



HAL
open science

Distribution et Conservation du Lamantin Africain (*Trichechus senegalensis*, Link 1795) dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama (Gabon)

Christy Achtone Nkollo Aganga

► **To cite this version:**

Christy Achtone Nkollo Aganga. Distribution et Conservation du Lamantin Africain (*Trichechus senegalensis*, Link 1795) dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama (Gabon). Géographie. Université Omar Bongo Libreville (Gabon), 2022. Français. NNT: . tel-04510960

HAL Id: tel-04510960

<https://theses.hal.science/tel-04510960>

Submitted on 19 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



UNIVERSITÉ OMAR BONGO

Faculté des Lettres et Sciences Humaines

Département des Sciences Géographiques, Environnementales et Marines

FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES GÉOGRAPHIQUES
Laboratoire de Géomatique, de Recherche Appliquée et de Conseil (LAGRAC)

THÈSE

Pour l'obtention du grade de

Docteur de l'Université Omar Bongo de Libreville

Discipline : **Géographie et Environnement** – Spécialité : **Biogéographie**

DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAIN (*Trichechus senegalensis*, Link 1795) DANS LES SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET SETTE CAMA (GABON)

Présentée et soutenue publiquement le 20 Juillet 2022 par

Christy Achtone NKOLLO AGANGA

Sous la direction de : **Jean Bernard MOMBO**,

Professeur Titulaire (CAMES) de Géographie physique et
environnementale, Université Omar Bongo, Directeur

Membres du jury :

Vincent RIDOUX	Professeur des Universités, Université de la Rochelle (France)	Président
Gretchen WALTER	Professeure Assistante, Université de Lausanne (Suisse)	Rapporteur 1
Roland ZINGA KOUMBA	Maitre de Recherches, Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (CENAREST), Libreville (Gabon)	Rapporteur 2
Gilbert DAVID	Directeur de Recherches-HDR, IRD de Montpellier (France)	Examineur
Jean Bernard MOMBO	Professeur Titulaire, Université Omar Bongo de Libreville (Gabon)	Directeur



UNIVERSITÉ OMAR BONGO

Faculté des Lettres et Sciences Humaines
Département des Sciences Géographiques, Environnementales et Marines

FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES GÉOGRAPHIQUES
Laboratoire de Géomatique, de Recherche Appliquée et de Conseil (LAGRAC)

THÈSE

Pour l'obtention du grade de
Docteur de l'Université Omar Bongo de Libreville
Discipline : **Géographie et Environnement** – Spécialité : **Biogéographie**

DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAIN (*Trichechus senegalensis*, Link 1795) DANS LES SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET SETTE CAMA (GABON)

Présentée et soutenue publiquement le 20 Juillet 2022 par

Christy Ahtone NKOLLO AGANGA

Sous la direction de : **Jean Bernard MOMBO**,

Professeur Titulaire (CAMES) de Géographie physique et
environnementale, Université Omar Bongo, Directeur

Membres du jury :

Vincent RIDOUX	Professeur des Universités, Université de la Rochelle (France)	Président
Gretchen WALTER	Professeure Assistante, Université de Lausanne (Suisse)	Rapporteur 1
Roland ZINGA KOUMBA	Maitre de Recherches, Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (CENAREST), Libreville (Gabon)	Rapporteur 2
Gilbert DAVID	Directeur de Recherches-HDR, IRD de Montpellier (France)	Examineur
Jean Bernard MOMBO	Professeur Titulaire, Université Omar Bongo de Libreville (Gabon)	Directeur

Sommaire

<i>Sommaire</i>	<i>iii</i>
<i>Abréviations</i>	<i>vi</i>
<i>Dédicaces</i>	<i>vii</i>
<i>Remerciements</i>	<i>viii</i>
INTRODUCTION GENERALE	1
1. <i>Contexte et justification du sujet</i>	2
2. <i>Problématique</i>	10
PREMIÈRE PARTIE	20
DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN : THÉORIE, METHODOLOGIE ET DONNEES D'ÉTUDE	20
<i>CHAPITRE 1 : Aperçu théorique, échantillonnage et traitements des données</i>	22
<i>CHAPITRE 2 : Le lamantin et sa distribution dans les paléo-environnements au Gabon</i>	47
<i>CHAPITRE 3 : De la politique environnementale coloniale à la ratification de la convention de Ramsar : contexte de conservation du site d'étude</i>	78
DEUXIÈME PARTIE :	98
ANALYSE DE LA DISTRIBUTION ET DE LA CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAIN DANS LES SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET DE SETTE CAMA	98
<i>CHAPITRE 4 : Modélisation de la distribution des populations de lamantin à Petit Loango et Setté Cama</i>	100
<i>CHAPITRE 5 : Identification des facteurs de distribution du lamantin dans les sites de Petit Loango et de Setté Cama en saison de pluie</i>	129
<i>CHAPITRE 6 : L'état de conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama</i>	152
CONCLUSION GENERALE	189
BIBLIOGRAPHIE	195
ANNEXES	220
<i>Table des figures</i>	253
<i>Table des tableaux</i>	254
<i>Table des équations</i>	255
<i>Table des graphiques</i>	257
<i>Table des photos</i>	258
<i>Table des matières</i>	259

Sigles

ANPN	Agence Nationale des Parcs Nationaux
BFSC	Brigade de faune de Setté Cama
BPG	Brigade de Pêche de Gamba
CAPG	Complexe d'Aires Protégées de Gamba
CCD	Convention sur la lutte Contre la Désertification
CDB	Convention sur la diversité biologique
CITES	<i>Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora</i>
CMS	Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
LAGRAC	Laboratoire de Géomatique, de Recherche Appliquée et de Conseil
MINEF	Ministère des Eaux et Forêt
ODD	Objectif de Développement Durable
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PNL	Parc National de Loango
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SNPA-DB	Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Diversité Biologique du Gabon
TNC	<i>The Nature Conservation</i>
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UOB	Université Omar Bongo
USFWS	<i>United States Fish and Wildlife Service</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
WCS	<i>Word Conservation Society</i>
WWF	Fonds Mondial pour la Nature
WWF-EFN	Programme d'éducation à la nature du Fonds Mondial pour la Nature
ZHII	Zones Humides d'Importance Internationale

Abréviations

Δ AIC	<i>Delta Akaike Information Criterion</i>
2*LogLike	Logarithme de vraisemblance
AIC	<i>Akaike Information Criterion</i>
AIC WI	Poids de Akaike Information Criterion
BP	<i>Before Present</i>
C°	Degré Celsius
Cond.	Conductivité
GPS	Système mondial de positionnement
hab.	habitat
K	Nombre de paramètre
Likelihood	estimateur du Maximum de Vraisemblance
<i>logit-link</i>	Fonction de régression logistique
Ma	Million d'années
mV	Millivolt
Ox	Oxygène dissous
p	probabilité de détection
PAO	Probabilité d'Occupation et de Détection d'un Site
pH	Potentiel hydrogène
prof.	profondeur
QE	Qualité des eaux
Redox	Potentiel d'oxydoréduction
Sal	Salinité
SP	Saison de pluie
SS	Saison sèche
T°	Température
μ S/cm	Micro siemens par centimètre
Ψ	psi

A mes enfants...

Remerciements

Écrire des remerciements fut l'étape la plus fastidieuse de toutes ces pages. Non que je suis ingrate et radine en remerciements, juste qu'il y a tellement de mots à dire qu'il me faudrait écrire un roman pour relater mes années de thésarde afin de citer le maximum de personnes. Quand j'ai commencé cette thèse, je me disais que le bonheur se trouverait à la fin. C'est une hypothèse réfutée désormais. Pour moi, le bonheur s'est trouvé à chaque fois que j'arrivais à franchir une difficulté. Je donne raison à Confucius qui affirme que « *tous les hommes pensent que le bonheur se trouvent au sommet de la montagne alors qu'il réside dans la façon de la gravir* ». La façon de gravir la montagne est inhérente aux valeurs et préceptes qui nous régissent. Et de *facto*, ces éléments déterminent l'archétype des personnes qui nous viendront en aide tout au long du chemin.

Merci à ceux qui ont cru en moi, à mon projet de thèse ou plutôt à mes idéaux. Mes plus grands remerciements vont à mon superviseur et directeur de thèse, Prof. Jean Bernard Mombo, qui, tout au long de ce travail de recherche, m'a encadré et encouragé à faire qu'il devienne réalité, et ce, en faisant preuve d'une très grande disponibilité. Je tiens également à exprimer ma gratitude envers Dr. Emmanuel Ondo Assoumou, pour son soutien et ses conseils durant ce travail. De plus, j'aimerais remercier Lucy Keith-Diagne de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur les lamantins. Je réalise la chance que j'ai de les avoir eus comme superviseurs.

Je suis aussi reconnaissante au Prof. Vincent Ridoux, Prof. Gretchen Walter, Prof. Roland Zinga Koumba, Prof. Gilbert David d'avoir accepté d'être les membres du jury de ma thèse.

Merci est bien trop faible pour dire à vous tous qui me sont venus en aide. Mes remerciements vont aussi envers Dr. Igor Akendengue Aken pour m'avoir fait découvrir le monde de la modélisation. Un très grand merci également à toutes les personnes qui m'ont aidé à la collecte de données, Hermann Maganga le conservateur du Parc de Loango, aux écogardes Brice, Serge, Eddy-François, Alban, Ben Shiral. Mais aussi aux communautés de Tchangorovié, Pitonga et Setté Cama qui m'ont chaleureusement accueillie. Je ne peux oublier Joseph Marie Bekale, mon gestionnaire de banque qui a fait des pieds et des mains afin de débloquent mes subventions de recherche depuis 2015. A M. Joseph Indjedje pour le parcours de « Ma thèse en 180 secondes ». M. Beye, cette thèse est la votre, merci de m'avoir donnée cette envie de continuer d'apprendre.

Je tiens à remercier *WWF Education For Nature Program* d'avoir soutenu financièrement, de bout en bout, chaque page rédigée. De plus, Ce travail n'a pas pu être possible sans l'aide inestimable de *l'ANPN* pour les autorisations de recherche et le soutien matériel.

Merci à vous de m'avoir tenu la main, ramassé à la petite cuillère pendant les périodes de blues, de m'avoir fait rire et d'avoir pleuré avec moi. O combien de fois as-tu été la Batigol MERCI, Thérèse, Dr. Stéphanie, Dr. Grace, Gwladys, Claudia, Steeve, Ornéla, Laudy, Joe, Constant Djassi depuis le Kenya, Abbé Jean-Marie et Abée Christ.

J'ai un remerciement particulier pour ces dames, Prof Gretchen pour m'avoir « écoutée » à Lausanne, Dr Nelly Kissagi d'être une ainée qui m'oriente depuis notre rencontre à Kutching, Dr Marjolaine Okanga-Guay de m'avoir dit qu'on peut très bien écrire une thèse avec des bébés en mains, Dr Nadine Ndonghan Iyangui de m'avoir portée dans ses prières, Stéphanie Einsenman de m'avoir suivie durant 7 ans de subventions et de m'avoir remonter le moral durant la pandémie de Covid-19 et Alex Batka qui, avec très peu de mots, m'écoute et vulgarise mes travaux de conservation.

Je ne saurai oublier mes promos de thèse. La thèse est comme une traversée initiatique en forêt dont l'opacité des ténèbres n'est rien enviable à un gouffre sans fin. Tout au long de cette traversée, le doute et la torpeur nous ont envahis au point d'hésiter à continuer sur ce chemin. Seule la pensée d'arriver au village des « Hommes de science » nous booste à tenir bon. Les personnes qui nous entourent ne se rendent pas forcément compte de la profondeur et la lourdeur de cette initiation. Seuls ceux qui le vivent le savent. Merci à vous d'avoir vécu cette traversée avec moi. Merci Armel Biboutou, Ines Chanchan Koumba, Cédric Mpie Simba, Igor Aken, Louis-Kadryl Yembi Yembi, Lyn Randy Essono, et bien évidemment Judicaël Régis Kema Kema.

Ma curiosité et ma passion pour la Géographie, ainsi que pour la découverte, ont été encouragées depuis toute petite grâce à ma mère Viviane Azouga et mon père Pierre-Honoré Nkolo. Je les remercie de m'avoir donné des clefs pour le chemin que j'emprunte. L'un, la passion des voyages et l'autre, celui des livres. Aussi, un très grand merci à mes sœurs et frères Christy Mirielle, Christy Bertha, Christy Nicky, Stella, Christ Arnold, Christ Emmanuel, Jean-Jacque et Ulrich pour leurs encouragements indéfectibles et leur enthousiasme partagés. Je ne s'aurais oublier Tante Gyna pour les discussions sur les questions de recherche, Tante Dorothé pour les livres offerts et Tante Rose pour la transmission de son savoir traditionnel sur les espèces.

Merci à mon époux pour les nombreux repas à la conserve qu'il a dû consommer durant cette période ! Merci à mes enfants, Rédiwa, Ozavino et Améndjè qui ont veillé avec moi, se sont indignés de colère de mes multiples voyages, ont cassé mon ordinateur ou « caché » mon cahier de recherche dans le frigo à cause du manque d'attention. Puissiez-vous aussi écrire une thèse !

Merci à ceux qui m'ont dit que je suis une « rêveuse », qu'une thèse de doctorat sur les mammifères marins n'est pas à la portée du « Noir » au Gabon. Merci à vous qui m'avez soutenu de loin ou de près. Merci aux anonymes qui m'ont aidé et soutenu durant cette thèse.

Merci simplement.

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte et justification du sujet

1.1. Objet et champs d'étude

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines n'ont cessé de détruire ou dégradé les forêts, les prairies, les zones humides et autres écosystèmes vitaux, menaçant ainsi notre propre bien-être. Soixante-quinze pour cent de la surface terrestre libre de glace a déjà été considérablement altérés (WWF, 2020), la plupart des océans sont pollués (WWF, 2020) et les zones humides ont perdu plus de 85 % de leur superficie (WWF, 2020). Cette destruction des écosystèmes menace d'extinction 500 000 espèces d'animaux et de plantes et 500 000 espèces d'insectes au cours des prochaines décennies ou des prochains siècles (WWF, 2020).

L'extinction des espèces est l'aspect le plus grave de cette crise de la diversité biologique parce que c'est le seul, parmi tous les problèmes environnementaux, qui est irréversible. Les fossiles nous montrent qu'en l'absence d'êtres humains, les espèces persistent en moyenne pendant un million d'années (May et *al.*, 1995). Cependant, les impacts humains ont au moins multiplié par mille le taux naturel d'extinction des espèces (Pimm et *al.*, 1995).

La perte de la biodiversité n'est pas qu'un problème environnemental. Elle est également un problème de développement, d'économie, de sécurité mondiale et d'éthique. La perte continue de la biodiversité compromettra la réalisation de la plupart des Objectifs de Développement Durable des Nations Unies, y compris l'éradication de la pauvreté et la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique (Mehrabi et *al.*, 2018).

La biodiversité a une valeur économique importante, qui devrait être reconnue dans les systèmes de comptabilité nationale. En outre, en particulier dans les pays pauvres et en voie de développement, c'est une question de sécurité dans la mesure où la perte de ressources naturelles, peut conduire à des conflits. Par ailleurs, c'est une question d'éthique, car la perte de la biodiversité touche les personnes les plus pauvres qui en dépendent, aggravant davantage un monde déjà inéquitable (Nash et *al.*, 2020).

La perte de la biodiversité n'est pas un phénomène nouveau. Depuis 1500, l'être humain a entraîné l'extinction d'au moins 680 espèces de vertébrés le groupe taxonomique le mieux étudié. Cela équivaut à environ 1 % de ce groupe (IPBES, 2019). Dans le monde entier, la mégafaune est particulièrement menacée (Ripple et *al.*, 2019). La mégafaune a tendance à moins bien résister aux changements de l'environnement, car elle a généralement besoin

d'habitats grands et complexes, se reproduit à un âge plus tardif de leur vie, et a moins de petits (Cardillo *et al.*, 2005).

Tous les groupes taxonomiques présentent un risque d'extinction plus élevé dans l'eau douce que sur terre (Collen *et al.* 2014). Près d'une espèce d'eau douce sur trois est menacée d'extinction. Le lamantin, espèce emblématique des zones tropicales, n'est pas en marge de cette menace de disparition. Le 8 janvier 1493, alors qu'il s'apprêtait à entamer son voyage de retour, lors de sa première expédition, Christophe Colomb vit trois sirènes dressées dans l'eau (Colón, 1947). Plus tard, il se rendit compte qu'elles étaient des lamantins, comme il en avait déjà probablement rencontré sur les côtes d'Afrique (Perrin, 1992). Appartenant à l'ordre des siréniens, ce nom choisi en 1811 par le zoologue Charles Illiger, ne doit rien au hasard. Ce mammifère marin serait à l'origine des nombreuses légendes portant sur les sirènes. Cependant, contrairement aux sirènes (les Danaïdes) des mésaventures d'Ulysse (héros de la mythologie grecque) qui ensorcelaient les marins par leurs chants et les poussaient à faire naufrage sur leur île pour ensuite les dévorer, les lamantins sont strictement herbivores et considérés comme les plus inoffensifs des grands mammifères. Illiger expliqua un peu plus tard qu'il avait attribué le nom de Siréniens aux lamantins et dugongs, car ils sont à l'origine des fables concernant les sirènes. Cette appellation a consacré le folklore qui entoure ces animaux dans toutes les régions du globe où ils sont présents.

Pour affronter cette crise de la disparition des espèces, il nous faut prendre en compte plusieurs paramètres. Au niveau le plus général, nous avons besoin d'un changement sociétal et culturel majeur pour nous focaliser sur les racines de la perte de la biodiversité (Wood *et al.*, 2000). À un niveau plus spécifique, le sauvetage de certaines espèces demande des interventions au cas par cas, comme, par exemple, la connaissance scientifique des espèces par sa distribution (Atkinson, 1996) ou le contrôle de la chasse (Reynolds *et al.*, 2001).

Malheureusement, il existe peu de données scientifiques sur le lamantin en Afrique, autant sur les questions les plus basiques de distribution que sur les questions de conservation.

Le concept de la distribution en Géographie est un thème de la Biogéographie axé sur la répartition géographique de l'occurrence des organismes biologiques agrégés par grille, région ou toute unité administrative ou analytique (MacArthur, 1972).

La connaissance de la distribution seule n'est pas suffisante pour pallier la disparition des espèces. La prise en compte de la conservation de l'espèce est de ce pas très utile. La conservation de la nature est le mouvement axé sur la protection des espèces contre l'extinction,

le maintien et la restauration des habitats, l'amélioration des services écosystémiques et la protection de la diversité biologique (Newman, Varner et Linquist, 2017). Elle permet un état de lieux sur les menaces, et de voir comment préserver l'espèce et son milieu.

La distribution et la conservation du lamantin africain dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama au Gabon est une préoccupation en biogéographie. Les contacts étroits des biogéographes avec les écologues ont aussi rapidement familiarisé les biogéographes avec le concept d'écosystème et des méthodes plus systémiques bien que limitées, chez les écologues, à la nature vivante (Derruau, 1996).

De plus, comme l'expliquent Yves Luginbühl et Tatiana Muxart en 1998, la biogéographie a permis progressivement le rapprochement de la géographie physique et humaine. L'ouverture précoce de la biogéographie dans les années 1970 aux aspects sociaux tiendrait autant aux caractéristiques de leur objet d'étude qu'à des raisons structurelles. Cela permet à cette discipline d'instaurer un dialogue entre la géographie de l'environnement, la biologie et l'écologie de la conservation (Mathevet et Poulin, 2006), en soulignant l'importance qu'elle donne à une analyse géographique, c'est-à-dire multi-scalaire, multi-temporelle et englobante. Cet apport de la vision géographique, non strictement écologique de la nature, permet à la biogéographie de donner une meilleure définition de l'environnement et d'aider à sa gestion.

Ainsi, le premier et le principal champ disciplinaire de cette recherche est celui de la Biogéographie historique. Car, à partir de la revue documentaire, elle permet d'établir les phénomènes passés géologiques et climatiques, qui ont agi sur les générations précédentes de lamantins, et sont à l'origine de la localisation actuelle de l'aire de répartition de l'espèce à l'échelle du littoral gabonais.

Spécifiquement, le second champ de ce travail sera celui de la Zoogéographie. Elle étudie la distribution géographique des animaux vivants présentant deux aspects : étude des aires de distribution (aspect géographique) et étude des milieux où vit l'espèce considérée (aspect écologique) (Veyret 2007). Celle-ci interviendra dans la détermination de l'aire de répartition géographique dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Seront pris en compte les facteurs écologiques, s'exprimant par le biais des contraintes physico-chimiques de l'environnement, des limites physiologiques des êtres vivants et de leur potentiel adaptatif à l'échelle des plans d'eau des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama.

Par ailleurs, la question fera aussi appel à la Géographie de la Conservation. Car le sujet s'engage dans la conservation de la nature en même temps qu'elle appelle à la rigueur

méthodologique, et à la vigilance à l'égard des dérives idéologiques dont il convient de se préserver vis-à-vis de la biologie de la conservation. Elle mettra en relief un état de lieux sur les tendances de mortalité, les indices d'abondances et la valeur culturelle de l'espèce auprès des communautés locales (Godet L., 2015 ; Caillon et Muller, 2015 ;)Mathevet et Marty, 2015.

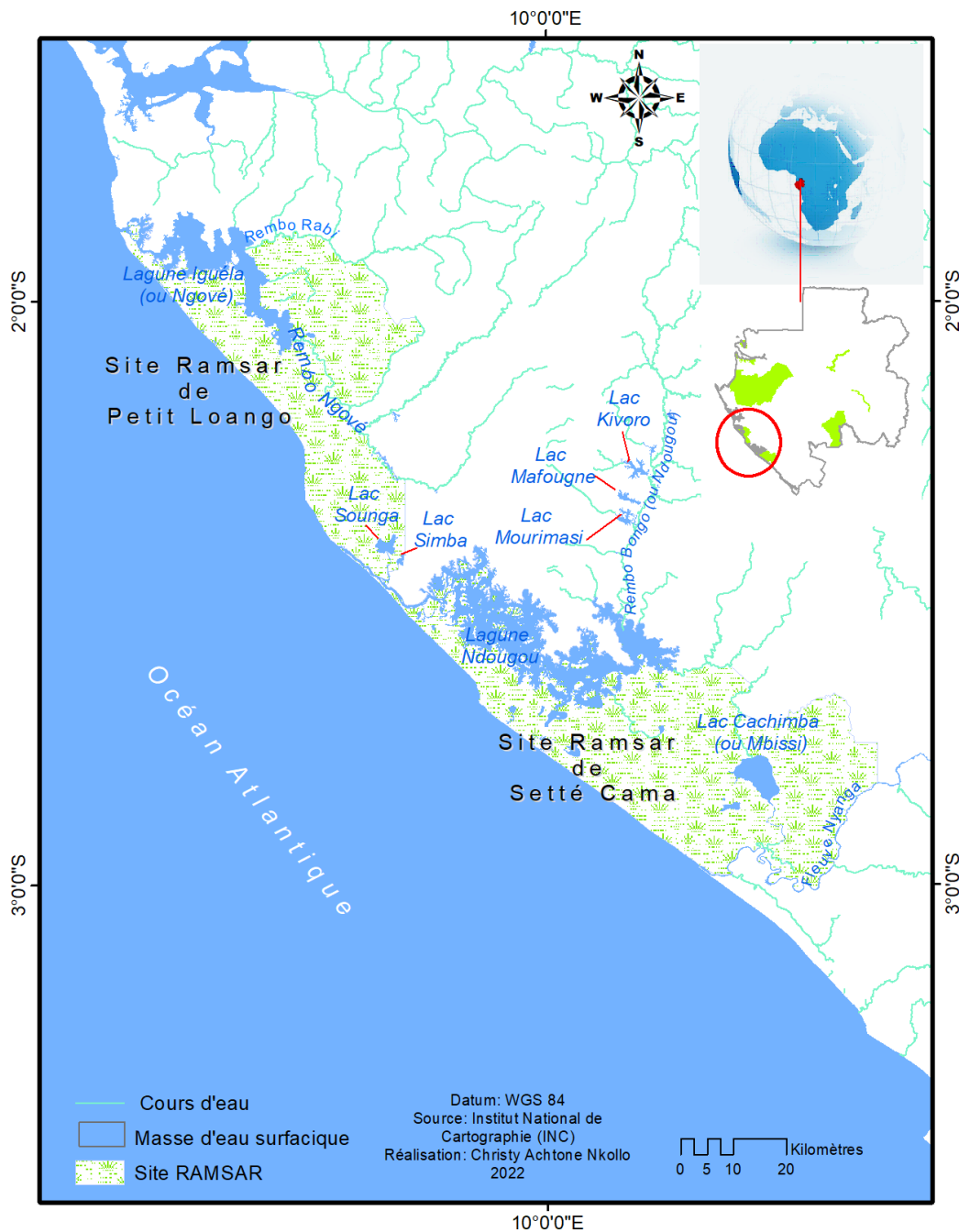
1.2. Localisation spatio-temporelle de la région littorale des sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama (Gabon)

Située de part et d'autre de l'équateur, la République Gabonaise est un pays d'Afrique centrale, d'une superficie de 267.667 km² (Figure 1). Le pays s'ouvre à l'ouest sur l'Océan Atlantique, sur un linéaire côtier d'environ 955 km (Lebigre, 1983).

Le littoral nord se présente *grosso modo* en formation découpée. Cette côte à rias est caractérisée par une diversité faisant défiler secteurs rocheux, cordons sableux et vasières à mangroves. La région centrale est marquée par la majestueuse présence du delta du fleuve Ogooué qui s'impose avec ses 5 000 km² de superficie. Plus au sud, apparaît une côte plus rectiligne, aux cordons littoraux parallèles au rivage découpé par les passes servant de débouchées aux grandes lagunes méridionales du pays. Du nord-ouest au sud-est, se succèdent les lagunes du Fernan-Vaz ou Nkomi, Iguéla ou Ngové, Ndougou et Banio (Legoux, 1950 et 1952 ; Lebigre, 1983 ; Mombo, 1989 ; Bignoumba 1998, MOUNGANGA 2001 ;). Près de 129.000 hectares de territoire côtier sont érigés en parc littoraux (ANPN 2016). Depuis 2017, cet ensemble est complété par des aires marines protégées.

Les sites à importance internationale de Petit Loango et de Setté Cama, nous servant de zone d'étude (Figure 1, ci-après), sont des zones humides. L'eau y est le principal facteur qui détermine l'environnement et la vie végétale et animale associée. Ils sont le berceau de la diversité biologique et fournissent l'eau et la productivité primaire dont un nombre incalculable d'espèces de plantes et d'animaux dépendent pour leur survie.

Figure 1: La région littorale des sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama (Gabon)



Cette zone d'étude est incluse parmi les 9 sites Ramsar inscrits sur la Convention Ramsar. Cette « Convention est relative à la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources », a adopté une définition assez générale, prenant en compte un certain nombre de milieux marins comme les récifs coralliens et les herbiers, ainsi que les cours d'eau et milieux souterrains.

Cette convention sur les zones humides est un traité intergouvernemental. Elle sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale, pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Elle compte actuellement 172 Parties contractantes et 2 433 sites déclarés en zone humide d'importance internationale. Cela représente un total de 254 634 721 hectares de terres planétaires dédiés à la sauvegarde. (Convention Ramsar, 2020)

Le Gabon a actuellement 9 Sites Ramsar inscrits sur la Liste des zones humides d'importance internationale, ayant une superficie totale de 3 001 769 hectares. La Convention est entrée en vigueur au Gabon le 30 avril 1987. La présentation de la zone d'étude sera plus détaillée au chapitre 3.

En outre, cette étude se traite sur deux échelles spatio-temporelle différentes. La première échelle concerne l'évolution de la distribution du lamantin au Gabon dans les paléo-environnements durant le Crétacé et le Quaternaire. La seconde échelle est contemporaine. La prise de données se scinde en deux phases. Elle s'est effectuée entre 2014 et 2016 pour Setté Cama, et de 2018 à 2020 pour Petit Loango.

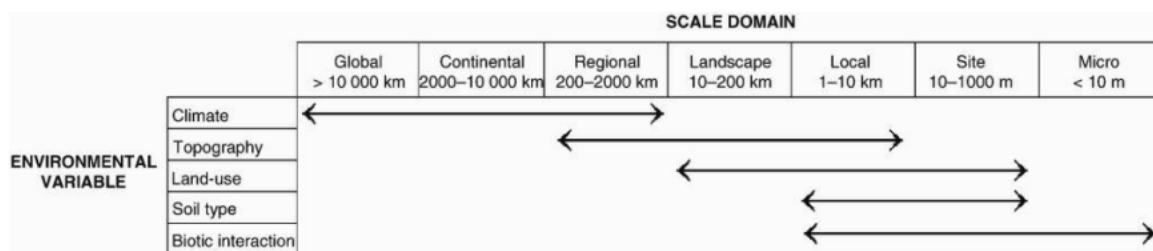
1.3. Intérêt du sujet

Une large part de la communauté scientifique considère désormais la période actuelle comme la sixième grande crise de la biodiversité (Leakey R. & Lewin R., 1999). La dernière en date a vu la fin des dinosaures à la fin du Crétacé, voici 65 millions d'années. Mais, la situation présente ne résulte pas d'un bouleversement géologique ou bioclimatique naturel : elle est la conséquence directe du rapide développement des sociétés et des activités humaines à l'ère industrielle (Kolbert, 2015).

La prise de conscience de l'érosion de la biodiversité a permis l'adoption de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). La priorité est axée sur la conservation de la diversité biologique, son utilisation durable et le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques (CBD, 1992). Son but général est d'encourager des mesures qui conduiront au développement durable, tout en exploitant la nature. Chaque année, 2 à 1000 espèces disparaissent (UICN, 2000), d'où l'orientation générale du programme de la Convention sur la Diversité Biologique sur la recherche (Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique, 2002). Car, la méconnaissance des espèces est un frein à la conservation de la biodiversité. La connaissance de base d'une espèce repose sur la compréhension de l'aire de répartition.

L'aire de répartition d'une espèce renvoie à la portion de territoire occupée par l'ensemble des populations de cette espèce sur la zone étudiée. Ce concept englobe les limites de distribution d'une espèce qui sont évolutives (Holt et *al.*, 1997) du fait de la dynamique des populations (Pulliam, 2000), mais aussi des activités humaines (Travis, 2003). Seules les barrières physiques permettent d'avoir des limites franches de distribution. Les aires de répartition doivent se concevoir à différentes échelles spatio-temporelles (Gaston, 1991, 1994). Les deux causes principales limitant la distribution observée sont les stress physique et biotique (Brown, 1995). Von Humboldt et Bonpland (1807) reconnaissent très tôt l'importance des causes physiques, notamment, le climat dans la distribution des espèces. Pearson et Dawson (2003) expliquent que les facteurs biotiques affectent pour leur part la distribution des espèces à des échelles plus locales. Ils ont proposé une hiérarchisation des facteurs en fonction de l'échelle de la distribution étudiée (Figure 2).

Figure 2: Hiérarchisation des facteurs en fonction de l'échelle de la distribution étudiée



Niveaux de hiérarchisation des facteurs pouvant affecter la distribution d'une espèce à différentes échelles spatiales. Dans ce cadre on considère que les échelles larges correspondent à une résolution grossière de l'information, tandis que les échelles plus locales impliquent une résolution plus fine (Pearson et Dawson, 2003)

Le point de vue de Pearson et Dawson (2003) peut être complété par la perception de la niche écologique de Soberon (2009). Soberon prône que, d'une part, pour expliquer la distribution à une échelle large, c'est la définition de niche écologique selon Grinnell (1917) qui prévaut. D'autre part, à une échelle plus fine, il considère la définition d'Elton (1927). L'approche « échelle large » se concentre sur la compréhension des distributions des niveaux régionaux à continentaux en tenant compte des facteurs climatiques ou topographiques par exemple (Willis et Whittaker, 2002). Et l'approche « échelle locale » étudie les processus au niveau du site ou du peuplement et se focalise plutôt sur les processus d'interactions (dispersion) et des facteurs liés aux ressources consommables.

L'étude sur la distribution et la conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama présente plusieurs intérêts, dont scientifique, environnemental, socio-économique et du point de vue de la conservation.

