



**MICROPROJET « NUMERISATION ET MOBILISATION DES DONNEES DE  
BIODIVERSITE DES AIRES PROTEGEES ET DES ESPECES MENACEES AU BENIN »**

## **Rapport de la modélisation de la niche écologique et des habitats favorables à cinq espèces au Bénin**

**Février, 2017**

## Table des matières

Remerciements.....	2
Listes des sigles et Acronymes .....	3
Listes des figures et tableaux .....	4
Résumé.....	5
Introduction .....	6
1. Présentation du Bénin .....	7
2. Présentation des espèces étudiées .....	10
2.1. <i>Afzelia africana</i> Sm & Pers, 1798 .....	10
2.2. <i>Hippotragus equinus</i> Desmarest, 1804 .....	10
2.3. <i>Loxodonta africana</i> Cuvier 1825 .....	10
2.4. <i>Panthera leo</i> Linnaeus 1759 .....	11
3. Méthodologie de travail .....	12
3.1. Collecte de données .....	12
3.1.3. Données climatiques .....	13
3.2. Analyse des données .....	13
4. Interprétation des résultats et discussion .....	14
4.1. Section1 : <i>Afzelia africana</i> .....	14
4.2. Section 2 : Espèces animales ( <i>Syncerus caffer</i> , <i>Hippotragus equinus</i> , <i>Loxodonta africana</i> , <i>Panthera leo</i> ) .....	19
4. Implication des résultats pour des prises de décision dans le sens de la conservation à long terme de chacune des espèces étudiées .....	26
Conclusion et recommandations .....	27
Références.....	28
Annexe : Variables utilisée pour la construction du modèle .....	31

## Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de :

- L'Union Européenne,
- Le système Mondiale d'Information sur la biodiversité (GBIF)
- La Direction Générale des Eaux, Forêts et chasse
- La Direction du Parc National du W (DPNW)
- La Direction du Parc National de la Pendjari (DPNP)
- Les partenaires du projet BID-AF2015-00030-SMA
- La Fondation Internationale pour la Science (FIS) qui est un co-financier du projet BID AF2015-0030-SMA
- Les agents de surveillance et le staff des « services Ecologie » des parcs W et Pendjari

## Listes des sigles et Acronymes

**AUC:** Area Under Curve

**GBIF:** Global Biodiversity Information Facility

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change

**IUCN:** International Union for Conservation Nature

**RCP :** Representation Concentration Pathways

EU : European Union

**VIF :** Variance Inflation Factor

## Listes des figures et tableaux

Tableau 1: Superficie des types d'Aires protégées au Bénin par départements (PNUD 2009)	8
Tableau 2: Points utilisés et source	12
Tableau 3: Contribution des variables sélectionnées pour la modélisation et validation du modèle (%)	15
Tableau 4: Valeur de l'AUC et de l'écart type pour chaque espèce	20
Tableau 5: Contribution de chaque variable pour chaque espèce pour la construction du modèle (%)	21
Figure 1: Localisation du Bénin et des aires protégées	9
Figure 2: Distribution actuelle de <i>A. africana</i> au Bénin	16
Figure 3: Distribution de <i>A. africana</i> sous le scénario le plus modéré (RCP4.5)	17
Figure 4: Distribution de <i>A. africana</i> sous le scénario le plus critique (RCP8.5)	18
Figure 5: Evolution des aires favorables à <i>Afzelia africana</i> en fonction des scénarii climatiques	19
Figure 6: Distribution actuelle et des habitats favorables pour les quatre espèces animales	22
Figure 7: Distribution future (condition modéré RCP4.5) et des habitats favorables pour les quatre espèces animales. Buffle ( <i>Syncerus caffer</i> ) (a), à l'hippotrague ( <i>Hippotragus equinus</i> ) (b), l'Eléphant ( <i>Loxodonta africana</i> ) (c), du lion ( <i>Panthera leo</i> ) (d). La probabilité de présence est représentée de la valeur faible (rouge) et élevé (verte).	23
Figure 8: Distribution future (condition modéré RCP8.5) et des habitats favorables pour les quatre espèces animales. Buffle ( <i>Syncerus caffer</i> ) (a), à l'hippotrague ( <i>Hippotragus equinus</i> ) (b), l'Eléphant ( <i>Loxodonta africana</i> ) (c), du lion ( <i>Panthera leo</i> ) (d). La probabilité de présence est représentée de la valeur faible (rouge) et élevé (verte).	24
Figure 9: Evolution des aires favorables à <i>Hippotragus equinus</i> en fonction des scénarii climatiques	24
Figure 10: Evolution des aires favorables à <i>Loxodonta africana</i> en fonction des scénarii climatiques	25
Figure 11: Evolution des aires favorables à <i>Panthera leo</i> en fonction des scénarii climatiques	25
Figure 12: Evolution des aires favorables à <i>Syncerus caffer</i> en fonction des scénarii climatiques	26

## Résumé

Le présent travail a été initié dans le cadre du Microprojet BID-AF2015-0030-SMA “Numérisation et mobilisation des données de biodiversité des aires protégées et des espèces menacées au Bénin » financé par le système Mondiale d’Information sur la biodiversité (GBIF) et l’Union Européenne (EU). Ainsi il a été envisagé d’étudier la niche écologique de certaines espèces telles *Afzelia africana*, *Syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Loxodonta africana*, *Panthera leo*, afin de fournir des informations utiles aux gestionnaires et à l’administration de tutelle pour une efficacité des décisions relatives à la gestion durable de la biodiversité au Bénin. Cette étude a été faite en considérant les variabilités des conditions climatiques d’ici 2050. Les données d’occurrences de cinq espèces de faune et de flore ont été téléchargées du site de GBIF, puis les analyses ont été conduites à l’aide des logiciels R et ArcGIS. Les résultats suggèrent que *Afzelia africana* connaîtra d’ici 2050 une baisse importante de ses habitats favorables. Quant aux espèces animales, l’étude révèle que les changements climatiques auront un faible effet sur les habitats des espèces. Il urge de promouvoir des programmes d’agroforesterie et de régénération assistée de *Afzelia africana*. Les jeunes plantules dans les aires protégées devront être protégées contre les feux de végétation. Malgré que les changements climatiques semblent avoir un faible effet sur les espèces animales, il est recommandé que les mesures de protections soient renforcées dans les zones ayant de forte densité faunique, et particulièrement dans le Parc de la Pendjari. Il est souhaitable que les résultats de la présente étude soient pris en compte pour une relecture du plan d’aménagement des deux parcs. Cette étude montre aussi l’urgence de valoriser les données de biodiversité dans les aires protégées et les espèces menacées et l’importance de connaître les habitats favorables des animaux dans la prise de décision relative à la gestion durable des aires protégées et des espèces menacées.

Mots clés : Aires protégées, *Afzelia africana*, *Syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Loxodonta africana*, *Panthera leo*, niche écologiques

## Introduction

Les Aires Protégées ont été créées dans le but de protéger de la disparition des échantillons représentatifs des organismes vivants, des phénomènes géologiques remarquables ou des paysages particuliers en milieux terrestres et marins (Sinsin et Kampmann, 2010). En Afrique en général, la plupart de ces aires protégées sont un héritage de l'administration coloniale et abritent une diversité impressionnante d'espèces.

Les initiatives de conservation pour ces espèces sont disponibles en raison des efforts entrepris par les unités de gestion des Aires Protégées (CENAGREF, 2009). Toutefois, le taux élevé de dégradation des habitats persiste comme une menace importante pour plusieurs espèces. En grande partie, les zones protégées sont devenues des îlots d'habitats dans une mosaïque d'espace agricole. Bien qu'à un rythme plus lent, la déforestation et l'empiètement agricole persistent dans les limites des aires protégées (CENAGREF, 2014). Dans ce contexte de dégradation inquiétant, les changements climatiques peuvent être un facteur additionnel augmentant la menace sur plusieurs espèces.

Avec l'évidence de l'effet des changements climatiques et des activités anthropiques sur les biota, l'efficacité des Aires Protégées à conserver les espèces d'importance prioritaire connaît un regain d'intérêt ces dernières années (Gouwakinnou, 2011; Fandohan et al., 2013, 2015a; b). Plusieurs informations relatives à la diversité biologique sont disponibles, cependant, elles sont encore dispersées dans les rapports et thèses et ne sont pas digitalisées. En outre, il y a une utilisation limitée des données sur la biodiversité dans le processus de prise de décision au Bénin, en particulier les espèces animales et végétales dans les aires protégées ainsi que les espèces menacées. La connaissance des habitats favorables des espèces est cruciale pour une meilleure élaboration des plans de conservation durable. Le présent travail a été initié dans le cadre du microprojet AF2015-0030-SMA financé par le système Mondiale d'Information sur la biodiversité (GBIF) de l'Union Européenne (EU) en partenariat avec la Direction Générale des Eaux Forêts et Chasse, les Directions des Parcs Nationaux (Pendjari et du W), pour renforcer la mobilisation des données de biodiversité dans lesdits parcs. Il s'est agi essentiellement d'évaluer la distribution et les habitats favorables de cinq espèces (*Afzelia africana*, *Syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Loxodonta africana*, *Panthera leo*) au Bénin et déterminer si les conditions climatiques d'ici 2050 seront favorables ou pas à ces dernières. Au vu des résultats obtenus, nous avons proposé des mesures de conservation durable pour les espèces étudiées.

