, Togo); Kwami DIKENOU (Lomé, Togo); Gbandi DJANEYE-BOUNDJOU (Lomé, Togo); Eustache GANTHA-BOKONO (Cotonou, Bénin); Gnon BABA (Kara, Togo); Mawuéna Y. GUMEDZOE (Lomé, Togo); Mensanvi GBEASSOR (Lomé, Togo); Atsu Koudzo GUELLY (Lomé, Togo); Jean C. HOUNDAGBA (Cotonou, Bénin); Chrsitophe HOUSSOU (Cotonou, Bénin); Koffi DJONDO (Lomé, Togo); Kodjona KADANGA (Lomé, Togo); Fodouop KENGNE (Yaoundé, Cameroun); Koffi Koba (Lomé, Togo); Koffi KILI (Lomé, Togo); Kouamé KOKOU (Lomé, Togo); Honoré K. KOUMAGLO (Lomé, Togo); Kossi NAPO (Lomé, Togo); Abou Nappou (Ouagadougou, Burkina-Faso); Komi KOSSI-TITRIKOU (Lomé, Togo); Lalle Richard LARE (Lomé, Togo); Euloge OGOUWALE (Cotonou, Bénin); Messan Komla NUBUKPO (Lomé, Togo); François de Charles OUEDRAOGO (Ouagadougou, Burkina Faso); Georges ROSSI (Bordeaux, France); Mamadou SALL (Dakar, Sénégal); Komla SANDA (Lomé, Togo); Komlavi F. SEDDOH (Paris, France); Komla Peter SEGBOR (Lomé, Togo);

N’Koué SIMPARA (Lomé, Togo) ; Brice SINSIN (Cotonou, Bénin) ; Nestor SOKPON (Parakou, Bénin) ; Comlan de SOUZA (Lomé, Togo) ; Thiou T. K. TCHAMIE (Lomé, Togo) ; Ben-Sikhina TOGUEBAYE (Dakar, Sénégal) ; Adjima THIOMBIANO (Burkina-Faso) ; Koffi S. TOZO (Lomé, Togo) ; Kpèrkouma WALA (Lomé, Togo) ; Urbain WENMENGGA (Ouagadougou, Burkina Faso) ; Théophile ZOHOUN (Cotonou, Bénin) ; Tanga Pierre ZOUNGRANA (Ouagadougou, Burkina-Faso).

Comité de lecture : les lecteurs (referees) sont des scientifiques choisis de par le monde selon les champs thématiques des articles.

Sommaire

1. «Efficacité technique et économique de la production de riz dans les aménagements hydro-agricoles de la commune de Dogbo au Bénin » par D. SOHINTO, J. AGBODJOGBE, G.BIAOU et Brice A. SINSIN	5
2. «Evaluation et cartographie de la dégradation des terres des sites aurifères du Liptako nigérien par l'analyse multicritère couplée au SIG » par D. AMADOU MAINGUIRE et I. BOUZOU MOUSSA.....	31
3. «Recomposition spatiale et résilience des populations de Essakane face au climat et à l'exploitation aurifère » par L. YAMEOGO	31
4. «Stratégies d'adaptation des maraichers aux contraintes climatiques dans la commune de Materi (Bénin, Afrique de l'Ouest) » par M. IDANI, N. A. TCHASSAMA ; I. F. OUOROU BARRE et E. OGOUWALE.....	53
5. «Caractéristiques et exploitation des forêts de l'arrondissement de Fo-Boure au Bénin » par P. J. DOSSOU.....	81
6. «Pratiques traditionnelles paysannes dans les bas-fonds agricoles à Dano au Burkina Faso » par S. PALE, B. J. KIEMDE et D. E. C. DA.....	99
7. «Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (sud-est) du Togo à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat » par K. D. KPEDENOU, T. BOUKPESS et, T. K. T. TCHAMIE	119
8. «Instabilité du régime climatique et dynamique des systèmes pastoraux dans la commune de Sinende au Nord-Bénin » par H. S. TOTIN VODOUNON, L. G. DJOHY, E. AMOUSSOU et M. BOKO.....	137
9. «Atouts et contraintes de l'implantation du parc Sarakawa dans la vie socio-économique des populations riveraines » par P. AHE, M. DJANGBEDJA, A-E. KOUYA, A. ALASSANE, T.BOUKPESSI, B. A.SINSIN, et T. T. K. TCHAMIE.....	157
10. «Développement du tourisme dans la réserve de biosphère de la Pendjari (Commune de Tanguieta au nord-ouest du Bénin) » par A. KISSIRA.....	179
11. «Impacts des pratiques agricoles sur les composantes environnementales et stratégies endogènes de conservation de l'environnement dans la commune d'Adjohoun » par L. B. BIO BIGOU, H. A. KOMBIENI, A. KISSIRA et J. F. OUSSOU	199
12. «Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atacora au nord-ouest du Bénin » par P.D. KOMBIENOU, A. H. AZONTONDE, G. A. MENSAH et B. A. SINSIN.....	225
13. «Modélisation des niches climatiques de deux espèces d'oiseaux gibiers d'eau menacés sud du Bénin » par T. O. LOUGBÉGNON, J. T. C. CODJIA et M. R. LIBOIS.....	277

MODELISATION DES NICHES CLIMATIQUES DE DEUX ESPECES D'OISEAUX GIBIERS D'EAU MENACES AU SUD DU BENIN

Toussaint olou LOUGBÉGNON ^{1&2}, Jean T. Claude CODJIA ¹ &
M. Roland LIBOIS ²

¹ Ecole de Foresterie et d'Ingénierie du Bois (EFIB), Université
Nationale d'Agriculture de Porto-Novo (UNAP), Bénin

² Unité de Recherche Zoogéographique (URZ), Faculté des
Sciences, Université de Liège (ULG), Belgique

Résumé

Les oiseaux des milieux humides du sud du Bénin, sous climat subéquatorial, sont très menacés à cause de la pression des activités anthropiques. Certains d'entre eux sont très chassés comme oiseaux gibiers pour l'alimentation et les pratiques thérapeutiques par les populations autochtones. Les plus prisées sont : *Porphyrion alleni* et *Porphyrion porphyrio*. Pour prédire les habitats favorables au Bénin de ces espèces face aux effets des changements climatiques qui s'annoncent et éviter une érosion de la biodiversité du Bénin, une étude sur la modélisation de leurs niches climatiques a été faite.

La méthode de recensement des oiseaux utilisée est basée sur des points d'écoute de 15 minutes. Les différents outils et méthodes d'analyses utilisés ont concerné le géoréférencement des points des sites de présence des espèces et la modélisation de leur niche sous les modèles climatiques CCCMA (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis) et CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) à l'aide du programme MAXENT 3.3.2.

Les résultats ont montré que parmi les variables sélectionnées à la prédiction des modèles climatiques des deux espèces d'oiseaux gibiers d'eau, la distance au cours d'eau (Diswater) et l'altitude (alt) se sont révélées comme les variables environnementales ayant le plus contribué à la prédiction des modèles. En moyenne 74,32 % pour la variable distance par rapport au cours d'eau et 12,94 % pour l'altitude. La projection sous CCCMA et CSIRO en 2050 a montré qu'à l'échelle du Bénin, toutes les espèces se trouveront à l'avenir confinées dans des habitats de survie.

Ce travail contribue à la constitution d'une base de données pour la

prédiction des habitats de ces 2 espèces aviaires et peut être exploité à des fins d'aménagement et de conservation par les gestionnaires des aires protégées au Bénin.

Mots clés : Modélisation de l'habitat, *Porphyrio* spp., biodiversité, zone humide, sud du Bénin

Abstract

Birds of wetlands in southern of Benin are very threatened because of the human pressures. Some of them are very hunting like birds game for therapeutic, food and practices by local populations. More appraisals are: *Porphyrio alleni* and *Porphyrio porphyrio*.

To predict the habitats of these species for the effects of climatic changes which are announced and to avoid a biodiversity decline in Benin, a study on the modeling of climatic niches was doing on these 2 species in Ramsar sites 1017 and 1018.

The bird's census method used is based on point's count of 15 minutes. The various tools and methods for analyses used related to coordinate points of the presence sites of species and modeling of their niche under the climatic models CCCMA (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis) et CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) using MAXENT 3.3.2. program.

Results showed that among the variables selected with the prediction of climatic models of the two species of water birds, the distance water (Diswater) and altitude (alt) appeared like the environmental variables having more contributed to the prediction of the models.

On average 74.32 % for the variable outdistance compared to 12.94 % and river for altitude.