Premièrement, Moora *et al.* (2011) ont estimé à 11 millions le nombre total d'espèces peuplant notre planète. Seules 1,4 million étant décrites, la majorité d'entre elles (plus de 99 %) est toujours inconnue, peu étudiée ou ignorée. Certains organismes sont surreprésentés dans divers domaines scientifiques car ils sont considérés comme écologiquement plus importants que d'autres. Or, scientifiquement, les espèces rares, petites ou non charismatiques, jouent parfois un rôle essentiel dans les écosystèmes. Ne pas les considérer, par manque de connaissances, représente une entrave à la compréhension globale de la biodiversité à l'échelle mondiale, nuit à la mise en place de plans de conservation efficaces et ralentit la découverte de nouveaux produits ou propriétés chez les espèces sauvages (Troudet J., 2017).

L'ordre des lamantins fait partir des espèces rares. Des études précédentes ont démontré l'importance écologique de cet ordre comme un bio-indicateur du milieu aquatique (Reddy *et al.*, 2001 ; Bonde *et al.*, 2004). Cependant, au Gabon, malgré que cette espèce soit intégralement protégée (loi 164/PR/MEF du 19 janvier 2011), les connaissances élémentaires sur la distribution permettant des mesures de conservation sont indisponibles. Ce travail vient combler ces lacunes en posant les jalons pour impulser le processus de la gestion de l'espèce.

Deuxièmement, les zones humides sont de plus en plus menacées au Gabon par les activités anthropiques à économie importante (coupe de bois, tourisme, pêche, etc.) (Doumenge, 2015). Cette exploitation met à mal la sauvegarde du milieu, sachant que ce sont des zones très riches en biodiversité faunique et floristique. Les actions de conservation sont indispensables. Elles sont souvent mises en avant comme enjeu majeur, en matière de protection de la biodiversité dans les diverses stratégies nationales et internationales. Cependant, ces politiques, comme le démontrent bien les travaux de Scholte *et al.*, (2021), peuvent être un échec si elles consistent uniquement à étirer la conservation dans les espaces sans en avoir les moyens économiques et politiques. En effet, les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama se superposent à des parcs nationaux, et sont des milieux sous protection depuis la période coloniale (Wilks, 1990). Malgré cela, des pressions sur le milieu et le lamantin africain sont enregistrées (WWF, 2006 ; Nkollo, 2016 ; Nkollo, 2017 ; Vangsi, 2022). Cette étude aidera à avoir un état de la conservation de l'espèce dans ces sites Ramsar.

Troisièmement, des décisions en matière de gestion des projets de conservation nécessitent souvent d'être orientées à partir de la recherche scientifique. Depuis des années, une masse considérable de connaissances sur la faune de notre zone d'étude a été collectée à travers plusieurs projets scientifiques. Certes, les données sur le lamantin se limitent juste à

l'enregistrement de carcasses, à des observations opportunistes ou encore à des actes de braconnage. Le présent travail aide à rendre plus accessible la base des connaissances sur les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama à partir d'un état des lieux, des connaissances et des données collectées, analysées et mises en corrélation avec d'autres études faites ici et à travers d'autres régions.

2. Problématique

2.3. État de la question et problématique

La biodiversité de la planète est remarquable. Pas moins d'un million et demi d'espèces sont à ce jour nommées et décrites, et trois fois ce nombre, peut-être davantage, attendent encore d'être découvertes (Novotny et *al.*, 2002). Cette diversité biologique procure des bienfaits inestimables à l'humanité. Plus directement, elle contient un énorme stock génétique de remèdes, d'aliments et de fibres (Myers, 1983). Des preuves solides soutiennent que la biodiversité procure de la stabilité aux écosystèmes (Naeem & Li, 1997), et protège l'humanité des maladies et des désastres naturels. Qui plus est, ces écosystèmes délivrent des services d'une valeur économique substantielle (Costanza et *al.*, 1997), même si ces derniers restent toujours très sous-évalués. Moins tangible mais tout aussi important, toutes les sociétés et les cultures du monde entier apprécient les espèces pour elles-mêmes, quelle que soit leur valeur utilitaire (Wilson, 1984).

Espaces géographiquement isolés, les zones humides concentrent une très grande variété d'écosystèmes et d'espèces : des oiseaux d'eau aux peuplements piscicoles, des végétaux rivulaires aux communautés planctoniques. À la croisée des enjeux sociétaux et économiques, les zones humides voient leurs milieux aquatiques et leur fonctionnement profondément altérés : dragages des fonds, transport des billes de bois, exploitation pétrolière ... Avec une prise de conscience croissante de l'opinion publique, la nécessité de préserver et de restaurer la biodiversité s'est progressivement imposée dans les politiques internationales comme une condition essentielle du développement durable. Les stratégies nationales pour la biodiversité du Gabon déclinent les engagements de la Convention de Rio. Elles développent notamment le concept de réseaux d'aires protégées et la sauvegarde de la faune.

Les zones humides du Gabon ont une répartition géographique importante, par rapport à sa faible superficie, et possèdent une biodiversité riche. Elles constituent un habitat privilégié pour les lamantins. Les pressions humaines affectent la persistance des écosystèmes des zones humides donc, de *facto*, celui des lamantins.

Eu égard aux insuffisances de données sur les lamantins au Gabon, ce travail entre dans le cadre d'une recherche de géographie appliquée. Elle envisage d'analyser la première caractéristique fondamentale de la relation du lamantin avec son environnement naturel, c'est-à-dire sa distribution.

Les organismes vivants ne se répartissent pas de manière aléatoire à la surface de la Terre ; mais, ils suivent leurs besoins et leurs aptitudes à répondre aux conditions du milieu (Wiens & Graham, 2005). L'aire de distribution est la zone où cette espèce est présente. Cette aire est circonscrite dans une aire maximale de répartition, qui concorde aux conditions environnementales indispensables à la vie et au maintien de l'espèce (MacArthur & Wilson, 1967). À grande échelle planétaire, il s'agit d'aire de répartition des espèces constituée par des limites biogéographiques. À petite échelle spatiale, dans une aire de distribution, cette notion devient la répartition spatiale d'une population qui renvoie à la modalité de répartition dans un biotope des individus d'une population et d'une espèce (Pulliam, 2000). Cette répartition est définie par différents modes de distribution comme la formation de patches, une distribution uniforme, aléatoire, homogène, etc. (Chesnel, 1978).

Les espèces vivent dans les milieux où les conditions leurs sont favorables et permettent de maximiser leur capacité à faire perdurer ou à perpétuer l'espèce (Wiens & Graham, 2005). Les organismes ont ainsi des valeurs de tolérance environnementale liées à leur physiologie. Ce sont alors des conditions biotiques (la température, l'éclairement, le vent, la composition chimique de l'eau, la vitesse du courant, la structure et la texture du sol) (Godsoe, 2009). La variation des paramètres biotiques est donc susceptible de bouleverser la distribution des espèces, en modifiant leur capacité à se développer et à se reproduire (Parmesan, 2006 ; Bellard *et al.* 2012 ;).

En rappel, peu d'études ont été réalisées sur le lamantin au Gabon. Mais ces études se limitent à des mises en évidence des lieux d'observation, des menaces et la relation phylogénique entre les lamantins de l'ensemble du Golfe de Guinée. Cependant, la nécessité absolue d'avoir des données de base permettra de mieux appréhender les conditions de vie indispensables à une espèce, afin de la conserver et la protéger (Hutchisson, 1957). Chaque espèce possède trois

caractéristiques fondamentales en relation avec son environnement naturel : sa distribution géographique, son habitat et sa niche écologique.

De manière globale, la notion de niche renvoie à la description de l'écologie d'une espèce, son rôle dans l'écosystème, son habitat, etc. (Pocheville, 2011). Il existe de nombreuses définitions pour formaliser cette relation espèce et environnement et la niche écologique (Chase et Leibold, 2003). Mais deux approches définitionnelles prédominent, notamment, celles de Grinnell (1917) et Elton (1927). Grinnell définit la niche par rapport à l'environnement qui conditionne l'existence d'une espèce à un point donné, ce qui inclut des variables abiotiques (la température et la topographie...) comme les facteurs biotiques (nutriments, les prédateurs, les décomposeurs...). Quant à Elton, sa définition de la niche renvoie à la place qu'occupe une espèce dans la chaîne trophique. Odum (1959) a cristallisé cette dualité de définition entre niche-habitat et niche-fonction par l'analogie avec « l'adresse » et « la profession » d'une espèce. La niche d'Elton a souvent été nommée « niche fonctionnelle » et distinguée de celle de Grinnell, nommée « niche d'habitat » (Whittaker 1973).

Hutchinson (1957), quant à lui, a fourni une nouvelle directive au concept. Hutchinson décrit la niche d'une espèce comme une enveloppe avec plusieurs dimensions. Chacune des dimensions étant un facteur environnemental biotique ou abiotique concordant aux conditions de l'environnement permettant la croissance et la reproduction des individus d'une espèce. Hutchinson (1957) a différencié la niche fondamentale de la niche réalisée. La première, la niche fondamentale, est fonction de la performance physiologique de l'espèce et des contraintes environnementales. Tandis que la seconde, la niche réalisée, inclut les interactions biotiques. Ainsi donc, la niche fondamentale réunit tous les composants et toutes les conditions environnementales nécessaires à l'existence d'un organisme. En outre, la niche réalisée est souvent comprise dans la niche fondamentale, réduite à l'espace qu'elle est contrainte d'occuper, du fait des compétitions avec les autres espèces effectivement présentes dans un espace donné. De manière concrète, dans la nature, on observe la niche réalisée. Hutchinson est l'un des premiers à mentionner la dualité entre l'espace environnemental et l'espace géographique lié à la niche. Pour comprendre la distribution observée d'une espèce, la théorie de la niche permet donc de faire l'extrapolation entre niche réalisée et répartition observée et entre répartition potentielle et niche fondamentale (van Couwenberghe 2009).

L'enjeu de ce travail consiste à avoir des données de base sur la distribution du lamantin. Particulièrement à faire ressortir la niche observée. A ce jour, celles-ci sont encore mal connues ou insuffisamment connues. Ces données à produire pourront servir de valeur de référence pour

les futurs travaux sur l'espèce. En Biogéographie, des approches statistiques corrélatives sont nécessaires pour évaluer l'importance des facteurs environnementaux sur la spatialisation des phénomènes de distribution. Cela demande de comprendre les logiques des modes de répartition, et d'analyser les liens entre la présence/absence du lamantin et les paramètres environnementaux. Ces résultats sur la détermination de l'aire de répartition permettront d'examiner l'évolution du statut de conservation de l'espèce par l'indice de mortalité, l'indice d'abondances, et de rechercher la valeur culturelle de l'espèce permettant de savoir si les populations sont disposées à vouloir préserver cette espèce.

La recherche sur le lamantin en Afrique est en état de germe. Au Gabon, on note à peine une dizaine de travaux scientifiques sur la question : Nishiwaki et *al.* (1982), Powell (1996), Mbina (2001), Louembet (2006), Keith Diagne (2014), Nkollo (2016 et 2017).

Les plus anciens écrits sur le lamantin au Gabon proviennent de Paul du Chaillu et d'André Raponda Walker. Pour le premier, lors de son expédition entre 1855 à 1859, il collectionne des spécimens de faune et revendique la découverte de neuf reptiles, quinze oiseaux, le gorille, sept mammifères et un lamantin (Du Chaillu, 1861). Quant au second, c'est la narration d'un rapport du délégué du Gouverneur Général de la colonie du Congo Français sur le pays Nkomi en 1891, qui fait état du lamantin comme « nourriture convenable » (Raponda Walker, 1960).

Bien que Blancou (1960) mentionne le lamantin régulièrement dans ses relevés, c'est Nishiwaki et *al.* (1982) qui mène une surveillance de sa présence de la Mauritanie jusqu'en Angola. Il y était question de répertorier les lieux de présence par pays, dans l'ensemble de la grande aire de répartition, et de savoir si l'espèce est encore abondante. Malheureusement, ce ne sont que des enquêtes par questionnaire. Powell et *al.* (1996) ont effectué une mise à jour du travail de Nishiwaki, tout en intégrant les pressions qui affectent l'espèce.

Au Gabon, Powell et *al.* (1996) stipulent qu'il « *pourrait avoir une des densités les plus élevées de lamantins restant en Afrique. Les habitats de l'espèce sont les fleuves Komo et Ogooué. L'espèce est aussi présente dans la baie de la Mondah. Les lagunes côtières Nkomi, Ndougou, et Sounga et les sites Ramsar de Setté Cama, Gamba et le Petit Loango constituent des sites les plus importants pour l'espèce* ». Selon Agondogo (2006), la principale menace est la chasse intensive non réglementée avec des méthodes variées utilisées pour la capture de l'espèce.

Mbina (2001) et Louembet (2008) dressent une évaluation de l'état de conservation du lamantin dans le bassin de l'Ogooué. L'évolution de la pression de chasse est inquiétante. Cela est l'une des conséquences de la chute des prises de poisson, et du coût de vente plus élevé de la viande

de lamantin par rapport au poisson. La raison économique ne tient plus compte de la valeur culturelle du lamantin chez les peuples de cette région, et l'expose ainsi à une perte de population.

La perte de la population est aussi due au manque de données écologiques sur le lamantin africain. Une partie de cette problématique a été amorcée par Keith Diagne (2014), qui détermine les relations phylogénétiques des lamantins et établit son écologie alimentaire. La lagune Ndougou a la particularité d'avoir une diversité génétique qui ne s'explique pas encore. Par ailleurs, Nkollo (2016) établit une première cartographie de localisation des zones à observation importante des lamantins dans la lagune Ndougou, et fait une synthèse des valeurs physico-chimiques des milieux d'occupation. Cela donne un aperçu de l'aire de répartition du lamantin et du chevauchement des *hot-spots*. En ajout à ce travail, une analyse de l'interaction potentielle entre les lamantins et les activités de pêche dans le secteur a pu être approfondie (Nkollo, 2017). Progressivement, les résultats des études menées vont permettre de prendre des mesures mieux adaptées de conservation du lamantin.

Ainsi, pour pallier au déficit de la donnée, cette recherche s'inscrit dans la poursuite des travaux déjà en cours en cherchant cette fois, non plus la simple localisation des *hot-spots*. Elle cherche à déterminer à l'échelle du littoral gabonais une aire de répartition dans les paléo-environnements et celle actuelle avec ses liens environnementaux dans le cadre des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. De même, ce travail essaie d'identifier le statut de conservation de l'espèce.

Depuis quatre décennies, de nombreux travaux portant sur la distribution et la conservation du lamantin sont menés hors du continent africain, particulièrement en Amérique. Ils traitent des zones de présence, de l'écologie de l'espèce, des différentes menaces anthropiques et de la phylogénie (O'shea et

al .1988 ; Reid, Rathbun et Wilcox, 1991 ; Reynolds et Powel, 2002). Ils nous serviront de point d'appui pour les nôtres. De plus, les travaux portant sur le lamantin en Amérique du Sud, notamment, dans la région de Guyane, Brésil, Porto-Rico et Belize, affineront cette étude. Ils fournissent une synthèse des connaissances actuelles sur la systématique et la distribution des principaux groupes dans le bassin des Caraïbes. Les auteurs utilisent les interprétations les plus larges possibles des concepts de la biogéographie, considèrent les facteurs anthropologiques et géologiques et discutent de la conservation. Ils mettent, par exemple, l'accent sur les idées et hypothèses, telles que l'utilisation des connaissances écologiques traditionnelles pour la

prospection de la distribution des lamantins des Antilles. Mais aussi l'exploitation des connaissances des peuples amérindiens pour conserver l'espèce (Belitsky et Belitsky 1980 ; Lefebvre et al, 1989, 2001 ; Borobia et Lodi 1992 ; Lima 1997, 1999 ; Morales-Vela et al 2000 ; Forcada, 2002 ; Paludo et Langguth, 2002 ; Jiménez 2005; Costa 2006; Franzini et al., 2013; Normande et al., 2014a). Ce choix de régions se justifie à cause de l'approximation des mêmes conditions climatiques et la culture des peuples autochtones de forêt.

Dans cette approche, la question principale qui se pose est : **quelle est la distribution du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama et quel est son statut de conservation ?** Cette question principale entraîne des questions subsidiaires suivantes. Quel est le point d'origine du déplacement de l'espèce dans les paléo-environnements ayant conduit à l'aire de distribution actuelle du lamantin dans le bassin sédimentaire côtier gabonais ? Quel est son mode de distribution ? Quel est le taux d'occupation et la probabilité de détection de l'espèce, et quel facteur physico-chimique influe sur la présence/absence de celle-ci ?

2.4. Objectifs et hypothèses

Cette recherche a pour objectif principal l'analyse de la distribution du lamantin et de sa conservation. Elle interroge, d'une part, sur la répartition ou l'occupation du milieu par les lamantins sur deux échelles spatio-temporelles différentes, dont une échelle large durant le Quaternaire tout le long du littoral gabonais et une échelle fine entre 2016 et 2021 sur les deux sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. D'autre part, l'objectif de cette recherche est la compréhension du statut de conservation de l'espèce. Il sera sujet principalement d'identifier les différentes évolutions du paysage qui ont transformé le territoire pour aboutir à la combinaison spatiale du mode de répartition, l'occupation et la détectabilité de l'espèce ; et de définir sa situation de conservation. Précisons qu'il ne s'agit pas simplement de faire une revue littéraire de l'évolution de l'aire de distribution passée à actuelle, mais de discerner les probabilités d'occupation du territoire pour une conservation de l'espèce. Cette recherche devra apporter des éléments intéressants de réflexion permettant de mieux appréhender, à long terme, la complexité de la logique de l'utilisation de l'habitat et de la niche écologique.

Les objectifs spécifiques se déclinent dans les points suivants :

- **Caractériser la répartition du lamantin pendant le Quaternaire.** Tout d'abord, il faut caractériser les changements issus de dynamiques des paysages. Très majoritairement, les

changements de milieu sont le résultat des interactions des différentes transgressions et régressions marines et des changements climatiques passés. L'étude de la répartition de l'espèce dans les paléo-environnements représente donc un enjeu important pour identifier les points de dispersion. Cette première étape s'attachera à apporter une évaluation et une caractérisation des trajectoires de dispersion le long du littoral. Autrement, elle fournira des éléments des connaissances sur la dynamique de la population à coloniser un milieu et à perdurer dans un écosystème. Il s'agit donc de procéder à un état des lieux par la revue documentaire sur les variations climatiques en corrélation avec les données sur l'évolution des siréniens.

- **Identifier les facteurs ou les moteurs ayant conduit à l'occupation actuelle.** Il s'agit de mettre en lumière les facteurs environnementaux favorables à l'occupation de site. Cela permet d'établir une corrélation entre les conditions du milieu et les observations de lamantin. Ces facteurs regroupent les paramètres physico-chimiques dont le pH, la salinité, le redox, la température, la conductivité. Des analyses de rapport réciproque entre le milieu et les observations permettront d'identifier les facteurs d'occurrence. L'objectif est de comprendre les indicateurs facteurs, qui influent sur les mécanismes d'établissement de l'espèce.
- **Estimer l'occupation et la probabilité de détection.** En règle générale, il n'est pas garanti que les espèces soient détectées même lorsqu'elles sont présentes sur un site, d'où l'estimation naïve de la proportion de la zone occupée (MacKenzie et *al.*, 2002). A partir des relevés répétés des sites, la probabilité de détection de l'espèce est estimée, ce qui permet alors un calcul non biaisé de la proportion de la zone occupée. L'évaluation de l'estimation du taux d'occupation et la probabilité de détection passent aussi par l'analyse de la configuration spatiale ; c'est-à-dire par la détermination du mode de répartition. Cette évaluation repose sur des méthodes de statistique écologique.
- **Évaluer le statut de conservation.** L'appréciation d'un statut de conservation d'une espèce sert d'indicateur permettant d'en évaluer le niveau de menace. Certaines espèces peuvent être en pleine santé, quand d'autres sont au bord de l'extinction ou éteintes. Il existe des niveaux variés de menace. L'évaluation du statut de conservation du lamantin est une phase très importante dans le cadre de la conservation des espèces. Cette étape permet d'établir un diagnostic de l'état des populations d'une espèce à un temps donné. Elle passe par l'analyse des indicateurs prédéfinis par les critères de la liste rouge de l'UICN. Dans notre configuration, nous nous limiterons aux tendances de population.

Afin de mieux étayer nos objectifs et questions spécifiques, des hypothèses y sont reliées. De ce fait, quatre hypothèses sont retenues. La première hypothèse-(H1) est : la structuration des paléo-environnements durant la dernière période glaciaire (Würm, 80 000 à 20 000 ans BP) est un moteur majeur de la répartition du lamantin. Cette hypothèse est rattachée au premier objectif, qui vise à caractériser la répartition du lamantin pendant le Quaternaire. La modification paysagère au Quaternaire, couplée aux données d'évolution du lamantin sur cette même période, est examinée de façon à déterminer les zones de dispersion et les barrières physiques à l'extension de l'espèce.

La deuxième hypothèse (H2), orientée sur les facteurs environnementaux actuels des zones humides de Petit Loango et de Setté Cama est : les caractéristiques physico-chimiques de l'environnement conditionnent l'occupation du milieu par l'espèce. En effet, toute espèce ne se répartit pas à la surface d'un espace de manière inopinée. Les conditions du milieu doivent lui être favorables afin de s'y installer, de se reproduire et de perdurer.

La troisième hypothèse est une analyse de l'occupation du milieu et, pour ainsi dire, directement liée à notre troisième objectif, qui tente d'estimer l'occupation de l'espace et la probabilité de détection des populations de lamantin. La troisième hypothèse (H3) serait : l'aire de répartition du lamantin est large à Petit Loango mais restreint à Setté Cama. Par ailleurs, l'espèce est très présente dans ces milieux.

Enfin, la quatrième et dernière hypothèse est une évaluation de l'état de conservation de l'espèce unique dans les deux zones humides de recherche. La quatrième hypothèse (H4) est : les comparaisons des indices d'abondance et celui de mortalité aux données antérieures dans cette zone ne sont pas favorables à l'espèce. Elle dresse donc un état sur la dynamique de la population.

2.5. Difficultés rencontrées

Au cours de nos recherches, nous avons rencontré beaucoup de difficultés. Sans détour, nous avouons que cette recherche sur le terrain n'a pas été facile, de même que pour l'élaboration du manuscrit où toutes nos données et idées devaient être traitées, analysées et rassemblées de manière cohérente et harmonieuse.

Nous commencerons par évoquer la difficulté relative à la recherche malaisée dans les pays du Sud. Le manque de matériel de prise de données, comme en biogéographie, est handicapant. Afin de supporter les frais de matériels et ceux liés aux missions d'échantillonnage et de collecte des données sur le terrain, la recherche d'une bourse d'étude doctorale n'est pas un parcours gagné d'avance. Il est très difficile de travailler dans une zone, souvent au milieu de nulle part, en pleine forêt équatoriale, sans réseau téléphonique et demandant une logistique appropriée telle que la pirogue et son carburant. Heureusement que la formation *Mentor MANATEE* d'*USFWS* nous a donné les rudiments de terrain pour affronter de telles conditions de travail.

D'autres difficultés ont été liées à l'analyse des données. Les bases d'analyse acquies auparavant, en années de Master et en stage au WWF Gabon, n'étaient pas suffisantes. Les outils de traitements et d'analyses ont dû être renforcés lors des ateliers du WWF-EFN à l'île de Bornéo. Ils étaient axés sur l'utilisation des modèles statistiques en occupation de site et en probabilité de détection d'espèce rare ; comme ceux utilisés pour le tigre présent sur cette île.

Par ailleurs, une autre difficulté rencontrée a été la réalisation de l'état des lieux concernant la distribution du lamantin africain en prenant en compte des modèles statistiques. Il nous a fallu nous tourner vers les recherches de l'Amérique du Sud, afin de réussir à trouver les méthodes nécessaires pour finaliser ce travail.

2.5. Annonce du plan

Pour proposer des réponses, il est absolument nécessaire de disposer d'une compilation bibliographique permettant de dresser un tableau de la distribution historique du lamantin sur le littoral gabonais. Puis, il a fallu établir l'aire de répartition à partir des observations issues du suivi en bio-monitoring et, enfin, en tirer un échafaudage sur l'état de conservation du lamantin.

Cette recherche s'articule autour de deux parties. La première partie s'attache à faire le point sur les cadres théorique et méthodologique, la présentation du lamantin et les sites d'étude. Elle est composée de trois chapitres. Le premier chapitre donne un aperçu des différentes théories et méthodes communément utilisées pour l'analyse de la répartition des faunes. Il aborde la problématique de la distribution du lamantin, dans un contexte d'un état de connaissance inconnue. Il revient sur les approches et les méthodes sur l'estimation de la proportion de superficie occupée ou la probabilité qu'un site soit occupé par une espèce. *Grosso modo*, c'est un dénombrement littéraire sur les aspects théoriques de la modélisation et de la simulation. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du lamantin africain. Il permet d'étaler le profil taxonomique de l'espèce et d'élaborer, à partir de la revue de littérature, une esquisse en

biogéographie historique de la distribution dans les paléo-environnements gabonais et d'estimer les barrières physiques à sa dispersion. Le troisième chapitre décrit la zone d'étude. Il commence par la présentation historique des aires protégées au Gabon et la Convention de Ramsar. Par la suite, il décrit les sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama.

La deuxième partie propose une analyse de la distribution et de la conservation du lamantin africain dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Elle se compose également de trois chapitres. Le quatrième chapitre propose de faire une modélisation de la distribution des populations de lamantin à Petit Loango et Setté Cama. Dans l'ensemble, il fait une estimation de probabilité de détection de l'espèce. Pendant que le cinquième chapitre se propose d'identifier les facteurs de distribution du lamantin, dans la zone d'étude, en saison de pluie. Il affiche de ce pas les éléments importants qui influent sur les résultats de la répartition. Suite à la modélisation et l'identification des facteurs de distribution, le sixième chapitre traite de l'état de conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Il consent à faire une synthèse sur le statut de conservation de l'espèce à partir des données d'indices de mortalité et d'abondance, pour avoir une tendance des menaces et pressions. Par ailleurs, il soulève la question de la perception culturelle qu'ont les communautés locales vis-à-vis du lamantin. Enfin, la conclusion générale revient sur les principaux résultats obtenus, procède à une analyse critique et termine sur les perspectives de cette recherche.

PREMIÈRE PARTIE

**DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN :
THÉORIE, METHODOLOGIE ET DONNEES D'ÉTUDE**

Cette première partie est consacrée à la présentation de l'ensemble des concepts et méthodes couramment utilisés dans la recherche de la distribution des espèces en biogéographie. D'entrée de jeu, notre thèse s'inscrit dans le cadre d'une recherche appliquée sur l'analyse des dynamiques de population faunique dans un milieu aquatique. Nous nous intéressons aux processus qui sous-tendent les dynamiques de répartition par l'analyse des facteurs naturels des écosystèmes. Elle concerne aussi bien les dynamiques de répartition passées qu'en cours : c'est la caractérisation ou la reconstitution des trajectoires de distribution. La compréhension de ces processus passe par une étude de l'évolution historique de la dispersion des lamantins, c'est-à-dire l'histoire de l'évolution de la répartition du lamantin au fil du temps de la mise en place du littoral gabonais durant le Quaternaire. Aussi, sur une autre échelle de temps plus contemporaine mais dans un espace réduit aux Zones Humides d'Importance Internationales de Petit Loango et de Setté Cama. Les dimensions temporelles et spatiales sont donc au centre de notre recherche. Notre sujet de recherche se dresse à l'intersection de plusieurs approches conceptuelles et méthodologiques. Il fait appel à une approche géographique à partir de l'approche systémique et l'analyse spatiale avec les outils et méthodes tels que les systèmes d'information géographiques. Il fait aussi appel à d'autres approches telles que la biostatistique pour l'analyse de l'estimation d'occupation du territoire, la probabilité de détection de l'espèce, l'identification de la structuration spatiale des individus de la communauté. Cette approche permet d'induire les caractéristiques inconnues d'une population à partir d'un échantillon issu de cette population avec une certaine marge d'erreur. Notre sujet se nourrit aussi des méthodes d'autres disciplines, telles que l'écologie pour l'analyse de la structure d'un pan de la niche écologique. Si la thématique de recherche est fortement géographique, elle a cependant un fort caractère transversal méthodologique.

CHAPITRE 1 : Aperçu théorique, échantillonnage et traitements des données

Ce chapitre vise à présenter, d'une part, les éléments conceptuels de distribution des espèces en biogéographie. La biogéographie est une branche de la géographie physique. Elle étudie la répartition passée et présente des nombreuses espèces animales et végétales de la Terre. Elle se rapporte à l'examen de l'environnement physique, afin de déterminer son effet sur les espèces, leur forme et leur distribution à travers le monde. En outre, le domaine de la biogéographie peut être décomposé en sous-disciplines : la phytogéographie (la distribution passée et présente des plantes) et la zoogéographie (la distribution passée et présente des espèces animales). La zoogéographie a des approches conceptuelles propres, et des méthodes parfois empruntées aux autres disciplines pour expliquer la distribution qui est son maître mot. D'autre part, à la description des types de données utilisés, de leur processus de collecte ainsi qu'aux traitements réalisés. Ce traitement des données repose sur une modélisation d'estimation de l'occupation et la probabilité de détection du lamantin. La recherche tient compte de la particularité du lamantin, en tant qu'espèce rare, et de la spécificité des sites d'études, comme zone humide. Cette recherche se dirige vers l'état de base de la compréhension de la distribution du lamantin au regard de la faible connaissance sur l'espèce et les différentes pressions pesant sur sa population.

Ce chapitre est subdivisé en trois grandes sections. La première est consacrée à l'appréhension des éléments conceptuels. La seconde est dédiée au processus de la collecte des données aussi bien sur le milieu physique que sur le lamantin. Tandis que la troisième est dédiée à la méthodologie de l'analyse de l'occupation de site, de la probabilité de détection de l'espèce et à l'identification de la configuration spatiale de distribution. La compréhension et l'analyse des phénomènes de distribution de faune passent par des concepts clés qu'il est nécessaire de faire état.

1.1. Appréhender les éléments conceptuels de distribution des espèces.

1.1.1. Biogéographie historique

La biogéographie historique est l'étude des distributions animales mettant l'accent sur l'évolution et sur des échelles de temps évolutives, en utilisant une combinaison d'informations phylogénétiques et distributionnelles (Blondel, 1995). D'un point de vue macro-évolutionnaire, les taux nets de diversification dans une région géographique découlent de taux différentiels de spéciation, d'extinction et d'immigration. Bien que les mécanismes précis de ces processus restent incomplètement compris pour la plupart des ensembles des êtres vivants aussi bien de faune comme de flore, il est clair que la diversification évolutive du biota a lieu à la fois dans l'espace et dans le temps. Par conséquent, la biodiversité, la biogéographie et la paléontologie sont des sujets intimement liés.

La biogéographie historique attribue un rôle majeur aux barrières géographiques. Celles-ci peuvent résulter de variations paléogéographiques (variations eustatiques, dynamique fluviale, orogénèse, érosion, volcanisme) ou paléoécologiques (Haffer, 1990). Actuellement, la biogéographie historique a commencé à intégrer des informations écologiques dans les reconstructions biogéographiques, grâce à des techniques comme la modélisation de niche écologique (Lieberman, 2000 ; Stigall et Lieberman, 2005) et de nouvelles méthodes statistiques analytiques (Ronquist et Sanmartín, 2011).

1.1.2. Biogéographie écologique

La biogéographie écologique examine la distribution des taxons pour découvrir pourquoi ils sont à présent limités à cette distribution particulière (Nelson & Platnick, 1981). En d'autres termes, la biogéographie écologique étudie les facteurs qui définissent la distribution spatiale d'espèces à l'heure actuelle. Contrairement à la biogéographie historique qui cherche à retracer des événements dont les causes ont disparu, la biogéographie écologique s'appuie sur l'étude des causes physiques agissant dans le temps présent (De Candolle, 1820). Ces causes physiques sont principalement écologiques et comprennent d'autres organismes et caractéristiques génétiques (facteurs biotiques), ainsi que des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et la salinité (facteurs abiotiques).

Blondel (1995), défend l'existence d'une biogéographie écologique. Il la définit comme : « ... *l'étude spatio-temporelle des diversités biologiques, de leur origine, de leur évolution et de leur régulation dans des espaces hétérogènes et changeants* ». Pour ce même auteur, « *le vivant est régi par un système d'interactions entre deux espaces, l'espace des géotypes et l'espace de phénotypes. Ces interactions étant médiatisées par les contraintes de l'environnement* ».