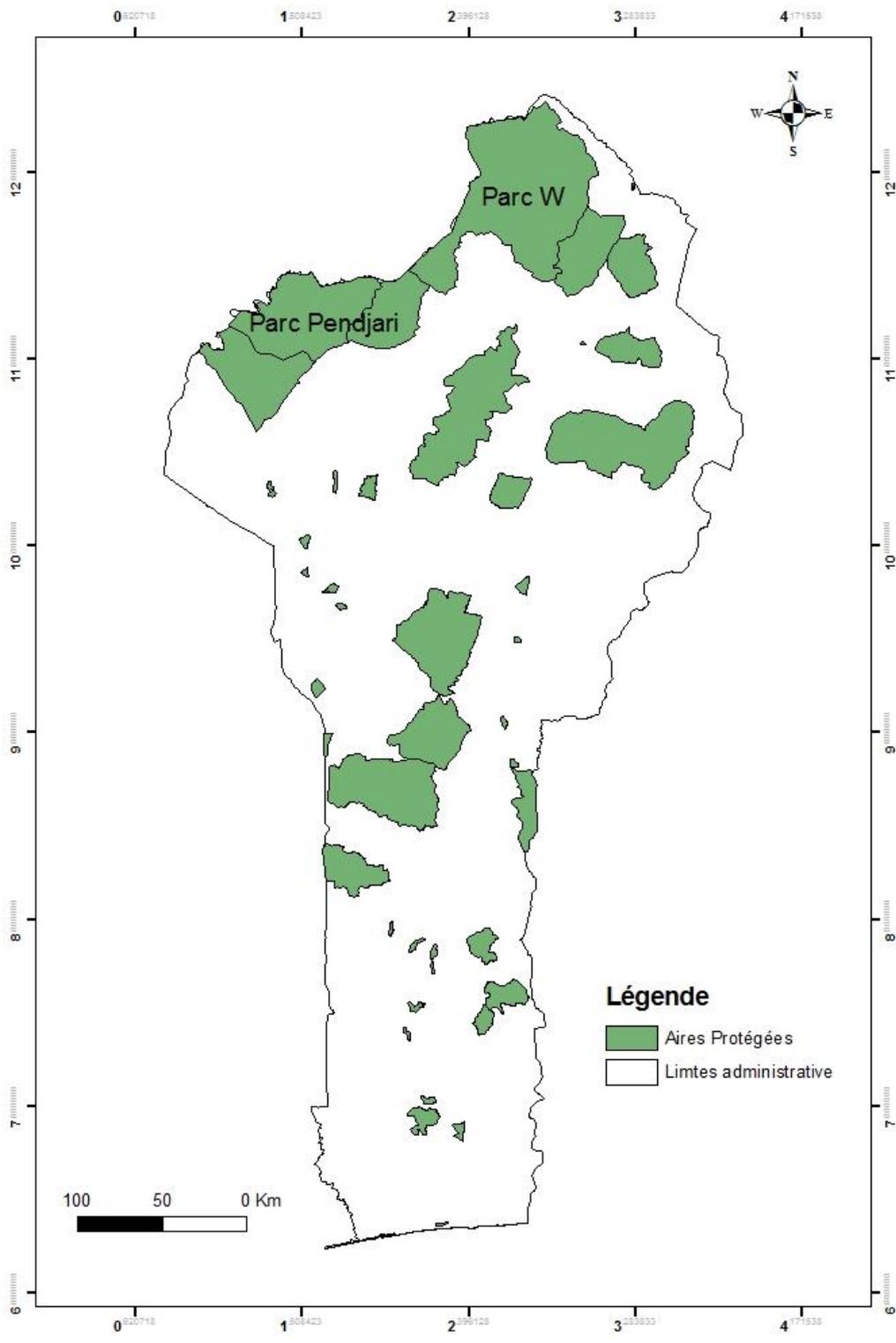
## 1. Présentation du Bénin

Le Bénin est un pays de l'Afrique de l'ouest d'une superficie de 114 763 Km<sup>2</sup>(INSAE, 2013).

Il dispose de deux réserves de biosphères (Parc national du W et de la Pendjari). Dans ces aires protégées se trouve une biodiversité impressionnante. Dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari, la présence de trois genres endémiques (*Vitellaria*, *Pseudroceudrela* et *Haematostaphis*) et deux espèces endémiques (*Thunbergia atacorensis* et *Ipomea beninensis*)(Adomou, 2005; Assédé et al., 2012). Dans les deux parcs, la présence d'une faune diversifiée constitue une attraction touristique pendant la période sèche de l'année (CENAGREF, 2009). Parmi ceux qui font l'objet de cette attraction, on note, la présence de quatre éléments du «Big-five». Il s'agit de : *Panthera leo*, *Loxodonta africana*, *Syncerus caffer* et *Acinomyx jubatus*. En dehors de ces aires Protégées, le Bénin dispose de plusieurs forêts classées qui sont de véritables réservoirs de biodiversité. La carte ci-dessous (Figure 1) et le tableau ci-dessous (Tableau1) montrent l'état actuel des aires protégées.

**Tableau 1:** Superficie des Aires protégées au Bénin par départements (PNUD 2009)

Départements	Forêts	Périmètre de reboisement	Parc Nationaux	Zones cynégétiques	Totaux
<b>Atacora-Donga</b> (Superficie en ha)	273.364	1.293	275.000	285.000	834.657
<b>Atlantique littoral</b> (Superficie en ha)	13.651	900	-	-	913.651
<b>Borgou-Alibori</b> (Superficie en ha)	824.133	506	563 280	295.050	2127.233
<b>Mono-Couffo</b> (Superficie en ha)	-	-	-	-	0
<b>Ouémé-Plateau</b> (Superficie en ha)	43.298	1.290	-	-	44.588
<b>Zou-Colline</b> (Superficie en ha)	138.097	173	-	-	311.097
<b>Totaux</b>	1292.543	1581.583	777.05	580.05	4231.226



**Figure 1:** Distribution des aires protégées du Bénin

## **2. Présentation des espèces étudiées**

### **2.1. *Afzelia africana* Sm & Pers, 1798**

*Afzelia africana* Sm & Pers, 1798 est de la famille des Fabaceae-Caesalpinioidea (Donkpingan et al.2014 ; Akoegninou et al.,2006). Elle est largement rependue et se retrouve dans les pays suivants : Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Nigéria, Ouganda, République Démocratique du Congo, Sénégal, Sierra Leone, Soudan, Tchad, et Togo (Bâ et al., 1999; Bationo et al., 2001; Sinsin et al., 2004; Teka and Sinsin, 2007; Bonou et al., 2009; Mensah et al., 2014a). Elle se trouve souvent dispersée individuellement dans la forêt sèche naturelle et la forêt secondaire, en association avec *Daniellia oliveri*, *Khaya senegalensis* et *Erythrophleum guineense* (CENAGREF, 2009). C'est une espèce à usage multiple, elle est fortement sollicitée en raison de la qualité supérieure de son bois et de ses feuilles (Sinsin et al., 2004) pour le pâturage en période de soudure. En raison de toutes ces menaces, l'espèce a été classée vulnérable sur la liste rouge de l'UICN (IUCN, 2001).

### **2.2. *Hippotragus equinus* Desmarest, 1804**

*Hippotragus equinus* Desmarest, 1804, encore appelé Antilope cheval, elle est de la famille des bovidés. Il se rencontre dans les savanes d'Afrique, du Sénégal à l'Ouest de l'Éthiopie, au Sud de l'Afrique du Sud, au Nord du Botswana et en Namibie. Elle a été décimée dans plusieurs régions, mais reste relativement commune dans certaines parties d'Afrique Occidentale et Centrale. L'antilope cheval occupe les prairies ouvertes ou légèrement boisées comportant des herbes hautes. Il évite les zones ayant de l'herbe courte, et préfère les endroits où il y a peu d'herbivores et de prédateurs. L'espèce est classée comme Préoccupation mineure sur la liste des espèces de l'UICN (IUCN, 2001).

### **2.3. *Loxodonta africana* Cuvier 1825**

L'Éléphant de savane d'Afrique (*Loxodonta africana*) est une espèce de mammifère de la famille des Éléphantidés. Cette espèce se rencontre en prairie, marécage, et bord de fleuve, jusqu'en Afrique du Sud. Au Bénin par exemple, l'habitat des éléphants s'étend au-delà des parcs nationaux et va jusqu'à certaines forêts classées (Forêt classée d'Alibori-Supérieur, la forêt classée de Goungoun-Sota-Goroubi, la forêt classée des Mont-Kouffè, et la Forêt classée de l'Ouémé-Supérieur-N'Dali, ) (Sinsin et Kamppmann, 2010)

On pouvait à une époque lointaine observer des troupes de plus de 100 individus, mais aujourd'hui ce n'est plus le cas. Le Bénin comptait en 2010 plus de 1500 individus d'éléphant

qui ont pour refuge les parcs nationaux et leurs zones cynégétiques (Sinsin and Kampmann, 2010). L'éléphant d'Afrique est considéré comme une espèce menacée et est classé comme vulnérable sur la liste de l'UICN (IUCN, 2001). Il subit plusieurs pressions anthropiques dues essentiellement à la fragmentation des habitats et le braconnage. Ces pressions ont conduit au déclin des populations de l'espèce.

#### **2.4. *Panthera leo* Linnaeus 1759**

Le lion d'Afrique (*Panthera leo*) est une espèce de la famille des Felidae. Le lion a une grande capacité d'adaptation et de nombreux habitats. L'habitat naturel préféré du lion est la savane, mais il figure aussi dans les forêts sèches et les demi-déserts (Sinsin and Kampmann, 2010). C'est le seul félin sociable. Au Bénin, la taille moyenne de troupes est la plus élevée en Afrique de l'Ouest. De nombreuses menaces pèsent sur le lion d'Afrique : braconnage visant à protéger les troupeaux, des vagues de sécheresse et l'action de l'insecticide. Il est classé comme une espèce vulnérable sur la liste des espèces de l'UICN (IUCN, 2001). Cependant le lion est classé comme en danger au Bénin (Sinsin and Kampmann, 2010).