Projection under CCCMA and CSIRO in 2050 showed that on the scale of Benin, all the species will be in the future confined in habitats of survival.

This work contributes to constitute data base for the habitats prediction of these 2 birds' species and can be exploited for installation and conservation by managers of protected areas in Benin.

Keywords: birds game, climatic change, habitat, Westland, South Benin.

Introduction

Le rythme de dégradation des ressources naturelles, surtout fauniques, et les menaces d'extinction écologique de ces ressources sont au cœur des préoccupations internationales en matière de gestion durable de l'environnement. En prônant l'intégration des communautés rurales dans la gestion durable et la conservation des ressources naturelles, la nouvelle philosophie internationale en la matière, envisage ainsi la possibilité de concilier l'exploitation durable et la conservation des écosystèmes (Nguenang & Feteke, 2000).

L'appauvrissement de la richesse biologique de notre planète a suscité des préoccupations sans cesse croissantes. L'humanité toute entière reconnaît que la diversité biologique est menacée et qu'il fallait d'urgence améliorer l'utilisation des ressources biologiques. A tous les niveaux (international, régional ou national/local), la prise en compte de la faune sauvage ou de son habitat est aujourd'hui perçue comme une nécessité dans la mise en place des politiques de conservation de la biodiversité (Delassus *et al.*, 2009 ; Clap & Moral, 2010).

Le sud du Bénin, quoique recelant de nombreux écosystèmes riches et diversifiés, est dépourvu d'aires protégées et aucune politique adéquate de gestion intégrée de la diversité biologique n'y est mise en œuvre. Cette partie du pays, qui abrite plus de la moitié de la population nationale doit cependant faire face à de multiples problèmes environnementaux (pollution, surexploitation des ressources faunistiques et floristiques...) qui sont autant de freins à un développement harmonieux. Dans cette partie du Bénin, l'avifaune sauvage est beaucoup chassée. En effet, cette avifaune sauvage occupe une place de première importance, aussi bien dans l'alimentation que dans la pharmacopée et les rites religieux traditionnels. La faune des grands mammifères étant presque totalement éradiquée en dehors des Parcs Nationaux (Pendjari et W), les populations locales pauvres mettent à contribution les oiseaux en tant que source de protéines animales. En outre, certains oiseaux rentrent dans la composition de

plusieurs ingrédients et mixtures à propriétés thérapeutiques ou magique (Libois & Lougbégnon, 2003 ; Lougbégnon, 2006). Cet état de chose engendre de graves menaces sur certaines espèces qui sont aujourd'hui à un seuil de vulnérabilité important.

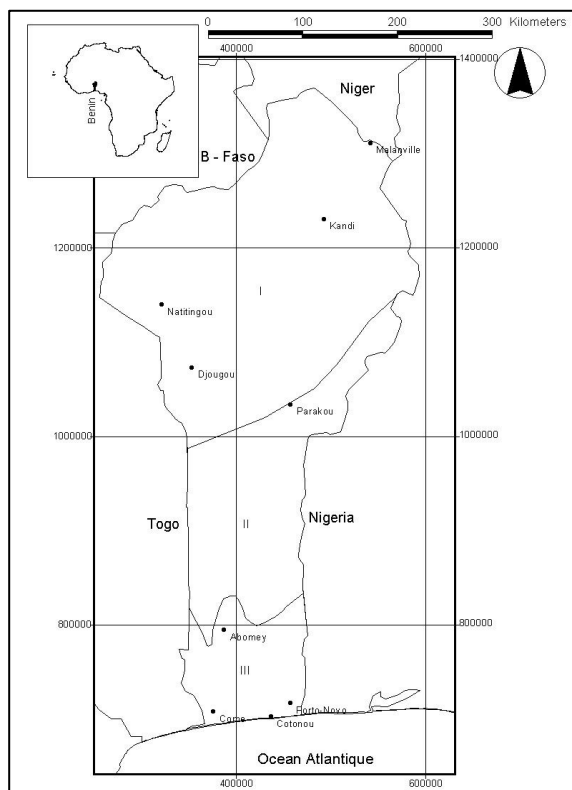
Certaines espèces d'oiseaux sont aujourd'hui rares ou menacées ; cela est essentiellement dû à diverses pressions anthropiques comme la chasse, la réduction des surfaces des écosystèmes, l'utilisation des pesticides (insecticides et herbicides), la demande croissante d'espace d'habitation autour des grandes villes (Lougbégnon & Libois, 2011). Ces menaces ont atteint une telle gravité que certaines espèces risquent de disparaître si rien n'est fait pour les protéger. Au nombre de ces espèces d'oiseaux y figurent : la talève d'Allen (*Porphyrio alleni*) et la talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) (Lougbégnon & Libois, 2011). Ces deux espèces d'oiseau d'eau vivent dans les zones humides du sud du Bénin notamment dans les prairies marécageuses. Ainsi, pour éviter cette perte du patrimoine de la biodiversité avienne du Bénin, il faut rapidement poser les bases de conservation de ces espèces vulnérables en capitalisant des données sur leurs habitats présent et futur. En effet deux formes de pressions majeures s'exercent sur ces espèces. Il s'agit de la pression de chasse ou cueillette et celle sur l'habitat. C'est pourquoi le choix de la présente étude sur la prédiction de la niche climatique de ces espèces pour assurer la conservation des habitats favorables. Ceux sont là des données indispensables pour poser les bases d'une conservation efficace de ces espèces.

L'objectif de l'étude est de capitaliser une base de données sur les habitats encore favorables au Bénin à deux espèces d'oiseaux gibiers menacés de disparition dans le sud du Bénin que sont *Porphyrio alleni* et *Porphyrio porphyrio*.

I. Matériels et méthode

1.1. Présentation du sud du Bénin

La recherche a été conduite dans la partie sud du Bénin (Bas-Bénin) au sud du 7^{ème} parallèle (latitude Nord) qui correspond à la région guinéenne ou subéquatoriale du Bénin (figure 1).



(Zone I : zone soudanienne, zone II : zone soudano-guinéenne et zone III : zone guinéenne (ou subéquatoriale). Les coordonnées sont en UTM

Figure 1 : Situation géographique du Bénin en Afrique et avec les pays limitrophes ainsi que les zones biogéographiques du Bénin

1.2. Caractéristiques climatiques et hydrographique du sud du Bénin

La nuance climatique du sud du Bénin est de type subéquatorial ou béninien (Adam & Boko, 1993). La température moyenne annuelle est de 27,5 °C. Sur la base de la répartition des précipitations, on distingue deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches intercalées (figure 2).

La première saison des pluies s'étend de mars à juin avec un maximum

en juin et la seconde de septembre à novembre, avec un maximum en octobre. La première saison sèche s'étend de juillet à août et la seconde, de décembre à mars (Lougbégnon, 2003). Les pluies sont concentrées entre les mois d'avril et de juin. Les moyennes pluviométriques annuelles varient entre 1.000 à 1.500 mm. L'hygrométrie moyenne est toujours supérieure à 60 % au cours de l'année (Lougbégnon, 2003).

L'insolation moyenne mesurée est de 1939 heures par an à Pobè, de 2055 heures par an à la station de recherche sur le cocotier à Sèmè et de 2402 heures par an à Cotonou (Lougbégnon, 2003).

La température moyenne oscille autour de 27,3 °C. L'humidité relative moyenne journalière est plus faible à 13 h et oscille autour de 60 %. Elle est plus élevée à 8 h (environ 90 %). La moyenne annuelle d'insolation est de l'ordre 2308 h. L'évapotranspiration potentielle varie d'une période à une autre, les faibles valeurs sont enregistrées en juin (119,30 mm en moyenne) tandis que les plus fortes sont enregistrées en mars (160,5 mm en moyenne) (figure 2).