Selon Blondel (1995), la biogéographie écologique est l'étude des mécanismes évolutifs déterminants, c'est-à-dire l'aptitude adaptative d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes à survivre et à produire des descendants féconds. Cette hypothèse est elle-même fonction de la variation spatiale de l'environnement.

Comprendre et organiser le savoir implique une variation évolutive dans l'espace. Pour Blondel, la biogéographie s'applique à expliquer les distributions et abondances des organismes et, allant du génome aux organismes, peut se confondre avec l'écologie au sens le plus large du terme. Il n'y a aucune raison d'opposer la biogéographie historique, qui concernerait un temps évolutif « long » et de vastes espaces, à une biogéographie locale ou régionale qui s'appliquerait sur un temps écologique « court », aux communautés et populations locales (Hugot, 2002).

1.1.2.1. Vicariance

Le concept de « vicariance », se résume à la célèbre phrase du botaniste italien León Croizat (1958): «*La vie et la Terre évoluent ensemble*», signifiant que les biotas évoluent avec les barrières géologiques (Cox et Moore, 2010). Un biota représente les animaux et les plantes vivant dans un type d'environnement naturel à un moment donné (Veyret 2007).

La vicariance est donc la subdivision d'un biota ancestral en biotas dérivés, du fait de la subdivision d'une aire géographique initiale par des phénomènes géologiques, comme la formation d'un océan ou d'une chaîne de montagnes, ou l'assèchement partiel d'un lac avec isolement d'aires lacustres disjointes, ou encore un changement climatique avec un déplacement des zones arides par rapport aux zones humides, etc. Le résultat est la séparation d'une aire initiale en deux aires-filles, qui isolent des populations et des groupes d'espèces appartenant à des taxons différents. Ces événements se produisent à des échelles de temps différentes qui, certainement, dépassent les échelles de temps des processus biologiques et écologiques (Cecca, 2009).

1.1.2.2. *Dispersion*

La dispersion (*dispersal* ou *jump dispersal*, en anglais) désigne le franchissement d'une barrière géographique ou écologique préexistante à la disjonction. Elle explique les distributions spatiales disjointes de taxons, par la dispersion de taxons ancestraux par-delà des barrières préexistantes qui résultent d'événements biotiques ou abiotiques.

Ces événements conduisent à une spéciation sympatrique. C'est un processus de spéciation par lequel de nouvelles espèces très proches émergent d'un ancêtre commun, alors qu'elles habitent la même région géographique. Ce mode de spéciation a lieu sans nécessité d'isolement. Si une spéciation sympatrique survient après la dispersion, les taxons descendants sont distribués sur différentes aires séparées par la barrière (a)biotique. Les biogéographes de la dispersion font l'hypothèse d'un centre d'origine pour les taxons ancestraux, et expliquent la distribution des taxons descendants par une dispersion par-dessus des barrières préexistantes (Hausdorf, 1998). Cette définition de la dispersion doit être distinguée de la notion de dispersion des jeunes loin de leurs parents (*dispersion* ou *range expansion*, en anglais). La dispersion ne doit pas non plus être confondue avec la théorie du "dispersalisme" (Matthew, 1915), qui suppose que l'apparition d'espèces nouvelles a lieu dans un noyau central appelé centre d'origine ou centre de dispersion et que les espèces les plus ancestrales sont repoussées dans des zones périphériques.

Par le passé, la dispersion a été considérée comme le principal moteur de l'évolution. Ce principe a ensuite été rejeté, parce qu'il permettrait d'expliquer n'importe quelle distribution, et constitue donc une théorie non réfutable (De Rosen, 1978 ; Nelson et Platnick, 1981).

1.1.3. La théorie des refuges

Les événements de vicariance liés aux mouvements tectoniques et aux fluctuations du niveau de la mer auraient constitué une condition nécessaire et suffisante à la différenciation des faunes (Croizat, 1976). Des travaux portant sur le bassin Amazonien (Da Silva et Patton, 1998 ; Loughheed et *al.*, 1999; Clough et Summers, 2000) et le rift africain (Denys et *al.*, 1986 ; Partridge et *al.*, 1995 ; Wiczorek et *al.*, 2000) semblent mettre en évidence le rôle de l'orogénèse et des mouvements tectoniques dans la formation de nouvelles espèces.

En Afrique centrale, les paléoenvironnements du Quaternaire ont eu des conséquences sur la répartition des faunes (Maley, 1996). La répartition actuelle des espèces est la conséquence de tous les processus historiques ayant permis à une espèce de coloniser, de s'établir et de maintenir une population là où on l'observe. En Amazonie, cette approche a été l'une des premières utilisées pour étudier l'influence des variations du climat sur les espèces. En effet, c'est en étudiant les patrons de répartition des espèces endémiques d'oiseaux que Haffer (1969) a formulé la théorie des refuges.

Les refuges correspondent à des zones dans lesquelles les forêts tropicales se seraient toujours maintenues, même lors de phases climatiques sèches du dernier maximum glaciaire. La persistance des espèces dans ces refuges forestiers aurait permis la spéciation allopatrique. Elle est une forme de spéciation qui indique la formation d'espèces par isolement géographique de populations. Ce phénomène est à l'origine de l'émergence de la forte diversité spécifique observée en Amérique du Sud et en Afrique.

La théorie des refuges, entrevue par Gentilli dès 1949, repose sur le fait mis en évidence par les paléontologistes, et tout particulièrement par les palynologistes. Ce fait est que les alternances glaciaires du Quaternaire, beaucoup plus fréquentes que l'on ne le supposait initialement (Hamilton 1988), ont largement affecté les régions tropicales (Absy et *al.*, 1991).

Ce nouveau panorama a induit l'élaboration d'un scénario fondamentalement différent du précédent. Il intègre la notion, suggérée par Wagner dès 1889 et développée par Mayr (1963), que l'isolement serait l'un des principaux moteurs de l'évolution. Ses diverses séquences pourraient schématiquement s'énoncer ainsi : durant la période froide, la forêt laisse place à une végétation ouverte de type savane herbacée. Seuls quelques îlots forestiers subsistent dans des zones au microclimat favorable. Ainsi, la forêt se développe, lors des réchauffements ; des formations végétales basses et ouvertes (savane), en période de refroidissement.

Ces îlots forestiers constituent autant de refuges pour la faune et la flore inféodée à ce type de milieu. Au sein de chacun de ces refuges, les espèces évoluent indépendamment et selon leur propre rythme au gré des pressions de sélection locales.

A l'occasion de l'épisode interglaciaire suivant, le milieu forestier reconquiert les superficies perdues et permet la mise au contact de ces diverses populations. Le brassage génétique n'étant plus possible, mais il s'opère la recolonisation du milieu.

Un scénario équivalent et symétrique fait jouer aux îlots de savanes, qui se maintiennent durant les périodes interglaciaires, un rôle de refuge pour des espèces inféodées à cet autre type de milieu.

1.2. Description du processus de collecte des données

1.1.1. Revue documentaire

La revue documentaire a permis de récolter un l'ensemble des renseignements existant sur la zone, les domaines et l'objet d'étude, qui est ici le lamantin. Les documents cartographiques conçus pour ELF Gabon ont été d'un grand apport pour la reconnaissance du milieu. Ces documents ont été rassemblés et consultés avant le démarrage des opérations sur le terrain, et au fur à mesure de l'évolution de l'étude. A cet effet, au-delà des sources bibliographiques plus ou moins anciennes, nous avons utilisé les travaux réalisés, premièrement, sur la biogéographie historique des Siréniens et l'évolution des paléoenvironnements du Quaternaire. Les lamantins et les dugongs sont les deux seuls genres de siréniens actuels de l'ordre de mammifères vivant dans des eaux côtières peu profondes et ayant un régime herbivore. Deuxièmement, en matière socio-économique, biologique et de conservation, ce sont les travaux des différents projets du WWF Gabon, de Smithsonian Institute, de l'ANPN et du WCS sur le Complexe d'Aires Protégées de Gamba. Par ailleurs, nous avons aussi eu référence en la matière aux études socio-économiques similaires sur le lamantin dans les pays du Golfe de Guinée et d'Amérique du Sud.

1.1.2. Approche participative

L'approche participative est un outil privilégié permettant l'association active et responsable des populations. Elle est née du constat d'échec des stratégies d'intervention préconisées par le passé, ainsi que de la volonté assez récente des gouvernements d'intégrer la dimension "participation des populations" aux politiques de développement rural.

Elle vient en appui des actions menées en faveur de la décentralisation des services techniques, des efforts pour un désengagement de l'Etat et la privatisation des activités de production et de gestion, dont l'exploitation forestière.

Malheureusement, tout au long de ce travail, nous n'avons pas pu arriver à la fin des processus méthodologiques de l'approche participative, qui comporte six étapes aussi bien dans chaque site Ramsar de la zone d'étude.

Premièrement, pour le cas du site Ramsar de Setté Cama, dont le programme a débuté plus tôt en 2015, le climat politique défavorable dû aux élections présidentielles de 2016 n'a pas permis de mener les activités jusqu'à la fin. Le programme s'est arrêté à l'étape d'identification du conflit homme/lamantin au sein des pêcheries à la lagune Ndougou. Aucune solution n'a été trouvée pour la suite.

Deuxièmement, quant au site Ramsar de Petit Loango, la crise sanitaire mondiale liée au Covid-19 et l'effondrement conséquent du secteur du tourisme ont engendré un climat délétère, réfractaire et de méfiance auprès des communautés locales qui ne nous a pas permis de mener des entretiens avec elles.

Ces limites de l'étude nous ont conduits qu'à nous limiter à utiliser les données de cartographie issue de l'approche participative.

Au sens large, la cartographie participative est un processus qui a pour finalité la création des cartes et autres supports par les populations locales et autochtones. Elle est aussi, d'une part, une méthode utile pour la prévention et la résolution des conflits homme/ faune et d'accès à l'usage des pratiques de pêche et des ressources naturelles, à travers le dialogue entre les acteurs concernés ; et, d'autre part, un outil d'éclairage des décideurs pour la prise des décisions qui garantisse les droits des communautés locales et autochtones.

Les techniques de cartographie participative et les enquêtes par questionnaires ont été utilisées pour définir les zones d'observation des lamantins. La cartographie participative permet d'avoir des orientations dans la recherche de données géographiques sur cet espace, l'établissement des transect et aussi de profiler la zone *hot-spot* avant d'effectuer les missions de terrain.

1.1.3. Prise de données sur les lamantins

1.1.3.1. Pré traitement conceptuel

Suite aux données recueillies dans l'approche axée sur la cartographie participative, a été déterminée la méthode théorique de collecte de données sur le lamantin dite d'occupation de site.

La méthode dite d'occupation de site étudie l'histoire de la détection de présence/absence à des occasions successives, et permet d'estimer un paramètre qui représente la proportion de sites supposés occupés.

Il a été impossible d'utiliser des méthodes comme le *Distance Sampling* de Buckland et al. (1993), qui nécessite suffisamment de données pour l'obtention d'une bonne précision, si les études de présence portent sur une espèce rare ou difficile à détecter.

La méthode développée par MacKenzie et al. (2003) s'appuie sur des outils statistiques proches de ceux utilisés en capture-marquage-recapture sur des individus, mais, dans ce cas, à l'échelle des sites.

Vu la difficulté à détecter certaines espèces, la probabilité de détection (notée p par la suite) doit être considérée conjointement pour obtenir des estimations non-biaisées.

Sachons déjà que les paramètres d'intérêts que l'on cherche ici à estimer sont Ω , la probabilité qu'un site soit occupé par le lamantin m_i , la probabilité de détecter l'espèce au cours du **X^{ème} passage**, sachant que l'espèce est présente (probabilité de détection). Afin d'estimer ces paramètres, plusieurs passages sont réalisés sur chaque site, au cours desquels sont enregistrés la détection =1 ou l'absence de détection =0 de l'espèce (Figure 3, ci-après).

Figure 3: Exemple de détection de présence/absence par site

	passages		
	1	2	3
Site1	0	1	0
Site2	1	1	1
Site3	0	0	1
...			
sitex	0	0	0

Source : Van Strien *et al.*, 2013.

Chaque enregistrement (=lignes du tableau) correspond à une histoire de détection propre à chaque site, qui se note par une succession de 0 et de 1. Cela sera converti en probabilité.

Ainsi, un modèle peut être élaboré en prenant en compte toutes les histoires de détections. Des techniques de maximum de vraisemblance peuvent être estimées en utilisant les paramètres d'intérêt. Ces paramètres (probabilités d'occupation ou de détection) peuvent être liés à des covariables de sites ou de passages.

Les modèles d'occupation comportent un certain nombre d'hypothèses, qui doivent être prises en compte selon MacKenzie et *al.* (2003). Le respect de ces hypothèses est primordial pour la réussite de l'étude, notamment :

- *primo*, les sites sont « fermés » : le statut d'occupation d'un site ne change pas au cours de la période d'observation (entre le premier et le dernier passage sur un site) ;
- *secundo*, les sites sont indépendants : la détection de l'espèce cible sur un site est indépendante de la détection de l'espèce sur un autre site ;
- *tertio*, il n'y a pas d'hétérogénéité dans l'occupation non expliquée : la probabilité d'occupation est la même sur tous les sites, ou peut être expliquée à l'aide de covariables explicatives de site qui sont intégrées dans le modèle ;
- *quarto*, il n'y a pas d'hétérogénéité dans la détection non expliquée : la probabilité de détection est la même sur tous les sites, ou peut être expliquée à l'aide de covariables explicatives de passage ou de site qui sont intégrées dans le modèle.

L'hypothèse, qui sied à ce travail, est celle des sites indépendants. La détection de l'espèce cible sur un site est indépendante de la détection de l'espèce sur un autre site. Pour le respect de cette condition, les campagnes d'échantillonnage se sont déroulées pour le site Ramsar de Petit Loango pendant la saison pluvieuse de Mars à Mai 2019 et Juin 2020 à Août 2020. Quant au site Ramsar de Setté Cama, les données exploitées dans cette section sont issues des inventaires effectués lors du programme *MENTOR Manatee* d'*U.S Fish & Wildlife Service*. Les missions se sont déroulées durant la saison de pluie de décembre 2015 à Mars 2016.

1.1.3.2. Pré traitement cartographique

Le prétraitement cartographique consistait à établir les quadrats de recherche et à insérer des transects linéaires continus, sous environnement ArcGIS 10.3. Le maillage est un mode de représentation des données vecteur par carreau. Il s'effectue en croisant d'un côté une grille avec des données de terrain. La précision avec laquelle s'effectuera l'analyse sera alors relative au pas choisi pour la grille. L'analyse par maille, ou tessellation, est un bon moyen de représenter des données discrètes. L'exemple le plus évident est celui de la représentation de la densité d'objets sur une carte à petite échelle.

La dimension de la grille d'échantillonnage de site est de 1000 m x 1000 m. Les grilles ont été générées sous environnement ArcGIS 10.3. L'écologie de l'espèce a été prise en compte pour

l'établissement des transects par bateau. Les lieux privilégiés du lamantin sont les berges n'excédant pas les 5 m de profondeur, comme le souligne Powell (1996).

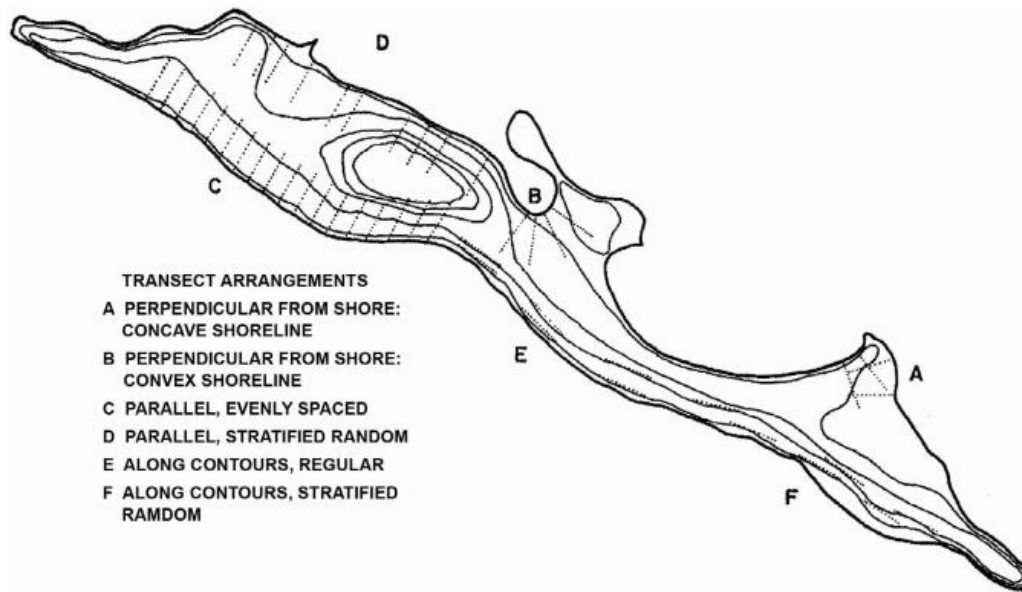
1.1.3.3. Surveillance

Il existe plusieurs méthodes de surveillance ou *Monitoring* et d'évaluation pour établir une liste d'espèces, en déterminer la répartition et en estimer l'abondance dans un plan d'eau donné. Ces méthodes vont de l'estimation visuelle (à faible coût) de la présence, à la télédétection (à coût élevé) permettant d'échantillonner un plan d'eau ou un paysage entier. Lors de la sélection d'une méthode, un facteur important à retenir est le choix d'une d'elles qui répondra aux objectifs souhaités pour le projet. Mais, plus important encore, le choix doit porter sur une méthode quantifiable et pouvant faire l'objet d'analyses statistiques (Madsen et Bloomfield, 1993 ; Spencer et Whitehand, 1993 ; Maddalena et al., 2014).

Par ailleurs, pour s'assurer que les données de suivi et d'évaluation soient collectées de manière à pouvoir être quantifiables, il est important de les collecter en utilisant un plan de d'échantillonnage approprié. Celui employé dans cette étude est aléatoire-systématique. Ainsi, la méthode quantitative pouvant être utilisée pour collecter rapidement des informations sur la présence, la richesse de l'espèce et la distribution est celle de transect linéaire. Cette méthode peut être utilisée à la fois en petites parcelles et en plusieurs endroits d'un plan d'eau, pour établir les caractéristiques de la communauté de l'espèce ou évaluer l'efficacité de la gestion (Madsen, 1999).

En général, les transects peuvent être disposés selon un nombre quelconque de plans d'échantillonnage, afin de saisir la variabilité au sein de l'écosystème, à condition qu'un nombre approprié de transect soit échantillonné (Titus, 1993). De plus, ils peuvent être de n'importe quelle longueur sur le terrain (Titus, 1993). La figure 4, ci-après, présente les différents types de méthode en transects linéaires. Pour notre étude, le transect E le long des contours réguliers correspond à l'écologie du lamantin.

Figure 4: Différents types de méthode de transects linéaires



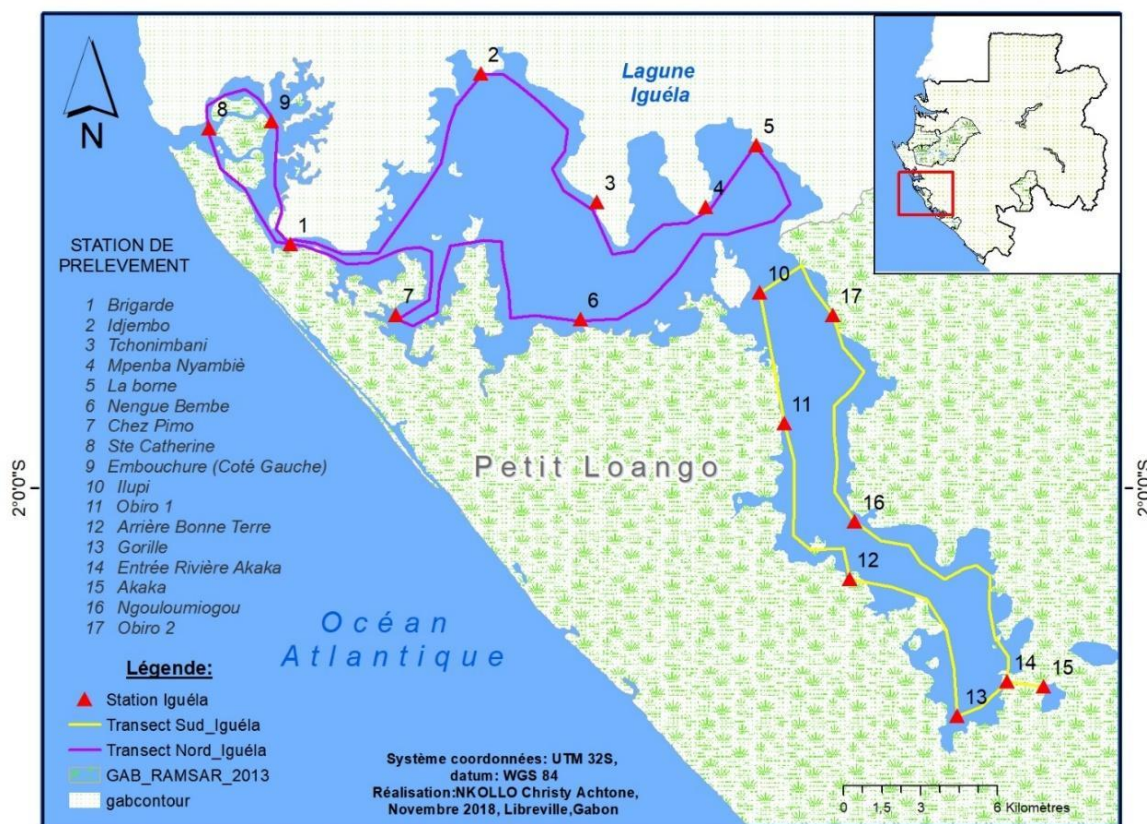
Source : Madsen J. D. and Wersal R. M., 2017.

A Perpendiculaire à la rive : rivage concave ; **B** Perpendiculaire à la rive : rivage convexe ;
C Parallèle uniformément espacé ; **C** parallèle stratifié aléatoire ; **D** parallèle uniformément espacé ;
E Le long des contours régulier ; **F** Le long des contours stratifiés au hasard.

Les surveillances se sont déroulées en bateau à une vitesse de navigation de 10 km/h, afin de mieux détecter la présence du lamantin. Une connaissance préalable du terrain nous a permis de mieux adapter le protocole lors du prétraitement cartographique relatif à la détermination des grilles d'échantillonnage.

De plus, des stations fixes de prélèvement des paramètres physico-chimiques ont été établies tout au long des transects, afin d'avoir des covariables de présence de lamantin et d'occupation de site dans le cadre uniquement de Petit Loango (Figure 5, ci-après). Par ailleurs, la prise des paramètres physico-chimiques dans le site de Setté Cama n'était pas nécessaire, car nous avons exploité les bases de données WWF Gabon de 2013 à 2016 sur la spatialisation desdits paramètre

Figure 5: Transects et stations d'observations dans la lagune Iguéla au site Ramsar de Petit Loango



1.2. Traitement des données

1.2.1. Estimation d'occupation et probabilité de détection sur logiciel Presence

1.2.1.1. Modèle de base

La distribution fera l'objet d'une analyse statistique de suivi de faune par les méthodes de probabilité développées par Mackenzie sur la détection et l'occupation d'un site par des espèces rares (MacKenzie *et al.*, 2002, 2003, 2004, 2006 et 2011).

MacKenzie *et al.* (2002) présentent un modèle pour estimer la probabilité d'occupation et de détection d'un site (ou PAO) pour une espèce cible, dans des situations où celle-ci n'est pas garantie d'être détectée même lorsqu'elle est présente sur un site. Cela se traite directement dans le programme *Presence* développé uniquement pour le suivi de faune par le secteur biologie de l'*U.S. Geological Survey* (USGS) du Gouvernement américain.

Un modèle à saison unique peut être utilisé pour étudier le niveau ou les tendances d'occupation à un moment donné. Il s'agit essentiellement d'un instantané de la présence et de l'absence d'une espèce pour une période donnée. Ce modèle peut être utilisé pour produire des résumés numériques de la situation (c'est-à-dire la proportion estimée d'unités occupées, ou la quantification de l'effet de certaines variables), ou pour produire des cartes indiquant les zones ayant des probabilités d'occurrence plus ou moins élevées (par exemple, des cartes de distribution des espèces).

Les estimations de ce modèle statistique sont obtenues en utilisant le principe du maximum de vraisemblance. Des approches analytiques similaires ont été développées par d'autres (Tyre et *al.*, 2003 ; Stauffer et *al.*, 2004 ; Wintle et *al.*, 2004). Bien que le cadre développé par MacKenzie et *al.* (2002) soit le plus général.

Le modèle unique saisonnier comporte deux processus fondamentaux, l'occupation et la détection. Les unités d'échantillonnage dans la région d'intérêt sont soit occupées par l'espèce cible, soit non occupées (c'est-à-dire que l'espèce est présente ou absente dans chaque unité), et la probabilité que l'espèce soit présente dans la $n^{\text{ième}}$ unité est désignée par ψ_i (psi).

Si l'unité est inoccupée, alors, en utilisant les modèles standards à une saison, l'espèce sera détectée. Afin de séparer de manière fiable, l'occupation de la détection (c'est-à-dire où se trouve l'espèce par rapport à l'endroit où elle est trouvée), des enquêtes répétées au cours de la saison sont nécessaires. Pendant la saison, on suppose que les unités sont fermées à des changements systématiques d'occupation, le résultat de chaque enquête d'une unité est indépendant et il n'y a pas d'identification erronée des espèces (c'est-à-dire pas de fausses détections). Étant donné que l'espèce est détectée de manière imparfaite, il existe un risque de fausses absences dans les données (c'est-à-dire des unités où l'espèce n'a jamais été détectée, mais où elle était présente), ce qui entraînera une sous-estimation de l'occupation si elle n'est pas comptabilisée.

L'intention de cette modélisation est de corriger explicitement les problèmes de détection, afin d'améliorer les inférences sur l'occupation et les facteurs qui peuvent l'influencer. Les enquêtes répétées d'une unité produiront un historique de détection indiquant la séquence de détections et de non-détections de l'espèce dans cette unité. A partir de l'historique de détection, une description des données peut être développée en une déclaration de probabilité, qui est une expression permettant de déterminer la probabilité d'observer une détection particulière.

Par exemple, considérons l'historique de détection (h_i): $h_i = 0101$. Cela donnera en probabilité :

$$\Pr(h_i = 0101) = \psi_i(1 - p_{i,1})p_{i,2}(1 - p_{i,3})p_{i,4} \quad (1)$$

Compte tenu de l'ensemble d'historiques de détection des unités qui ont été enquêtées, la probabilité du modèle est définie comme,

$$L = \prod_{i=1}^S \Pr(h_i) \quad (2)$$

Une fois dériver, l'équation de vraisemblance est utilisée en substituant des valeurs numériques à ψ et p paramètres, et en trouvant quelle combinaison de valeurs maximise la valeur de la vraisemblance expression. Les valeurs des paramètres qui maximisent la vraisemblance sont appelées maximum de vraisemblance.

Une modélisation plus poussée des ψ et des p (par exemple, pour étudier quels facteurs sont importants pour l'occupation et la détection) est facilitée par l'utilisation de ce qu'on appelle le *logit-link*. Cette fonction est une transformation non linéaire utilisée pour redimensionner les probabilités à partir de l'échelle 0-1 à l'échelle $\pm\infty$. Avec le *logit-link*, les probabilités d'occupation et de détection peuvent être exprimées en fonction de variables propres au site et aux occasions d'échantillonnage p .

$$\text{logit}(\Psi_i) = \ln\left(\frac{\Psi_i}{1-\Psi_i}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 x_{1,i} + \alpha_2 x_{2,i} \quad (3)$$

$$\text{logit}(p_{ij}) = \ln\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \beta_3 y_{1,i,j} + \beta_4 y_{2,i,j}, \quad (4)$$

Où \ln est le logarithme népérien, les x et les y sont respectivement les covariables spécifiques au site et à l'occasion de l'échantillonnage, et les paramètres α et β sont les coefficients de régression à estimer. Ces équations résultantes sont essentiellement des équations de régression logistique. L'équation de base est :

$$\ln\left(\frac{\theta_i}{1-\theta_i}\right) \quad (5)$$

Elles représentent les transformations réelles appliquées aux probabilités désignées par θ ; ici c'est juste le logarithme du rapport entre la probabilité de succès et la probabilité d'échec (MacKenzie et *al.*, 2006).

L'utilisation avec succès du logiciel *Presence* repose sur l'établissement d'un certain nombre d'équations de régression logistique pour les différents paramètres d'intérêt. Pour chaque type de paramètre, les coefficients de régression sont estimés simultanément dans le cadre des déclarations de probabilité, qui impliquent une combinaison des ψ et des p , et sont donc automatiquement corrigés de l'effet des autres paramètres.

1.2.1.2. Interprétation des résultats de sortie

Les données issues de ces campagnes ont été utilisées en totalité. En effet, le lamantin étant une espèce rare, les protocoles de recherche recommandent un quota d'observation de 50, afin d'obtenir des meilleures tendances.

Les probabilités d'occupation (Ψ) et de détection (p) ont été paramétrées de deux manières : l'une en option de variabilité de passage, et l'autre en prenant en compte les covariables. Le tableau 1, ci-après, indique les différents modèles ainsi que les options.

Tableau 1 : Différents modèles explorés de probabilité de présence et détection

MODÈLE	OPTION	COMMENTAIRE
$\Psi(.)$: probabilité d'occupation prédéfini	$\psi(.), p(\textit{seasonal effects})$	probabilité de détection de l'espèce constante au sein d'une session, mais variable entre les sessions.
	$\psi(.), p(\textit{full Identity})$	probabilité de détection variable selon chacun des passages
	$\psi(.), p(\textit{Constant})$	probabilité de détection constante pour chaque passage
	$\psi(.), p(\textit{with seasonal effects})$	probabilité de détection de l'espèce variable au sein d'une session et variable entre les sessions.
$\Psi(.)$: probabilité d'occupation influencé par les variables	$\psi(\textit{Hab}), p()$	probabilité de présence influencée par l'habitat
	$\psi(\textit{Z}), p()$	probabilité de présence influencée par la zone (Lagune ou rivière)
$\Psi(.)$: probabilité d'occupation influencé par les co-variables	$\psi(.), p(\textit{Ox})$	probabilité de présence influencée par l'oxygène dissous
	$\psi(.), p(\textit{pH})$	probabilité de présence influencée par le pH
	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{Sal})$	probabilité de présence influencée par la salinité
	$\psi(.), p(\textit{Temp})$	probabilité de présence influencée par la température
	$\psi(.), p(\textit{Prof})$	probabilité de présence influencée par la profondeur
	$\psi(.), p(\textit{Cond})$	probabilité de présence influencée par la conductivité
$\Psi(.)$: probabilité d'occupation et de détection influencée par les variables et les co-variables	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{Ox})$	probabilité de présence influencée par l'habitat et l'oxygène dissous
	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{pH})$	probabilité de présence influencée par l'habitat et le pH
	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{Sal})$	probabilité de présence influencée par l'habitat et la salinité
	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{Temp})$	probabilité de présence influencée par l'habitat et la température
	$\psi(\textit{Hab}), p(\textit{prof})$	probabilité de présence influencée par l'habitat et la profondeur

Source : Nkollo C. (2021)

Les résultats des modèles sortent avec des informations sur : AIC, Δ AIC, AIC WI, Likelihood, K, $2 * \text{LogLike}$.

Précisons que le critère d'information d'Akaike (AIC) est un estimateur de l'erreur de prédiction, et donc de la qualité relative des modèles statistiques pour un ensemble pris de données. En

fonction d'une collection de modèles pour les données, AIC estime la qualité de chaque modèle par rapport à chacun des autres modèles. Ainsi, l'AIC fournit un moyen de sélection de modèle.

Le critère AIC est défini par :

$$AIC = -2 \log \tilde{L} + 2k \quad (6)$$

Où \tilde{L} est la vraisemblance maximisée, et k le nombre de paramètres dans le modèle.

Les scores AIC sont rapportés sous forme de scores ΔAIC et de AIC WI désignant le poids d'Akaike. Les scores AIC sont les plus faciles à calculer et à interpréter.