Le lion fait l'objet de chasse sportive au Bénin. Après les inventaires effectués en 2000, les quotas ont été revus à la baisse passant à deux individus par deux ans par zone de chasse (Sinsin and Kampmann, 2010)

#### **2.5. *Syncerus caffer* Sparman 1779**

Le Buffle d'Afrique (*Syncerus caffer brachyceros*) est une espèce des bovidés. Au Bénin le buffle se répartit majoritairement dans les aires protégées et les parcs nationaux et les forêts classées. Les buffles vivent en groupe dans la savane ou dans les zones boisées. Ils occupent aussi les prairies et forêts montagneuses. Ils sont dépendants de l'eau et des graminées. Sinon ils peuvent brouter des feuilles ou des arbustes. La pression démographique, la dégradation des habitats dans le but d'augmenter les terres de cultures, le braconnage pour la viande et les trophées, les épizooties, constituent les principales menaces de l'espèce au Bénin. Malgré cela, le buffle a un Statut de conservation Préoccupation mineure sur la liste des espèces de l'UICN (IUCN, 2001). Dans les parcs nationaux au Bénin, le buffle est un animal d'intérêt cynégétique (CENAGREF, 2009)

### 3. Méthodologie de travail

#### 3.1. Collecte de données

Les données d'occurrences utilisées pour modélisation des niches écologiques des espèces de faune et flore dans le cadre du présent microprojet ont été obtenues de la base de données de GBIF et spécifiquement des données préalablement mobilisées et publiées dans le cadre du même microprojet BID-AF2015-0030-SMA dont le titre est « Numérisation et mobilisation des données de biodiversité des aires protégées et des espèces menacées au Bénin ». Ainsi, de façon spécifique, les données d'occurrences publiées sur cinq espèces animales et végétales ont été utilisées : *Afzelia africana*, *Loxodonta africana*, *syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Panthera leo*. Le tableau 2 présente les données d'occurrence utilisées et les sources.

**Tableau 2:** Points utilisés et source

Espèces	Nombre de points de départ pour le modèle finale	Nombre de points utilisés pour le modèle finale	Source
<i>Afzelia africana</i>	915	877	<a href="http://www.gbif.org/dataset/f39014fa-89bf-4717-bcfc-0fb8841c32c1">http://www.gbif.org/dataset/f39014fa-89bf-4717-bcfc-0fb8841c32c1</a>
<i>Syncerus caffer</i>	298	291	<a href="http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe">http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe</a> <a href="http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6">http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6</a>
<i>Hippotragus equinus</i>	303	291	<a href="http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe">http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe</a> <a href="http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6">http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6</a>
<i>Loxodonta africana</i>	242	240	<a href="http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe">http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe</a> <a href="http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6">http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6</a>
<i>Panthera leo</i>	22	20	<a href="http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe">http://www.gbif.org/dataset/fe903576-72e1-446a-b019-479f537adabe</a>

			<a href="http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6">http://www.gbif.org/dataset/cf3753af-0fde-4de8-9bae-efa08bf5c2f6</a>
--	--	--	---

### 3.1.3. Données climatiques

Les données climatiques présentes et futures ont été obtenues de ([www.york.uk](http://www.york.uk)). Nous avons préféré le modèle climatique RCP (Representation Concentration Pathways) et choisies deux scenarii au lieu des quatre conventionnellement utilisés (Platts et al., 2014). Cela parce qu'il a été prédit dans le cinquième rapport de IPCC que les changements climatiques auront un faible impact sur la zone d'étude (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

Dans le milieu d'étude, il a été démontré que la distribution des plantes est essentiellement fonction de la disponibilité en eau et du gradient d'aridité (Adomou, 2005; Sinsin and Kampmann, 2010). Sur la base du principe de parcimonie et en raison du gradient d'aridité sus-évoqué, nous avons choisi les variables suivantes : précipitation du mois le plus sec (bio 17), la précipitation moyenne annuelle (bio 12) et la variation saisonnière de la température (bio4) et la longueur de la plus longue saison sèche (llds). Nous avons utilisé la Variance Inflation Factor (VIF) pour nous rassurer que les variables considérées dans le modèle final ne sont pas corrélées.

### 3.2. Analyse des données

Pour toutes les espèces, la simulation a été faite dans le logiciel R avec le package dismo (R Core Team, 2015) en utilisant 70 % des points pour la calibration et 30 % pour la validation des modèles. Les autres arguments de la fonction «maxent» ont été utilisés par défaut. Nous avons utilisé l'Area Under Curve (AUC) comme indicateur de la qualité du model. Les aires favorables ont été représentées en fonction de la probabilité de présence suivant les conditions climatiques.

Deux types d'habitats ont été définis dans le présent travail : les habitats plus favorables et les habitats moins favorables. Pour les calculer nous avons fait une analyse des carences de représentation des habitats de chaque espèce en superposant les cartes issues de MaxEnt et celles des aires Protégées. La classe de probabilité supérieure à une valeur (ici balance training omission)(Young et al., 2011) a été considérée comme favorable. Nous avons ensuite estimé le nombre de pixel correspondant à ces aires favorables. Nous en avons déduis la surface total des aires favorables.

## 4. Interprétation des résultats et discussion

### 4.1. Section 1 : *Afzelia africana*

Il existe plusieurs indices pour évaluer la qualité des modèles de distributions des espèces. Nous avons utilisé dans la présente étude l'Area Under Curve (AUC). L'AUC est de 0.73 ( $\pm 0.021$ ), montrant la capacité du modèle à prédire les habitats favorables de *Afzelia africana*. En outre, on peut noter que la pluviométrie moyenne annuelle et la température sont les variables qui prédisent le mieux les habitats favorables à l'espèce (Tableau 3). Les résultats montrent également que actuellement, la plupart des aires favorables à la conservation de *Afzelia africana* sont confinées presque entièrement dans le parc Pendjari (Figure 2). Cependant l'espèce ne dispose pas d'aire favorable de distribution dans le réseau d'aires protégées incluant le Parc National du W, la forêt classée de l'Ouémé-Supérieure-N'Dali (OSN), la forêt classée de la Sota et une partie de la forêt classée des trois rivières (Figure 2). Les aires favorables représentent une superficie totale de 16877 Km<sup>2</sup> (Figure 5). Les prédictions montrent qu'avec un forçage radiatif entraînant une élévation de la température de 1.4°C et un niveau de CO<sub>2</sub> atmosphérique atteignant 500ppm (scenario climatique RCP 4.5), on aura une régression des habitats favorables de près du 1/3 sur l'ensemble du territoire béninois (Figure 5). Par contre, avec un forçage radiatif plus sévère (+2°C et un niveau de CO<sub>2</sub> atmosphérique = 550ppm, RCP8.5), l'espèce perdrait moins d'habitats favorables dans une partie du parc Pendjari, dans la quasi-totalité de la partie du Parc W et dans le sud Bénin (Figure 4). Les autres aires protégées (Forêt classée) garderont toujours leurs statuts d'habitat favorable à l'espèce.

La perte des habitats favorables de *Afzelia africana* serait en partie due à la sensibilité de l'espèce à la sécheresse (Biaou et al., 2011). En effet, Réserve de Biosphère Transfrontalière du W/Bénin se situe dans la partie extrême Nord du pays où le climat est très sec (température allant de 25 à 35 °C) (Bationo et al., 2001 ; Houessou et al.2012). Dans cette zone on note de faibles pluviométries et les températures les plus élevées du Bénin, (cf. annexe Variables utilisées dans la construction du modèle). Les perturbations liées aux feux et aux broutages pendant les premières phases de sa vie pourraient affectées non seulement sa structure de l'espèce mais également sa dynamique et sa distribution. Ces facteurs bien que n'étant pas inclus dans le modèle pourraient avoir un effet considérable sur l'établissement de l'espèce et sa distribution. En plus de la dégradation des conditions climatiques d'ici 2050 sus-évoqué, la poussée démographique, la coupe abusive du bois de *Afzelia africana*, les feux de brousses

incontrôlés et le surpâturage, pourraient constituer des menaces additionnelles graves pour la survie de l'espèce au Bénin.