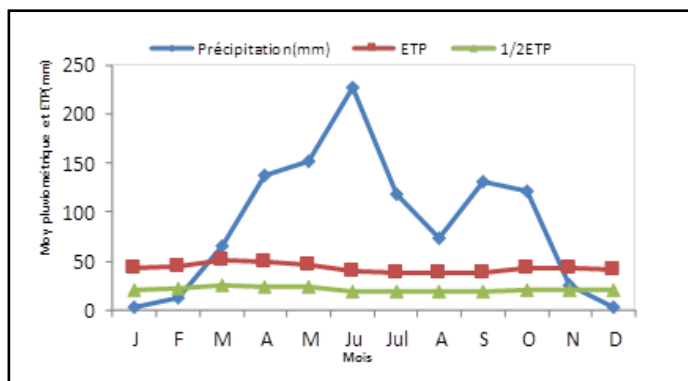


Figure 2 : diagramme climatique du milieu d'étude (source : ASECNA (2013))

1.3. Localisation des sites Ramsar du Sud du Bénin et des localités prospectées

Le Bénin possède plusieurs types de zones humides dont les plus importantes sont au sud. Dans cette partie du pays, les zones humides s'étendent d'est à l'ouest et sont subdivisées en deux complexes : le

complexe est et le complexe ouest. Les sites d'étude font partie de ces deux complexes qui ont été reconnus comme des zones humides d'importance internationale et figurent sur la liste établie par l'article 2.1 de la convention de Ramsar, respectivement sous les numéros 1017 et 1018, le 24 janvier 2000. Les principales localités investiguées lors de cette étude sont autour de la plaine inondable des marécages de Sèmè-Djèrègbé; la basse vallée de la rivière Sô (Sô-Ava, Ganvié, Sô-Zoukon, Sèdjè), la vallée de l'Ouémé (Tokpli, Agonlilowé, Aguégué), la forêt marécageuse de Lokoli (ou Hlazoun) à Zogbodomey, la forêt marécageuse du lac Azili (Agonvè dans Zangnanando), Togbin daho (Abomey-Calavi), Djègbadji (Ouidah), Yovocodji à Kpomassè, à Comè et à Grand Popo (figure 3).

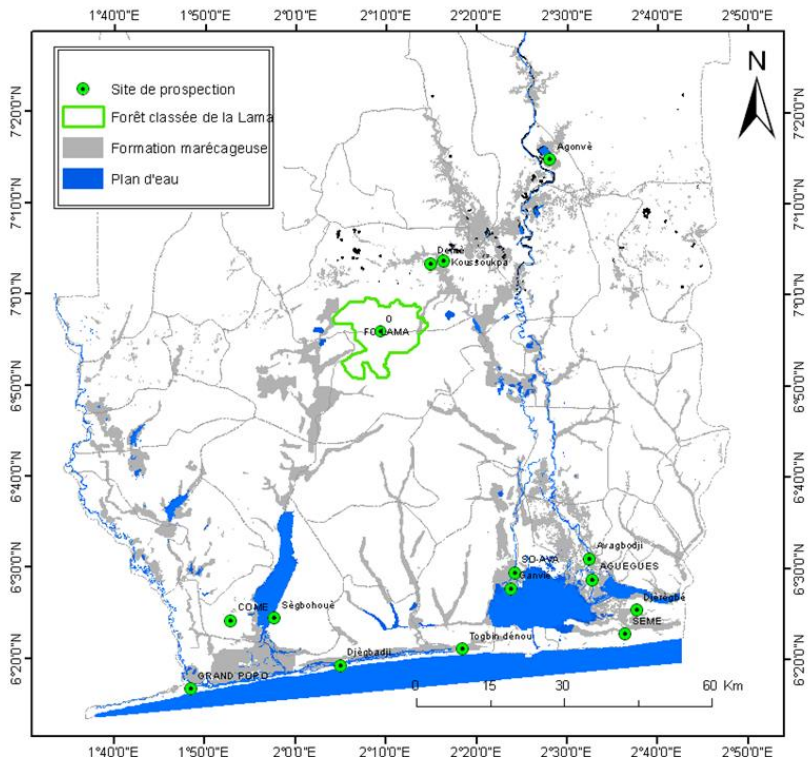


Figure 3 : Carte des sites de prospection dans le sud du Bénin

1.4. Matériel d'étude

Le matériel biologique utilisé concerne les deux espèces d'oiseaux que sont : *Porphyrio alleni* et *Porphyrio porphyrio*.

Le matériel d'identification des oiseaux est constitué d'une paire de jumelles, d'un guide d'identification des oiseaux (Borrow & Demey, 2001), d'un appareil photographique et d'un GPS (Global Positioning System), des cartes topographiques, une pirogue, des fiches de relevés. La nomenclature des oiseaux est celle utilisée dans l'ouvrage de Borrow & Demey (2001).

1.5. Méthode d'étude de l'avifaune

Les recensements ornithologiques ont été effectués en divers sites-échantillons dans ces localités ci-dessus énumérés du sud du Bénin. Au niveau des sites, des stations et des points d'écoute des oiseaux définis ont été régulièrement prospectés durant les saisons sèches pendant trois ans entre 2009 et 2012.

1.5.1. Choix et justification des sites de recensement des oiseaux

Les différents types de recensement d'oiseaux se distinguent par leur finalité (Bennun, 2000). Etant donné que les oiseaux étudiés ne sont pas des passereaux chanteurs, la méthode de recensement ornithologique mis sur pied vise à connaître les sites de présence (coordonnées GPS) des deux espèces d'oiseaux d'eau menacées dans le sud du Bénin. C'est un inventaire écologique dont les préoccupations essentielles visent deux objectifs que sont :

- le contrôle de l'existence avérée ou tangible des espèces sur les sites choisis,
- la connaissance des faciès de milieux (physionomie ou type d'habitat) qui abritent encore chacune des espèces.

Les sites de recensement étant connus (les zones humides du sud du Bénin), la méthode consiste alors à prospecter les différents faciès de milieux au sein de ces sites de façon itinérante pour vérifier la présence des espèces. Ainsi, dans ces zones humides (fleuves, rivières, lacs, lagunes, mares et marécages), les prospections sont faites en parcourant les types de milieux que sont les galeries forestières, les franges d'eaux

libres, les acadja¹, les zones de frayères, les mares temporaires, les mares permanentes, les champs et les jachères contigües aux zones humides.

1.5.2. Mode opératoire de recensement des oiseaux au sein des sites

Lors des prospections, les sites sont scindés en différents types d'habitat selon les physionomies des milieux en présence. Ensuite, 150 stations d'observation sont posées au sein des différents types d'habitat. Le nombre de stations varie selon les superficies des habitats. Ces stations sont des cercles de rayon 150 m. L'observation ou la détection des oiseaux se fait donc au sein de ces stations par la vue (oiseau posé ou en activité, vol etc). De même dans ces stations des indices de présences avérées des espèces sont recherchées. Ce sont la présence de fientes, de plumes, de nids, des œufs, de nichées...).

La distance entre deux stations est d'au moins 2 km.

Les séances de prospection ont été essentiellement effectuée de jour soit 300 jours de prospection durant les trois années successives. Les observations débutent à 6 heures et prennent fin le matin à 13 heures. Le soir, elles reprennent à 15 heures pour finir à 18 heures 30 ou 19 heures. Lors de ces recensements, les coordonnées géographiques des différentes espèces ont été aussi enregistrées.

1.6. Collecte des données sur la modélisation de la niche climatique des deux oiseaux gibiers d'eau

1.6.1. Modèle de distribution des deux oiseaux

La modélisation des habitats potentiels ou de niches écologiques des espèces est un outil pertinent pour déduire des exigences écologiques des espèces à partir de leurs aires de répartition et ainsi prédire leurs modifications dans un contexte de changement global.

La modélisation des aires de distribution est une représentation spatio-temporelle des habitats favorables d'une espèce donnée suivant des variables bioclimatiques et environnementales prédites. Elle est

¹ Parcs à poissons destinés à élever les poissons en semi-liberté dans les zones humides du Sud du Bénin

actuellement d'une importance cruciale, pour évaluer l'influence des facteurs bioclimatiques et environnementaux sur l'identification des habitats favorables d'une espèce et de l'impact du changement climatique sur sa répartition (Guisan & Zimmerman, 2000 ; Burgman *et al.*, 2005 ; Elith *et al.*, 2006, Wintle & Bardos, 2006). Elith *et al.* (2006) a comparé seize méthodes et a constaté que l'Approche d'Entropie Maximale (Maxent) mise au point par Phillips *et al.* (2004), est une des méthodes les plus fiables. Dans cette étude l'Approche d'Entropie Maximale (Maxent) a été utilisée pour prédire la distribution actuelle et future des espèces. Cette approche nécessite les données de présence de l'espèce à étudier et les variables environnementales.

✓ *Echantillonnage ou collecte des données d'occurrence*

Le modèle Maxent ne nécessite que les coordonnées géographiques des individus du peuplement. Ainsi, étant donné que lors des prospections directes sur les sites, on a procédé aux prises des coordonnées géographiques des points de contacts des différentes espèces d'oiseau à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) dans les zones humides du sud Bénin, il s'avère possible d'appliquer ce modèle.

L'ensemble des 150 points de présence a généré une base de données d'occurrence des deux espèces d'oiseaux qui a été complétée par les points de présence disponibles sur le site de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) <http://www.gbif.org/>. Ces données ont été préparées dans un fichier Excel contenant les espèces et les coordonnées géographiques puis converties en format csv.