Le ΔAIC est la différence relative entre le meilleur modèle (qui a un ΔAIC de zéro) et chaque autre modèle de l'ensemble. La formule est :

$$\Delta AIC = AIC_i - \min AIC \quad (7)$$

Où:

- AIC_i est le score pour le modèle particulier i .
- $\min AIC$ est le score du « meilleur » modèle.

Burnham et Anderson (2004) donnent la règle empirique suivante pour interpréter les scores ΔAIC :

- $\Delta AIC < 2 \rightarrow$ preuve substantielle du modèle.
- $3 > \Delta AIC > 7 \rightarrow$ moins de support pour le modèle.
- $\Delta AIC > 10 \rightarrow$ le modèle est peu probable.

Les poids d'Akaike donnent la probabilité que le modèle soit le meilleur de l'ensemble. La formule est :

$$W_i = \frac{\exp\left(-\frac{\Delta_i}{2}\right)}{R} \quad (8)$$

L'estimateur du Maximum de Vraisemblance ou *likelihood* mesure la qualité de l'ajustement d'un modèle statistique à un échantillon de données pour des valeurs données des paramètres

inconnus. Elle est formée à partir de la distribution de probabilité conjointe de l'échantillon, mais vue et utilisée uniquement en fonction des paramètres, traitant ainsi les variables aléatoires comme fixées aux valeurs observées. Sa formule est :

$$f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t | a_0 + a_1 X_t, \sigma_u^2) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^t \sigma_u^t} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum Y_t - a_0 - a_1 X_t^2 \right] \quad (9)$$

La procédure pour obtenir ces arguments du maximum de la fonction de vraisemblance est connue sous le nom d'estimation du maximum de vraisemblance qui, pour la commodité du calcul, est généralement effectuée en utilisant le logarithme naturel de la vraisemblance, connu sous le nom de fonction log-vraisemblance :

$$\ln L = \ln \left(\frac{1}{(\sqrt{2\pi})^t \sigma_u^t} \right) \ln \left(\exp \left[-\frac{1}{2} \sum (Y_t - a_0 - a_1 X_t)^2 \right] \right) \quad (10)$$

1.2.2. Identification de la structure spatiale

1.2.2.1. Test de la structure spatiale des organismes

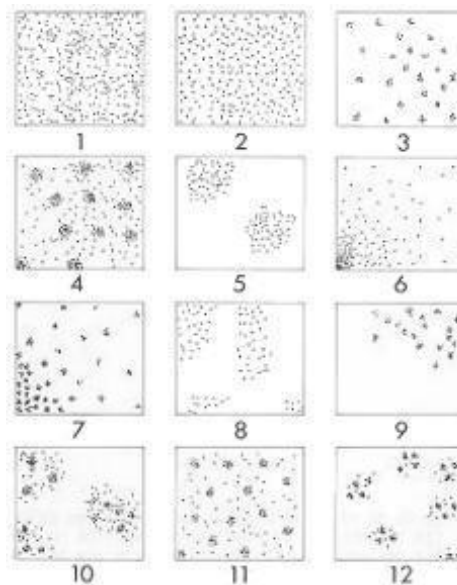
Les différents organismes qui composent une communauté ne vivent pas « en vrac » dans l'espace : ils y occupent des emplacements qui sont souvent bien définis, tout en étant variables dans le temps s'il s'agit d'animaux mobiles. L'existence de cette localisation joue un rôle essentiel dans la vie de la communauté, puisqu'elle permet ou empêche la rencontre des diverses espèces et, d'une façon plus générale, préside à leurs relations. Elle est notamment à l'origine des rapports trophiques qui existent entre les organismes, et donc du fonctionnement même de l'écosystème auquel ils appartiennent.

La distribution spatiale des animaux est une caractéristique importante des communautés écologiques. Habituellement, elle est l'une des premières caractéristiques observées lorsque l'on étudie une communauté, et l'une des propriétés les plus fondamentales de tout groupe d'organismes biologiques. Une fois qu'une configuration a été identifiée, il peut être proposé des hypothèses expliquant les causes profondes de cette configuration et les tester. Ainsi, en

principe, on cherche à identifier les distributions spatiales pour tirer des hypothèses concernant la structure des communautés écologiques.

On discerne dans les communautés trois grands types de configuration : aléatoire, en bouquets et uniforme (Figure 6, ci-après).

Figure 6: Divers types de répartition spatiale des organismes en projection plane (d'après D. CHESSEL, 1978).



Dispersions simples :

1 : aléatoire, **2** : régulière, **3** : en paquets, **4** : en agrégats, **5** : en plaques, **6** : en gradient.

Dispersions complexes :

7 : gradient et paquets, **8** : plaques à dispersion localement régulière, **9** : plaques et paquets, **10** : plaques et agrégats, **11** : dispersion régulière d'agrégats, **12** : trois éléments de dispersion combinés.

Les mécanismes de causalité suivants sont souvent utilisés, pour expliquer les répartitions observées dans les communautés écologiques. Dans une population d'organismes, la répartition aléatoire implique un environnement homogène et des comportements non sélectifs. En revanche, les configurations non aléatoires (regroupement en bouquets et uniformes) impliquent que des contraintes soient exercées sur la population. Le regroupement en bouquets laisse penser que les individus sont regroupés dans les endroits les plus favorables. Il peut y avoir diverses causes : le comportement grégaire, l'hétérogénéité de l'environnement, le mode de reproduction etc.

Les dispersions uniformes résultent d'interactions négatives entre les individus, telle que la concurrence pour la nourriture et l'espace. On notera que l'identification d'une configuration et l'explication des causes possibles de cette configuration sont deux problèmes différents. De

plus, il ne faut pas oublier le caractère multifactoriel de la nature ; de nombreux processus (biotiques et abiotiques) interdépendants peuvent favoriser les configurations.

Hutchinson (1957) a été l'un des premiers spécialistes de l'environnement à prendre conscience de l'importance des configurations spatiales dans les communautés, et à identifier divers facteurs de causalité pouvant conduire à la structuration d'organismes ; notamment :

- les facteurs vectoriels, résultant de l'action de forces environnementales externes (vent, courants de l'eau, et intensité de la lumière) ;
- les facteurs de reproduction, pouvant être attribués au mode de reproduction de l'organisme (clonage et régénération de la descendance) ;
- les facteurs sociaux dus à des comportements innés (ex : comportement territorial) ;
- les facteurs coactifs, résultant d'interactions intra-spécifiques (ex : concurrence) ;
- les facteurs stochastiques, résultant d'une variation aléatoire de l'un des facteurs qui précèdent.

Ainsi, les processus entrant en jeu dans les configurations spatiales peuvent être considérés comme intrinsèques (exemples : les facteurs sociaux, coactifs et de reproduction) ou extrinsèques aux espèces (exemple : les facteurs vectoriels).

Il existe certains types de distribution de fréquence statistique qui, en raison de leurs rapports variance-moyenne, ont été utilisés comme modèles de ces types de configurations écologiques.

Il s'agit de :

- i) la distribution de Poisson pour les configurations aléatoires ;
- ii) la distribution binomiale négative pour les distributions en bouquets ;
- iii) la distribution binomiale positive pour les distributions uniformes.

Ces trois modèles statistiques ont couramment été utilisés dans les études de configuration spatiale. Mais, il existe d'autres distributions statistiques tout aussi appropriées.

La première étape de la détection du mode de distribution, dans une communauté écologique, implique souvent de tester l'hypothèse " la distribution du nombre d'individus par unité d'échantillonnage est aléatoire ". Si l'hypothèse de la distribution aléatoire est rejetée, la distribution peut tendre vers le regroupement en bouquets (cas habituel). Si la direction tend vers une dispersion en bouquets, la concordance avec la distribution binomiale négative doit

être testée et certains indices de dispersion, basés sur le rapport de la variance à la moyenne, peuvent être utilisés pour mesurer le degré de regroupement.

Le modèle binomial négatif est vraisemblablement la loi de probabilité la plus couramment utilisée pour les distributions en bouquets (également appelées distributions " contagieuses " ou " agrégatives "). Cela a lieu lorsque deux des conditions requises pour suivre la Loi de Poisson ne sont pas vérifiées, à savoir :

- la condition 1 (toutes les unités d'échantillonnage naturelles ont la même probabilité de contenir un individu) ;
- la condition 2 (la présence d'un individu dans une unité d'échantillonnage est sans influence sur le fait qu'elle soit occupée par un autre individu).

On obtient en général un rapport variance-moyenne élevé du nombre d'individus par unité d'échantillonnage. Comme on l'a vu plus haut, ceci laisse penser que l'on est en présence d'une configuration en bouquets.

La loi binomiale négative a deux paramètres, m , le nombre moyen d'individus par unité d'échantillonnage, et k un paramètre lié au degré de regroupement. Les étapes de la vérification de la concordance entre la distribution de fréquence observée et la loi binomiale négative sont :

*Étape 1. Formulation de l'hypothèse ; il s'agit de tester l'hypothèse selon laquelle le nombre d'individus par unité d'échantillonnage suit une loi de distribution binomiale négative, ce qui dénote l'existence d'une dispersion non-aléatoire ou en bouquets. S'il n'arrive pas à rejeter cette hypothèse, l'écologiste peut avoir un bon modèle empirique pour décrire un ensemble de données de fréquence observées, sans que ce modèle explique quelles sont les causes profondes possibles de cette configuration. Autrement dit, il faut se garder de déduire la causalité uniquement sur la base de nos méthodes de détection du mode de dispersion.

*Étape 2. Le nombre d'individus par unité d'échantillonnage est résumé sous la forme d'une distribution de fréquence, autrement dit du nombre d'unités d'échantillonnage avec 0, 1, 2, ..., r individus.

*Étape 3. Calculer les probabilités $P(x)$ de la loi binomiale négative. La probabilité de trouver x individus dans une unité d'échantillonnage, c'est à dire que dans $P(x)$, x soit égal à 0, 1, 2, ..., r individus, est donnée par la formule,

$$P(x) = \left[\frac{\mu}{(\mu + k)} \right]^x \left[\frac{(k + x - 1)!}{x!(k - 1)!} \right] \left[1 + \frac{\mu}{k} \right]^{-k} \quad (11)$$

Le paramètre m est estimé à partir de la moyenne de l'échantillon (\bar{x}). Le paramètre k mesure le degré de regroupement et tend vers zéro pour le regroupement maximal. On peut obtenir une estimation de k par itérations successives de l'équation suivante :

$$\log_{10} \left(\frac{N}{N_0} \right) = \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right] \quad (12)$$

où N est le nombre total d'unités d'échantillonnage dans l'échantillon, et N_0 est le nombre d'unités d'échantillonnage avec 0 individus. Dans un premier temps, on remplace \hat{k} dans le second membre de l'équation par une estimation initiale. Si le second membre de l'équation est inférieur au premier, on essaie une valeur plus élevée de \hat{k} , et l'on compare à nouveau les deux membres. On itère ce processus (en choisissant de manière appropriée des valeurs inférieures ou supérieures de \hat{k}) jusqu'à obtenir une valeur de \hat{k} vers laquelle les deux membres de l'équation convergent. Une bonne estimation initiale de \hat{k} pour la première itération est obtenue grâce à la formule,

$$\frac{\bar{x}}{s^2 - \bar{x}} \quad (13)$$

où s^2 est la variance de l'échantillon estimée.

Lorsque la moyenne est basse (inférieure à 4), l'équation (12) fournit un bon moyen d'estimer \hat{k} . Par contre, si la moyenne est élevée (supérieure à 4), la méthode itérative n'est efficace que si le regroupement de la population est généralisé. Ainsi, lorsque la moyenne (\bar{x}) de la population et la valeur de \hat{k} (le paramètre de regroupement calculé à partir de l'équation (13)) sont toutes les deux supérieures à 4, l'équation (13) est préférée à l'équation (12) pour estimer \hat{k} .

Une fois que l'on a obtenu les deux statistiques, \bar{x} et \hat{k} , on calcule, avec la formule (11), les probabilités $P(x)$ de trouver x individus dans une unité d'échantillonnage, où $x = 0, 1, 2, \dots, r$ individus,

$$P(0) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^0 \left\{ \frac{(\hat{k} + 0 - 1)!}{0!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right]^{-k} = \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} \quad (14)$$

$$P(1) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^1 \left\{ \frac{(\hat{k} + 1 - 1)!}{1!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k}}{1} \right) P(0) \quad (15)$$

$$P(2) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^2 \left\{ \frac{(\hat{k} + 2 - 1)!}{2!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k} + 1}{2} \right) P(1) \quad (16)$$

$$P(r) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^r \left\{ \frac{(\hat{k} + r - 1)!}{r!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k} + r - 1}{r} \right) P(r-1) \quad (17)$$

*Étape 4. Trouver les fréquences binomiales négatives théoriques. Le nombre théorique d'unités d'échantillonnage contenant x individus s'obtient en multipliant chaque probabilité binomiale négative par N , le nombre total d'unités d'échantillonnage dans l'échantillon. Le nombre de classes de fréquence, noté q , est aussi déterminé selon la méthode décrite pour la loi de Poisson.

*Étape 5. Test de la validité de l'ajustement. Le test du χ^2 sera effectué

1.2.2.2. Test de validation de la répartition spatiale

Pour détecter des configurations spatiales, on peut préférer aux distributions statistiques, certains indices faciles à calculer, comme l'indice de Green, si les unités d'échantillonnage sont discrètes. L'indice de Green (GI) est utilisé pour comparer des échantillons dont le nombre total d'individus, la moyenne et le nombre d'unités d'échantillonnage dans l'échantillon varient.

$$G_i = \frac{\left(\frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \right) - 1}{n-1} \quad (18)$$

Parmi les nombreuses variantes de l'Indice de Dispersion, qui ont été proposées pour mesurer le degré de regroupement, l'indice de Green semble le plus approprié. Il varie de -1 à 1. Son interprétation se traduit comme suit :

- $G_i < 0$: répartition régulière
- $G_i = 0$: répartition aléatoire
- $G_i > 0$: répartition agrégative.

Ce chapitre a permis de saisir un aperçu théorique, de l'échantillonnage et du traitement de données. Cette analyse se base sur trois axes. Notamment l'entrevue des éléments conceptuels et méthodologiques, puis sur la description du processus de collecte de données et enfin de l'analyse de la répartition des espèces et de la détermination de la configuration de répartition spatiale. Le premier axe s'étale majoritairement sur la compréhension des théories de la distribution des espèces à travers le globe.

Le second axe aborde la distribution des espèces et les méthodes et outils utilisés pour leur analyse. Les SIG et la biostatistique sont les principaux outils à partir de l'analyse spatiale et systémique. Ainsi, les SIG permettent de conduire des analyses complexes combinant différentes sources de données spatiales et de générer des cartes lisibles, facilitant ainsi l'assimilation des résultats. Les avancées technologiques et la disponibilité croissante d'outil d'analyse de modélisation open source contribuent à estimer les patrons de présence d'une espèce donnée à des sites. Les données de présence-absence sont largement utilisées pour déterminer les exigences des espèces en matière d'habitat ou pour prédire leur répartition dans des zones inexplorées. Un problème majeur largement reconnu est que les fausses absences sont inévitables pendant le travail de terrain.

Dans la modélisation de la distribution des espèces, la non prise en compte de la détection imparfaite peut introduire un degré d'erreur considérable dans les modèles de distribution spatiale et temporelle. MacKenzie et al. (2002, 2006) ont mis au point un modèle d'occupation des sites dénommé " modèle standard d'occupation des sites ", une méthode statistique qui modélise la probabilité qu'une espèce occupe certains sites même si elle n'a pas été détectée avec certitude. La prise en compte de la détection imparfaite est importante pour la modélisation de distribution des espèces critiques et rares comme le lamantin africain.

Cette méthode est de plus en plus utilisée avec succès pour modéliser la distribution de diverses espèces. Le troisième axe traite de la structure spatiale des lamantins. Il montre l'arrangement spatial des lamantins présent dans leur milieu naturel. Cette notion en écologie est d'une

importance en biogéographie afin d'établir par la suite l'organisation des lamantins à une échelle précise et comment ils interagissent avec leur environnement dans un contexte spatial. L'intégration de la structure spatiale a pour but d'appréhender les actions des individus et leurs interactions intra et interspécifiques dans un environnement hétérogène se traduisant en une distribution de structures données. Malgré le fait que plusieurs processus écologiques différents puissent donner lieu à des structurations spatiales similaires, l'étude de ces structures permet, dans un certain nombre de cas, de mieux comprendre les processus qui en sont responsables. La description, l'analyse et la modélisation des structures spatiales peuvent servir de support à des systèmes d'aide à la décision.

CHAPITRE 2 : Le lamantin et sa distribution dans les paléo-environnements au Gabon

La distribution d'une espèce est le point de départ de sa sauvegarde et de la protection du milieu dans lequel il vit. Au Gabon, la distribution du lamantin africain est peu connue, bien que l'espèce soit présente sur l'ensemble du bassin sédimentaire côtier. Les facteurs environnementaux qui engendrent sa présence sont d'une connaissance lapidaire.

En ce qui précède, ce chapitre est entièrement dédié, d'une part, à l'analyse des données existantes et à une présentation des généralités de l'ordre des siréniens. Puis, d'autre part, à une synthèse de l'évolution de l'ordre des siréniens superposée à celle des changements des paléo-environnement lors de la glaciation du Würm. Ces changements sont d'abord analysés et caractérisés à l'échelle du pourtour de l'océan Atlantique. Le but est de dégager les tendances générales, c'est-à-dire appréhender les trajectoires de dispersion des lamantins. Ici, nous nous intéressons aux grands ensembles d'occupation des sites. Puis à une échelle plus réduite regroupant uniquement le littoral du Gabon.

Ce chapitre est composé de deux sections. La première a pour but de présenter le lamantin africain. La seconde section est consacrée à l'analyse de l'évolution de la dispersion du lamantin africain sur le littoral gabonais durant le Quaternaire. L'ensemble des éléments évoqués en introduction de ce chapitre sont présentés dans les sections qui suivent.

1.3. Description générale du lamantin

1.3.1. L'ordre des siréniens

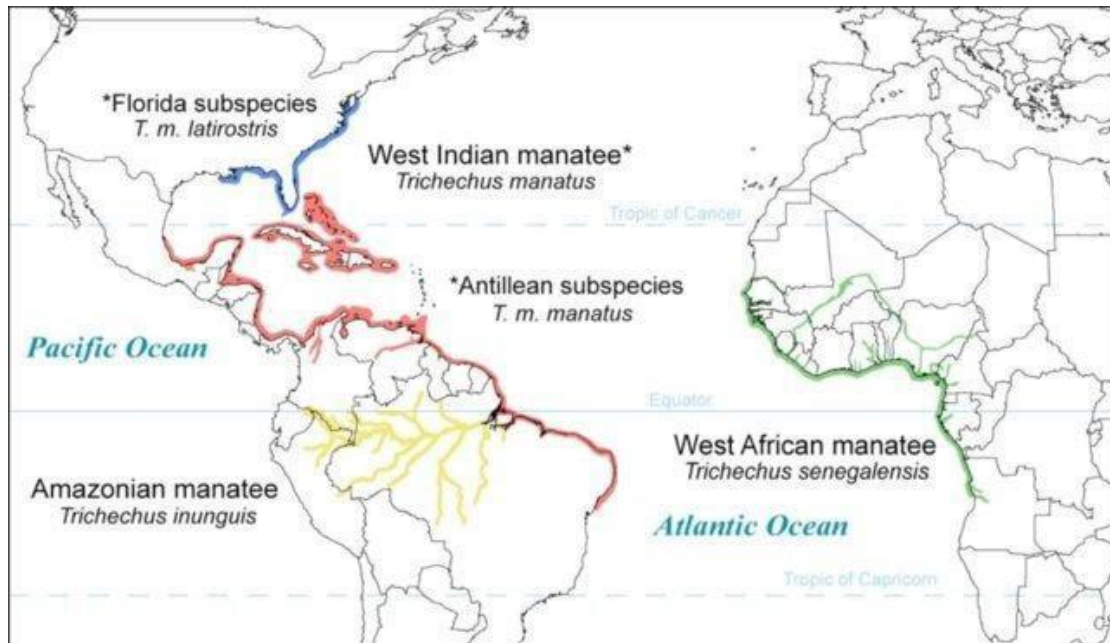
1.3.1.1. Les siréniens

Les Siréniens constituent l'un des uniques ordres de mammifères herbivores aquatiques contemporains. Les siréniens ne se rencontrent que dans les eaux tropicales et subtropicales d'Afrique, Amérique, Asie et Australie. Ils sont à l'origine du légendaire mythe de la sirène. Seul *Hydrodamalis gigas*, disparu de nos jours, vivait dans les eaux glaciales de l'arctique (Bertram, 1973).

En Afrique, ne vit qu'une seule espèce de lamantin : le *Trichechus senegalensis*. Quant à la région d'Amérique du Nord et centrale, on en compte une espèce le *Trichechus manatus*, qui se décline en : *Trichechus manatus manatus* pour la région de la Floride, et le *Trichechus*

manatus latirostris pour la région des Caraïbes et la façade Atlantique de l'Amérique du Sud. Par ailleurs, l'Amérique du Sud a la particularité d'avoir en Amazonie une sous-espèce le *Trichechus inunguis* (Figures 7 et 8, ci-après).

Figure 7: Répartition du lamantin par genre dans le monde



Source : Gonzalez-Socoloske et Olivera-Gomez (2012).

Figure 8: Différents lamantins dans le monde



Source : <https://www.savethemanatee.org/manatees/sirenians-of-the-world/>

L'Afrique est le seul continent à avoir les deux branches des Siréniens. Les lamantins à l'Ouest et les dugongs à l'Est.

1.3.1.2. Taxonomie

Les siréniens, donc les lamantins et les dugongs, sont plus étroitement liés biologiquement aux éléphants qu'aux autres mammifères marins tels que les baleines et les dauphins.

Ils appartiennent à un ancien groupe de mammifères africains connus sous le nom *Afrotheria*. Ce superordre comprend sept groupes d'animaux supposés avoir partagé un ancêtre commun il y a environ 100 millions d'années.

Les lamantins font partie du règne animal et de la division *Chordata*. Ils sont de la classe de mammifères marins de l'ordre de Sirénien, de la famille *Trichechidae* et du genre *Trichechus*. Le tableau 2, ci-après, résume la classification de l'animal.

Tableau 2: Classification du Lamantin

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Sous-embranchement	<i>Vertebra</i>
Classe	<i>Mammalia</i>
Sous-classe	<i>Placentalia</i>
Ordre	<i>Sirenia</i>
Famille	<i>Trichechidae</i>
Genre	<i>Trichechus</i>
Espèces	<i>Trichechus senegalensis</i> , <i>Trichechus manatus</i> (<i>Trichechus manatus manatus</i> , <i>Trichechus manatus latirostris</i>), <i>Trichechus inunguis</i>

Source : <http://www.sirenian.org/sirenians.html>

Cette ancienne radiation de mammifères africains, les *Afrotheria*, comprend des groupes avec peu de ressemblance superficielle les uns avec les autres : les éléphants, les lamantins, les hyrax, les sengis (ou musaraignes d'éléphants), les taupes et les tenrecs dorés. Mais leurs liens génétiques sont très forts.

1.3.2. Le lamantin africain

1.3.2.1. Description physique du Lamantin Africain (*Trichechus senegalensis*).

Le lamantin d’Afrique est moins lourd que ses congénères d’Amérique. Les adultes ont 2,5 m de longueur et pèsent moins de 500 kg. La queue aplatie horizontalement est en spatule, et les membres antérieurs sont comme des pagaies avec des clous sur la surface dorsale. (Photo 1, ci-après).

Photo 1: Lamantin africain sous l'eau (Gabon)



Source : Thomas Peschak, 2007 (National Geographic).

La peau est finement ridée partout et d’un gris-brun. Les poils fins et incolores sont peu distribués sur le corps. Les yeux sont petits et les cils sont absents. Les oreilles sont internes (Husar, 1978).

1.3.2.2. Répartition

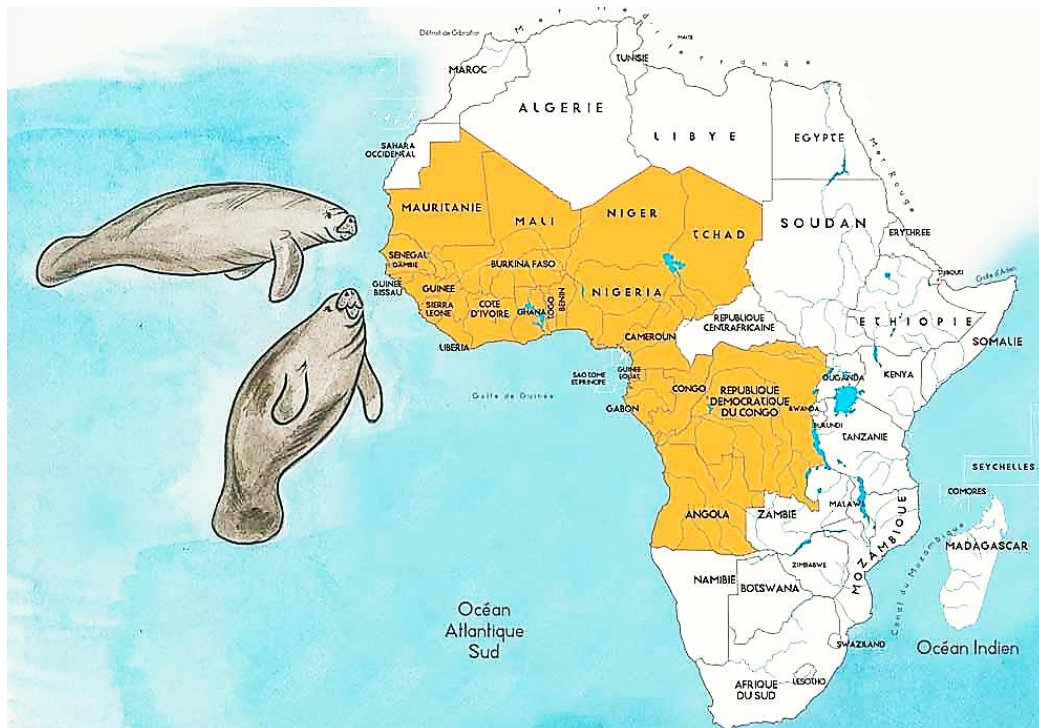
La répartition de l’espèce est limitée aux eaux côtières, aux rivières adjacentes et aux lacs de l’Afrique de l’Ouest et Centrale (Powell, 1996). Elle est présente dans une grande variété de zones humides. Son aire s’étend du fleuve Sénégal, à la frontière du Sénégal et de la Mauritanie, jusqu’au fleuve Longa en Angola, sa limite méridionale supposée. L’espèce vit dans les cours moyens et inférieurs des fleuves de cette côte atlantique.

De plus, sa présence se signale également dans des plaines adjacentes inondées à certaines saisons, des forêts inondables, des lacs et eaux côtières, ainsi qu’autour de quelques archipels et îles peu éloignées. Cependant, le lamantin d’Afrique n’a pas atteint les États insulaires du large tels que le Cap Vert, bien que l’espèce soit relativement nombreuse dans les îles et îlots

des Bissagos ou Bijagos, un archipel de la Guinée-Bissau situé dans l'Océan Atlantique, en face de la capitale Bissau et à l'embouchure du Rio Geba.

L'espèce pourrait avoir disparu de certaines parties de son aire de répartition originale. Certaines populations sont géographiquement isolées. D'autres sont localisées à des distances considérables en amont de plusieurs fleuves, dont le Niger, la Bénoué, l'Oubangui et le Chari. Des observations faites ont été signalées jusqu'à 2 000 km à l'intérieur des terres sur le fleuve Niger (Figure 9, ci-après).

Figure 9: Zone de répartition du lamantin en Afrique de l'Ouest et du Centre



Source : Wetland International, 2008.

Ses habitats côtiers préférés sont les estuaires, les lagunes et les deltas. Mais, à l'intérieur des terres, l'espèce préfère les zones humides extensives avec des lacs et des plaines inondables. Le lamantin d'Afrique vit dans des zones côtières, les fleuves, les lacs, les forêts inondées qui se connectent avec des rivières.

Au Gabon, le lamantin est présent dans les régions littorales et dans le cours moyen du fleuve Ogooué, depuis Lambaréné à ses deltas intérieur et marin. Sa distribution s'opère de la baie de la Mondah au nord jusqu'à la lagune Banio au sud du pays, vers la frontière avec la République du Congo.

Dans cette région du delta intérieur de l'Ogooué et aussi des grands lacs du pays, leurs contours extrêmement découpés et en partie encombrés d'innombrables îlots sont des lieux de prédilection des lamantins.

2.1.2.3. Population

Il n'y a pas d'estimation globale de la population de lamantin d'Afrique disponible (Powell, 1996). Il est admis que plusieurs populations locales ont disparu. Cependant, des cas de présence anecdotique continuent d'être mentionnés dans l'aire de répartition.

Au Bénin, selon le Répertoire des Indicateurs Environnementaux de Développement durable et de Compendium Statistique du Bénin (1999), la population de lamantin dans les eaux béninoises était d'environ 125 individus. Cependant, il n'y pas de données permettant de déterminer avec exactitude l'évolution de cette population dans le pays.

Au Cameroun, les travaux de Grigione (1996) indiquent que l'espèce est encore abondante dans le pays, sans toutefois préciser la taille de la population ni les tendances actuelles.

En Côte d'Ivoire, selon la turbidité de l'eau et la couverture végétale sur les berges des rivières et fleuves rendent difficile toute estimation des populations de lamantin. Aucune donnée fiable de l'évolution de ces populations n'est pour le moment disponible.

Au Gabon, vue l'importance des étendues d'eau douce, l'existence des populations de lamantin est assez représentative ; avec une particularité pour les lagunes du Sud, notamment Ndougou, Iguéla et Banio. Il pourrait y avoir une des densités les plus élevées de lamantins restant en Afrique, selon Powell (1996). Des mentions d'observation opportunes sont fréquentes.

1.3.2.3. Habitat

L'espèce occupe les zones côtières, les lagunes, les deltas et les estuaires ; de même que les grands fleuves allant de l'eau saumâtre à l'eau douce, les lacs d'eau douce et les parties supérieures des fleuves en amont (Powell, 1996).

Les principaux fleuves africains, où se trouve l'espèce, sont répertoriés dans le Tableau 3, ci-après.

Tableau 3: Cours d'eau et lamantin en Afrique de l'Ouest et du Centre

Pays (du Nord au Sud)	Cours d'eau
Sénégal	Sénégal, Saloum, Gambie, Casamance.
Guinée Bissau	Cacheu, Rio Mansoa, Rio Geba, Rio Grande de Bulba, Rio Tombali, Rio Cacine.
Guinée	Kogon Kondoure.
Sierra Leone	Sherbro Sierra Leone Grandes Scarcies, Petites Scarcies, Malem, Waanje Sewa, Missunado.
Libéria	Cavally.
Côte D'ivoire	Saint Paul, Morro, Saint John, Bandama, Niouniourou, Sassandra, Bandama Comoé.
Ghana	Bia Tano, Volta.
Togo	Mono, Ouémé.
Bénin	Mekrou, Bénoué, Niger.
Nigéria	Cross Pie, Katsena Ala Deb, Okigbo Issa, Bani.
Cameroun	Akwayafe, Rio del Rey, Ngosso, Andoka, Mene, Munaya, Wouri, Sanaga Faro.
Tchad	Bahr-Kieta Chari Bamingui, Logone Mitémélé.
Gabon	Estuaire du Komo, Ogooué et Lacs, Lagune Nkomi, Lagune Iguéla, Lagune Ndougou, Lagune Banio.
Congo	Lovanzi, Kouilou, Congo.
Angola	Loge, Dande, Bengo, Cuanza.

Source : CMS (2009).

Les lamantins sont également présents dans les lacs de ces systèmes fluviaux. Les conditions fondamentales sont la présence d'eaux abritées, avec accès à la nourriture et à l'eau douce. Les habitats côtiers, qui présentent les conditions optimales, sont :

- les lagunes ayant une croissance abondante de mangroves ou de zones herbacées ;
- les estuaires des grands fleuves, avec des mangroves abondantes à *Rhizophora racemosa* en aval et tapissés d'herbes, notamment *Vocicia* et *Echinochloa*, en amont ;
- les eaux côtières protégées peu profondes (moins de trois mètres de profondeur) bordées de mangroves ou de macrophytes marins, notamment *Cymodocea* (Powell, 1996).