**Tableau 3:** Contribution des variables sélectionnées pour la modélisation et validation du modèle (%)

	<i>Afzelia africana</i>	
	Pourcentage de Concentration (%)	Importance de la permutation (%)
<b>Pluviométrie annuelle moyenne</b>	50.3	41
<b>Température Saisonnalité</b>	33.2	31.2
<b>Longueur de la saison sèche</b>	16.5	27.7

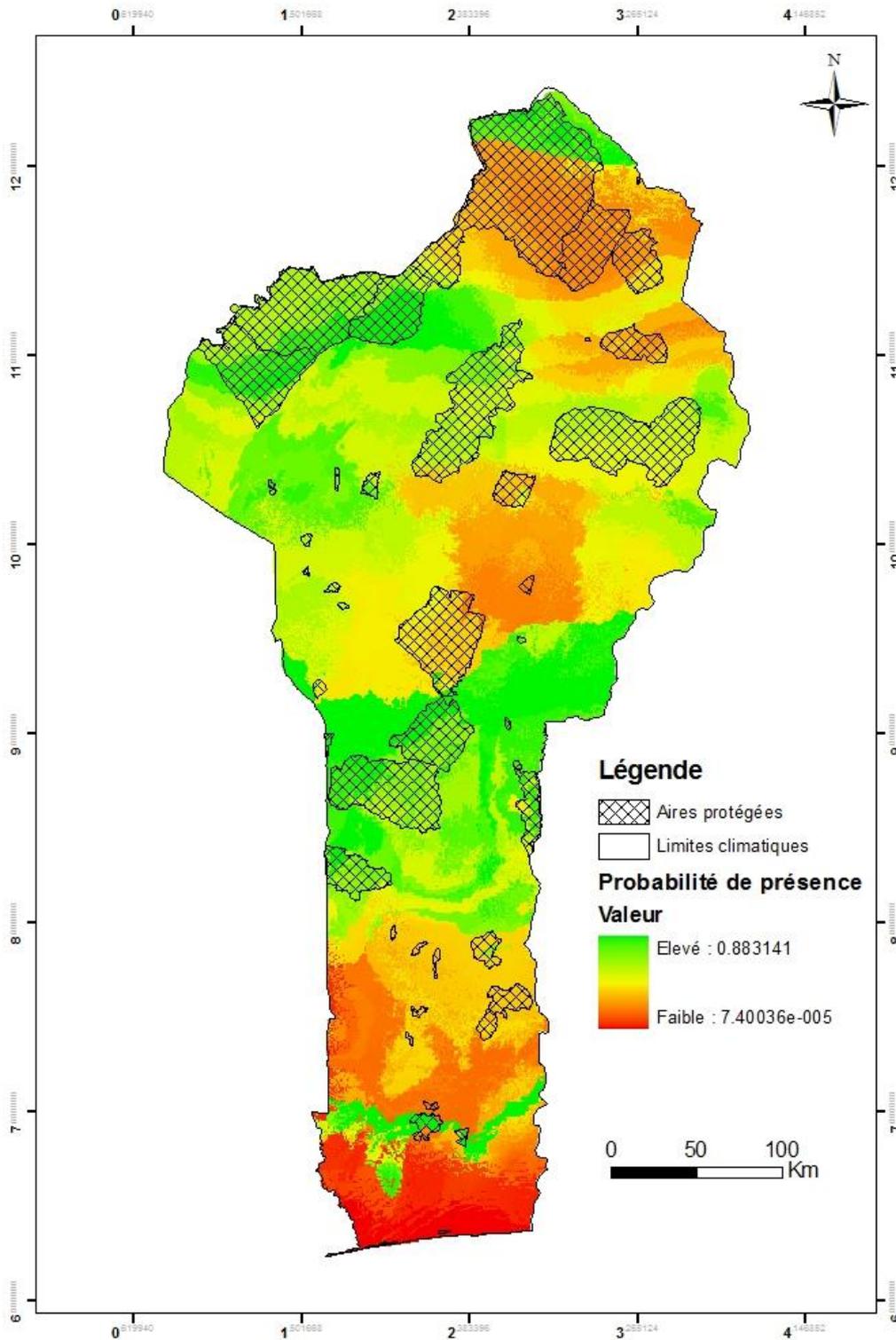
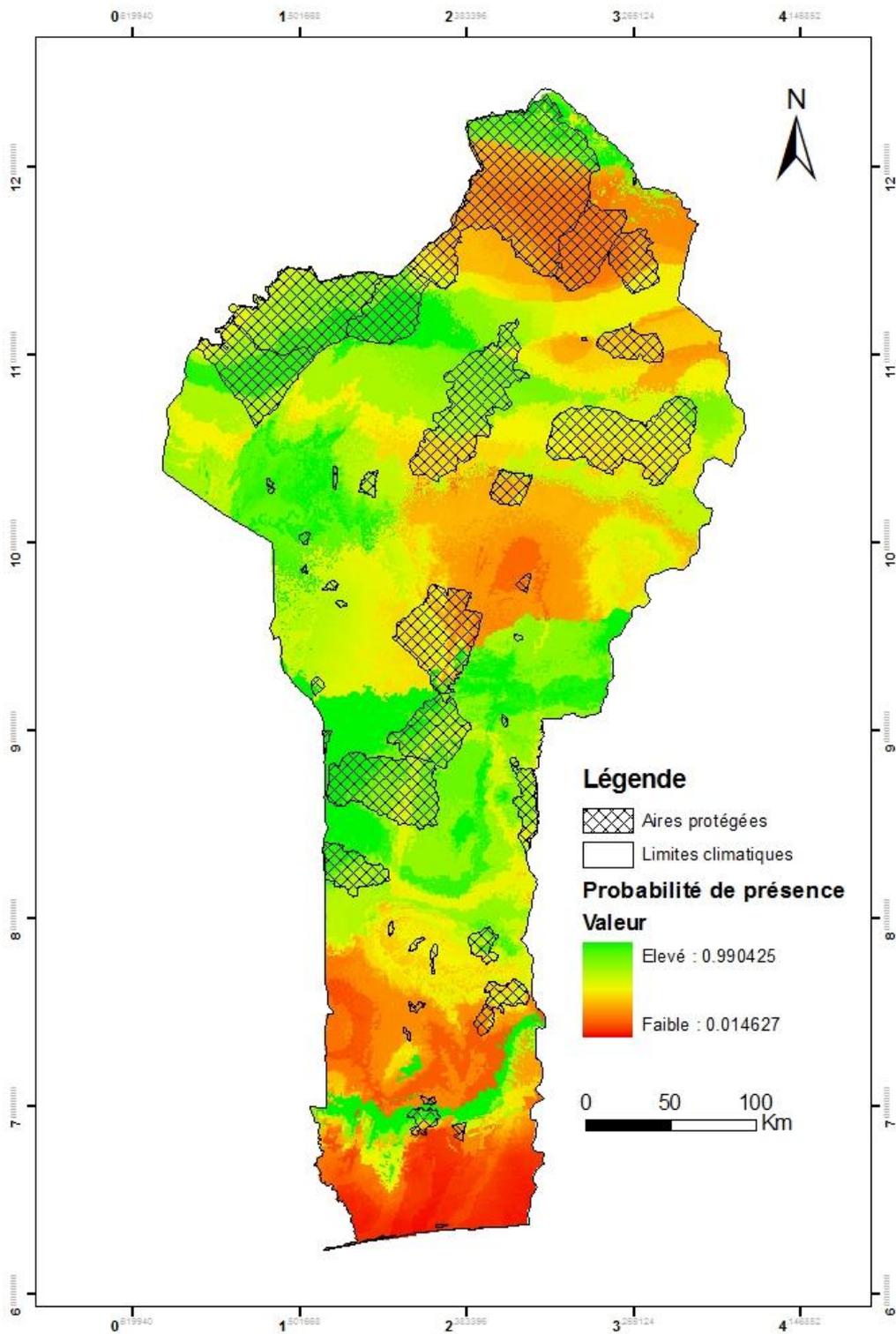
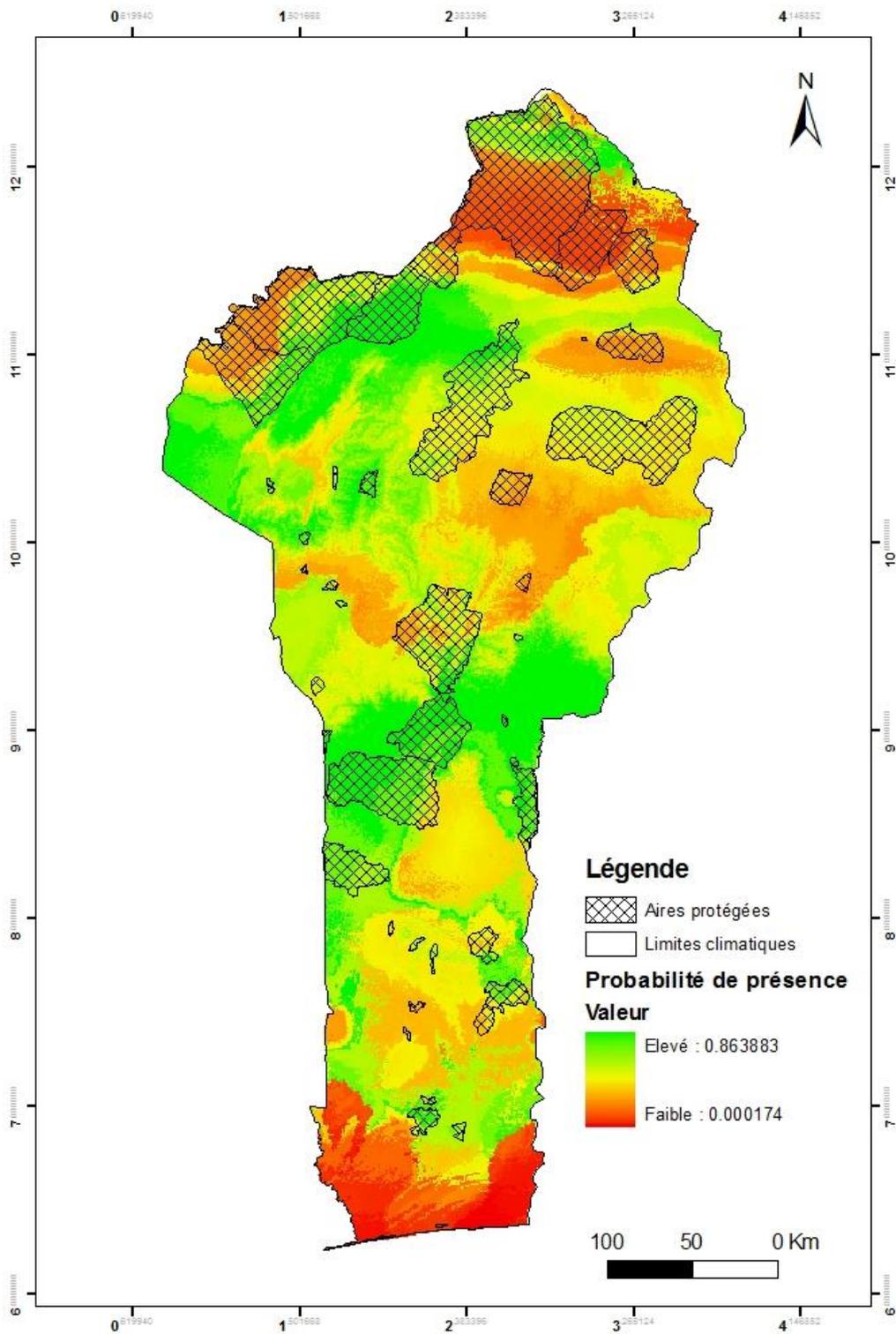