✓ *Variables environnementales*

Neuf variables environnementales ont été sélectionnées comme les variables potentielles pouvant prédire de la distribution des oiseaux selon l'hypothèse de la littérature et des experts scientifiques. Ces variables ont été catégorisées dans cinq groupes: (1)-les variables climatiques, (2) – les variables topographiques, (3)- la variable liée aux ressources de l'eau, (4)- les variables liées à la végétation et (5)-les variables liées à l'impact humain sur les sites ou points de recensement.

- Les 5 variables climatiques utilisées dans cette étude ont été obtenues à partir des données brutes de Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005,

<http://www.worldclim.org/>) avec une résolution de 2,5 arc-minute au sol (tableau I).

- L'altitude des sites a été donc obtenue sur le site <http://www.worldclim.org/bioclim.htm>.

- Les données sur la couverture végétale sont obtenues au niveau mondial sur Global Land Cover Facility (<http://glcf.umd.edu/index.shtml>). Ces données ont été complétées par un contrôle terrain dans tout le sud du Bénin au moyen de GPS pour redresser les distortions et les inerties d'interprétation des modèles

- La distance euclidienne a été utilisée pour obtenir les distances par rapport au cours d'eau à l'aide du logiciel ArcGis 10.1.

- Les indices de Human Influence (Human Influence Index-HII) ont été téléchargés sur le site <http://sedac.ciesin.columbia.edu/>.

Pour les conditions présentes (moyenne sur la période 1950-2000), ces données sont issues d'interpolations à partir de données de plus de 20 000 stations météorologiques couvrant les 5 continents (Koffi, 2008). Pour les données futures, deux modèles ont été utilisés pour évaluer l'impact du changement climatique sur l'aire potentielle de répartition de l'espèce. Il s'agit du modèle Hadley Centre Coupled Model, version 3 dit HadCM3 et le Canadian Center for Climate Change Modelling and Analysis ou CCCMA. Ces modèles sont considérés comme les plus probables à l'heure actuelle par le Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique (GIEC) (McCarthy, 2009). Ainsi, l'ensemble des caractéristiques climatiques à venir (prédiction future) utilisé pour la projection sous le scénario d'émissions A2a, a été obtenu via les modèles climatiques CCCMA (Canadian Centre for Climate Modelling) et CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). Le scénario d'émission de gaz à effet de serre choisi est le scénario A2a. Ce scénario A2a décrit un monde avec une croissance économique moyenne (Boko *et al.*, 2007 ; Nakicenovic *et al.*, 2009) ayant une population plus importante (15 milliards). Le choix de scénario se justifie par le fait qu'il se rapproche plus de la réalité terrain que des autres modèles trop théoriques.

L'année 2050 a été choisie comme date pour la prédiction. Le tableau I

présente les 9 variables environnementales et leur signification.

Tableau I : Liste des 9 variables environnementales utilisées pour générer les cartes de distribution potentielles

Code	Variables environnementales BIOCLIM
Bio8	Température moyenne du trimestre le plus humide
Bio10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
Bio11	Température moyenne du trimestre le plus froid
Bio15	Saisonnalités de la précipitation (coefficient de variation)
Bio17	Précipitations du trimestre le plus sec
alt	Altitude
distwater	Distance par rapport au cours/plan d'eau
hii	Indice de l'influence humaine
Landcover	couverture végétale

1.6.2. Analyse des résultats de la modélisation

✓ *Présentation du modèle d'analyse de la niche des espèces*

Dans cette étude, les données de présence des oiseaux recueillies sur le terrain et les données climatiques ont été utilisées pour modéliser la distribution potentielle actuelle de l'espèce à l'aide du programme Maxent 3.3.2 (Phillips *et al.*, 2006). Les paramètres par défaut du programme Maxent ont été sélectionnés comme suggérés par les auteurs (Phillips & Dudik, 2008) pendant l'étape de simulation de la prédiction de la distribution de l'espèce. Maxent utilise une approche statistique appelée entropie maximum pour faire des prévisions à partir de données incomplètes. Maxent estime la distribution la plus uniforme/étendue (entropie maximum) des points d'occurrence au sein de la zone d'étude en tenant compte de la contrainte que la valeur prévue de chaque variable environnementale de facteur prédictif sous cette distribution estimée apparait sa moyenne empirique (valeurs moyennes pour le jeu de données d'occurrence). Maxent estime la distribution spatiale de l'espèce en fonction de l'entropie maximale de chaque variable environnementale soumise (Phillips *et al.*, 2004, 2006). L'entropie de distribution de probabilité est définie comme suit :

$$H(\bar{\pi}) = - \sum \bar{\pi}(x) \ln \bar{\pi}(x)$$

Où ($\bar{\pi}$) est la distribution de probabilité en fonction des variables environnementales, x représente la localité de chaque échantillon et X

l'ensemble des échantillons que nous interpréterons ensuite comme le jeu de pixels couvrant la zone d'étude. La valeur de H est maximale pour une distribution uniforme, c'est-à-dire quand l'espèce étudiée a la même probabilité d'apparaître sur chacun des pixels de l'aire d'étude.

✓ *Evaluation du modèle*

Pour être utilisé à des fins prédictives, un modèle doit être validé. Pour ce faire, le jeu de données initiales a été divisé en deux sous-groupes : un sous-groupe composé de 70 % des données de présence a été utilisé pour la calibration du modèle, l'autre composé de 30 % des données de présence a contribué à évaluer le pouvoir prédictif du modèle. Un autre critère d'évaluation du modèle est l'indice dénommé "Receiver Operating Characteristics Curve" (ROC) en calculant l'aire située sous cette courbe appelée "area under the curve" (AUC). Les valeurs de l'AUC sont interprétées tel que proposé par Swets (1988) : $AUC > 0,90$: le modèle est bon ; $0,75 \leq AUC \leq 0,90$: le modèle est passable ; $AUC < 0,75$: le modèle est mauvais. Les données de probabilité de distribution générées par le modèle ont été cartographiées à l'aide du SIG dans le logiciel ArcGISv10.1.

✓ *Identification des habitats favorables aux oiseaux et projection de ces habitats dans le futur : sélection des variables*

Pour éviter la sur-paramétrisation du modèle, le jeu de données a été réduit en éliminant les variables fortement corrélées ($r > 70$). L'analyse de corrélation (coefficient Pearson) a été réalisée à l'aide du logiciel ENMTools (Warren *et al.*, 2010).

II. Résultats

2.1. Evaluation du modèle

Le tableau II présente les valeurs AUC. L'analyse de ce tableau montre que la valeur de l'AUC pour les deux espèces est de 0,997. Ce qui indique une excellente qualité des modèles à prédire la distribution des espèces d'oiseaux choisies.

Tableau II : Valeurs des AUC

Modèle	AUC
<i>Porphyrio alleni</i>	0,997
<i>Porphyrio porphyrio</i>	0,997

2.2. Contribution des variables

Le tableau III donne la contribution des variables sélectionnées à la prédiction des modèles climatiques.

Tableau III : Contribution des variables au modèle

Variables	Contribution des variables au modèle (%)	
	Porphyrio alleni	Porphyrio porphyrio
distwater	64,4	64,6
alt	14	16,5
hii	0,3	0,3
bio17	21,1	18,5
landcover	0,1	0,1
bio11	0	0
bio8	0	0
bio15	0	0
bio10	0	0

De l'analyse de ce tableau, la distance au cours d'eau (Diswater) et l'altitude (alt) se sont révélées comme les variables environnementales ayant le plus contribué à la prédiction des modèles (en moyenne 74,32 % pour la variable distance par rapport au cours d'eau et 12,94 % pour l'altitude). Elles sont suivies de la précipitation du trimestre le plus sec (bio17) (en moyenne 11 %). Les autres variables environnementales ont contribué très faiblement à la prédiction du modèle. Ces résultats sont confirmés par le test de Jackknife sur les valeurs de l'AUC (figure 4).