Lorsque le niveau des fleuves fluctue au gré des saisons, les zones préférées sont celles qui donnent accès à des mares profondes, ou qui relient les lacs, pour fournir un refuge pendant la saison sèche.

1.3.2.4. Mouvements migratoires

Le lamantin est un animal qui effectue des mouvements migratoires saisonniers. Ces mouvements saisonniers sont des réponses à des changements de niveau des eaux, comme dans certaines régions en Afrique de l'Ouest. De plus, la disponibilité de la nourriture est un facteur

majeur dans cette phase. Par ailleurs, les migrations peuvent aussi avoir lieu pour répondre au changement abiotique du milieu dû à la salinité ou la température.

Ce mammifère aquatique est capable de se déplacer sur des centaines de kilomètres. Sa vitesse de croisière est estimée à 9 km/h ; mais, face au danger, elle peut atteindre les 25 km/h (Husar, 1978).

Des migrations de courte distance, n'excédant pas les 20 km, ont été signalées. Des déplacements saisonniers ont été observés entre le Mali et le Niger et entre le Niger et le Nigeria, dans le fleuve Niger ; entre le Sénégal et la Gambie, dans la partie supérieure du fleuve Gambie ; dans le fleuve Sénégal, entre le Sénégal et le Mali ; et entre les zones humides saisonnières de la Mauritanie et du Sénégal. Mais, aussi, ont été enregistrés des déplacements de lamantins entre les eaux de Côte d'Ivoire, du Ghana et du Liberia (Akoi, 2000). Dans leurs déplacements, des lamantins peuvent franchir des frontières administratives d'autres régions, et peuvent ainsi se déplacer par la côte d'un pays à l'autre.

1.3.2.5. Alimentation

Les lamantins broutent sur les fonds marins ou aquatiques comme les *Bovidae*, d'où l'appellation « vaches marines ». Le lamantin peut consommer par jour des végétaux représentant 10% de son poids (Bonde, Aguirre et Powell ; 2004).

Le régime alimentaire des lamantins est composé de végétaux riches en silice, favorisant l'abrasion constante et permanente des dents qui sont de type homodonte. Le lamantin se nourrit de divers végétaux parmi lesquels :

- des végétaux aquatiques : les palétuviers (*Rhizophora sp.*), la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) et les nénuphars (*Nymphaea sp.*) ;
- des végétaux terrestres : *Paspalum vaginatum* et *Echinochloa sp.*

En Afrique, les chercheurs ont déjà identifié 32 espèces végétales consommées par le *T. senegalensis*. Par ailleurs, ce régime alimentaire se modifie selon la disponibilité des ressources. Par exemple, à Korup au Cameroun, les riverains ont modifié les abords du cours d'eau pour y pratiquer l'agriculture tout en coupant les herbiers présents. Ainsi, les lamantins consomment du poisson. Ce phénomène engendre des conflits avec les pêcheurs, car les lamantins mangent leurs prises dans les filets (Koh Dimbot, 2015) (Photo 2, ci-après).

Photo 2: Restes de poisson consommé par un lamantin au Cameroun



Source : Koh Dimbot, 2015.

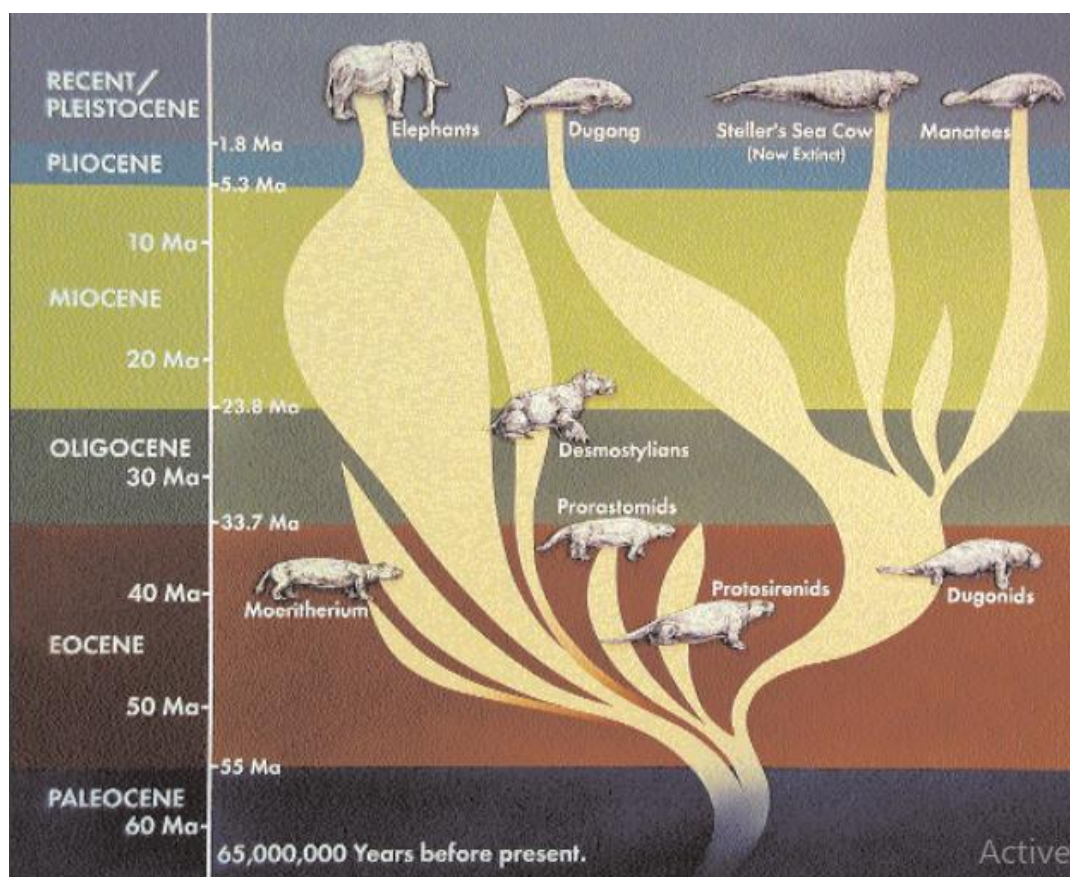
Par contre, il a déjà été rapporté que les lamantins consommaient des mollusques, comme c'est le cas au Sénégal (Ndour, 2010).

1.4. Évolution de la distribution du lamantin dans les paléoenvironnements au Gabon

1.4.1. Historique de distribution du lamantin dans le monde

Comme pour les cétacés, l'évolution des Siréniens (ordre Sirenia) a commencé au début de l'Éocène (56-48 Ma ; Figure 10, ci-après). Les siréniens appartiennent au clade *Paenungulata*, qui comprend trois ordres de mammifères existants : Hyracoidea (*hyrax*), Proboscidea (y compris les éléphants) et Sirenia (dugongs et lamantins). Il comprend actuellement l'ordre éteint des Desmosty (grands aquadrupèdes) qui, avec les Proboscidea et les Sirenia, sont regroupés dans le clade Afrotherien de Tethytheria, un groupe nommé d'après l'océan Téthys autour duquel ils ont originellement évolué.

Figure 10: La phylogénie des siréniens.



Source : Domning D. P., 1994.

Cependant, une nouvelle analyse cladistique suggère que les Desmostylia, dont les fossiles ont toujours été limités à la ceinture du Pacifique et jamais trouvés en Afro-Arabie, pourraient être plus étroitement liés aux Perissodactyla dans le clade Laurasiatheria plutôt que Paenungulata (Cooper et *al.*, 2014). Une analyse cladistique plus poussée des données morphologiques et stratigraphiques sera nécessaire pour établir leur relation phylogénétique.

Les ossements fossiles (crâne, mandibule et atlas d'un adulte) de l'holotype *Proratomus sirenoides* ont une histoire intéressante. Car, ils ont été décrits en 1855 par Sir Richard Owen et ensuite déposés au British Museum of Natural History, recevant peu d'attention jusqu'à une nouvelle analyse à partir de 1977 (Savage, 1977).

Savage *et al.* (1994) mirent en évidence le *Proratomus sirenoide* enregistré au début de l'Eocène (Figure 11, ci-après). Son holotype sert de référence pour réécrire la classification. Bien que *Proratomus* semblait avoir des certaines formes qui s'excluent de l'ascendance directe des autres siréniens, c'était l'une des meilleures approximations disponibles d'un ancêtre structurel des Siréniens. Par conséquent, *Proratomus* était l'un des plus appropriés en tant que

représentant de l'ordre dans l'analyse des relations des siréniens avec d'autres mammifères. Il était probablement un quadrupède amphibie, mais principalement aquatique, qui habitait les rivières et les baies côtières. Il s'agissait peut-être d'un navigateur sélectif sur les plantes aquatiques flottantes et émergentes et, dans une moindre mesure, sur les herbiers marins.

Figure 11: Prorastomus sirenoide



Source : Nobu Tamura, 2008.

Les restes squelettiques presque complets d'un autre Proratomidae (*Pezosirenportelli*) de la Jamaïque ont été décrits en 2001 (Domning, 2001). Les fossiles ont été trouvés dans des sédiments lagunaires estuariens ou deltaïques, ce qui suggère un mode de vie semi-aquatique. La morphologie de ce quadrupède de taille porcine (environ 2,1 m de long), avec un tronc en forme de tonneau et des pattes courtes, est considérée comme une transition entre la locomotion terrestre et aquatique. Il possédait certaines caractéristiques squelettiques (par exemple, les os des membres) ressemblant à des *Condylarthes* herbivores du Paléocène comme *Ectonus* ; mais son crâne, ses dents et ses côtes (pachyostotiques et ostéosclérotiques) étaient typiques de Sirénien. Les côtes lourdes fournissaient du lest pour un mode de vie semi-aquatique similaire à celui des Hippopotamidae modernes. Ils nageaient très probablement à l'aide d'un rembourrage quadrupède ou pelvien, et marchaient au fond des lagunes peu profondes (Figure 12, ci-après).

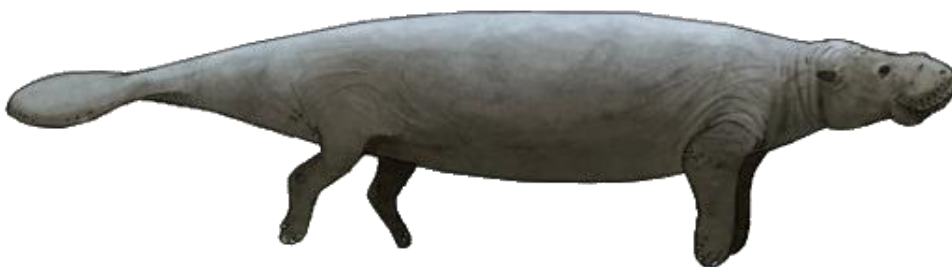
Figure 12: Proratomidae (Pezosirenportelli)



Source : Self-Sullivan Caryn, 2010.

Les Protosirenidae étaient une autre famille de Sirenia souches de l'Éocène moyen, qui étaient intercontinentales à travers l'Amérique du Nord, l'Europe, l'Afrique du Nord et l'Indo-Pakistan. Le crâne fossile de *Protosirenfrassi* d'Égypte, décrit pour la première fois par Andrews (1906), date de l'Éocène moyen précoce (46 Ma) (Gingerich et *al.*, 1994). Un squelette fossile plus complet de *Protosirensmithae* d'Égypte date de l'Éocène moyen (41-38 Ma), et pourrait être un ancêtre direct du premier (Domning et Gingerich, 1994). Bien que les Protosirenidae soient encore amphibies, d'après leurs membres courts mais bien développés, on ne sait pas s'ils pouvaient soulever leur corps du sol (Figure 13, ci-après). Par conséquent, leur mode de locomotion sur terre est indéterminé, mais ils nageaient probablement comme *Perzosiren*. Les changements morphologiques du crâne associés à l'alimentation sont également apparents. Alors que *Prorastomus* et *Perzosiren* avaient un rostre presque droit, les Protosirenidae ont développé une déflexion prémaxillaire indiquant qu'ils se nourrissaient sur le fond des lagunes et des estuaires.

Figure 13: Protosirenidae



Source : Inconnue.

En outre, à la fin de l'Eocène, la mer nummulitique de la Téthys centrale inonde la région des Alpes de Haute-Provence (France). En 2001, Claire Sagne démontre que le gisement Priabonien de Taulanne, qui constituait un milieu de vie calme et peu profond à proximité du littoral, a livré des restes abondants et variés d'un nouveau dugongidé : le *Halitherium taulannense* (Figure 14, ci-après). Il a été confronté aux variabilités individuelles et ontogénétiques des siréniens actuels (lamantins et dugongs). Replacé dans son contexte systématique, le *Halitherium taulannense* conforte l'hypothèse de Savage (1977) selon laquelle les lamantins modernes émergent de siréniens éocènes, les Protosirénidés. Ainsi, la dichotomie 'lamantins-dugongs' est estimée plus ancienne que ce que l'on pensait jusqu'à présent (analyse cladistique de Domning, 1994) ; et les deux familles monophylétiques Dugongidae et Trichechidae sont redéfinies.

Figure 14: Halitherium taulannense



Source : Nobu Tamura, 2007.

Bien que plus divergents et moins adaptés au milieu aquatique que les Dugongidae contemporains représentant un stade plus avancé de l'évolution des siréniens, les Protosirenidae illustrent la transition morphologique d'une locomotion amphibie à une locomotion plus aquatique.

Le Sirenien le plus ancien reste incertain, compte tenu de ce paradoxe entre la phylogénie et les archives fossiles. Cela relance le débat sur la documentation de la première histoire évolutive des siréniens. Une possibilité est la vache de mer Chambi (famille indéterminée) de Tunisie, qui date de l'Éocène précoce (50 Ma) (Benoit et *al.*, 2013).

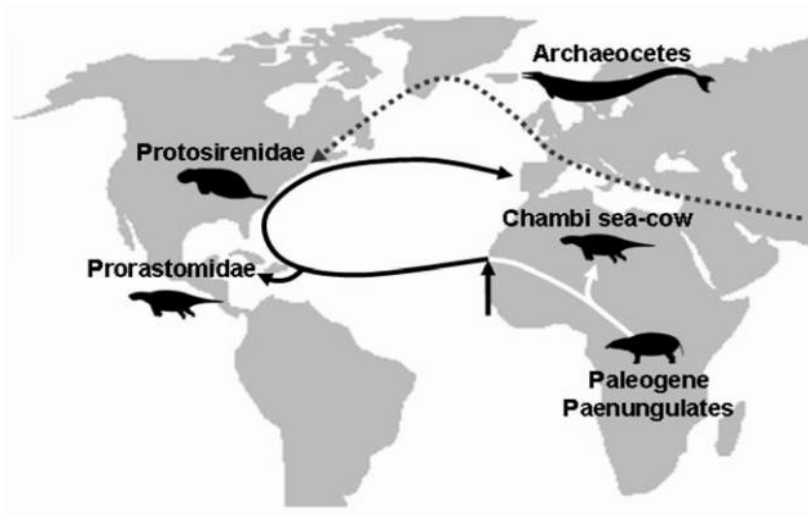
Ces auteurs attestent que les *Prorastomus* et *Pezosiren* proviennent de l'Éocène de la Jamaïque ; tandis que les souches *Hyracoidea* et *Proboscidea* (les groupes sœurs des Siréniens) sont

enregistrées en Afrique dès le Paléocène supérieur. L'étude d'un pétéreux sirénien nouvellement découvert de l'Éocène de Tunisie, avec la méthode de microtomographie à rayons X, dévoile la plus ancienne occurrence de siréniens en Afrique. La morphologie de ce pétéreux est plus primitive que celle des Prorastomides jamaïcains, ce qui souligne la position basale de ce nouveau taxon africain au sein du clade Sirénien. Cette découverte témoigne de la grande antiquité de Sirénien en Afrique, et conforte donc leur origine africaine.

La découverte a été faite dans un lit de calcaire lacustre, ce qui suggère un environnement d'eau douce ou euryhalin. Toutefois, la découverte une année auparavant en 2012 du premier Prorastomide sirénien du Sénégal par Hautier (2012) appuie considérablement l'origine ancienne des siréniens en Afrique. En effet, la « vertèbre sénégalaise » représente le premier enregistrement convaincant du Prorastomidae dans l'Ancien Monde ; car, la vertèbre caudale d'Israël décrite par Goodwin et *al.* (1998) n'est même pas certainement sirénienn. Cette découverte soutient la déduction que les Siréniens, comme leurs plus proches parents, sont originaires de l'Ancien Monde (Gheerbrant et *al.*, 2005) et constitue une donnée importante pour les discussions sur leur dispersion initiale.

La preuve de la présence de siréniens prorastomidae dans les dépôts éocènes de l'Afrique de l'Ouest montre que ce groupe a habité la Téthys. Leur dispersion entre l'Afrique et le Nouveau Monde a très probablement eu lieu le long de l'axe continu et chaud du climat nord-américain (figure 15, ci-après) comme ce fut aussi le cas de l'ordre des cétacés (McKenna, 1975, 1980 ; Krause et Maas, 1990 ; Beard et Dawson, 1999).

Figure 15: Hypothétiques routes de dispersion des Siréniens



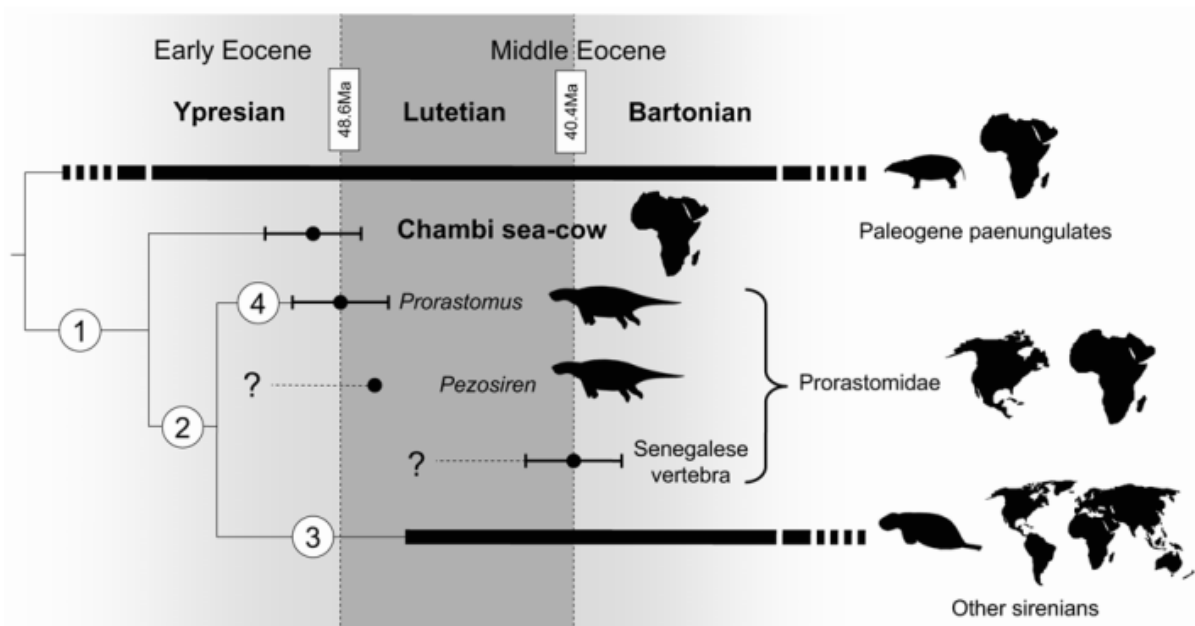
Source : Benoit et *al.*, 2013.

Cette route en eaux peu profondes aurait évité à ces amphibiens marins de devoir traverser des eaux larges ou profondes. Cependant, l'absence totale de Prorastomidés dans le riche registre fossile éocène d'Europe a été une surprise. Beatty et Geisler (2010) tendent à contredire cette hypothèse. Ce groupe aurait également pu migrer à travers Atlantique à l'aide de paléo-courants favorables orientés vers l'ouest et de paléo-vents provenant d'Afrique. Tandis que Uhen (1999) a proposé que les Protocetides aient traversé l'océan Atlantique de l'Afrique occidentale à l'Amérique du Sud.

La distribution intertropicale restreinte des siréniens fossiles et des cétacés fossiles plaide en faveur d'une traversée transatlantique, même si leurs capacités de nage restent incertaines. De plus, les archives fossiles de plusieurs groupes de vertébrés terrestres, par exemple les primates Platyrrhines et les oiseaux Phororhacoïdes, est cohérent avec une dispersion transatlantique de vertébrés terrestres entre l'Afrique et l'Amérique du Sud au cours de l'Éocène (Antoine et *al.*, 2012 ; Mourer-Chauvire et *al.*, 2011).

Cette découverte relance les recherches paléontologiques dans cette partie de l'Afrique. La poursuite de l'exploration des horizons au Sénégal a le potentiel d'améliorer considérablement notre connaissance de la diversification et de la radiation globale subséquente des mammifères, en particulier les afrothériens (Figure 16, ci-après). Elle fournira également des données essentielles pour examiner les connexions potentielles entre le Nouveau Monde, ainsi que le rôle joué par la dérive des continents dans leur évolution.

Figure 16: Résultat simplifié de l'analyse cladistique des Siréniens.



Source : Benoit et *al.*, 2013.

En outre, au maximum glaciaire würmien de 18.000 ans B.P., pendant les variations climatiques de l'ère Quaternaire, les zones à exutoires de l'Ogooué recevant l'apport en eau bien que faible, était entièrement favorable au maintien d'une population viable de lamantin. Il est invraisemblablement que ce fut le point de départ d'une nouvelle colonisation des côtes gabonaises, suite à la formation structurelle actuelle des paysages lagunaires du littoral pendant le Kibangien à 6000 ans B.P.

1.4.2. Les zones refuges de faune au Gabon

Les fluctuations climatiques et environnementales durant le Quaternaire ont conduit à des modifications dans la distribution de la faune et pu favoriser des événements de spéciation. La connaissance des phénomènes paléo-écologiques est donc nécessaire à l'interprétation des schémas biogéographiques.

La théorie des refuges écologiques tient une place prépondérante pour démontrer l'évolution passée de la distribution du lamantin dans le bassin du Congo.

De plus en plus d'études tendent à montrer l'impact de la fragmentation forestière sur la diversité animale (Quinn et Harrison, 1988 ; Cornelius et *al.*, 2000 ; Goodman et Rakotondravony, 2000). La faune des îlots forestiers est souvent une réplique appauvrie de celle qui occupe le bloc forestier principal le plus proche. Et le nombre d'espèces, qui survivent dans des îlots forestiers, décroît progressivement avec la taille des îlots. Le nombre d'espèces est fonction de la surface du lambeau forestier, et de la présence ou non d'espèces occupant les écosystèmes avoisinants. Les espèces, ne se maintenant pas, semblent être celles qui sont de plus grande taille, plus spécialisées et moins aptes à la dispersion.

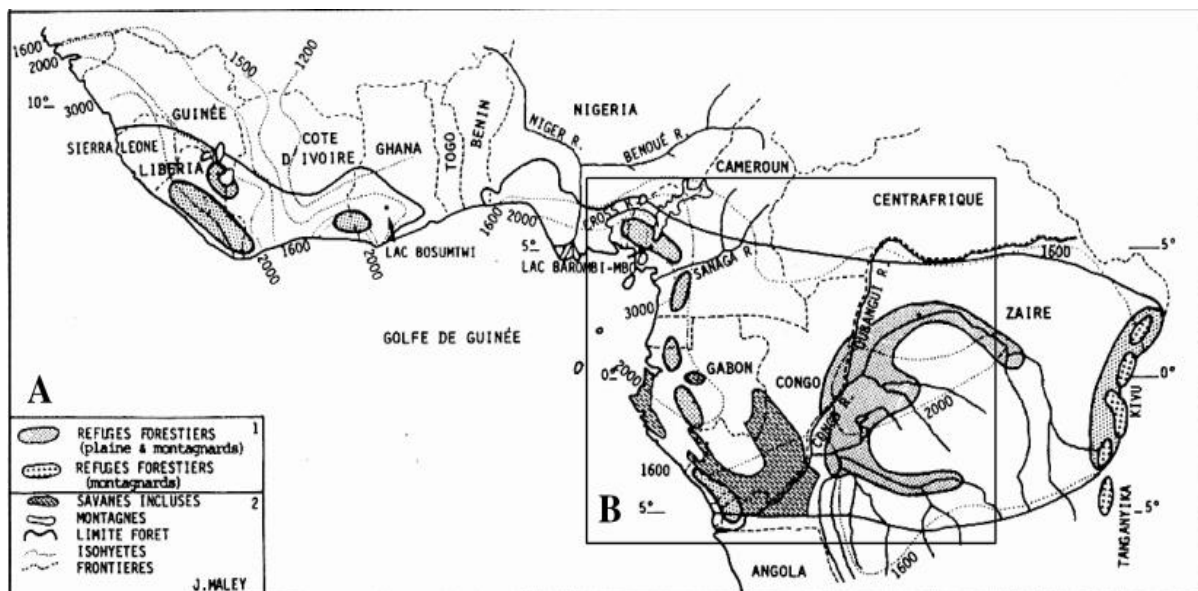
Dans un habitat fragmenté par les mouvements de transgression et de régression marine, la survie d'une espèce aquatique dépend de sa capacité à recoloniser les sites où elle a disparu, à partir des populations environnantes.

En Afrique tropicale, le climat a dû être globalement assez sec jusqu'à l'Eocène, puis plutôt humide jusqu'à la fin du Pliocène, et à nouveau sec à partir du Pléistocène. La sécheresse et l'amplitude des variations climatiques semblent avoir été plus marquées au cours des derniers 800.000 ans (Maley, 1996) et encore plus durant les derniers 250.000 ans (Dupont et Agwu, 1992).

Au cours des derniers millénaires, le couvert forestier a connu des variations extrêmes, allant d'un tissu extrêmement fragmenté il y a 18.000 ans à un tissu continu il y a 8.000 ans. L'extension actuelle de la forêt est proche de son maximum.

La localisation des refuges (figure 17, ci-après) est adaptée de Mayr et O'Hara (1986) pour la Haute-Guinée et l'Afrique de l'Est, de Colyn (1987, 1991) pour le bassin du Congo, Van Rompaey (1993, 1994) pour le Liberia et la Côte d'Ivoire, et Sosef (1994) pour le Gabon et le Congo. Les conditions actuelles (limite de la forêt, savanes incluses et isohyètes) sont adaptées de White (1983).

Figure 17: Refuges forestiers envisagés lors du dernier maximum glaciaire (18.000 ans B.P.)



Source : Maley (1990), p. 243 [Figure 10 : Schéma des refuges de Forêts Denses Humides planétaires (Rain Forest) durant la dernière grande phase aride (ca. 20.000 et 15.000 ans BP) (Maley, 1987). Les conditions actuelles (limites de la forêt, savanes incluses et isohyètes principaux) sont adaptées de White (1983, fig. 5).] in : Lanfranchi R. et Schwartz D. (éds.), 1990 "Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique", ORSTOM, coll. DIDACTIQUES ; 543 p.

Les variations climatiques du quaternaire dans la région paléotropicale d'Afrique centrale se présentent de la façon suivante (Peyrot, 1991) :

- 40.000 à 30.0000 ans B.P. (Njilien) : phase relativement humide, transgression forestière ;
- 30.000 à 12.0000 ans B.P. (Léopoldvillien) : phase relativement aride et froide (surtout entre 20.000 et 15.000 ans B.P.), abaissement de la température de 6 à 9°C ; expansion de la savane, abaissement de la limite de la végétation montagnarde, avec une extension forestière minimale il y a environ 18.000 ans;

- 12.000 à 0 ans B.P. (Kibangien) : période relativement chaude et humide, qui peut être subdivisée en trois phases (12.000 à 7.000 ans B.P.; 7.000 à 3.500 ans B.P. et 3.500 ans B.P. à l'Actuel), avec une extension maximale de la forêt vers 7 à 8.000 ans B.P.

Le tableau 4, ci-après, présente les différentes manifestations des variations climatiques durant la succession des phases sèches et humides.

Tableau 4: Manifestation des variations climatiques.

	Phase sèche	Phase humide
Manifestation des variations climatiques	Diminution des précipitations moyennes, et par conséquent réduction du débit et de la force des cours d'eau.	Augmentation des précipitations, favorisant ainsi une augmentation du débit et de la force des cours d'eau.
	Baisse de la température moyenne.	Augmentation des températures moyennes.
	Accélération du dépôt des alluvions et développement des marais et des zones marécageuses.	Relative importance de l'érosion alluviale.
	Diminution de la vitesse de décomposition des roches et donc de la formation des sols.	Lente évolution des reliefs par érosion chimique, notamment par altération des roches.
	Évolution mécanique des reliefs, par érosion et accumulation.	Développement des forêts aux dépens de la végétation ouverte de type savane.
	Extension de la végétation de type savane au détriment de la végétation forestière.	

Source : Peyrot, 1991.

En 18.000 BP, les herbiers marins avaient déjà migré dans la zone intertropicale. Comme l'avait souligné Doming (2001) dans ses travaux, la distribution des siréniens suit celle des herbiers marins. En nous basant sur les zones refuges envisagées pour le dernier maximum glaciaire établi par Maley (1990), au Gabon ces zones épousent les Monts de Cristal et le Massif du Chaillu. Cependant, au vu des élévations et des escarpements, il serait fort peu probable que des siréniens aient pu s'y trouver. Cela rejoint l'approche contestable en rapport avec la définition de *Hot-spot* (selon les Anglo-saxons, point chaud) de la biodiversité, c'est-à-dire un espace de biodiversité maximale. Myers définit 25 hot-spots mondiaux, privilégiant deux grands types de milieux : les milieux insulaires et les reliefs.

Par contre, les refuges savaniques sur la frange littorale allant du Sud de l'estuaire du Komo à la zone actuelle de la lagune D'iguéla (Cf. Figure 17) sont des endroits propices à une présence

de faune aquatique telle que les lamantins, malgré les conditions climatiques sèches avec un abaissement de la température de 6 à 9°C. Le contexte est celui de la période sèche du maximum du froid würmien à 18 000 ans B.P. D'autant plus que, pendant cette période du Léopoldvillien (30.000 à 12.0000 ans B.P.), la sédimentation par apports terrigènes continentaux est importante et indique la présence de l'eau douce bien que faible à ces endroits. En effet, comme le soulignent Séranne (1999) et Séranne et Anka (2005), il y a eu deux phases importantes de sédimentation sur la côte. Selon ces auteurs précités, la première phase de sédimentation, extrêmement réduite sur la marge, s'explique par une érosion continentale négligeable associée à des dépôts sédimentaires. La deuxième phase marque une inversion des conditions d'érosion/dépôt, avec une érosion continentale beaucoup plus marquée et des dépôts de sédiments se faisant sur la marge et le talus continental et le début de la plaine abyssale Atlantique.

Ainsi, pendant la période sèche comprise entre 30.000 et 12.000 ans B.P., les zones savanicoles ont été des zones importantes de maintien d'une population viable de lamantin. Ces zones marquent ainsi un point important de la dispersion de l'espèce et son occupation du bassin sédimentaire côtier gabonais, lors de la période chaude et humide du Kibangien (12.000 ans B.P. à l'Actuel). La mise en place des paysages lagunaires en 6.000 ans B.P. (Peyrot 1991) a dû être capitale pour la colonisation de l'espèce. Maintenant, il sera adéquat d'aborder les éléments ayant pu constituer un frein ou un obstacle à la dispersion du lamantin au Gabon.

1.4.3. Les barrières physiques de la distribution du lamantin au Gabon

Les barrières limitant la répartition des espèces apparaissent ou disparaissent au gré des événements géologiques et climatiques. De ce fait, les espèces ne sont pas assignées à résidence (Lévêque, 2008). Les espèces se déplacent naturellement pour occuper de nouveaux habitats, qui leurs deviennent écologiquement favorables, ou pour trouver de nouvelles ressources trophiques ; ou encore parce que de manière tout à fait conjoncturelle, elles ont l'opportunité de le faire.