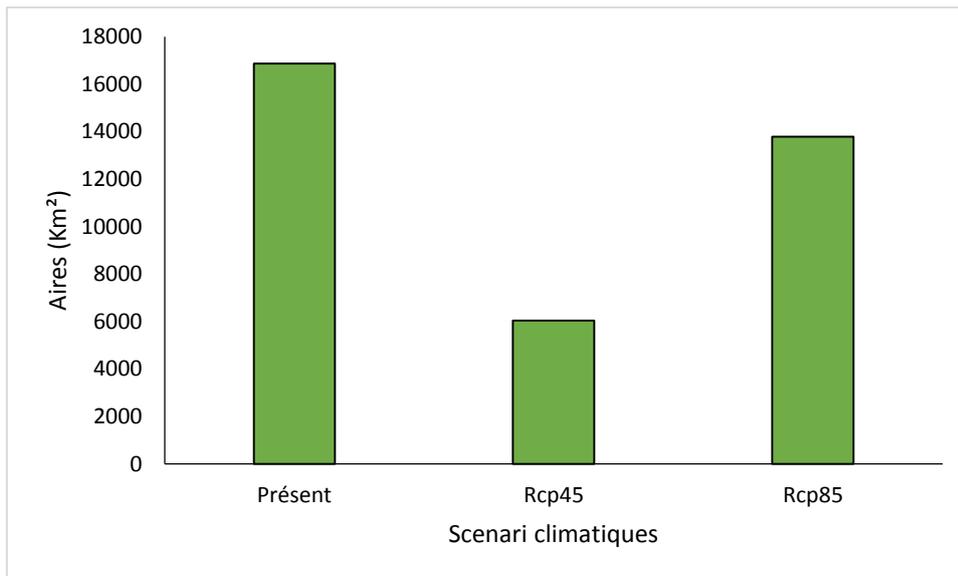
Figure 2: Distribution actuelle de *Afzelia africana* au Bénin



**Figure 3:** Distribution de *Afzelia africana* sous le scénario le plus modéré (RCP4.5)



**Figure 4:** Distribution de *Afzelia africana* sous le scénario le plus critique (RCP8.5)



**Figure 5:** Evolution des aires favorables à *Afzelia africana* en fonction des scenarii climatiques

#### **4.2. Section 2 : Espèces animales (*Syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Loxodonta africana*, *Panthera leo*)**

Les modèles de distribution pour chacune des quatre espèces ont été réalisées et, en dépit de peu de variations, toutes les valeurs de l'AUC étaient supérieures à 0,73 (Tableau 4).

On peut noter que pour tous les herbivores (*Hippotragus equinus*, *Syncerus caffer*, *Loxodonta africana*), la pluviométrie moyenne annuelle et la température saisonnière sont les variables les plus importantes (Tableau 5). Par contre, la longueur de la saison sèche est plus importante chez le lion (*Panthera leo*).

Pour *Hippotragus equinus*, *Syncerus caffer*, *Loxodonta africana*, nous avons identifié des zones ayant des conditions très favorables avec une probabilité de présence conditionnelles aux milieux d'études et au climat pouvant attendre 0.89 (Figure 6). Ces zones sont majoritairement présentes dans le Parc National de Pendjari et les zones cynégétiques. Nous avons noté que sous les conditions environnementales actuelles, la plus grande probabilité de présence du lion (*Panthera leo*) est de 0.75 (Figure 6). Sous tous les scénarii climatiques utilisés, les aires favorables à la distribution de ces espèces semblent augmenter. Pour l'hippotrague et le Buffle les habitats s'augmenteront beaucoup plus pour le scenario le moins pessimiste (RCP4.5), mais ce n'est pas le cas pour le scenario le plus pessimiste (Figure 9, 10). Par contre nous aurons une légère baisse des habitats favorables du lion (Figure 11).

Le lion est un prédateur et son appétit est grand. Il mange plus de 10 kilos de viande par jour et parfois même plus (CENAGREF, 2014). Il se nourrit d'antilopes, de rongeurs, mais sa faim lui commande de manger d'autre chose, comme des buffles et des zèbres. La présence du Lion est d'une probabilité de 0.75. Il est un bon indicateur de la diversité et du potentiel de faune présent dans les parcs nationaux. Ce résultat explique aussi la grande probabilité de présence obtenue pour l'hippotrague et le buffle.

Par ailleurs, nous avons estimé les zones géographiques où les conditions environnementales sont favorables au développement des espèces, les modifications d'habitats préférentiel (donc de la distribution de l'espèce) au cours du temps, en suivant un scénario de changement environnemental. De plus, nous avons estimé le poids de l'environnement sur la distribution réelle par rapport aux interactions biotiques et l'histoire évolutive de l'espèce. Dans ce travail, les interactions entre espèce n'ont pas été prises en compte du fait de manque de données dans ce sens.

L'utilisation de camera trapping aurait été plus approprié pour l'estimation des aires favorables car certains animaux sont souvent de mœurs nocturnes (CENAGREF, 2014). Par exemple le lion dort 20 heures par jour (CENAGREF, 2014), ceci explique la faible probabilité de contact pour cette espèce.

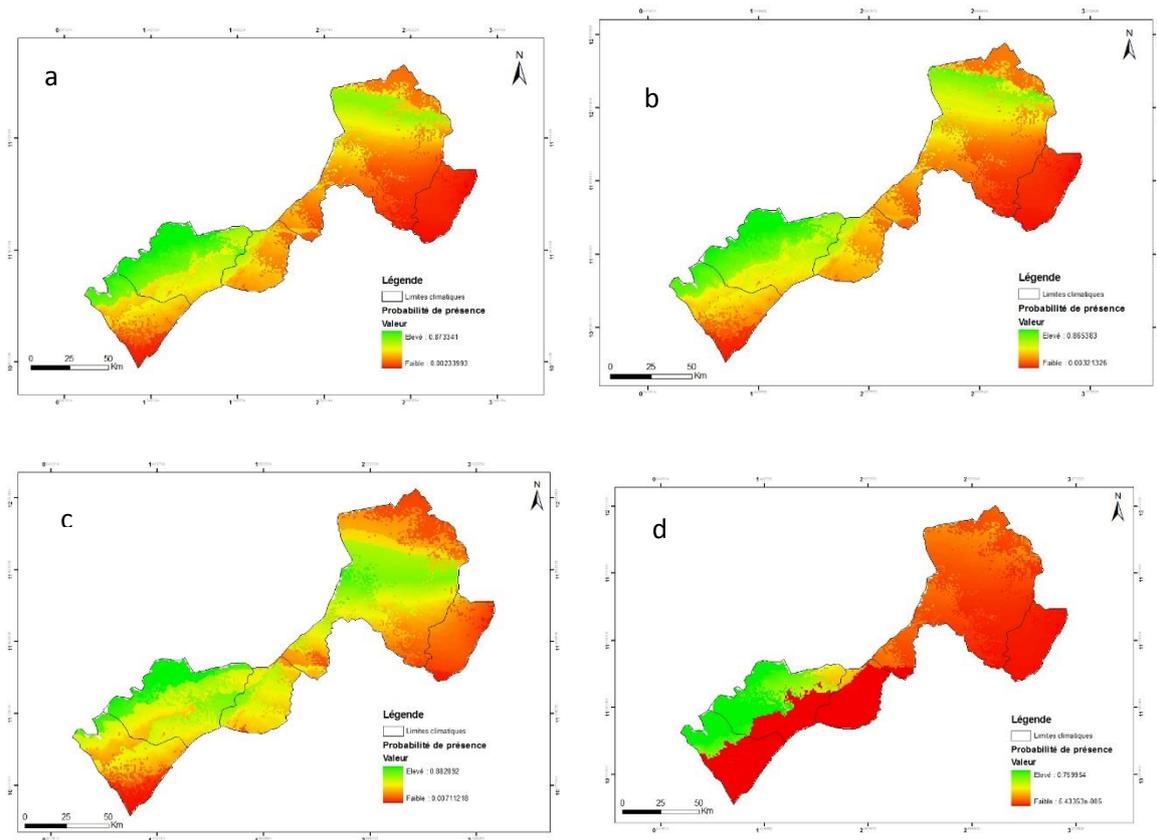
**Tableau 4:** Valeur de l'AUC et de l'écart type pour chaque espèce

Espèce	AUC	Ecart type
<i>Afzelia africana</i>	0.735	0.021
<i>Syncerus caffer</i>	0.97	0.004
<i>Loxodonta africana</i>	0.96	0.009
<i>Hippotragus equinus</i>	0.97	0.004
<i>Panthera leo</i>	0.87	0.193