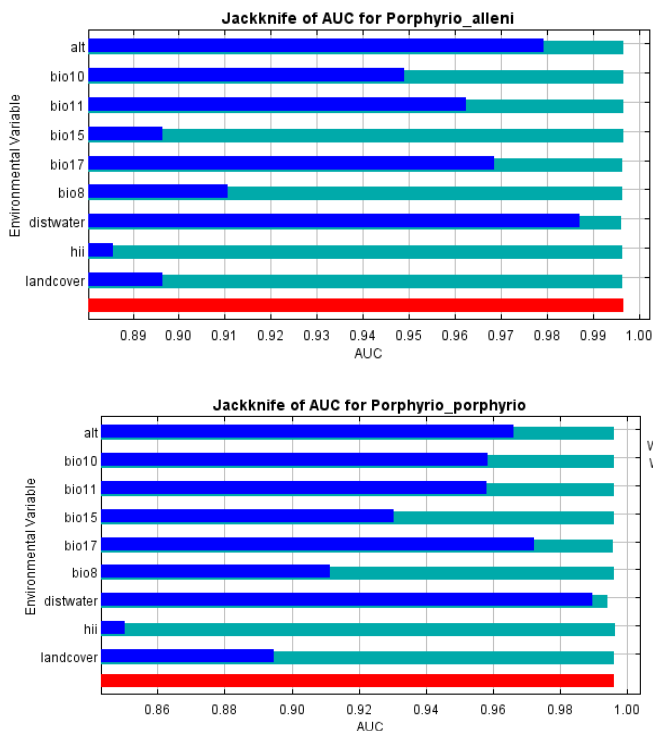


Figure 4 : Résultats du test de Jackknife sur la contribution des variables sélectionnées à la prédiction des aires de distribution des deux espèces d'oiseaux

2.3. Distribution actuelle et future des habitats favorables aux deux espèces

➤ *Cas du *Porphyrrio alleni**

Pour cette espèce, les résultats de modélisation ont montré que sous les conditions climatiques actuelles, les habitats très favorables à *Porphyrrio alleni* se situent quasiment dans la zone côtière du sud du Bénin. La figure 5 présente la distribution actuelle des habitats favorables à *Porphyrrio alleni* et sa projection future sous CSIRO et CCMA en 2050.

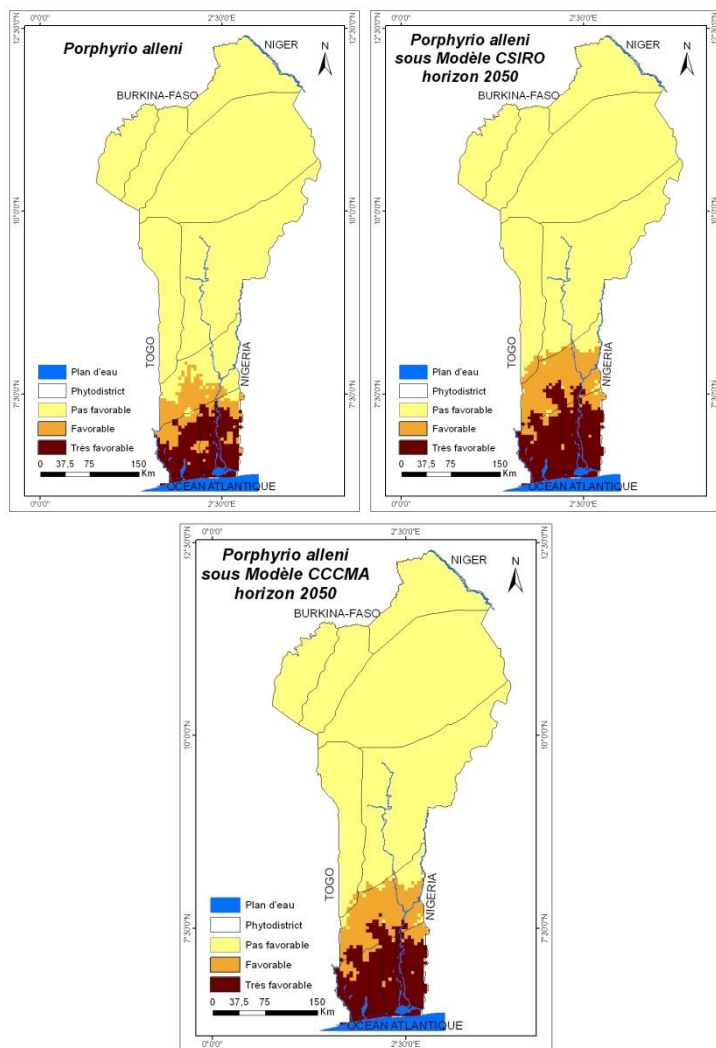


Figure 5 : Répartitions actuelle et future des habitats favorables à *Porphyrio alleni*

La projection sous CCCMA et CSIRO en 2050, a montré une évolution des zones très favorables à *Porphyrio alleni* passant de 11475 km² à 12875 km² pour le modèle CCCMA et à 13350 km² pour

le modèle CSIRO (tableau IV et figure 6).

Tableau IV : Variation des aires favorables à *Porphyrio alleni*

	Très favorable		Favorable		Très favorable	
	Etendue (km ²)	Tendance (%)	Etendue (km ²)	Tendance (%)	Etendue (km ²)	Tendance (%)
Présent	115725	---	7925,00	---	11475,00	---
CCCM A	111125	-3,97	12875	62,46	12875	12,20
CSIRO	112175	-3,07	11350	43,22	13350	16,34

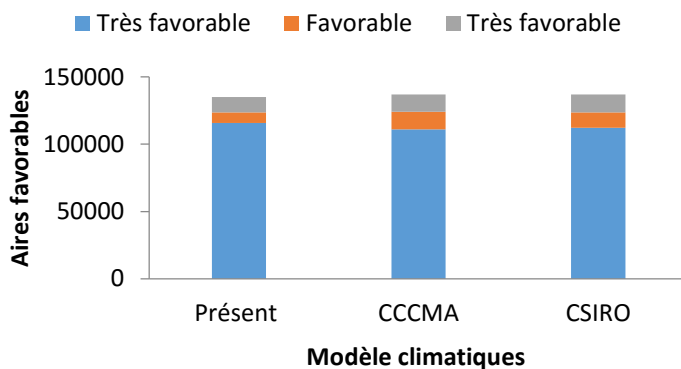


Figure 6 : Expression des proportions d'aires de conservation de *Porphyrio alleni*

➤ *Cas de Porphyrio porphyrio*

Les résultats de modélisation ont montré que sous les conditions climatiques actuelles, les habitats très favorables à *Porphyrio*

porphyrio se situent dans la zone côtière, dans la vallée de l'Ouémé et dans la vallée du Couffo. La figure 7 présente la distribution actuelle des habitats favorables à *Porphyrio porphyrio* et sa projection future sous CSIRO et CCMA en 2050.

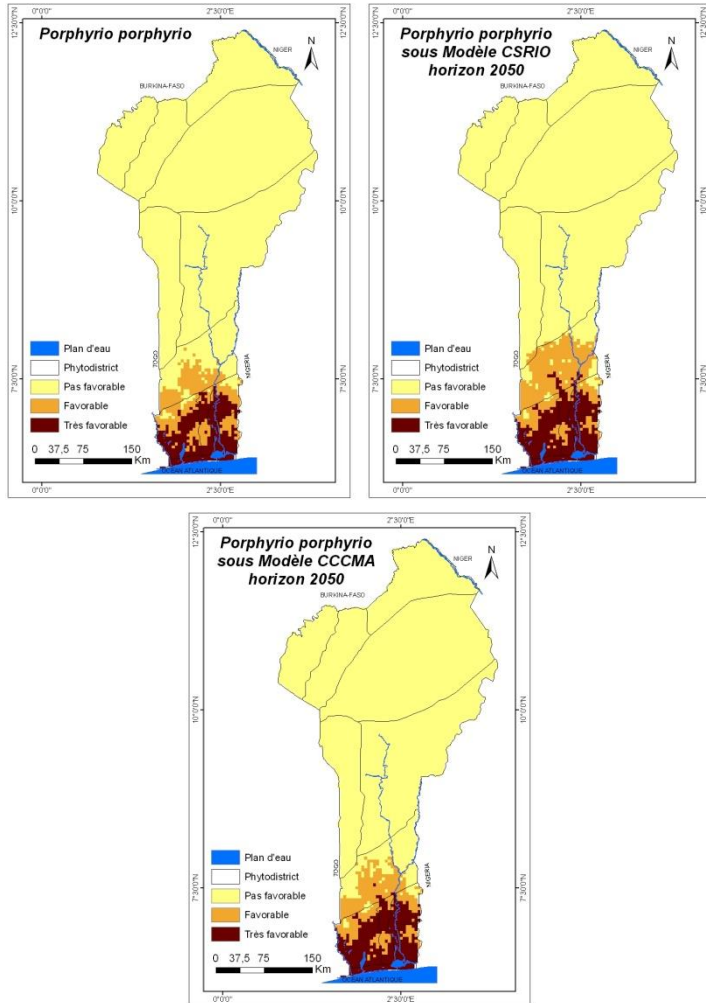


Figure 7 : Répartition actuelle et future des habitats favorables à *Porphyrio porphyrio*

La projection sous CCCMA et CSIRO en 2050, a montré une évolution des zones très favorables à *Porphyrio porphyrio* passant de 8525 km² à 9950 km² pour le modèle CCCMA et à 11450 km² pour le modèle CSIRO (tableau V et figure 8). Il importe aussi de noter que CSIRO offre une prédiction d'habitat très favorable plus poussée.