Les mouvements des organismes se déroulent normalement sur un large front. Mais, dans la réalité, le pouvoir de dispersion d'une espèce dépend en fait étroitement de la perméabilité des milieux à traverser. Certains obstacles sont réputés infranchissables et constituent donc des barrières. Dans le cas des lamantins au Gabon, la principale barrière est le relief. En effet, le

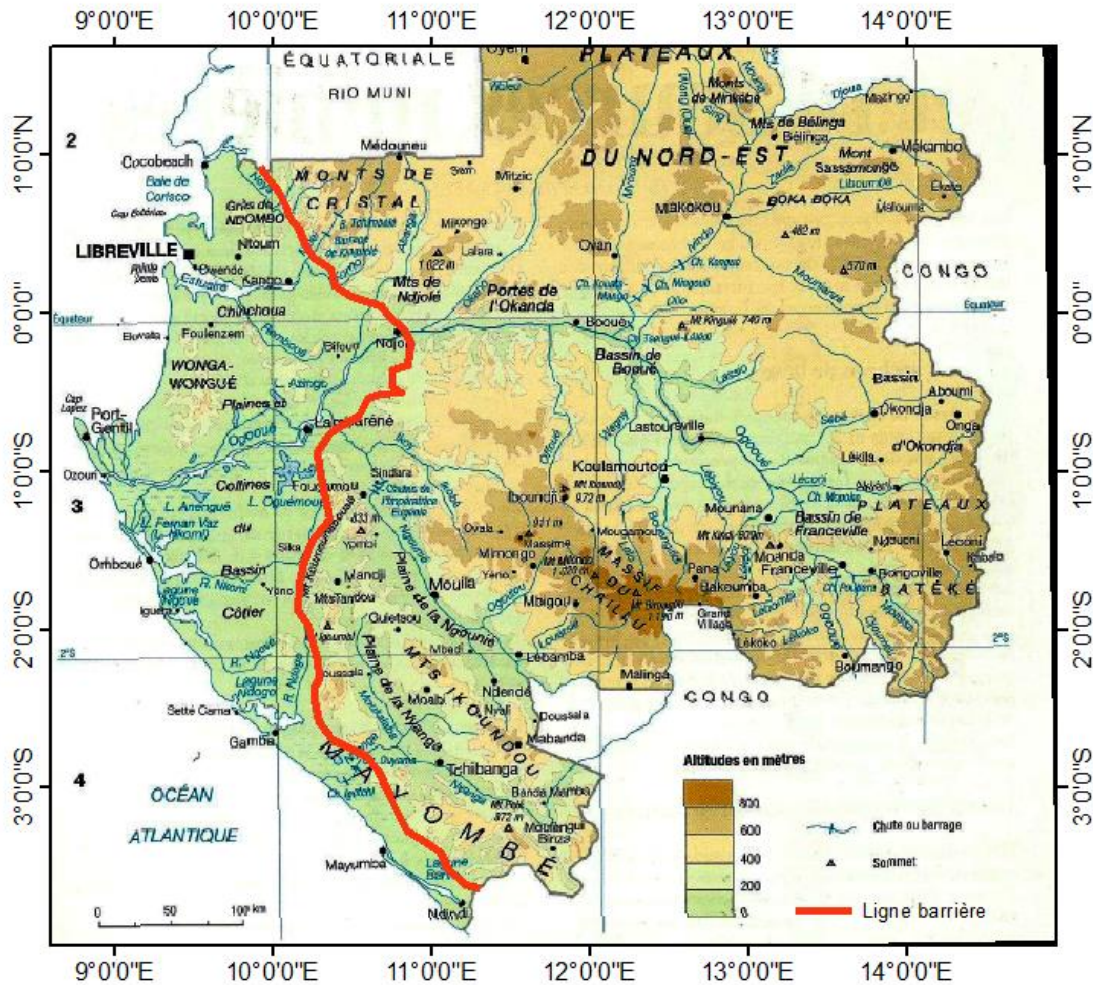
relief du Gabon est composé de trois grandes unités géomorphologiques : les basses terres côtières, les massifs montagneux et les plateaux.

Au Gabon, les massifs montagneux (les Monts de Cristal, les Monts de Ndjolé, le Massif du Koumouna-Bouali et le chaînon du Mayombe) de 800 à 1000 m de moyenne altitude constituent des conditions naturelles de barrières physiques à la dispersion du lamantin. Ils sont localisés en arrière des basses terres côtières. Ces dernières avaient été perturbées tectoniquement par le horst de Lambaréné-Chinchoua, une émergence du socle cristallin et cristallophyllien au cœur du bassin sédimentaire péricratonique.

Ce bassin sédimentaire côtier du Gabon est bordé par des escarpements brutaux orientaux formés de roches cristallines ou cristallophylliennes. Les Monts de Cristal, relief très accusé à roches granito-gneissiques très dures au Nord, et leur prolongement Sud les Monts de Ndjolé, surplombent de plusieurs centaines de mètres le bassin sédimentaire. A roches métamorphiques plus tendres, les Monts de Ndjolé ont des reliefs moins abrupts et constituent un massif beaucoup plus étendu que les Monts de Cristal.

Le Mayombe constitue une vaste chaîne s'étirant sud-est/nord-ouest de l'Angola jusqu'à sa retombée septentrionale au Mont Koumouna-Bouali (aux environs Sud de Lambaréné) au Gabon. Le Mayombe est formé de trois séries sédimentaires précambriennes relativement fortement métamorphisées, plissées, chevauchées, charriées, dans le cadre de plusieurs orogènes. Au Gabon, sa majeure partie est constituée de roches cristallines. Certains sommets atteignent une altitude élevée, de 700 à plus de 800 m. Le petit massif du Koumouna-Bouali (833 m) domine par exemple l'extrémité septentrionale de la plaine de la Ngounié de 750 m. Mais, dans l'ensemble, les lignes de crêtes sont établies entre 350 et 450 m (Figure 18, ci-après).

Figure 18: Barrières physiques à la dispersion du lamantin au Gabon



Source : Atlas du Gabon, 2004 (Jeune Afrique-Jaguar), modifié.

Ces reliefs (monts ou vieux massifs montagneux et les plateaux de l'arrière-pays), bien que de moyenne altitude, ne permettent pas à l'espèce de les gravir. Les lamantins ne sont pas adaptés physiquement à se déplacer au milieu de ce type d'environnement physique ou de topographie haute malgré que les dénivellations sont aussi épousées par les cours d'eau, axes de dispersion vers l'intérieur. Ainsi, les massifs aux reliefs vigoureux, qui se dressent entre la région côtière et celles des plateaux, sont une barrière physique à la dispersion du lamantin à l'arrière-pays.

2.2. Menaces

2.2.2. Menaces indirectes

Les zones côtières humides de l'ensemble des pays du Golfe de Guinée sont envahies par une population humaine en pleine explosion démographique et expansion spatiale. Par exemple, les

zones humides côtières du Gabon concentrent 70% de la population nationale- (RGPH, 2013). L'augmentation de la population et de ses implantations entraîne un accroissement des effluents, qui se concentrent dans les cours d'eau et dans les estuaires. Les proximités des zones urbaines et des installations pétrolières de Libreville, Port Gentil et Gamba, sur le littoral et ses aires protégées, génèrent des flux de polluants et de contaminants dans le milieu marin, source de risques pour les écosystèmes. Dans une large mesure, les effets de cette pollution sont inconnus sur la santé et l'habitat des lamantins ; mais, il est incontestable qu'ils soient nuisibles.

1.4.4. Menaces directes envers les populations de lamantins

La chasse non réglementée, et vraisemblablement excessive, doit être considérée comme la menace principale pour les populations de lamantin. Malgré la protection juridique dont il jouit, le lamantin est encore chassé au moyen de harpons, pièges, filets et lignes, pour sa viande, son cuir et son huile, dans l'ensemble de son aire de répartition (Powell, 1996).

Les quelques données historiques existantes indiquent une réduction du taux de prises en Afrique de manière générale. Par exemple, à un certain endroit, dans les années 30, douze (12) lamantins ont été pris en un jour sur une distance de 150 kilomètres dans le fleuve Gambie ; alors que seulement deux par an étaient pris, estime-t-on, dans la même région dans la période 1978-1983 (Powell, 1996).

Localement. Au Gabon, la viande de lamantin est surtout demandée lors des grandes cérémonies de retrait de deuil d'un chef de village, ou lors du repas suite au rituel traditionnel de circoncision des garçons chez les peuples *Lumbu* et *Vili* (Nkollo, 2016). Avec les avancées de sanction juridique, la viande est devenue rare sur certains marchés au Gabon. Mais, on ne sait pas avec certitude si c'est en raison d'une protection accrue ou d'une diminution de l'abondance. Cette viande se vend maintenant non sur les places publiques mais « sous le manteau ». Le principe est très simple, le chasseur traite avec des abonnés qui, eux, s'ils veulent revendent à des proches, d'après les enquêtes de terrain faites lors de nos investigations.

Au Gabon, un conflit homme/lamantin est perceptible à la lagune Ndougou, et il est plus accentué au lac Cachimba (WWF, 2015 ; Nkollo, 2017). Les lamantins déchirent les filets de pêche, qui sont très souvent posés au point d'un embranchement de cours d'eau. Ceci alimente la colère des pêcheurs envers l'espèce. Cependant, il n'y a pas de donnée exacte chiffrée de l'ampleur du phénomène.

2.3. Cadre législatif sur le lamantin

1.4.4.1. Dispositions internationales

1.4.4.1.1. Convention de Washington

Dès 1963, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), les Etats-Unis et le Kenya prennent l'initiative d'élaborer une convention visant à réglementer le commerce international des espèces sauvages. La Convention de Washington sur le « Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction », ou CITES (CITES, abréviation de « *Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora* »), a été signée à Washington (Etats Unis d'Amérique) en Mars 1973, et amendée à Bonn (Allemagne) en Juin 1979 et à Gaborone en Avril 1983. La CITES a été le premier traité international ayant permis un progrès majeur dans la mise en œuvre de la conservation des espèces sauvages, ou de la diversité biologique ou biodiversité, à l'échelle planétaire.

Son objectif est d'assurer la sauvegarde, la conservation ou la protection de certaines espèces de la faune et de la flore sauvages contre une surexploitation par suite du commerce international. La réglementation du commerce de ces espèces repose sur les annexes I, II et III, selon le degré de menaces pesant sur l'espèce. Le commerce des espèces inscrites à l'Annexe I est strictement interdit, sauf pour des raisons exceptionnelles. Le commerce des espèces inscrites à l'Annexe II est possible mais réglementé. Un pays peut faire appel à d'autres parties pour contrôler le commerce des espèces protégées sur son territoire et freiner toute exploitation illégale ou non durable (Annexe III). *Trichechus senegalensis* figure à l'Annexe I de la CITES.

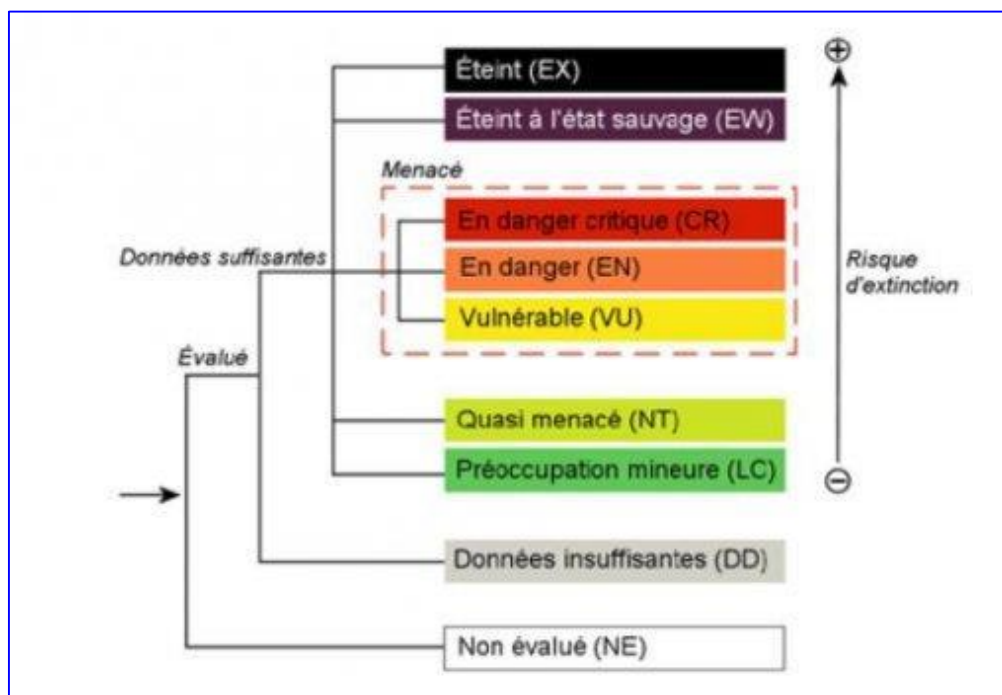
1.4.4.1.2. Disposition de l'UICN

La Liste Rouge de l'UICN, créée en 1963, est l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation globale de la biodiversité et ses habitats. Elle s'appuie sur un ensemble de critères précis pour évaluer le risque d'extinction des milliers d'espèces et sous-espèces. Ses critères s'appliquent à toutes les espèces et toutes les parties du monde.

Fondée sur une base scientifique, la Liste Rouge de l’UICN est reconnue comme l’outil le plus fiable pour connaître l’état de la biodiversité et ses habitats. Sur la base d’une information précise sur les espèces menacées, son objectif primordial est d’identifier les priorités d’action, de mobiliser l’attention du public et des décideurs, et d’inciter à agir ainsi qu’à prendre les meilleures décisions possibles. Dans la dernière édition de la Liste Rouge (2021), sur les 142577 étudiées, 40084 espèces sont identifiées comme étant menacées.

Les espèces y sont répertoriées comme menacées selon les critères et classées en fonction de leur statut de conservation (figure 19, ci-après). Le lamantin africain, *Trichechus senegalensis* y est classé comme vulnérable (figure 20, ci-après). Car le niveau des menaces, notamment la chasse et les captures accidentelles, semble continuer à augmenter dans toute l’aire de répartition, avec des taux localement élevés et une quasi-extinction dans certaines régions. Un déclin continu de la population est prédit à au moins 10 % sur une période de trois générations de 90 ans, en raison des menaces anthropiques continues et croissantes.

Figure 19: Niveau de classification de la Liste Rouge de l’UICN



Source : UICN 2021

Figure 20: Classification du lamantin dans la Liste Rouge de l’UICN



The IUCN Red List of Threatened Species™
ISSN 2307-8235 (online)
IUCN 2008: T22104A97168578
Scope: Global
Language: English

***Trichechus senegalensis*, African Manatee**

Errata version

Assessment by: Keith Diagne, L.



Source : Keith Diagne, *Trichechus senegalensis*, African Manatee (IUCN, 2008, The IUCN Red List of Threatened Species)

1.4.4.1.3. Convention de Rio sur la Diversité Biologique

La « Convention sur la diversité biologique » avait été initiée par le PNUE (décision 14/26, 1988), avec pour objectif principal : mettre en place un instrument juridique international pour la consécration et l’utilisation rationnelle de la biodiversité. L’Article 2 de la convention sur la Biodiversité définit ce concept en stipulant qu’il s’agit de “ *la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie : cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces, ainsi que celle des écosystèmes* ”. La Biodiversité englobe trois niveaux d’organisations majeurs : la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité génétique. Signée au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro au Brésil en Juin 1992, cette convention est axée sur : la conservation durable de la diversité biologique ; l’utilisation de ses éléments constitutifs ; et le partage juste et équitable des avantages découlant de l’utilisation des ressources génétiques à des fins commerciales ou autres. La Convention de Rio est un outil de régulation et de protection des espèces menacées, dont fait partie *Trichechus senegalensis*.

Selon la vision globale de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Diversité Biologique du Gabon (SNPA-DB, 1999), « Le Gabon, à l'horizon 2025, doit assurer la conservation de la biodiversité ... ». La stratégie de sa conservation avait identifié cinq objectifs en matière de conservation : étudier la Biodiversité en favorisant sa compréhension et son appréciation; sauvegarder la Biodiversité en protégeant les gènes, les espèces, les habitats et les écosystèmes; connaître les milieux physique et humain en vue de la compréhension et de l'appréciation de la Biodiversité; concevoir une économie viable et dynamique qui tient compte de la Biodiversité; et garantir la participation des communautés à la conservation de la Biodiversité.

1.4.4.1.4. Convention de Ramsar

La « Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau » a été signée en Février 1971 à Ramsar en Iran, est entrée en vigueur en 1975 et amendée en Mai 1987. Ce traité international attire l'attention sur les rôles écologiques que jouent les zones humides en qualité de régulateurs du niveau des eaux et d'habitats d'une flore et d'une faune spécifiques. Au sens de la présente Convention, les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. La Convention de Ramsar contribue également à la protection des habitats du lamantin africain. Dans le cas du Gabon, Petit Loango et Setté Cama sont concernés par cette convention.

1.4.4.1.5. Convention sur la migration des espèces de la faune sauvage

La « Convention relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage », de 1979 à Bonn (Allemagne), a pour objectif de veiller sur les espèces animales migratrices sur terre, dans les airs et dans l'eau et également leurs habitats dans leur totalité. Le Gabon a ratifié et adhéré depuis le 23 mai 2008. La convention est entrée en vigueur le 1er août 2008 (**Annexe 6**). Le *Trichechus senegalensis* figure à l'Annexe I de ladite convention au vu des menaces croissantes qui pèsent sur l'espèce.

1.4.4.1.6. Convention sur la lutte contre la Désertification

La Convention sur la Lutte contre la Désertification, de Paris en 1994, est un outil de gestion durable et intégrant aussi bien le développement économique de l'homme que la préservation de la nature et, par conséquent, des habitats du lamantin. Le Gabon est partie prenante de la Convention sur la lutte Contre la Désertification (CCD) ; cf. Second Rapport National (2004). Dans la stratégie et les plans de lutte contre la dégradation des terres et des forêts, le Gabon vise à assurer la pérennité du patrimoine forestier par des actions de reboisement et des aires protégées, à protéger l'environnement, etc

1.4.4.1.7. Convention d'Abidjan

La Convention relative à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et des zones côtières de la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre / de l'Atlantique Sud-Est (amendée), ou Convention d'Abidjan a été adoptée en 1981 et est entrée en vigueur en 1984. La Convention d'Abidjan est un accord-cadre global pour la protection et la gestion du milieu marin et des zones côtières. Elle répertorie les sources de pollution qui nécessitent un contrôle : les navires, les activités de dumping, terrestres, l'exploration et l'exploitation des fonds marins. Elle identifie également les questions de gestion de l'environnement à partir desquelles les efforts de coopération doivent être faites : l'érosion côtière, les zones spécialement protégées, lutte contre la pollution en cas d'urgence, et l'évaluation de l'impact environnemental. Il y a aussi des articles sur la coopération et la responsabilité et l'indemnisation scientifique et technologique. Principalement, les actions de la convention portent sur l'environnement et, spécifiquement, sur ses quatre protocoles additionnels que sont : la pollution due aux sources et activités terrestres, les normes et standards environnementaux liés aux activités pétrolières et gazières offshore ; gestion intégrée de la zone côtière et la gestion durable de la mangrove. Aussi, la diversité biologique y est-elle prise en compte, d'où l'intérêt porté au lamantin africain. Les Parties contractantes prennent les mesures appropriées pour protéger et préserver la diversité biologique, les écosystèmes rares ou vulnérables ainsi que les espèces de la faune et de la flore sauvages qui sont rares, menacées ou en voie de disparition et leurs habitats ; en adéquation avec la Convention sur la diversité biologique.

1.4.4.1.8. Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (CCNR ; Convention d'Alger)

La Convention africaine pour la Conservation de la Nature et des Ressources naturelles (CCNR ; Convention d'Alger) date de 1968. Ratifiée par le Gabon en 1988, son objectif est d'assurer la conservation, l'utilisation et le développement des sols, des eaux, de la flore et des ressources en faune en se fondant sur des principes scientifiques et en prenant en considération les intérêts majeurs de la population. Cette Convention accorde une protection particulière aux espèces animales et végétales menacées d'extinction, ou qui seraient susceptibles de le devenir, ainsi qu'à l'habitat nécessaire à leur survie. Dans cette optique, s'inscrit le lamantin africain qui est une espèce intégralement protégée au Gabon.

1.4.4.2. Cadre juridique national : Gabon

1.4.4.2.1. Le décret n° 0164/PR/MEF du 19 janvier 2011

Le décret n° 0164/PR/MEF du 19 janvier 2011 réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales (Annexe 5.). En effet, en vertu de l'annexe 1 dudit décret, parmi les espèces intégralement protégées au Gabon, y figure le lamantin (Tableau 5, ci-après).

Tableau 5: Espèces intégralement protégées du Gabon

NOM COURANT	NOM SCIENTIFIQUE
Éléphant	<i>Loxodonta africana</i>
Gorille	<i>Gorilla gorilla gorilla</i>
Chimpanzé	<i>Pan troglodytes</i>
Hippopotame	<i>Hippopotamus amphibius</i>
Panthère	<i>Panthera pardus</i>
Lamantin	<i>Trichechus senegalensis</i>
Chevrotain Aquatique	<i>Hyemoschus aquaticus</i>
Pangolin Géant	<i>Manis gigantea</i>
Cobe onctueux	<i>Kobus ellipsiprymnus defassa</i>
Cobe des roseaux	<i>Kobus redunca arundinum</i>
Daman des arbres	<i>Dendrohyrax arboreus</i>
Galagos	<i>Gala gonidae</i>
Oryctérope	<i>Orycteropus afer</i>
Céphalophe de Grimm	<i>Sylvicapra grimmia</i>
Céphalophe à pattes blanches	<i>Cephalophus ogilbyi</i>
Cercopithèque à queue de soleil	<i>Cercopithecus solatus</i>
Baleine à bosse	<i>Megaptera novaeangilae</i>
Bongo	<i>Tragelaphus euryceros</i>
Hylochère	<i>Hylochoerus meinertzhageni</i>
Buffle	<i>Syncerus caffer nanus</i>
Mandrill	<i>Mandrillus sphinx</i>
Drill	<i>Mandrillus leucophaeu</i>
Picatharte à cou gris	<i>Picathartes oreas</i>
Tortue luth	<i>Demochelys coriacea</i>
Tortue verte	<i>Chelonia mydas</i>
Tortue olivâtre	<i>Lepidechelys olivacea</i>
Tortue imbriquée	<i>Erethmochelys imbricata</i>
Crocodile du Nil	<i>Crocodylus niloticus</i>
Crocodile nain	<i>Osteolaemus tetraspis</i>
Faux gavial	<i>Mecistops cataphractus</i>

Source : MINEF, 2011.

1.4.4.2.2. La loi n° 16/2001 du 31 décembre 2001 portant Code Forestier en République gabonaise

L'article 215 du Code Forestier interdit sur toute l'étendue du territoire national : la chasse dans les aires protégées, et le non-respect des normes de capture et d'abattage d'animaux.

Ainsi, cette loi sert de substrat au décret sur les espèces intégralement protégées, incluant le lamantin, et sur l'interdiction de chasse dans les aires protégées. Ces aires protégées sont des

espaces où sont observés régulièrement des lamantins, à l'exemple du Parc National de Loango se superposant aux sites Ramsar de Setté de Setté Cama et de Petit Loango.

1.4.4.2.3. La loi n° 3/2007 du 27 août 2007 relative aux Parcs Nationaux

En son article 2, la loi n° 3/2007 du 27 août 2007 relative aux parcs nationaux vise, dans le cadre du processus de développement de la conservation du patrimoine naturel et culturel national, à promouvoir une politique de protection et de valorisation durable des parcs nationaux ; notamment par :

- la création d'un réseau de parcs représentatifs de la diversité biologique du Gabon et couvrant au moins dix pour cent du territoire national;
- la mise en place des principes, règles et assises institutionnelles devant servir de base juridique et organique à cette politique;
- le rattachement des parcs nationaux au domaine public de l'Etat;
- la création du service public chargé de la gestion des parcs nationaux;
- l'information, l'éducation et la communication environnementales, ainsi que l'écotourisme et la recherche scientifique;
- la mise en place d'un mécanisme de financement pérenne;
- la définition des modalités d'intervention de l'Etat et des différents partenaires dans la gestion des parcs;
- le transfert des pouvoirs de police des autorités locales à l'organisme de gestion des parcs;
- le renforcement de la collaboration et de la coopération sous régionales et internationales, conformément aux conventions internationales.

Par ailleurs, en son article 61, sont punis d'un emprisonnement de trois à six mois et d'une amende de 100 000 à 10 000 000 de francs CFA, ou de l'une de ces deux peines seulement, les auteurs des infractions suivantes: la chasse ou la pêche non autorisée; l'empoisonnement des points et cours d'eau.

De plus, en son article 62, sont punis d'un emprisonnement de deux mois à deux ans et d'une amende de 1 000 000 à 25 000 000 de francs CFA, ou de l'une de ces deux peines seulement, les auteurs des infractions suivantes : toute construction non autorisée; tous travaux de fouille, prospection, sondage ou terrassement non autorisés.

Ses articles 61 et 62 renforcent la protection du lamantin et son habitat dans une aire protégée.

1.4.4.2.4. Décret 0579/PR/MPE du 30 novembre 2015 portant modalités et conditions d'exercice de la pêche en République Gabonaise

En son article 9, sont interdits l'utilisation des sennes dans les pêcheries artisanales. Cet article permet de réduire les captures accidentelles des lamantins, la senne étant l'engin de pêche avec lequel la probabilité de capture du lamantin est élevée.

1.4.4.2.5. Loi n°015/2005 portant Code des Pêches et de l'Aquaculture en République Gabonaise

Ensemble des règles applicables aux activités de la pêche et de l'aquaculture pour une gestion durable des ressources halieutiques. Ce Code s'applique à la pêche continentale, à la pêche maritime et aux opérations connexes de pêche et d'aquaculture. Cette loi permet de sanctionner les contrevenants, qui utiliseraient les engins de pêche interdits dont la capture est élevée pour le lamantin.

1.4.4.2.6. Le décret 00161/PR du 1er Juin 2017 relatif aux aires protégées aquatiques

Ce décret vise à la mise sous aire protégée 26% du territoire maritime au Gabon. Les habitats de ses aires protégées aquatiques sont diversifiés, allant des eaux marines aux eaux saumâtres en passant par les mangroves. Ainsi, ce décret vient renforcer la protection de l'habitat du lamantin, à l'exemple de la Réserve Aquatique du Delta de l'Ogooué.

CHAPITRE 3 : De la politique environnementale coloniale à la ratification de la convention de Ramsar : contexte de conservation du site d'étude

La Géographie est un point de vue, le plus simple et le mieux choisi au carrefour des investigations. La Géographie rapproche, rassemble, compare ; elle analyse et synthétise. Brunet (1990), précise qu'« elle est la science des territoires, ou plus largement de l'organisation et de la différenciation de l'espace ». Il est primordial en géographie de présenter le territoire où se déroule l'étude. Cette description du site d'étude consiste à appréhender l'environnement du phénomène étudié. Les différents aspects de cet environnement sont les éléments environnementaux, socio-économiques, les pratiques et traditions des habitants. La compréhension du contexte géographique du territoire permet d'identifier un certain nombre de facteurs explicatifs du problème étudié et de poser les bases sur lesquelles sera fondée l'analyse. Ce chapitre aborde la présentation du site d'étude à partir de la politique environnementale coloniale à la ratification de la convention de Ramsar dans un contexte de conservation. Il est subdivisé en trois sections. La première est dédiée à un aperçu historique des Aires Protégées au Gabon. Elle fait un exposé chronologique sur l'évolution du mouvement des politiques environnementales de protection de la nature conduisant à la création des aires protégées au Gabon. La seconde aborde la convention Ramsar sur les Zones Humides d'Importance Internationale (ZHII). Elle est axée sur une présentation succincte de la convention et sa ratification par le Gabon. La dernière section est vouée à la description des caractéristiques physiques et humaines des sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama. Elle fait une présentation des éléments géomorphologiques, des caractéristiques climatiques des écosystèmes naturels et du milieu social.

3.1. Bref historique des Aires Protégées au Gabon

L'évolution du processus de la protection de la nature au Gabon s'inscrit dans l'alignement général de la constitution des politiques et pratiques de sauvegarde des espèces et des milieux naturels mondiaux du 19^e siècle.

La protection des espèces et des milieux tire son origine de la prise de conscience de l'envergure des actions humaines néfastes sur la nature. En 1933, se tenait à Londres la Conférence relative à la conservation de la faune et de la flore à l'état naturel. Pour la première fois, furent abordées

les notions « d'espèces menacées d'extinction », de « réserves naturelles intégrales » et de « parcs nationaux » (Fromageau, 1998).

Ainsi, le Gabon voit son premier réseau d'aires protégées par l'arrêté 2668 du 27 septembre 1946 portant création du parc de la Lopé-Okanda et de la Réserve naturelle intégrale de l'Offoué.

Se situant dans la continuité de la conférence de Londres de 1933, s'est tenue du 26 au 31 Octobre 1953, à Bukavu en actuelle République Démocratique du Congo, une nouvelle conférence sur la protection de la faune et de la flore en Afrique. L'objectif était de faire le bilan des vingt années passées depuis la précédente conférence de Londres et, aussi, d'effectuer un « *amendement éventuellement à la lumière de l'expérience acquise* » (Harroy, 1953). Cette rencontre a été suivie des réalisations concrètes des Gouvernements consécutives aux directives prises. Ser (1963) note comme réalisations concrètes de la France : « la révision de la réglementation coloniale de la chasse et de la protection de la nature... », et « ...la création de plusieurs aires protégées, notamment en A.E.F. »

Le réseau d'aires protégées s'intensifie par la création des complexes de réserve de faune. Le tout premier complexe d'aires protégées est celui de la Nyanga-Mont Fouari par un Arrêté du 15 Avril 1955 comportant, en abrégé : la Réserve de Faune du Mont Fouari, la Réserve de Faune de la Nyanga Nord, la Réserve de Faune du Mt Mavoumbou et la Réserve de Faune de la Nyanga Sud.

Le second complexe d'aires protégées est à Wonga-Wongué par l'Arrêté 688/GH du 17 février 1956, comprenant : la Réserve de Faune du Petit Bam-Bam, le Domaine de chasse de Wonga-Wongué et le Domaine de Chasse du Grand Bam-Bam.

La création du Parc National de Loango, second parc national du Gabon, est établie par le Décret n° 56-207 du 20 Février 1956.

Les dynamiques environnementales de la période coloniale se poursuivent après les « indépendances » des années 1960. Ce réseau d'aires protégées se modifie par l'adoption des statuts d'Aire d'Exploitation Rationnelle de la Faune (AERF), de Réserve Intégrale (RI) et Réserve Présidentielle (RP) ; (Tableau 6, ci-après).

Tableau 6: Les Aires Protégées au Gabon post colonial

Désignation	Zone incluse	Surface (ha)	Milieu	Statut juridique
AERF de la Faune de Moukalaba-Dougoua	Réserve de Faune de Moukalaba	80 000	Savane et forêt de la zone littorale	Arrêté n° 1484/MEF/SF- 5225 du 17 Novembre 1962
	Domaine de Chasse de Moulabou	20 000		
AERF de Setté Cama	Réserve de Faune de Petit Loango	50 000	Savane, forêt inondée et forêt de terre ferme de la zone littorale	Arrêté n° 1571/SF/CHPP du 29 Décembre 1966
	Réserve de Faune de Plaine Ouaga	20 000		
	Domaine de Chasse de Ngové-Ndogo	200 000		
	Domaine de Chasse de Setté Cama	200 000		
	Domaine de Chasse d'Iguéla	180 000		
AERF d'Offoué-Lopé	Noyau Central	536 000	Savane et forêt de terre ferme de la zone centrale	Décret n° 172/PR/MEF/ du 13 Avril 1971
RI d'Ipassa	/	40 000	Forêt de la zone orientale	Décret n° 837/PR/MEF/ du 02 Octobre 1971
RP de Wonga-Wongué	/	450 000	Savane et forêt de la zone littorale	Décret n° 882/PR du 14 Juillet 1972 et 402/PR du 8 Avril 1976

Source : IUCN, 1990.

La Loi d'orientation en matière des eaux et forêts 01/82 du 22 juillet 1982 a longtemps régi les aires protégées au Gabon. Elle y définissait leur nature, ainsi que leurs objectifs.

Cette loi a été abrogée par la Loi 16/01 du 31 décembre 2001 portant Code forestier en République Gabonaise. Les principes généraux, qui sous-tendent le Code forestier, concernent en particulier la protection des écosystèmes et la conservation de la biodiversité, dans un cadre général de valorisation des ressources et des milieux où les principes de durabilité sont clairement affirmés. Ces principes de durabilité conduisent à orienter une nouvelle définition pour le Gabon, en son article 75 de la loi susmentionnée, ainsi qu'il suit : « *le parc national*

comme une portion du territoire ou la flore, la faune, les sites géomorphologiques, historiques et d'autres formes de paysages jouissent d'une protection spéciale et à l'intérieur de laquelle le tourisme est organisé et règlementé ».