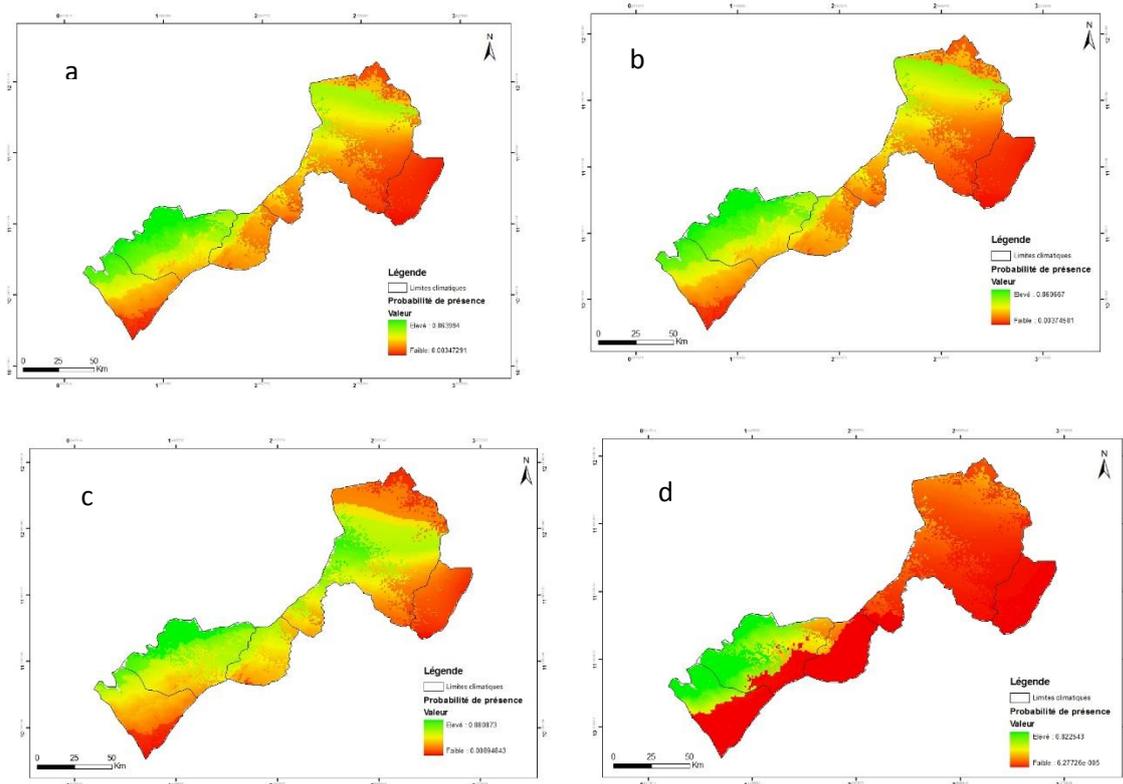
**Tableau 5:** Contribution de chaque variable pour chaque espèce pour la construction du modèle (%)

	<i>Syncerus caffer</i>		<i>Hippotragus equinus</i>		<i>Loxodonta africana</i>		<i>Panthera leo</i>	
	PC	IP	PC	IP	PC	IP	PC	IP
<b>Pluviométrie annuelle moyenne</b>	52.2	61.7	51.5	59.8	80.7	80.6	1.8	5.7
<b>Température Saisonnalité</b>	26.7	35.8	27.6	38.2	18.8	16.3	25.1	14.3
<b>Longueur de la saison sèche</b>	<b>21</b>	<b>2.5</b>	20.9	1.9	0.5	3.1	72.3	80

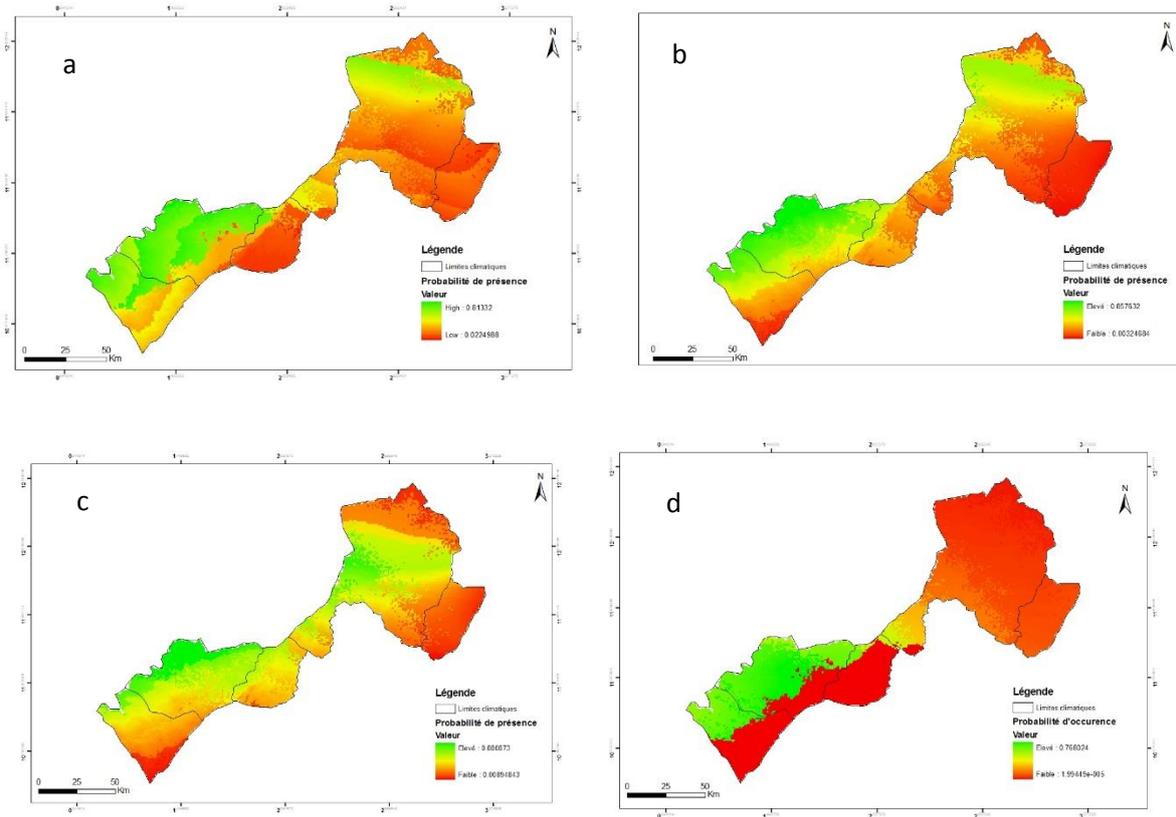
**Légende :** PI : Importance de la Permutation, PC : Pourcentage de contribution



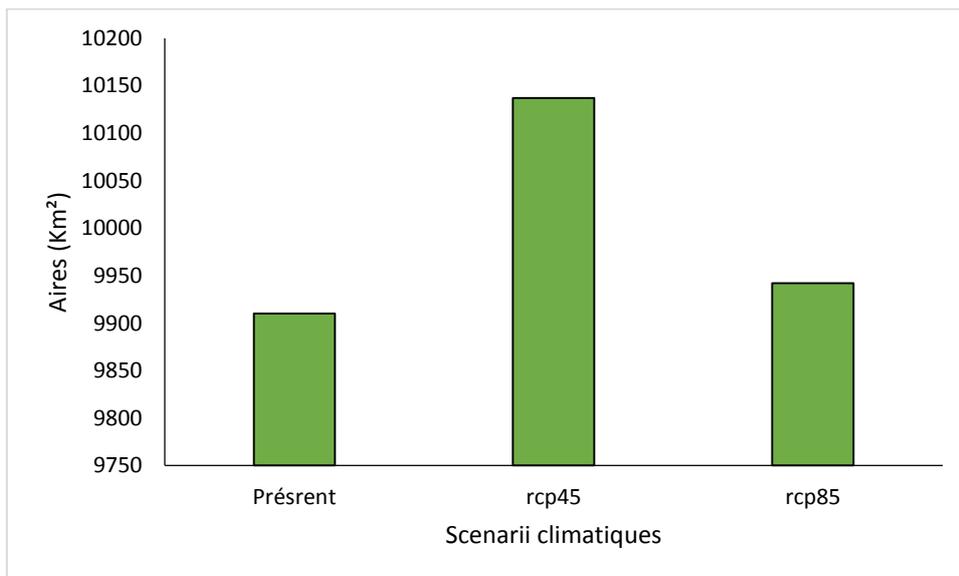
**Figure 6:** Distribution actuelle et habitats favorables pour les quatre espèces animales : Buffle (*Syncerus caffer*) (a), à l'hippopotame (*Hippopotragus equinus*) (b), l'Eléphant (*Loxodonta africana*) (c), du lion (*Panthera leo*) (d). La probabilité de présence est représentée de la valeur faible (rouge) et élevé (verte).