Tableau V : Variation des aires favorables à *Porphyrio Porphyrio*

	Pas favorable	Favorable		Très favorable	
	Etendue (km ²)	Tendance (%)	Etendue (km ²)	Tendance (%)	Etendue (km ²)
Présent	119675,00	---	8675,00	---	8525,00
CCCMA	118300,00	-1,16	8625,00	-0,58	9950,00
CSIRO	112575,00	-5,93	12850,00	48,13	11450,00

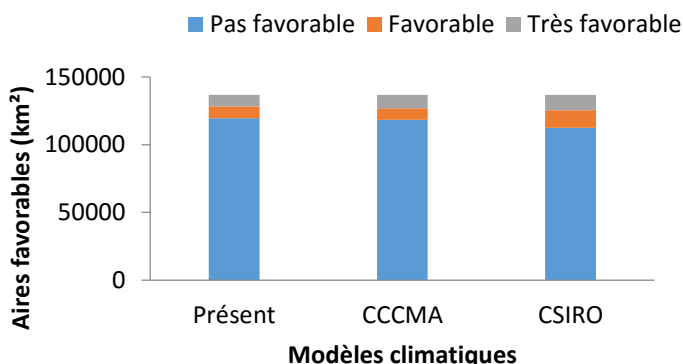


Figure 8 : Expression des proportions d'aires de conservation du *Porphyrio porphyrio*

III. Discussion

3.1. Modélisation de la niche écologique des deux espèces d'oiseaux

Deux types de prédiction sont faits sous Maxent pour exprimer la distribution des espèces d'oiseaux d'eau étudiées : le modèle HadCm3 et CSIRO et le modèle CCCMA. Il s'agit en fait des modèles de caractérisation de la niche bioclimatique qui permettent une cartographie des aires potentielles (sites probables) de prédilections des

espèces aujourd'hui et dans le futur.

3.1.1. Les incertitudes liées au développement des modèles de distribution

L'utilisation des modèles de distribution notamment, le développement des modèles de type bioclimatique dérive de la préoccupation que les implications des péjorations climatiques actuelles et à long terme le changement climatique auront sur la conservation des espèces et de leurs habitats, sur la biodiversité avienne et les formes d'érosion de cette biodiversité. Ainsi, ces modèles peuvent prédire les risques d'extinction des espèces sous les scénarios du changement climatique (Araújo *et al* 2005, Sodé, 2013). Toutefois, ces modèles ont été quelque peu critiqués compte tenu des incertitudes et faiblesses qui leur sont liées. Les incertitudes de ces types de modèle sont en fait des erreurs ou variations dans les différentes estimations des modèles (Elith *et al.*, 2002 ; Mackellar *et al.*, 2010). Parmi ces incertitudes, on peut citer notamment la non prise en compte des caractéristiques de l'espèce (Pearson & Dawson, 2003), les variations des scénarios et modèles du climat (Mackellar *et al.*, 2010) ainsi que les incertitudes liées à l'approche de modélisation (Araújo *et al.*, 2005; Graham *et al.*, 2008).

En dehors des facteurs environnementaux qui constituent l'espace climatique, la distribution des espèces peut être influencée par d'autres facteurs tels que les interactions biotiques, la capacité d'adaptation génétique et la capacité de dispersion de l'espèce (Pearson & Dawson, 2003, Sodé 2013). Etant donné que seules les variables environnementale sont été utilisées pour la modélisation dans ce travail, on peut postuler que les modèles prédictifs obtenus présentent des limites drastiques : le couvert végétal n'a pas été suffisamment précis p.ex. De plus, les interactions biotiques (ressources alimentaires, compétition, symbiose...) peuvent limiter la distribution des espèces car les systèmes naturels induisent un ensemble complexe d'interactions et de rétroactions entre espèces si bien que des changements dans la distribution d'une espèce peuvent entraîner des conséquences draconiennes sur la distribution de plusieurs autres espèces intimement liées (Pearson & Dawson, 2003). Toutefois, l'application des modèles bioclimatiques à des échelles méso ou macro où les influences climatiques sur les espèces se sont révélées dominantes peut minimiser

les interactions (Guisan & Zimmermann, 2000 ; Pearson & Dawson, 2003).

En outre, un autre facteur important non pris en compte ici dans le jeu de modélisation et qui est susceptible d'influencer la distribution des espèces demeure leur capacité d'adaptation rapide (Pearson & Dawson, 2003). Certes, selon Pearson & Dawson (2003), il n'est pas certain que toutes les espèces montreront des réponses adaptatives aux changements.

Nonobstant ses faiblesses énumérées, l'approche de l'enveloppe bioclimatique permet de fournir une première approximation utile de l'impact potentiel du changement climatique sur les espèces (Pearson & Dawson, 2003). Par ailleurs, de récentes études ont démontré une variabilité dans les projections des modèles de distribution et de là reste le besoin de réduire les incertitudes (Araújo *et al* 2005).

Enfin, Il est notoire que pour chacune des espèces prises en compte dans cette étude, les projections futures de la distribution des espèces d'oiseaux à l'horizon 2050 diffèrent selon les deux modèles climatiques utilisés bien que ces derniers aient été appliqués sous un même scénario d'émission A2. Ces variations dans les projections futures peuvent dans une certaine mesure être imputables aux différentes incertitudes liées aux modèles climatiques étant donné que ces modèles sont assez variés en termes de projection (Sodé, 2013, Gbèssou *et al.*, 2013). S'agissant des sources d'incertitudes, la première à considérer est l'erreur liée aux jeux de données d'observation régulièrement utilisés pour valider la sortie des modèles climatiques puisque non seulement la réalité de terrain, les mesures atmosphériques et les mesures satellitaires sont toutes sujettes à un certain degré d'erreur instrumentale mais aussi les jeux de données dépendent des différentes procédures d'interpolation, d'algorithmes d'extraction par satellite ou de la modélisation dynamique (Mackellar *et al.*, 2010). Toutefois, bien que les variations au niveau des modèles climatiques puissent soulever quelques incertitudes dans les projections, ces modèles donnent quand même une meilleure idée de ce qui pourrait arriver et permettent ainsi de mieux orienter les prises de décision en matière de conservation des espèces.

Ajoutées à cela, il importe de signaler que l'enregistrement des données d'occurrence des espèces peuvent aussi être sujets à des erreurs spatiales et des biais géographiques pouvant réduire la performance des modèles pour certaines approches de modélisation (Graham *et al.*, 2008). Néanmoins, même avec un niveau modéré d'erreurs spatiales au niveau des données d'occurrence, Maxent qui a été d'ailleurs utilisé dans ce travail demeure particulièrement robuste face à ces erreurs (Graham *et al.*, 2008, Sodé 2013).

3.1.2. Crédibilité du modèle

Il convient de souligner que le modèle Maxent utilisé dans le cadre de ce travail est un modèle statistique et statique. Il ne projette donc que la distribution potentielle des espèces. En outre, les projections de ce modèle n'intègrent aucun paramètre démographique (fécondité, mortalité, croissance) et dynamique des populations (dispersion, migration, compétition inter ou intraspécifique) (Elith *et al.*, 2006 ; Schwartz, 2012). Or la capacité de dispersion et de migration des espèces est un facteur déterminant dans l'impact potentiel du changement climatique sur leurs habitats. Cette faiblesse du modèle a été très critiquée par plusieurs auteurs (Elith *et al.*, 2006 ; Schwartz, 2012). En effet, quand on ne prend pas en compte les contraintes de dispersion l'élévation des températures pourrait augmenter l'aire de distribution de certaines espèces (Araújo *et al.*, 2006; Sharma & Jackson 2008; Barbet-Massin *et al.*, 2009; Bond *et al.*, 2011), mais l'intégration des contraintes de dispersion dans les modèles limite généralement beaucoup cet accroissement voire conduit à une prédiction de réduction de l'aire de distribution (Araújo *et al.*, 2006; Buse & Griebeler, 2011). Toutefois, le modèle Maxent (Phillips *et al.*, 2006) présente des caractéristiques intéressantes. Elle s'avère particulièrement adaptée à des données de présence seulement (qui sont plus courantes en écologie que les données de présence-absence) et à l'utilisation de nombreuses variables en interaction (Elith *et al.*, 2011).