Cet état de fait permettra la création des parcs nationaux modernes par l'Ordonnance n°6/2002 du 22 août 2002 instaurant le Conseil National des Parcs Nationaux (CNPN), et suivi par le Décret n°607/PR/MEFEPEPN et le Décret n°619/PR/MEFEPENPN établissant 13 parcs à l'échelle du pays (Tableau 7 ci-après).

Tableau 7: Parc Nationaux du Gabon

Parc national	Année de création	Province	Surface (km²)
Akanda	2002	Estuaire	411
Ivindo	2002	Ogooué-Ivindo	2 967
Birougou	2002	Ngounié, Ogooué-Lolo	683
Lopé	2002	Ogooué-Ivindo	4 942
Waka	2002	Ngounié	1 061
Loango	2002	Ogooué-Maritime	1 510
Minkébé	2002	Woleu-Ntem	7 535
Moukalaba-Doudou	2002	Nyanga	4 458
Mwagna	2002	Ogooué-Ivindo	1 167
Monts de Cristal	2002	Estuaire	1 192
plateaux Batéké	2002	Haut-Ogooué	2 042
Mayumba	2003	Nyanga	965
Pongara	2003	Estuaire	960

Source : Décret n°607/PR/MEFEPEPN 2002 et Décret n°619/PR/MEFEPENPN 2003.

Ces 13 parcs nationaux constituent des points de contacts privilégiés et d'observation directe de ce vivier comprenant : 22 millions d'hectares de forêts, 10.000 km² de plans d'eau, 700 espèces d'oiseaux, 98 espèces d'amphibiens, entre 95 et 160 espèces de reptiles, près de 10.000 espèces de plantes, plus de 400 essences forestières et 198 espèces différentes de mammifères (<https://association-program.com/diversite-biologique/>).

3.2. Le Gabon et la convention Ramsar sur les Zones Humides d'Importance Internationale (ZHII)

La Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale, en particulier comme habitats des oiseaux sauvages, a été adoptée dans la ville éponyme le 2 février 1971 en Iran. Il s'agissait d'une initiative conjointe de trois organisations non gouvernementales internationales : l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des ressources naturelles (UICN), le Bureau International de Recherche sur les Oiseaux sauvages (IWRB), et le Conseil International pour la Conservation des Oiseaux (ICBP). La convention vise à accroître la sensibilisation à l'importance des zones humides pour l'humanité, et à contribuer à leur conservation. Près de cinq décennies aujourd'hui, cette convention est toujours le seul traité à répondre aux exigences spécifiques d'un type d'écosystèmes.

Bien que le titre de la Convention souligne un aspect des zones humides (comme habitat des oiseaux sauvages), son préambule montre clairement que l'une des préoccupations majeures repose sur tous les avantages des zones humides. Le préambule de la convention reconnaît les « *fonctions écologiques fondamentales des zones humides en tant que régulatrices de l'eau et comme habitats abritant une flore et une faune caractéristiques, en particulier les oiseaux sauvages* ».

L'objectif ambitieux de la Convention de Ramsar est de « *freiner l'empiètement progressif et la perte des zones humides maintenant et à l'avenir et pour soutenir la conservation des zones humides, en combinant des politiques avec une action internationale coordonnée* » (Convention Ramsar, 1971).

Un accent particulier est mis pour la recherche sur les zones humides, la détermination de la population d'oiseaux aquatiques et de promouvoir la formation du personnel. Cette combinaison de mesures localisées, générales et internationales présente un intérêt particulier.

Alors que les mécanismes de conservation par zone étaient déjà bien établis dans les droits nationaux, les concepts ouverts d'utilisation rationnelle et de coopération transfrontalière à multiples facettes étaient plus pionniers.

La Convention de Ramsar a été conclue pendant les périodes qui ont vu l'émergence et la cristallisation de principes et concepts fondamentaux encadrant le droit international de l'environnement, y compris les concepts d'utilisation durable et de développement durable».

Le Gabon est partie prenante de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides d'Importance Internationale (ZHII), depuis le 30 avril 1987. Le pays a inscrit, en trois vagues, neuf sites sur la liste des Zones Humides d'Importance Internationale représentant une grande diversité d'écosystèmes aquatiques (mangroves, savanes côtières, chutes et rapides, lagunes, rivières,

fleuves, lacs alluviaux) sur près de 2 818 469 ha (<https://www.ramsar.org/fr/zone-humide/gabon>) ; Tableau 8, ci-après. Ces sites Ramsar du Gabon ont des statuts de protection divers. Certains sont classés en parcs nationaux. D'autres le sont selon d'autres statuts nationaux tels que : réserve de faune, domaine de chasse, réserve présidentielle, dont certains recouvrent en partie des parcs nationaux ; deux sites n'ont aucun statut national de protection.

Tableau 8: Les zones humides d'importance internationales au Gabon

Nom	Surface (ha)	Date d'inscription	statut National
Wongua Wongué	390 000	30-déc-1986	Réserve présidentielle
Petit Loango	480 000	30-déc-1986	Parc National de Loango
Setté Cama	220 000	30-déc-1986	Interzone du PN de Loango et du PN de Moukalaba Doudou
Akanda	54 000	02-avr-2007	Parc National d'Akanda
Pongara	92 969	02-avr-2007	Parc National de Pongara
Birougou	536 800	02-avr-2007	Parc National de Birougou et périphérie
Bas-Ogooué	862 700	02-avr-2009	Aucun
Chute et rapide sur l'Ivindo	132 500	02-avr-2009	Partie du Parc National de l'Ivindo
Rapide de Mbougou Badouma et de Doumé	59 500	02-avr-2009	Aucun

Source : <https://www.ramsar.org/fr/zone-humide/gabon>

Nos sites d'étude dans le cadre de cette recherche, les sites de Petit Loango et Setté Cama sont distants d'une dizaine de kilomètres. Ils ont les mêmes caractéristiques écologiques générales. Les principaux habitats, les types de végétation, les communautés végétales et animales présents à Petit Loango constituent une composante identique à celle de Setté Cama. Ces sites comprennent trois types d'habitat favorable au développement de la végétation, à savoir : la mosaïque forêt-savane, les mangroves des ceintures lagunaires et les plages ou estrans sableux. La mosaïque forêt-savane, caractéristique des milieux de refuge, et les forêts inondées des cuvettes alluviales représentent des zones d'alimentation des grands mammifères, notamment : les éléphants (*Loxodonta africana*), les buffles (*Syncerus caffer*), les hippopotames

(*Hippopotamus amphibius*) et deux espèces de Céphalophes (le Céphalophe bleu, *Cephalophus monticola*, et le Céphalophe à dos jaune, *Cephalophus sylvicultor*).

Les mangroves des ceintures lagunaires sont des milieux où abondent les hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) et les poissons, dont les principales espèces sont représentées par le Tarpon (*Tarpon atlanticus*), la Carangue (*Caranx hippos*), le Rouge (*Lutjanus dentatus*), le Mulet (*Liza falcipinnis*), la Bécune (*Sphyra enaafra*) et le Capitaine (*Polydactylus quadrifilis*). Ces milieux constituent aussi des refuges pour les oiseaux d'eau tels que les grandes Aigrettes (*Egretta alba*), les Spatules d'Afrique (*Platalea alba*) et les Pélicans gris (*Pelecanus rufescens*).

Les plages sableuses sont des lieux privilégiés de ponte des tortues marines, notamment : les tortues luths (*Dermochelys coriacea*), les plus répandues, les tortues vertes (*Chelonia mydas*) et les tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*).

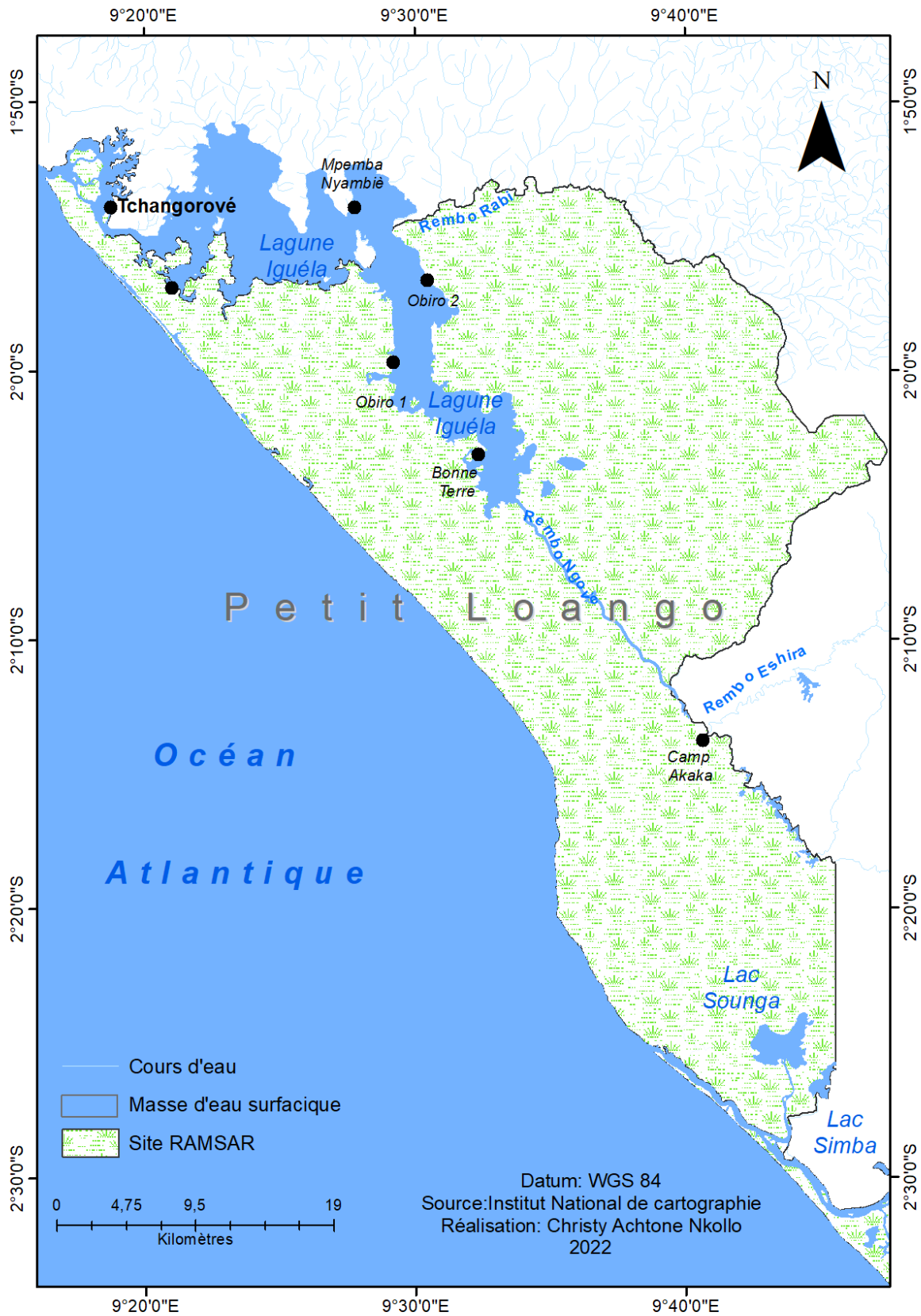
3.3. Les zones humides Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama

3.3.1. Site Ramsar de Petit Loango

3.3.1.1. Localisation et présentation

Le site de Petit Loango est situé au sud-ouest du Gabon, dans la province de l'Ogooué Maritime (Figure 21, ci-après). A cheval entre le Département d'Etimboué au nord et celui de Ndougou au sud, il est compris entre deux cantons : le canton Lagunes du Département d'Etimboué, et le canton Lagune du Département de Ndougou. Deux localités d'importance secondaire encerclent ce site : Omboué (2 173 habitants ; RGPH, 2013) au nord, à près de 70 km, et Gamba (10 454 habitants ; RGPH, 2013) au sud. La plus grande ville proche, Port-Gentil (136 462 habitants ; RGPH, 2013) est à environ 180 km plus au Nord.

Figure 21: Site Ramsar de Petit Loango



Le contexte géologique est celui d'un bassin sédimentaire côtier du Gabon méridional. La région de Petit Loango est caractérisée par une plaine côtière à petites collines forestières où les altitudes dépassent difficilement les 50 mètres. Le point le plus saillant sur la bordure littorale, le Cap Milango, culmine à moins de 30 m d'altitude. La topographie est faiblement ondulée et parsemée d'îlots de savane et de nombreux marais et marécages. Ici, s'entremêlent une association d'unités morphosédimentaires faites de paléo-cordons littoraux quaternaires et de dépressions que sont : la lagune Iguéla ou Ngové au Nord et la lagune Ndougou ou lagune de Setté Cama au Sud (Mombo, 1989 ; 2017).

Le site de Petit Loango appartient au complexe lagunaire d'Iguéla. Mais, il est défini localement comme faisant partie du bassin versant des Rembos Eshira-Iguéla ; *rembo* ou rivière. Il se caractérise par une profusion de plans d'eau, permanents et temporaires, commandées par deux grands systèmes hydrologiques, la lagune Iguéla et les trois principales rivières qui l'alimentent : le Rembo Rabi, le Rembo Eshira et le Rembo Ngové. Venant de l'Est, ces rivières et leurs exutoires constituent des systèmes hydromorpho-sédimentaires lagunaires (Mombo, 2017).

Le site de Petit Loango a une superficie est de 480 000 ha, et regroupe donc : la réserve de faune du Petit Loango (50 000 ha), le domaine de chasse d'Iguéla (180 000 ha) et le domaine de chasse de Ngové-Ndogo (250 000 ha). Le site de Petit Loango est un environnement favorable au développement des espèces vulnérables, telles que les éléphants de forêt.

3.3.1.2. Critères Ramsar du site de Petit Loango

Pour être labellisés Ramsar, Petit Loango répond à 3 critères clés que sont :

- Critère 2 : héberger des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction, ou des communautés écologiques menacées.
- Critère 3 : abriter des populations d'espèces animales et/ou végétales importantes pour le maintien de la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.
- Critère 4 : recueillir des espèces végétales et/ou animales à un stade critique de leur cycle de vie, ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.

Dans le site Ramsar de Petit Loango, une diversité d'espèces appartenant à la Liste Rouge de l'UICN s'y rencontre (Mounganga et Ndjokounda, 2006)). Citons : le lamantin (*Trichechus*

senegalensis, VU), le gorille (*Gorilla gorilla gorilla*, EN), l'Hippopotame (*Hippopotamus amphibius*, VU), le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*, CITES App. II), le céphalophe à dos jaune (*Cephalophus sylvicultor*, CITES App. II) et le chimpanzé (*Pan troglodytes*, EN). A cela s'ajoutent les espèces de tortues marines : les tortues luths (*Dermochely scoriacea*, CR), les tortues vertes (*Chelonia mydas*, EN) et les tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*, CR) qui pondent leurs œufs le long des plages du secteur.

De plus, le site héberge une abondante variété d'espèces représentée par 82 espèces de reptiles, 75 espèces d'amphibiens, plus de 84 espèces de poissons, 15 espèces de chauve-souris et un peu plus de 455 espèces recensées d'oiseaux (Van de Weghe 2007).

Les associations végétales, qui se développent autour du complexe des forêts littorales, concourent à la prolifération des grands mammifères ; les éléphants (*Loxodonta africana*) et buffles de forêt (*Syncerus caffer*) en particulier, mais aussi le gorille (*Gorilla gorilla gorilla*) le chimpanzé (*Pan troglodytes*). Par exemple, l'éléphant est le principal « essaimeur » de nombreuses espèces végétales telles que le Moabi (*Baillonella toxisperma*), l'Andok (*Irvingia gabonensis*), le Douka (*Mimusops africana*), l'Ozouga (*Saccoglottis gabonensis*).

Le long des bancs de sable du littoral, viennent nicher des populations importantes d'avifaune, notamment : des sternes (sternes naines, *Sternas bifrons* ; sternes caugek , *Sternas andvicensis*; sternes royales , *Sterna maxima*; sternes hansel, *Sterna nilotica*) et, également, souvent rencontré le goéland brun (*Larus fuscus*).

3.3.1.3. Caractéristiques physiques du site de Petit Loango

Complexe naturel dominé par les plaines d'inondation, le site Ramsar de Petit Loango, présente une imbrication de cuvettes et de collines dont les principales déclivités sont orientées vers la lagune. Le régime hydrologique est associé au rythme des saisons pluviométriques, avec des pics qui interviennent en octobre-novembre et mars-avril.

Les données pluviométriques moyennes annuelles oscillent entre 1800 et 2500 mm d'eau. La proximité de l'Océan Atlantique en fait une région très pluvieuse. Les températures moyennes annuelles oscillent entre 25 et 27 °C. Saint Vil (1977) le qualifie de « climat équatorial de transition du sud-ouest et du littoral centre atlantique » (climat de type subéquatorial) du Gabon, dont le sous-climat est dit « lagunien ». Ce sous-climat lagunien est caractérisé par une

exposition du milieu aux diverses fluctuations atmosphériques issues du déplacement des centres d'action. Il pleut en moyenne huit mois sur douze, d'octobre à mai. Saint Vil, 1977 indique que « *Sa zone d'influence déborde plus ou moins largement la région des lagunes, car elle englobe également une bonne partie du delta de l'Ogooué et certaines montagnes comme le Mayombe et le massif de Koumounabouali. La proximité avec la mer en fait une région très pluvieuse où les totaux interannuels sont compris entre 1 700 et 2 200 mm. La lame d'eau précipitée diminue vers le sud du fait des influences anticycloniques vers les hautes latitudes : 2 107 mm par an à Port-Gentil contre 1 902 à Mayumba. Enfin les brouillards d'advection sont le type le plus répandu dans cette région et ils sont liés aux basses températures des eaux marines pendant l'hiver austral.* »

Sur le plan géologique, le milieu est représenté par sept séries sédimentaires, allant de l'Albien (Ère Secondaire) au Plio-Pléistocène (transition entre les ères Tertiaire et Quaternaire). Ces séries mettent en évidence deux grands ensembles sédimentaires selon Giresse (1990). Le premier est caractérisé par des dépôts marins, représentés en grande partie par des calcaires, des grès fins et/ou grossiers, avec quelques intercalations de faunes marines, des marnes, sables et argiles marines. Le second ensemble est caractérisé par le développement de dépôts continentaux, comprenant une association de sables, d'argiles et de graviers, la série des cirques d'âge Plio-pléistocène, et de grès.

La nature du substratum permet de comprendre que les sols sont pour l'essentiel composés de sables et d'argiles. L'hydromorphie est quasi présente ou permanente dans les dépressions et le long des cours d'eau, à cause de la présence des argiles. Par contre, l'eau est temporaire là où les sables sont abondants, à cause de leur forte capacité d'absorption. Cependant, lorsqu'une pluie arrose les terres, il peut se passer deux à trois jours avant que le sable absorbe toute la quantité d'eau précipitée. Le long des rivières, les fluctuations du niveau de l'eau n'interviennent que lorsqu'une pluie s'est déclarée ; en moyenne, les niveaux d'eau varient entre 50 cm et 1 mètre . L'exception est faite pendant les pics d'octobre-novembre et mars-avril. A ces périodes, les lits des cours d'eau débordent tellement que les niveaux d'eau peuvent facilement dépasser 1,5 m à 2 m, créant ainsi des lits ou champs d'inondation qui vont au-delà de 200 m par rapport au lit principal (Mounganga 2001).

3.3.1.4. *Caractéristiques du bassin versant de la lagune Iguéla et ses rivières tributaires*

Le système hydrologique de Petit Loango est centré sur la lagune Iguéla, zone terminale des trois *rembo* ou rivières : Rembo Rabi, Rembo Eshira et Rembo Ngové. Elles prennent naissance dans les contreforts du Mayombe, et s'écoulent sur des terrains argileux et gréseux (série du Cénomaniens à Sénonien, Crétacé supérieur) surmonté de sables, et sur une série terminale caractérisée par des argiles associées aux grès du Néogène (Martin, 1981).

A l'Est de la lagune Ngové, le Rembo Eshira et le Rembo Ngové prennent leurs sources dans la région de Mbengui, au sud de Rabi Kounga à environ 22 m d'altitude. Après un parcours Nord-Est/Sud-Ouest, de plus d'une soixantaine de kilomètres, le tracé de ces rivières virent quasiment à angle droit pour prendre une orientation Ouest à Nord-Ouest en débouchant dans la lagune Iguéla. Dans cette dernière direction, le Rembo Ngové reçoit donc un important affluent, le Rembo Eshira, et s'écoule calmement le long d'une plaine marécageuse, avant de rejoindre la lagune Iguéla. Prenant aussi sa source aux environs des collines de Rabi Kounga, le Rembo Rabi s'écoule *grosso modo* dans une direction unique d'Est en Ouest, avant de se jeter dans la lagune Iguéla (Mounganga, 2001).

3.3.1.5. *Contexte hydrosédimentaire de la lagune Iguéla et ses rivières tributaires*

Dans la « Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR) [Petit Loango], Mounganga et Ndjokounda (2006) livre ce qui suit :

« Site remarquable presque encore intacte, compte tenu de la très faible emprise humaine dans cet environnement, Petit Loango est un refuge pour les espèces dont la ressource en eau est primordiale : oiseaux, poissons, mais aussi les petits et grands mammifères.

L'eau est présente partout, et le système dans son ensemble régule le plan d'eau du bassin lagunaire. D'autre part, la maîtrise et la régulation des crues sont assurées par les nombreuses dépressions qui capturent la surcharge d'eau après les précipitations saisonnières.

Le captage des sédiments est facilité par la pente relativement faible autour et dans le milieu lagunaire (on se trouve ici dans un profil d'équilibre, horizontal, qui ne favorise pas le déplacement des sédiments vers la mer). Cette situation entraîne la formation, quasiment tous les trois ans, d'un îlot dans le plan d'eau lagunaire.

La végétation, associée à la déviation presque saisonnière des chenaux d'évacuation des eaux, entraîne le maintien et la stabilité des berges, tant au niveau de la lagune que sur les rives des rivières associées. »

3.3.1.6. Occupation humaine et activité du site de Petit Loango

Le site de Petit Loango compte approximativement entre 0,1 à 0,2 habitants au km² pour une population dépassant à peine 100 habitants (Mounganga et Ndjokounda 2006). Le caractère marginal de cette occupation humaine confère à ce site un véritable potentiel en matière de conservation, dans la mesure où son exploitation n'est effective qu'à travers le bassin versant environnant.

La région a un principal pôle de concentration humaine : le village de Nchongorové, situé sur la rive droite de la lagune Iguéla.

Dans le voisinage, le forage d'exploitation de Rabi Kouna est situé à plus de trente (30) km du site de Petit Loango. Au départ, ce champ pétrolifère fut exploité par Shell Gabon qui était présent dans la zone depuis plus de 50 ans. Les actifs de cette compagnie ont été rachetés par Assala Energy en 2017. Après acquisition, Assala Energy a ramené tout son personnel sur Port-Gentil.

3.3.2. Site Ramsar de Setté Cama

3.3.2.1. Localisation du site de Setté Cama

Situé au sud-ouest du Gabon, dans la province de l'Ogooué Maritime, le site de Setté Cama se trouve dans le département de Ndougou au sud, et dans le canton Lagune. La ville de Gamba administre ce site. Le site de Setté Cama se trouve dans la même région du bassin sédimentaire côtier que celui de Petit Loango situé à moins de cinq kilomètres au nord.

Comme pour Petit Loango, avec des élévations allant jusqu'à 30 m, l'ensemble même de Setté Cama a une altitude atteignant difficilement les 20 m, au niveau du village Sounga.

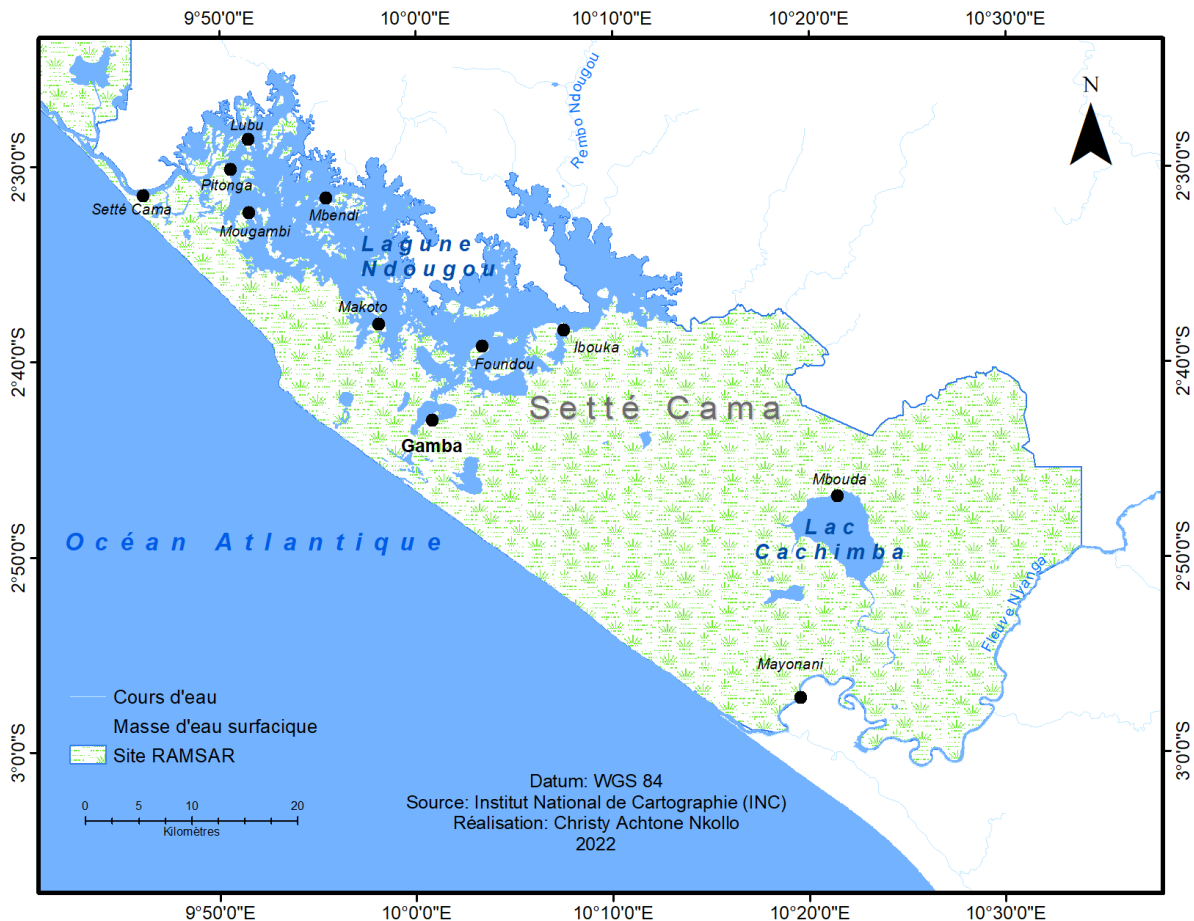
Ce site a une superficie de 220 000 ha, et comprend le domaine de chasse de Setté Cama (200 000 ha) et le domaine de faune de la Plaine Ouanga (20.000 ha).

Le site de Setté Cama appartient au complexe lagunaire Ndougou-Nyanga. Il est caractérisé par un plan d'eau permanent, la lagune Ndougou ou Ndogo, commandé par deux grands systèmes

hydrologiques indépendants. Il y a, d'une part, la lagune Ndougou exutoire de la rivière Rembo Ndougou et, d'autre part, le système hydrologique du fleuve Nyanga.

Ce site est constitué de plaines, de collines forestières, de nombreux marais et marécages et d'îlots de savanes (Figure 22, ci-après).

Figure 22: Site Ramsar de Setté Cama



3.3.2.2. Critères Ramsar du site de Setté Cama

L'inscription d'un site à Ramsar est justifiée sur la base de critères spécifiques élaborés par la convention. Comme pour Petit Loango, le site de Setté-Cama a aussi les mêmes critères d'éligibilité, conformément aux justifications de de ceux-ci ; à l'exception du critère 8.

La tortue luth (*Dermochelys coriacea*, CR) et l'éléphant (*Loxodonta africana*, VU) étant des espèces protégées, leur niche écologique doit être préservée de manière à assurer leur développement optimum. De même, l'hippopotame (*Hippopotamus amphibius*, VU) est une espèce très répandue dans ce site, associé généralement au lamantin (*Trichechus senegalensis*, VU, CITES App. I) et au crocodile du Nil (*Crocodylus Niloticus*, CITES App. II). Sont

également présents dans ce site le céphalophe bleu (*Cephalopus monticola*, CITES App. II), le céphalophe à dos jaune (*Cephalohus sylvicultor*, CITES App. II), la tortue verte (*Chelonia mydas*, EN) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*, CR).

Le site héberge une abondante variété de genres représentée par 82 espèces de reptiles, 75 espèces d'amphibiens, plus de 84 espèces de poissons, 15 espèces de chauve-souris et un peu plus de 455 espèces recensées d'oiseaux.

Le site de Setté-Cama représente une niche écologique importante pour le développement des grands mammifères de forêt, notamment les éléphants (*Loxodonta africana*) et les buffles nains des forêts (*Syncerus caffer*), les mammifères d'eau comme les hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) et les lamantins (*Trichechus senegalensis*). Ces animaux vertébrés utilisent généralement les marais pour les bains de boues pour le premier groupe, et pour se poser hors de l'eau pour le second afin de prendre un bain de soleil. Ce site est aussi considéré comme faisant partie des principales zones où viennent se reproduire les oiseaux migrateurs et certaines espèces d'oiseaux d'eau ; comme l'aigle pêcheur (*Haliaeetus vocifer*).

Le critère 8 stipule que la zone humide est d'importance internationale si elle sert de source d'alimentation importante pour les poissons, de frayère, de zone d'alevinage et/ou de voie de migration dont dépendent des stocks de poissons se trouvant dans la zone humide ou ailleurs.

Dans le cas de Setté Cama, de nombreuses espèces de poissons profitent de ce plan d'eau comme frayères, de zone d'alimentation et de reproduction. C'est le cas pour la Carangue (*Caranx hippos*), le Rouge (*Lutjanus dentatus*), le Mulet (*Liza falcipinnis*), la Bécune (*Sphyraena naafra*), le Capitaine (*Polydactylus quadrifilis*), etc.

3.3.2.3. Caractéristiques physiques du site de Setté Cama

L'environnement de Setté Cama, comme celui de Loango, est le résultat d'un ennoyage issu des phases marines transgressives et régressives, qui se sont succédées durant le Quaternaire récent, pour donner la morphologie actuelle de son site et dans lequel s'insère la lagune Ndougou. Ainsi, s'observe une imbrication de cuvettes et de légères élévations, dont les principales dénivellations sont orientées vers la lagune Ndougou, pour le premier, et vers le parcours de la Nyanga, pour le second.

Le régime hydrologique est associé au rythme des saisons climatiques, avec des pics qui interviennent en octobre-novembre et mars-avril. Les données pluviométriques moyennes annuelles oscillent entre 1600 et 2500 mm d'eau (Mpounza et Samba-Kimbata 1990). Le domaine climatique est de type subéquatorial, avec deux régimes : d'une part, le type lagunien caractérisé par huit mois de pluies par an (d'octobre à mai) et, d'autre part, le type Tchibanguien caractérisé par sept mois de pluies par an (Saint-Vil, 1977).

Sur le plan géologique, le milieu est représenté par sept séries sédimentaires, allant de l'Albien (Ère Secondaire) au Plio-Pléistocène (Ères Tertiaire et Quaternaire). Ces séries mettent en évidence deux grands ensembles sédimentaires caractérisés, la première, par des dépôts marins représentés en grande partie par des calcaires, des grès fins et/ou grossiers, de quelques intercalations de faunes marines, des marnes, sables et argiles marines (Giresse, 1990).

La nature du substratum donne des sols pour l'essentiel composés de sables et d'argiles ; par contre, dans les dépressions, l'hydromorphie est quasi présente. L'eau n'est permanente que le long des cours d'eau et dans les dépressions hydromorphes, à cause de la présence des argiles (Martin, 1981).