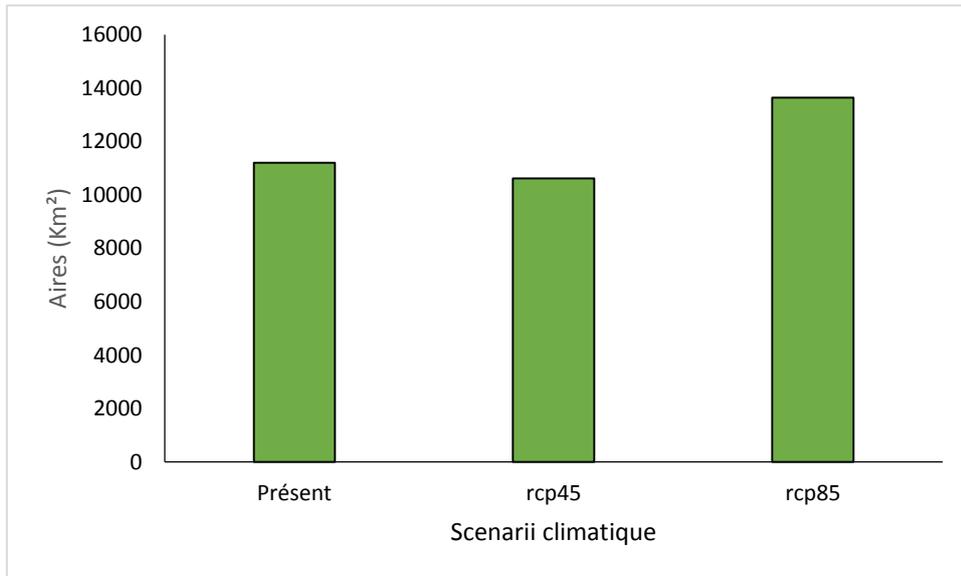
**Figure 7:** Distribution future (condition modéré RCP4.5) et habitats favorables pour les quatre espèces animales : Buffle (*Syncerus caffer*) (a), à l'hippotrague (*Hippotragus equinus*) (b), l'Éléphant (*Loxodonta africana*) (c), du lion (*Panthera leo*) (d). La probabilité de présence est représentée de la valeur faible (rouge) et élevé (verte).



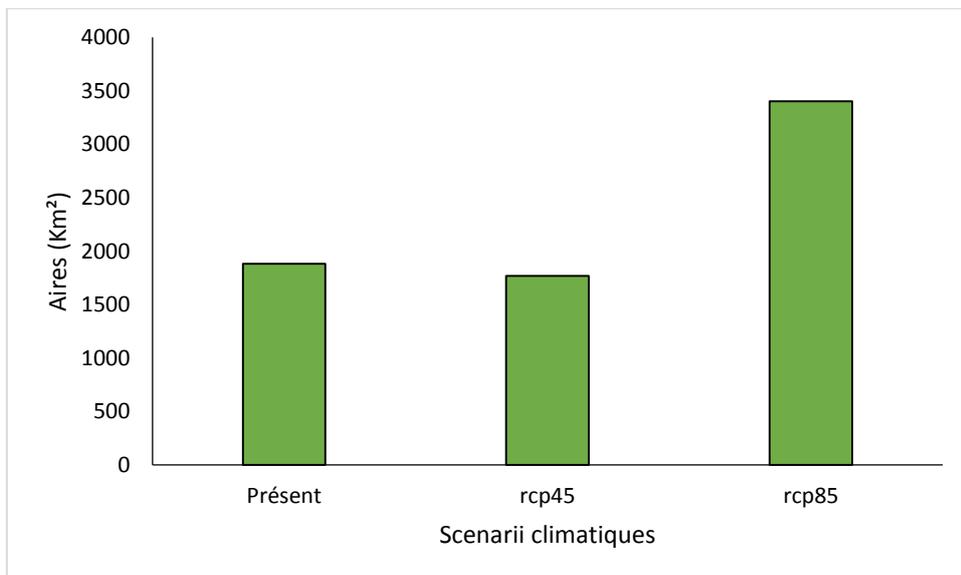
**Figure 8:** Distribution future (condition modéré RCP8.5) et habitats favorable pour les quatre espèces animales. Buffle (*Syncerus caffer*) (a), à l'hippopotame (*Hippotragus equinus*) (b), l'Eléphant (*Loxodonta africana*) (c), du lion (*Panthera leo*) (d). La probabilité de présence est représentée de la valeur faible (rouge) et élevé (verte).



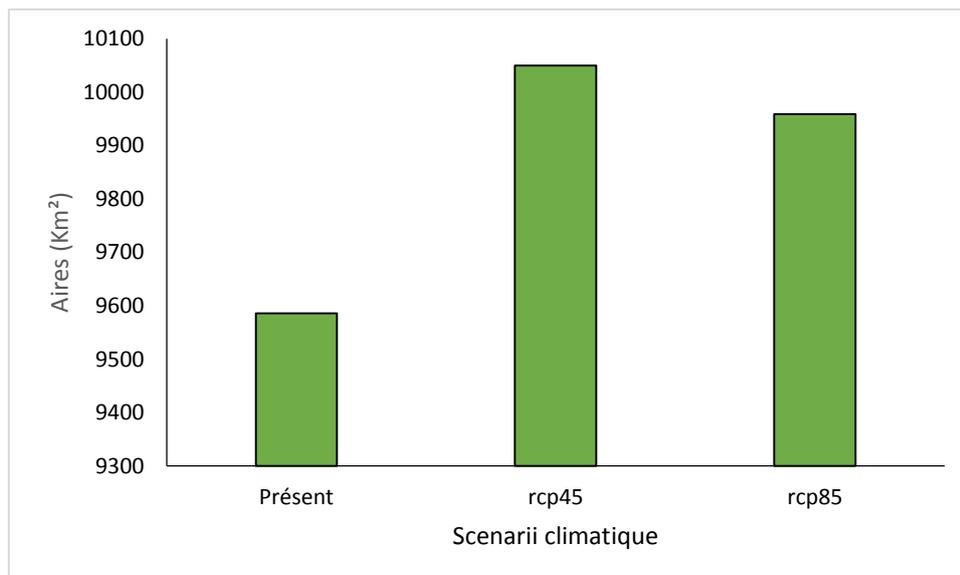
**Figure 9:** Evolution des aires favorables à *Hippotragus equinus* en fonction des scenarii climatiques



**Figure 10:** Evolution des aires favorables à *Loxodonta africana* en fonction des scenarii climatiques



**Figure 11:** Evolution des aires favorables à *Panthera leo* en fonction des scenarii climatiques



**Figure 12:** Evolution des aires favorables à *Syncerus caffer* en fonction des scenarii climatiques

#### **4. Implication des résultats pour des prises de décision dans le sens de la conservation à long terme de chacune des espèces étudiées**

Les cartes de distribution générées montrent à la fois les zones de forte probabilité de présence et les zones de faible probabilité pour chaque espèce. L'identification des zones de forte probabilité de présence des espèces constitue un important outil de décision pour la conservation à long terme des espèces. Elles peuvent aider à identifier les zones prioritaires d'intervention pour la conservation de la biodiversité. Les résultats de la distribution spatiale peuvent être utilisés par les gestionnaires des aires protégées pour réorienter ou renforcer les stratégies de gestion, telle que l'élaboration des plans de conservation des espèces, le plan de sauvegarde d'une aire protégée, ainsi que le plan d'aménagement et de gestion de l'Aire protégée. Les informations issues de la distribution d'une espèce peuvent favoriser le développement du tourisme en mettant en place les infrastructures appropriées telles que les mares, miradors, des pistes, etc. Il a été détecté que la durée de la saison sèche peut avoir un impact sur le lion, qui est déjà une espèce vulnérable sur la liste des espèces de l'UICN (IUCN, 2001). Une autre opération importante consiste à créer des par feux à ces niveaux afin d'éviter la propagation d'éventuel feu qui pourrait créer des dommages irréversibles

En ce qui concerne *Afzelia africana*, nous proposons qu'un dispositif approprié soit mis en place pour préserver les sous populations du Parc National de la Pendjari. Ces dernières

représentent les dernières populations viables de cette espèce menacée. Ainsi la mise en place des mesures de protection particulières afin de préserver l'espèce contre la coupe de bois. Les jeunes plantules devront être protégés contre les feux et le broutage avec des barrières et des pare feu. Il faudra aussi éloigner les semis des adultes pour les éloigner des prédateurs afin de favoriser la régénération naturelle de l'espèce (Mensah et al., 2014b). Les programmes de régénérations naturelles assistées devront être développés au sein des habitats favorables pour l'espèce dans le Parc National de la Pendjari.

## **Conclusion et recommandations**

Cette étude a permis d'obtenir des résultats très intéressants sur la distribution de cinq espèces en lien avec les changements climatiques *Afzelia africana*, *Syncerus caffer*, *Hippotragus equinus*, *Loxodonta africana* et *Panthera leo*. La modélisation de la niche écologique en fonction des changements climatiques révèle que *Afzelia africana* connaîtra d'ici 2050 une baisse importante de ses habitats favorables. Cette situation pourrait être aggravée par les pressions anthropiques sur l'espèce et même conduire l'espèce à l'extinction. Une autre information importante de cette étude est l'effet relativement faible des changements climatiques sur les habitats des espèces animales étudiées. De plus, les habitats favorables détectés constituent une base technique importante pour accroître l'efficacité des actions de conservation des espèces. Ainsi les actions pourraient être mieux orientées et priorisées afin d'accroître l'efficacité des interventions et décisions relatives à la gestion des espèces étudiées en République du Bénin. Par exemple la distribution des animaux sauvage est un outil important pour l'élaboration des stratégies de conservation de l'espèce. Ils peuvent servir à l'élaboration des stratégies de développement du tourisme et aussi le plan de sauvegarde ainsi que le dispositif de suivi écologique des espèces animales dans une aire protégée. De la distribution de *Afzelia africana*, il ressort que les populations de *Afzelia africana* du Parc Pendjari sont les plus viables et nécessitent des actions de conservations particulières telles que la protection de la régénération contre les feux de brousse et la surveillance des adultes contre la coupe de bois.