3.2.3. Contribution des variables à la prédiction des habitats favorables des deux espèces d'oiseaux

Dans cette étude, la distance de site d'observation des espèces d'oiseaux au cours d'eau et l'altitude se sont révélés les variables

environnementales ayant le plus contribué à la prédiction des modèles, donc on peut postuler que les espèces d'oiseaux étudiées sont plus sensibles à la disponibilité de l'eau comme ressource indispensable et aux variables biophysiques comme l'altitude, le couvert végétal et les types de sols. Cet état de chose s'explique surtout par les caractéristiques écologiques et topographiques des sites d'études. En effet, les données sont collectées dans les zones humides côtières. Après la distance par rapport aux cours d'eau et l'altitude, les précipitations du trimestre le plus sec sont exprimées comme la seconde variable ayant contribué à la prédiction des modèles. Cette situation soulève donc une problématique importante quant aux possibilités de prédiction réelle des habitats très favorables pour les espèces de faunes étudiées dans la mesure où le fort réchauffement prévu, en particulier dans le scénario A2, va donc fortement affecter l'aire de distribution de ces espèces à la réduction.

De plus au vu des résultats obtenus sur l'influence des variables dans cette étude, on constate que ces résultats sont totalement en opposition à ceux obtenus dans les études portant sur la modélisation de la niche sous Maxent des taxons de flore de Gouwakinnou (2011), Fandohan *et al.*, (2013) et Sodé (2013) au Bénin. En effet pour ces études, ce sont surtout les variables liées aux précipitations (précipitations annuelles, précipitations du mois le plus sec, précipitations du trimestre le plus chaud) qui ont beaucoup influencé les prédictions des modèles. Toutefois, cette différence de résultat peut aussi s'expliquer par l'étendue des sites de collecte de données car les variables directes telles que la température, les précipitations sont plus efficaces lorsque la modélisation de la distribution des espèces concerne une large étendue contrairement aux paramètres indirects comme la disponibilité en eau, l'altitude, la topographie, le couvert végétal qui sont efficaces pour les petites étendues (Guisan & Zimmermann, 2000).

Conclusion

Cette analyse a permis de faire des prédictions des distributions sur les habitats actuels et futurs à l'horizon 2050 des deux espèces d'oiseaux d'eau à partir de deux modèles climatiques (HadCM3 et CSIRO) sous le scénario A2. Cette technique de modélisation basée sur le principe

d'entropie maximale (Maxent) combinées avec le Système d'Information Géographique (SIG) a montré diverses réponses d'habitats favorables pour chacune des espèces d'oiseau. L'une des conclusions majeures que cette analyse permet déjà de dégager est qu'à l'avenir le maintien des masses d'eau continentales (fleuves, lacs, lagunes, mares, marais et marécages) et leurs milieux connexes joueront un rôle déterminant dans la conservation de ces espèces d'oiseaux.

Références bibliographiques

- Adam, M. K.S. & Boko, M.1993 : *Le Bénin*. Éditions du Flamboyant. Cotonou, 95 p.
- Araùjo M. B., Whittaker R.J., Ladle R. J. & Erhard M. 2005: Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. *Global Ecology and Biogeography*,14: 529-538.
- Araùjo, M. B., Thuiller W. & Pearson R. G. 2006: Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*,33:1712-1728.
- Barbet-Massin, M., Walther, B. A.,Thuiller, W. Rahbek, C. & Jiguet, F. 2009: Potential impacts of climate change on the winter distribution of Afro-Palaearctic migrant passerines. *Biology Letters*,5 :248-251.
- Bennun, L.A. 2000: Monitoring bird populations in Africa: an overview. *Ostrich*, 71: 214–215.
- Boko M., Niang I., Nyong A., Vogel C., Githeko A., Medany M., Osman-Lasha B., Tabo R. &Yanda P. 2007: Africa Climate Change : Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Van Der Linden, P. J. & Hanson, C. E., (ed.). *Cambridge University Press. Cambridge UK*, 433-467.
- Bond, N., Thomson, J. Reich, P. & Stein J. 2011: Using species distribution models to infer potential climate change-induced range shifts of freshwater fish in south-eastern Australia. *Marine*

and Freshwater Research, 62: 1043-1061.

- Borrow, N. & Demey, R. 2001: *Birds of Western Africa*. Christopher Helm, London, 832 p.
- Burgman, M., Lindenmayer, D. B. & Elith J. 2005: Managing landscapes for conservation under uncertainty. *Ecology*, 86 : 2007-2017.
- Buse, J. & Griebeler, E. M. 2011: Incorporating classified dispersal assumptions in predictive distribution models – A case study with grasshoppers and bush-crickets. *Ecological Modelling*, 222 : 2130–2141.
- Clap, F. & Moral, V. 2010 : Biodiversité & Collectivités : Panorama de l'implication des collectivités territoriales pour la préservation de la biodiversité en France métropolitaine. Comité français de l'UICN, Paris, France. 100 p.
- Delassus, L., Magnanon, S. & Bougault, C. 2009 : Proposition pour la structure d'un « pôle Habitats » pour les régions Basse Normandie, Bretagne et Pays de Loire. Rapport du Conservatoire botanique national de Brest, 28 p.
- Elith, J., Burgman, M.A. & Regan, H. M. 2002: Mapping epistemic uncertainties and vague concepts in predictions of species distribution. *Ecological Modelling*, 157: 313- 329.
- Elith, J., Graham, H. C., Anderson, P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans J, Huettmann, F., Leathwick, R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, G., Loiselle, A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton Mc, C., Townsend, P., Phillips J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, S. M. & Zimmermann, E. 2006: Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T. *et al.* 2011: A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57.
- Fandohan, B., Gouwakinnou, G. N., Fonton, N. H., Sinsin, B., Liu, J. 2013 : Impact des changements climatiques sur la répartition

- géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3), 450-462.
- Gbesso, F. H. G., Tenté, B. H. A., Gouwakinnou, N. G. & Sinsin, B. A. 2013 : Influence des changements climatiques sur la distribution géographique de *Chrysophyllum albidum* G. Don (Sapotaceae), un fruitier autochtone au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (5): 2007-2018.
- 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 (Republic of Benin), 150 p.
- Graham, H.G., Elith J., Hijmans, R.J., Guisan, A., Peterson, A.T., Loiselle, B.A. and The Nceas Predicting Species Distributions Working Group 2008: The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology*, 45, 239-247.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. 2000 : Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135 : 147-186.
- Koffi, K. J. 2008 : Analyse des structures spatiales des données de distribution phytogéographique des Acanthaceae en Afrique centrale. Thèse de Doctorat en Sciences. ULB, 172 p. + Annexes.
- Libois, R. & Lougbégnon, T. 2003 : Afrique de l'Ouest : commerce d'oiseaux pas comme les autres. *L'Homme & l'Oiseau*, 41 : 255-256.
- Lougbégnon, T. 2006 : Bénin : bientôt une base de données sur l'avifaune avec le logiciel Biogéo-Bénin. *L'Homme & l'Oiseau*, 3 : 184-189.
- Lougbégnon, O. T. & Libois, R. M. 2011 : Chap. 19. Oiseaux, Birds. Pp. 204-228 in P. Neuenschwander, B. Sinsin et G. Goergen (eds) *Protection de la nature en Afrique de l'Ouest : une liste rouge pour le Bénin, Nature conservation in West Africa : redlist for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan,

Nigeria.

- Mackellar, N., Christensen, J.H. & Lucas-Picher, P. 2010 : *Modèles, projections et incertitudes climatiques en Afrique sub-saharienne: Introduction pour les chercheurs et les décideurs. Programme CCDARE, Programme conjoint PNUE/PNUD*, 26p.
- McCarthy, J. J. 2009: Reflections on: our planet and its life, origins, and futures. *Science*, 326: 1646-1655.
- Nakicenovic, N., Davidson, O., Davis, G., Grubler, A., Kram, T., Larovere, E., Metz, B., Morita, T., Pepper, W. & Pitcher, H. 2009: *IPCC Special report on emission scenarios*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 599 p.
- Nguenang, G. M. & Feteke, F. 2000 : *Une meilleure exploitation des ressources des forests communautaires au Cameroun : Quelle option choisir ?* In: Arbres, forests et communautés rurales. Bulletin FTTP N019. Pp 36-39.
- Pearson, R.G. & Dawson, T.P. 2003: Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361-371.
- Phillips, S. J, Dudik, M, & Schapire, R. E 2004: A maximum entropy approach to species distribution modelling. In: ACM International Conference Proceeding Series (eds.) Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning: 655–662. New York.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. 2006: Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 : 231–259.
- Phillips, S. J. & Dudik, M. 2008: Modeling of species distributions with Maxent. New extensions & a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31:161-175.
- Schwartz, M.W. 2012: Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biol. Conserv.*, 155: 149-156.

- Sharma, S. & Jackson, D. A. 2008: Predicting smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) occurrence across North America under climate change: a comparison of statistical approaches. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65: 471-481.
- Sodé, I. 2013 : Influence du changement climatique sur la distribution géographique des fruitiers autochtones alimentaires : cas de *Dialium guineense* Willd. (Leguminosae-Caesalpinioideae) au Bénin. Licence Professionnelle, Université d'Agriculture de Kétou, 71p.
- Swets, J. A. 1988: Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240: 1285–1293.
- Warren, D. L, Glor, R. E. & Turelli, M. 2010: ENMTTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography*, 33: 607-611.
- Wintle, B. A & Bardos D. C. 2006: Modelling species habitat relationships with spatially autocorrelated observation data. *Ecological Applications*, 16 : 1945–1958.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1. Conditions de publication

La Revue Sciences de l'Environnement en abrégé *Rev. Sc. Env.* est une revue de géographie logée au Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE) de l'Université de Lomé (Togo). C'est une revue ouverte à toutes les spécialités s'intéressant à la thématique de l'environnement. Elle publie des articles originaux, rédigés en français ou en anglais, non publiés auparavant et non soumis pour publication dans une autre revue. Elle paraît annuellement et, au besoin, en hors-série et en édition spéciale.

2. Le manuscrit

Tout manuscrit soumis à examen, doit comporter les éléments suivants : un titre (en majuscule, centré par rapport au texte), une signature comportant le prénom (en minuscule avec l'initial en majuscule) suivi du nom (en majuscule) de ou des auteur (s) ; le nom et l'adresse complète de l'institution d'attache ; le courriel ; un résumé en français et en anglais (de 250 mots au maximum présentant la problématique, l'approche méthodologique, les résultats et les perspectives) ; des mots clés (un minimum de trois et un maximum de cinq). Ce texte doit respecter les formes habituelles de présentation : introduction, approche méthodologique ou matériels et méthodes, résultats, discussion, conclusion et les références bibliographiques. Ce schéma classique peut être adapté selon le type de recherche.

Le volume et la typographie : le volume d'un article est de 20 pages au maximum. Interligne simple ; police : Times New Roman ; taille 11 ; le format : A5 ; les marges de haut et de bas : 1,9 cm, de gauche : 2,5 cm et de droite : 1 cm. Les espacements avant et après les paragraphes et titres sont de 6. Le texte doit être saisi « au kilomètre », c'est-à-dire sans application d'une feuille de style quelconque.

Les articulations du développement du texte, les titres et sous-titres sont à présenter ainsi :

I. Premier niveau, premier titre (Times New Roman, taille 11, gras)

1.1. Deuxième niveau (Times New Roman, taille 11, gras)

1.1.1. Troisième niveau (Times New Roman, taille 11, gras) et ainsi de suite.

Les noms scientifiques doivent être écrits en entier, avec le nom du descripteur ou de l'auteur dans le texte ou dans le résumé ou dans l'introduction, à la première apparition (ex. : *Tectona grandis* L.). On peut donner uniquement le nom du genre suivi du nom de l'espèce à la deuxième apparition (ex. : *Tectona. grandis*). Dans le cas où il s'agit d'une série de mêmes genres qui se suivent, le nom du premier genre sera écrit en entier et en abrégé les autres, suivis des noms des espèces (ex. : *Terminalia laxiflora* Engl., *T. ivorensis* A. Chev., *T. superba* Engl. & Diels).

3. Les illustrations

- Les illustrations (figures, tableaux, photos) doivent être prêtes pour la publication et doivent parvenir en format **png* (plus conseillé) ou **jpeg* ;
- les graphiques et autres schémas réalisés en Ms Word, Excel ou tout autre logiciel devraient être convertis strictement aux formats images indiqués ci-dessus. Au cours de la conversion, il faudrait veiller à choisir la résolution maximale, nécessaire à un bon rendu visuel à l'impression ;
- toute illustration floue ou illisible sera rejetée ;
- les figures doivent montrer à la lecture visuelle, suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte ;
- chaque illustration doit avoir un titre et une source (**Times New Roman, taille 10, gras**) ;
- les illustrations doivent être référencées avec précision dans le texte. Exemple : Tableau I ou Figure 1, lorsque l'illustration est appelée ; (Tableau I), (Figure 1) lorsque la référence de l'illustration est placée à la fin d'une phrase. Les illustrations sont numérotées et commentées dans un ordre chronologique ;

- les tableaux sont numérotés en chiffre romain (Exemple : **Tableau I : Variation des aires favorables à *Porphyrio Porphyrio***). Leurs titres sont placés en haut. Les figures (cartes, schémas, etc.) et photos sont numérotés en chiffres arabes (Exemple : **Figure 1 : Zone d'étude**). Leurs titres sont placés en bas ;
- en ce qui concerne les figures et les photos, leur source est placée au dessus du titre ;
- les illustrations, leurs titres et leurs sources sont centrés.

4. Normes bibliographiques

✓ Comment citer les auteurs ?

Seuls les noms des auteurs sont référencés dans le texte, suivi de l'année de publication. Ni l'initial du prénom, ni le prénom lui-même ne doivent faire partie intégrante de la référence citée.

Lorsque l'auteur est appelé

Exemples :

- Selon Tchamiè (2012) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- Selon Tchamiè & Laré (2012) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- Selon Takou & *al.*, (2012) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs.
- Si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par une virgule et classer par ordre chronologique de publications. Exemple : Selon Dakissaga (2006), Nassa (2009) et Polorigni (2012)...

Lorsque la référence est placée à la fin d'une phrase

Exemples :

- (Tchamiè, 2012) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- (Tchamiè & Laré, 2012) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;

- (Takou & *al.*, 2012) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs.
- Si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par un point-virgule et classer par ordre chronologique de publications. Exemple : (Dakissaga, 2006 ; Nassa, 2009 ; Polorigni, 2012).

✓ **Références bibliographiques**

Seules figurent les références citées dans le texte. Inversement, tout auteur cité doit figurer dans la bibliographie. L'ordre retenu pour les **références bibliographiques** est alphabétique. Les références sont classées en fin d'article dans l'ordre alphabétique. Elle se présente de la manière suivante :

- Pour les articles de revues

Nom (en majuscule) des auteurs suivis des initiales de leurs prénoms, année de publication : Titre de l'article (dans la langue d'origine). Nom de la revue en italiques, numéros de tomes, de volumes et de série en gras (mettre les ponctuations), première et dernière pages de l'article ou le nombre de pages.

Ex. Robequain C. 1939 : La végétation forestière de l'AOF et du Togo. *Ann. Géo.*, **48 (272)** : 163-170.

Tchamiè T.T.K., 2000 : Evolution de la flore et de la végétation des bois sacrés des massifs kabyè et des régions environnantes (Togo). *LEJEUNA*, nouvelle série, N° 164, 36 p

- Pour les ouvrages collectifs ou une contribution

Nyassogbo G. K., 1998, qu'est-ce qu'une capitale ? Essai de définition. In *Le centenaire de Lomé, capitale du Togo (1897-1997)* (Nyassogbo G. K., Marguerat Y., Gayibor N.). Collection «Patrimoines» n° 7 Presses de l'UB Lomé, pp 11-32.

- Pour les livres et littérature grise

Même présentation des auteurs. Titre du livre en italiques, ville ; nom de l'éditeur, année de publication, nombre de pages.

Ex. : Braque, R. 1988 : *Biogéographie des continents*. Paris Barcelone Milan Mexico, Masson, 470 pages.

5. Soumissions

Les textes doivent être exclusivement envoyés à l'adresse revuelarbe@gmail.com . L'auteur devrait s'acquitter à la soumission de son article, des frais d'évaluation qui s'élèvent à **10 000 Francs CFA (15 Euros)**.

Tout manuscrit qui ne respecte pas les normes sus-énumérées sera purement et simplement rejeté.

Les projets d'articles sont attendus jusqu'au **30 septembre de chaque année**, délai de rigueur. Les frais de publication, sont versés après publication de l'article. Ils s'élèvent à **40 000 Francs CFA (60 Euros)**.

6. Evaluation des articles

Les articles sont évalués par des scientifiques choisis de par le monde selon les champs thématiques des articles.