## Références

- Adomou, A.C. 2005. Vegetation patterns and environmental gradient in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD Thesis: Wageningen University, 150pp.
- Akoègninou A, Van der Burg WJ, Van der Maesen LJG., Adjakidjè V, Essou JP, Sinsin B, Yédomanhan H, 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys publishers, Wageningen, 1034 p.
- Assédé, E.P.S., Adomou, A.C. and Sinsin, B. 2012. List Magnoliophyta , Biosphere Reserve of Pendjari , Atacora Province , Benin. 8, 642–661.
- Bâ, a. M., Sanon, K.B., Duponnois, R. and Dexheimer, J. 1999. Growth response of *Afzelia africana* Sm. seedlings to ectomycorrhizal inoculation in a nutrient-deficient soil. *Mycorrhiza*, 9, 0091–0095.
- Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J. and Guinko, S. 2001. Longévité des graines et contraintes à la survie des plantules d'*afzelia africana* Sm. dans une savane boisée du Burkina faso. *Annals of Forest Science*, 58, 69–75.
- Biaou, S.S.H., Holmgren, M., Sterck, F.J. and Mohren, G.M.J. 2011. Stress-Driven Changes in the Strength of Facilitation on Tree Seedling Establishment in West African Woodlands. 43, 23–30.
- Bonou, W., Glèlè Kakaï, R., Assogbadjo, A.E., Fonton, H.N. and Sinsin, B. 2009. Characterisation of *Afzelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin. *Forest Ecology and Management*, 258, 1084–1092.
- CENAGREF 2009. Parc National de la Pendjari , Bénin Plan d'Aménagement Participatif et de Gestion 2004 – 2013., 124pp.
- CENAGREF 2014. Plan d'action pour la conservation du lion au Benin., 31pp.
- Donkpegan A.S.L., Hardy O.J., Lejeune P., Oumorou M., Daïnou K., Doucet J-L., 2014. Un complexe d'espèces d'*Afzelia* des forêts africaines d'intérêt économique et écologique synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2): 233-246
- Fandohan, B., Gouwakinnou, G.N., Fonton, N.H., Sinsin, B. and Liu, J. 2013. Impacts 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. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17, 450–462.
- Fandohan, A.B., Oduor, A.M.O., Sodé, A.I., Wu, L., Cuni-Sanchez, A., Assédé, E. and Gouwakinnou, G.N. 2015a. Modeling vulnerability of protected areas to invasion by *Chromolaena odorata* under current and future climates. *Ecosystem Health and*

- Sustainability, 1, 1–12.
- Fandohan, A.B., Moutouama, J.K., Biaou, S.S.H., Gouwakinnou, N.G. and Adomou, C.A. 2015b. Le réseau d'aires protégées Bénin-Togo assure-t-il la conservation de *Thunbergia atacorensis* (Acanthaceae)? Science de la vie, de la terre et agronomie REV. CAMES -, 03, 25–31.
- Gouwakinnou, N.G. 2011. Population ecology, uses and conservation Of *Sclerocarya Birrea* (A. Rich.) Hochst. (Anacardiaceae) in Benin, West Africa. PhD Thesis: Université d'Abomey-Calavi, 176pp.
- INSAE 2013. Résultats provisoires de la quatrième phase du recensement général de la population et de l'habitation. Cotonou, Benin, 8pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change 2014. Summary for policymakers. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1–31.
- IUCN 2001. Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN: Version 3.1. Deuxième édition. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, 32pp.
- Mensah, S., Houehanou, T.D., Sogbohossou, E.A., Assogbadjo, A.E. and Glèlè Kakaï, R. 2014a. Effect of human disturbance and climatic variability on the population structure of *Afzelia africana* Sm. ex pers. (Fabaceae-Caesalpinioideae) at country broad-scale (Bénin, West Africa). South African Journal of Botany, 95, 165–173.
- Mensah, S., Houehanou, T.D., Sogbohossou, Etotépé A. Assogbadjo, A.E. and Glèlè Kakai, R. 2014b. Effect of human disturbance and climatic variability on the population structure of *Afzelia africana* Sm. ex pers. (Fabaceae-Caesalpinioideae) at country broad-scale (Bénin, West Africa). South African Journal of Botany, 95, 165–173.
- Platts, P.J., Omeny, P.A. and Marchant, R. 2014. AFRICLIM: high-resolution climate projections for ecological applications in Africa. African Journal of Ecology, 53, 103–108.
- R Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Sinsin, B., Matig, O.E., Assogbadjo, A.E., Gaoué, O.G. and Sinadouwirou, T. 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Afzelia africana* Sm. dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin. Biodiversity and Conservation, 13, 1555–1570.
- Sinsin, B. and Kampmann, D. 2010. Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'ouest Tome 1.

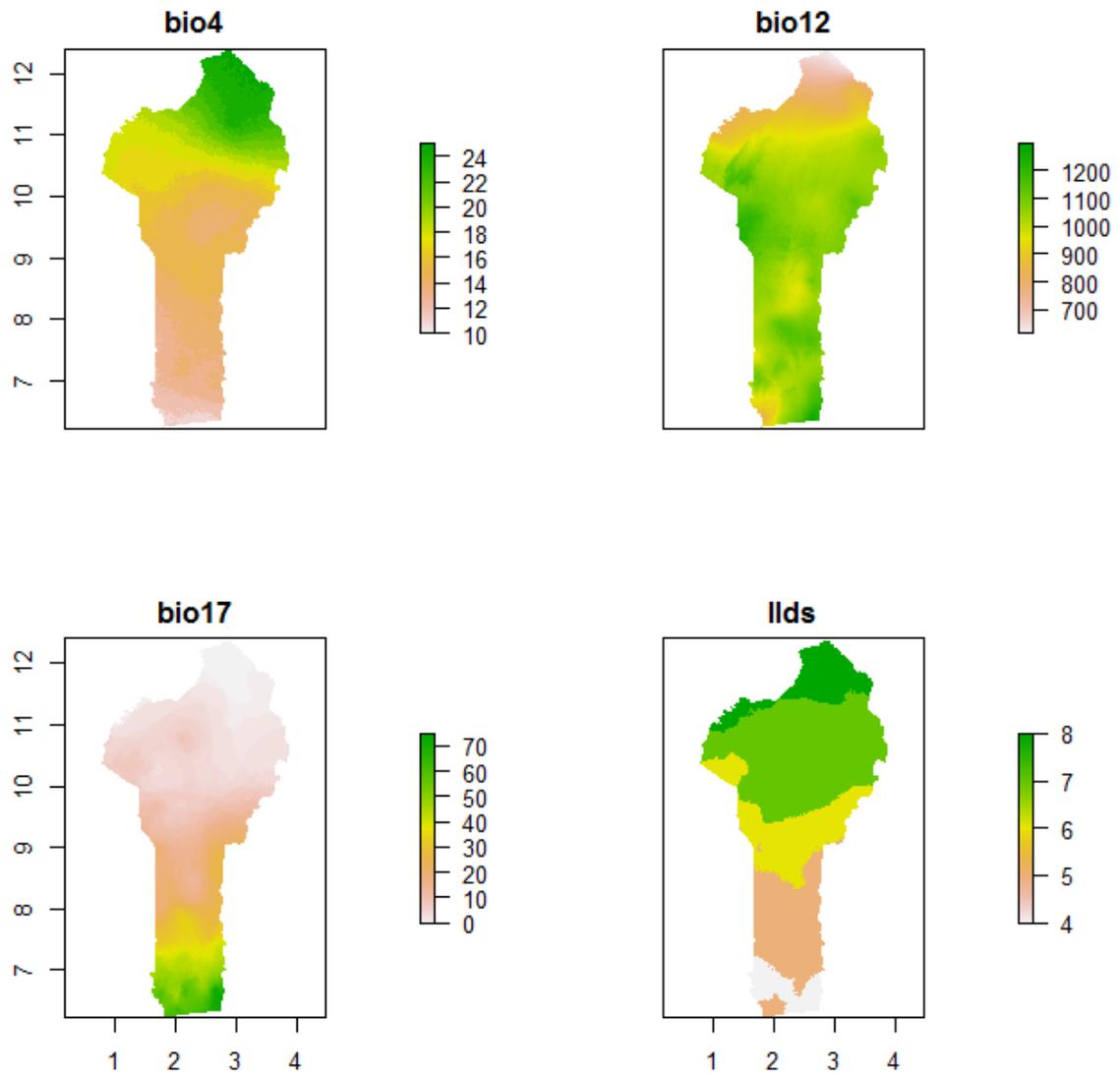
Cotonou & Frankfurt, 726ppp.

Tehou C.A., 2010. L'éléphant de savane. *In*: Sinsin, B., Kampmann, D. eds. *Atlas de La Biodiversité de L ' Afrique de L ' Ouest Biodiversity Atlas of West Africa, Volume I*. Cotonou & Frankfurt, 726p.

Teka, O. and Sinsin, J.V.B. 2007. Impacts de l ' élevage sur les ligneux fourragers et contribution à la gestion intégrée de *Khaya senegalensis* et *Azelia africana* , deux espèces menacées d ' extinction dans la région des Monts-Kouffé au Bénin Milieu d ' étude.

Young, N., Lane, C. and Paul, E. 2011. A MaxEnt Model v3.3.3e Tutorial (ArcGIS v10)., 1-30pp.

## Annexe : Variables utilisée pour la construction du modèle



### Critères ayant permis le choix des habitats favorables

Espèces	Balance training	10 percentiles
<i>Afzelia africana</i>	0.161	0.368
<i>Syncerus caffer</i>	0.037	0.205
<i>Hippotragus equinus</i>	0.041	0.203
<i>Loxodonta africana</i>	0.026	0.229
<i>Panthera leo</i>	0.013	0.482