3.3.2.4. Caractéristiques du bassin versant de la lagune Ndougou et ses rivières tributaires

Le site de Setté-Cama est centré sur la lagune Ndougou et sur le système hydrologique du fleuve Nyanga. Le domaine lagunaire de Ndougou forme une légère dépression délimitée au Nord et au Nord-Est par la plaine de Koumaga, à l'Est et dans la première moitié Sud-Est par les Monts Doudou, vastes collines qui forment les premiers contreforts du massif du Mayombe, au Sud et dans la seconde moitié Sud-Est par la plaine Moukoko.

Le Rembo Ndougou, ou Rembo Ndougou, a pour exutoire la lagune Ndougou. Cette rivière prend sa source dans les petites collines situées dans les contreforts du Mayombe (Monts Goumbi ou Igoumbi, 820 m). Hormis le Rembo Ndougou, l'approvisionnement en eau du domaine lagunaire est assuré, d'une part, par des ruisseaux de moins de 15 km de long et situés pour l'essentiel vers le nord et le nord-est de la lagune, assurant une partie importante de l'alimentation. D'autre part, l'autre apport hydrique relève des sources d'eau souterraines et des eaux de pluie.

La lagune Ndougou est parsemée d'importants îlots de dimensions variables. Son pourtour est colonisé par des forêts inondées et marécageuses, qui dominent l'espace. Au nord de Setté Cama, s'observe une vaste dépression composée de deux criques : celle de Sounga et celle de Simba. Ces deux criques ont un chenal unique vers le déversoir qu'est la lagune Ndougou.

3.3.2.5. Valeurs hydrologiques de la lagune Ndougou et du fleuve Nyanga

Site remarquable presque encore intact, compte tenu de la très faible emprise humaine dans cet environnement, Setté Cama est un refuge pour les espèces dont la ressource en eau est primordiale. Il s'agit des oiseaux migrateurs, des tortues marines, des poissons et, aussi, des petits et grands mammifères. L'eau est présente partout, et le système hydrologique dans son ensemble régule les plans d'eau des deux bassins hydrologiques de la lagune Ndougou et du fleuve Nyanga, en matière de recharge des eaux de la lagune et du fleuve.

Selon Saint Vil (1981), le régime hydrologique de la Nyanga est soumis au climat équatorial de transition du sud-ouest. Ce cours d'eau prend sa source aux Monts Birougou (1000 m d'altitude) dans le Massif du Chaillu, et suit un long parcours sinueux et accidenté de 600 km avant d'atteindre l'océan Atlantique. Cela a comme conséquence :

« ... un décalage de la bande pluvieuse, le maximum hydrologique mensuel se situe en décembre, bien que les débits de ce mois soient à peine supérieurs à ceux de novembre, particulièrement vers la limite nord de ce domaine. Le répit de la petite saison sèche devient pratiquement négligeable, car l'accalmie ne dure pas plus de deux mois et influence très peu l'écoulement, qui s'enfle de nouveau entre mars et mai. Mais la seconde poussée ne l'emporte que très rarement sur la première, parce que la hauteur des pluies de la période octobre-novembre n'est égalée que très exceptionnellement à un autre moment de l'année. La baisse est assez brutale : le coefficient mensuel de débit tombe de moitié entre mai et juin (respectivement 1,58 et 0,77 pour la Nyanga à Tchibanga).» (Saint Vil, 1981).

L'année hydrologique a deux saisons : une saison d'abondance entre novembre et mai et une saison de basses eaux entre juin et septembre et même octobre. Après la chute d'Igotchi, commence la région littorale aux portes des lacs Mandjé et Cachimba situés entre des petites rivières coulant vers la côte au sud de la lagune Ndougou et le fleuve Nyanga. Ce fleuve atteint l'océan, avec ses méandres à travers les marais dans les formations alluvionnaires de la région littorale.

3.3.2.6. *Occupation humaine et activité du site de Setté Cama*

Dans le site, l'occupation du sol est très faible. Seule la localité de Gamba, située dans le domaine, constitue la seule emprise réelle sur le sol.

Les mesures restrictives prises dans les années 2010, par le Conseil Départemental de Ndougou et la compagnie Shell Gabon, ont permis de réguler l'occupation du sol autour de ce site. Essentiellement, le Nord et le Nord-Est du domaine lagunaire sont consacrés à l'agriculture, à cause des terres qui y sont favorables à la production.

Une portion congrue du site est utilisée pour les jardins de case (derrière les maisons) ; mais, de manière générale, l'agriculture est marginale. L'essentiel des produits agricoles vient de Tchibanga, localité voisine située à plus de 80 km au sud du site. Par contre, la pêche est la principale activité de la région de Ndougou.

L'approvisionnement en eau de la ville de Gamba est fait par un système de pompage des eaux de la lagune. Ces eaux sont ensuite traitées par la Société d'Énergie et d'Eau du Gabon (SEEG) pour la consommation. Par contre, dans les villages, les eaux proviennent des sources d'eau naturelles environnantes.

D'une part, comme activité humaine, le seul projet défavorable est l'exploitation pétrolière dans le bassin de la lagune Ndougou. D'autre part, l'extension urbaine autour de la localité de Gamba peut constituer un facteur pernicieux, dans la mesure où son contrôle et son accompagnement ne sont pas planifiés et maîtrisés.

Cette zone humide est utilisée à des fins de loisirs et/ou du tourisme. Ce site compte les complexes touristiques suivants :

- le complexe Setté-Cama Safari, dont les principaux loisirs sont la pêche sportive, la découverte d'animaux caractéristiques, les balades en forêt et savane ;
- le Projet Sectoriel de Valorisation des Aires Protégées, qui développe des circuits touristiques autour du complexe de Gamba, avec pour point de chute la case de passage géré par le Conseil Départemental de Ndougou ;
- les différents hôtels de la localité de Gamba, qui offrent aussi quelques distractions aux visiteurs. Ces complexes reçoivent chaque week-end un peu plus d'une dizaine de touristes, aussi bien locaux qu'étrangers.

Ce chapitre a apporté des éléments de compréhension du contexte environnemental du site d'étude en abordant les différentes politiques qui ont conduit à leurs mises en protection, de l'importance des zones humides et du besoin fondamental de les conserver. Un accent particulier est mis sur l'ensemble des politiques environnementales qui ont un lien avec notre problématique et qui peuvent aider à la compréhension ou explication des dynamiques de la distribution du lamantin. La conservation de la biodiversité aussi bien des espèces que les milieux prend naissance de la prise de conscience des perturbations des écosystèmes naturels et sensibles. La protection de la nature au Gabon évolue dans le processus général de la constitution des politiques et pratiques de sauvegarde des espèces et des milieux naturels mondiaux du 19e siècle. Ce processus se poursuivra après la décolonisation en 1960 avec l'adoption des statuts d'Aire d'Exploitation Rationnelle de la Faune (AERF). L'Arrêté n° 1571/SF/CHPP du 29 Décembre 1966 donne la création de l'AERF de Setté Cama qui comporte notre site d'étude. Depuis les années 1970, la redécouverte de la richesse biologique et de la productivité particulière des zones humides les a placées au centre des préoccupations internationales. Ce qui donnera lieu à la Convention sur les zones humides en 1971. Il s'agit du premier traité intergouvernemental moderne, d'envergure mondiale, sur la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles. La convention vise à accroître la sensibilisation à l'importance des zones humides pour l'humanité, et à contribuer à leur conservation. Près de cinq décennies aujourd'hui, cette convention est toujours le seul traité à répondre aux exigences spécifiques d'un type d'écosystèmes. Le Gabon est partie prenante de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides d'Importance Internationale (ZHII), depuis le 30 avril 1987. Petit Loango et Setté Cama déjà AERF deviennent aussi des sites Ramsar. Au vue de tous ses éléments, de politique de conservation, il en ressort nettement que Petit Loango et Setté Cama ont bénéficié d'une protection qui permet d'avoir un habitat et une faune particulière à sauvegarder. Ce qui justifie le choix de ce milieu afin d'étudier le lamantin, cette espèce rare et furtive.

Cette première partie a été énoncée en trois chapitres. L'objectif du premier chapitre était de décliner les différents aspects conceptuels et méthodologiques couramment mobilisés en biogéographie pour aborder la distribution des espèces. Un accent particulier a été mis sur les approches utilisées pour le suivi de répartition ainsi que les outils utilisés. Un des enjeux réside dans les capacités de quantification de l'occupation d'un site, la probabilité de détection de l'espèce et d'identification de la configuration spatiale de répartition. Les outils de l'écologie

permettent de répondre à cette exigence par le recours à la biostatistique, ayant des modèles de probabilités inductives.

Le chapitre deux avait pour objectif de présenter le lamantin d'Afrique d'une part, et de dresser un état de la dispersion du lamantin dans les paléo-environnement gabonais d'autre part. Il reprend de prime abord la généralité sur l'ordre des siréniens suivi de la systématique. Un accent particulier est mis sur la description du lamantin africain. Cette espèce subit diverses menaces qui font peser une pression sur sa population. Pour pallier cela, des textes de loi pour leur protection ont été adoptés afin de permettre une conservation de l'espèce. De second abord, ce chapitre a exposé à travers une analyse bibliographique, les différentes modifications du littoral gabonais pendant la glaciation du Würm lors du Quaternaire. Ces données furent couplées à celle de l'évolution des siréniens dans le monde. Cette approche nous permettra de mettre en évidence les changements possibles des poches de dispersion, freinée par les barrières physiques du relief.

Le chapitre trois est dédié à la connaissance de la zone d'étude. Son but est de présenter l'évolution des politiques en matière d'environnement. Le mode de gestion de ce territoire depuis la mise en exécution des politiques coloniales et post indépendance ont conduit à la sauvegarde des milieux. De plus, la ratification par le Gabon de différents traités et conventions, telle que la Convention sur les Zone Humides à Importance internationales (dites Convention Ramsar) ont renforcé la conservation des milieux et des espèces fauniques dans notre zone d'étude.

DEUXIÈME PARTIE :

**ANALYSE DE LA DISTRIBUTION ET DE LA
CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAIN DANS LES
SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET DE SETTE CAMA**

Cette deuxième partie se permet de traiter de la distribution et l'état de conservation d'une espèce. Elle est une des étapes indispensables pour la conservation de cette espèce. Avec les pressions humaines sans cesse croissantes sur la biodiversité conduisant à la mise en place du concept de la sixième extinction, il est plus que primordial de pouvoir s'inscrire dans cette logique. Le Gabon est considéré comme l'un des pays leader de la conservation et il se doit d'améliorer ses connaissances sur les espèces à haute valeur de conservation, dont le lamantin, espèce intégralement protégée. D'autant plus que cette espèce est observée majoritairement dans les sites Ramsar, notamment, ceux Petit Loango et de Setté Cama (Keith Diagne, 2014). Ainsi, cette partie consistera (i) à modéliser la distribution de la population, puis (ii), à identifier les facteurs de distribution et (iii) à dresser un état de la conservation du lamantin dans la zone d'étude.

CHAPITRE 4 : Modélisation de la distribution des populations de lamantin à Petit Loango et Setté Cama

La modélisation de la distribution des espèces est un ensemble de procédures, définitions et techniques reposant sur des concepts fondamentaux en écologie et en biogéographie mettant en relation les distributions des espèces et leur environnement (Elith and Franklin, 2017). La variable réponse est une mesure de la fréquence et de l'abondance d'une ou plusieurs espèces (Elith and Franklin, 2017). Par ailleurs, plusieurs algorithmes existants permettent de modéliser les réponses des espèces aux variables prédictives de différentes manières (Guisan and Zimmermann, 2000 ; Elith et *al.*, 2006). Il est souvent difficile d'identifier la meilleure approche pour un cas particulier. Les modèles utilisés dépendent étroitement de la nature des données collectées. Par nature, il faudrait entendre les caractéristiques de l'échantillonnage. La taille de l'échantillon permet de mieux saisir la complexité du phénomène. Bien que la robustesse des algorithmes ait évolué pour des échantillonnages de petites tailles, il n'en demeure pas moins qu'aucune méthode ne peut inventer des données si elles sont inexistantes dans les jeux de données. Ainsi, il est nécessaire d'avoir au moins 30 observations de données présence-absence pour une espèce rare (Elith and Zimmermann, 2017). Les propriétés des données d'échantillonnage disponibles influencent aussi le choix des modèles. Les données de présence-absence ne fourniront pas des informations aussi claires que des données seulement de présence. De même, la probabilité de détection de l'imperfection peut aussi avoir une influence sur le jeu de données existant. Au Gabon, les travaux menés à ce jour sur le lamantin africain «*Trichechus senegalensis*» ont été focalisés sur sa phylogénie, son alimentation et les tendances de répartition.

Dans ce chapitre, il s'agira de déterminer (i) la saisonnalité du lamantin africain sur le site Ramsar de de Petit Loango, (ii) les zones avec une forte probabilité de présence du lamantin, (iii) les modèles de distribution du lamantin africain pour les sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango.

4.1. Population de lamantin à Petit Loango

4.1.1. Bilan des campagnes

Les campagnes se sont déroulées en saison pluvieuse de Mars à Mai 2019, puis en saison sèche de Juin à Août 2020. Au total, nous avons effectué 1623 km de distance naviguée pour un

temps de 103 heures toute saison confondue. En termes de distance en effort d'observation, cela représente 974 km pour un temps de 70 heures et 42 observations directes de lamantin. Le tableau 9, ci-après, présente les détails des campagnes.

Tableau 9: Bilan des missions de campagne à Petit Loango

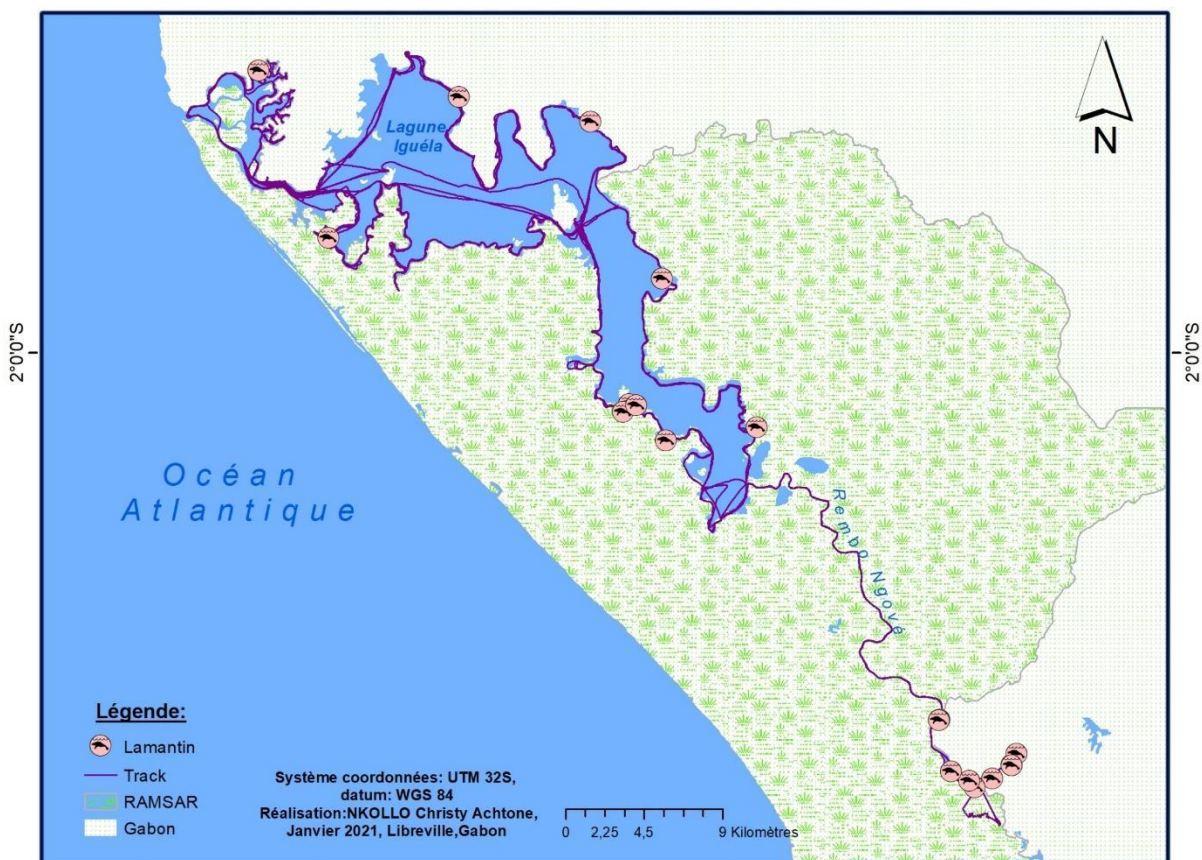
Date	Distance total naviguée (km)	Temps total de navigation (h)	Distance en effort (km)	Temps en effort (h)	Nombre d'observation lamantin
Mars 2019	263,26	16:37:00	140,26	10:37:00	5
Avril 2019	328,912	17:19:00	219	12:26:00	23
Mai 2019	240,882	15:09:31	71	09:28:00	8
Juin 2020	213,574	22:20:00	161,614	16:54:00	0
Juil 2020	291,111	16:00:00	183,3	10:04:30	6
Août 2020	285,592	15:47:03	199,02	11:00:00	2
TOTAUX	1623,331	103:12:34	974,194	70:29:30	44

Réalisation : Nkollo C.A., ; d'après les observations de terrain en 2019 et 2020.

Dans le cadre de ce travail, n'ont été considérés que des observations directes d'individus. Les traces indirectes, telles que les indices d'alimentation et les crottes, n'ont pas été comptabilisées.

Les observations des individus se répartissent à l'échelle de la lagune Iguéla ou Ngové et, aussi, sur les cours d'eau tributaires ; notamment le Rembo Ngové à la plaine Akaka et une portion du Rembo Eshira. Le manque d'embarcation adéquate, pour se faufiler entre les racines des arbres et les troncs d'arbres tombés, ne nous a pas permis de faire un plus grand nombre de tronçons. Toutefois, les observations directes et indirectes augurent une présence importante d'individus. Par ailleurs, des investigations n'ont pas été menées sur le Rembo Rabi ; car, les informations recueillies auprès des autochtones n'y font pas mention de la présence de lamantin. La figure 23 ci-après, fait état des contacts directs pendant le transect des individus.

Figure 23: Recensement des observations de lamantin dans les transects dans la lagune Iguéla et le Rembo Ngové



L'enquête initiale sur la répartition de la présence des lamantins dans la zone humide de Petit Loango n'a pas été exhaustive. Certaines zones sont toujours en attente d'enquêtes supplémentaires, à l'exemple de celle du Rembo Eshira. De plus, d'une part, le nombre de missions de terrain est faible pour une si grande zone et, d'autre part, une seule méthode d'investigation a été employée.

Cependant, malgré l'utilisation d'une seule méthode de recherche, l'enquête a montré l'existence d'une population importante de lamantins. Cela est attesté par les nombreuses observations des communautés locales, et les rapports de terrain du projet Opération Loango dans des localités au sein de cette zone humide.

L'enquête a également montré que si ces mammifères sont répartis ou présents dans les zones humides, ils ont également tendance à concentrer leur présence selon, d'une part, les saisons pluviométriques et, d'autre part, leurs activités dans des secteurs particuliers.

4.1.1.1. Saisonnalité

Les tendances de présence du lamantin à Petit Loango semblent être régies par les saisons. Au Gabon, il existe deux saisons bien marquées : celle des pluies pouvant s'étaler sur 9 mois de Septembre à Mai, et celle sèche plus courte de Juin à Août. La tendance de zone positive à la présence de lamantin est de 62% en saison de pluie, contre 38% en saison sèche. L'observation de lamantin est alors plus favorable pendant la saison de pluie, dans cette zone humide. Ainsi, en saison de pluie, en prenant en compte les secteurs de lagune ou de rivière : la rivière à 53% des visions de présence propices, contre 42 % en lagune.

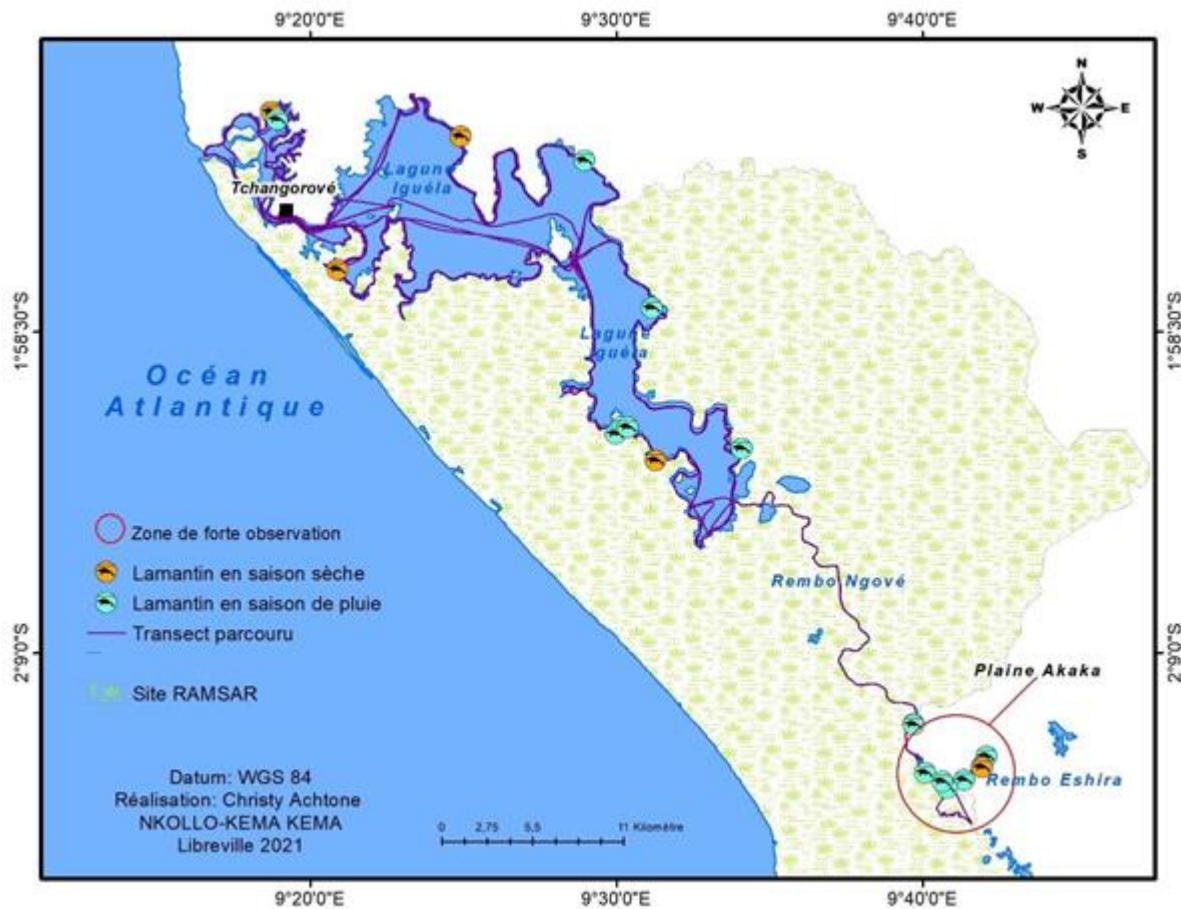
Toutefois, cette tendance s'inverse en saison sèche. En effet, le secteur lagunaire à 67 % des zones à présence de lamantin enregistrées, contre 22% en rivière. Par ailleurs, seule une zone dans le secteur de l'embouchure de la lagune Iguéla est favorable à 11%, durant les deux saisons. Variant entre les saisons, ces changements de zone positive à la présence du lamantin ne sont pas propres au Gabon. Il a déjà été rapporté des mouvements saisonniers du lamantin d'Afrique de l'Ouest, en réponse aux changements de niveau d'eau (Powell, 1996 ; Perrin, 2001). Mais, à Petit Loango, le niveau d'eau et les sources d'alimentation restent toujours convenables pour l'espèce. Le cas de figure de Petit Loango est semblable à celui de Sierra Leone, où l'espèce est présente dans les principaux chenaux hydrographiques toute l'année ; mais, une sorte de migration peut avoir lieu, avec un afflux d'individus dans la plupart des zones inondables (Siaffa and Jalloh, 2008).

4.1.1.2. Préférence d'habitat

La présence directe de lamantins a été plus souvent enregistrée dans la rivière Rembo Ngové, et très près des berges à la lagune Iguéla. Les observations de lamantins dans ces zones ont été généralement associées à des concentrations d'herbiers, à une couverture arborée le long des rives, et à des profondeurs d'environ 3 m. En général, ces caractéristiques sont associées à la famille de lamantins (Husar, 1978).

Le plus grand nombre d'enregistrements d'individus de lamantin a été noté dans le secteur de Rembo Ngové, dans la plaine Akaka (Figure 24, ci-après). Akaka, qui signifie en langue locale *Myènè* « le carrefour », marque en effet la rencontre entre les rivières Rembo Ngové et Rembo Eshira.

Figure 24: Présence de lamantin en fonction de la saison dans la lagune Iguéla



Trois facteurs peuvent expliquer la présence de lamantins dans la lagune Iguéla et au Rembo Ngové.

Le premier facteur est d'abord historique. Cette zone est sous protection de conservation depuis 1956, comme « parc national » et « réserve de faune » de Petit Loango. Ce statut a limité l'emprise de l'homme sur le milieu.

Ensuite, le second facteur serait lié à la législation établie par l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN), réglementant l'activité de pêche traditionnelle dans la lagune Iguéla; celle-ci profitera au lamantin. En effet, seule la pêche à la ligne, comme technique d'ailleurs contraignante, est autorisée. *De facto*, cela limite le nombre de pêcheurs, et les prises accidentelles dans les filets sont inexistantes. De plus, les populations ne s'aventurent pas dans la rivière Rembo Ngové, celle-ci étant fermée ou interdite à toute activité de pêche.

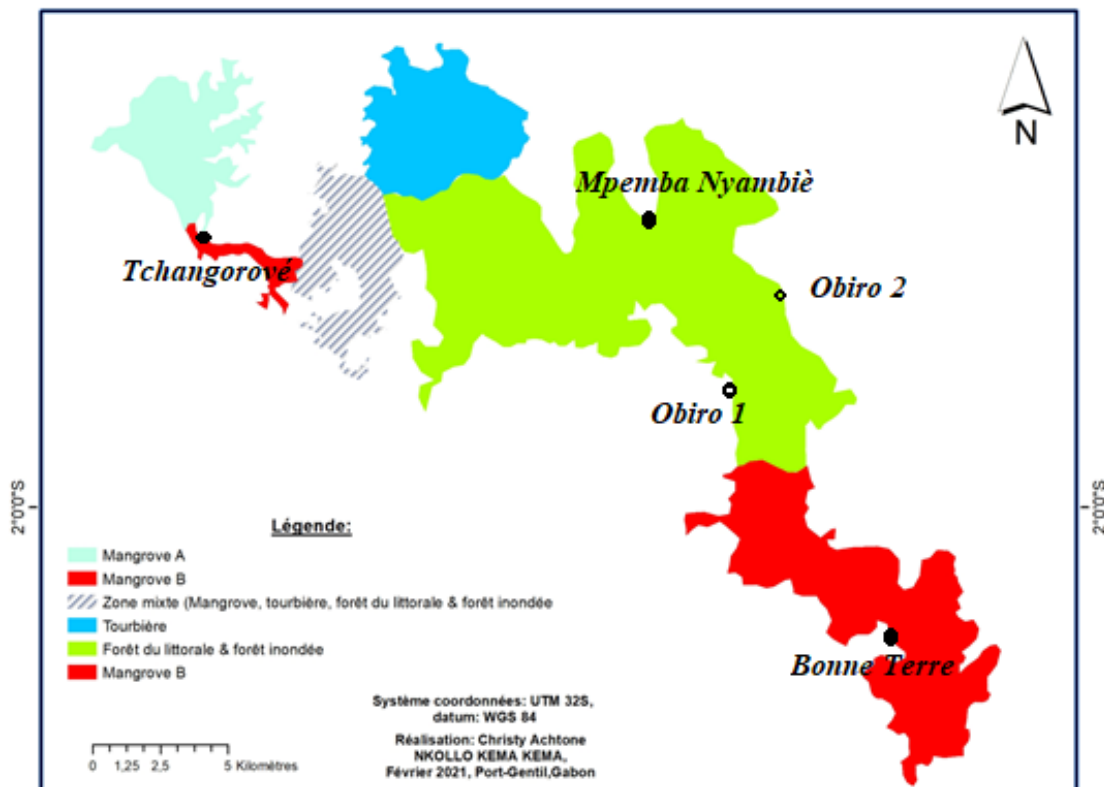
Enfin, le troisième facteur pourrait également être le résultat de l'intérêt culturel de la population locale pour le lamantin. En effet, le lamantin est considéré chez les peuples natifs ou locaux du

littoral comme un esprit des eaux sous l'appellation de « ombwiri », ce qui entraîne des rapports particuliers envers l'espèce (Nkollo, 2018).

4.1.1.3. Détail de l'habitat aquatique

La diversité de paysage floristique de l'habitat du lamantin à la lagune Iguéla est remarquable. A partir de la carte de recensement des observations (Figure 24), nous constatons que les lamantins sont répartis sur différents types d'habitat végétal. Une cartographie sommaire du paysage a été élaborée (Figure 25, ci-après). Les lamantins se retrouvent aussi bien en milieu de mangrove grise (*Conocarpus erectus*), de mangrove rouge (*Rhizophora*), de tourbière, de forêt inondée ou de forêt littorale.

Figure 25: Les habitats aquatiques dans la lagune Iguéla



Ces lieux ont des différences de variation de paramètres physico-chimiques. Cela démontre la très bonne adaptation de l'espèce. Par exemple, il peut vivre aussi bien dans un milieu saumâtre que dans un milieu à salinité quasi nulle. Par ailleurs, la lagune a une zone mixte regroupant l'ensemble de tous ces paysages végétaux cités avant.

4.1.2. Présence et occupation du lamantin à Petit Loango

4.1.2.1. Modèle simple avec variable et covariable

Sur les 13 sites visités lors du programme de recherche dans le site Ramsar de Petit Loango, 10 ont révélé la présence de l'espèce. Le site d'Akaka inclut les rivières Rembo Ngové et Rembo Eshira. Le modèle le mieux ajusté selon le critère d'Akaike (AIC) est celui qui explique la plus grande quantité de variation en utilisant le moins de variables indépendantes possible. À partir du paramétrage de probabilité avec les options de variable en saisonnalité, le modèle qui ressort est celui d'occupation avec des effets en intra saisonnalité. Son poids d'AIC est de 0.46 et prend en compte 6 paramètres (Tableau 10, ci-après). Cela sous-tend le changement des variables, que ce soit de site ou des paramètres physico-chimiques lors des différents passages d'inventaire, et influe sur la détectabilité de l'espèce que ce soit en saison de pluie ou en saison sèche.

Tableau 10 : Classement des meilleurs modèles d'occupation à saison simple du lamantin au site Ramsar de Petit Loango en 2019 et 2020

Model	AIC	Δ AIC	AIC WI	Likelihood	K	2*LogLike
psi(), p (<i>with in season effect</i>)	83.0	0.00	0.4683	1.0000	6	71.01
	1					
psi(), p (<i>constant</i>)	84.1	1.12	0.2675	0.5712	4	76.13
	3					
psi(), p (<i>seasonal effect</i>)	84.7	1.69	0.2012	0.4296	5	74.70
	0					
psi(), p (<i>full identity</i>)	87.0	4.01	0.0631	0.1347	1	67.02
	2				0	

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

NB : les effets de passage sont ici pris en compte.

Précisons que la zone géographique est considérée comme constante et K représente le nombre de paramètres, AIC est le critère d'Akaike, Δ AIC, le poids d'Akaike, AIC WI le poids d'Akaike, Psi (Ψ) est la probabilité d'occupation, p la probabilité de détection.

La meilleure estimation Ψ déterminée par la variable présence, à partir de $\Psi()$, $p(\text{with in season effect})$, est de 0.9241 avec un niveau de confiance de 95% intervalle (IC à 95%) de 0.0482 à 0.9997 (Figure 26, ci-après).

Figure 26: Estimation réelle de Ψ

```

=====
|
|  Individual Site estimates of <psi>
|
|  Site          estimate  Std.err  95% conf. interval
|  psi          1 STE      :  0.9241  0.1962  0.0482 - 0.9997
|
=====

```

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

L'estimation réelle de Ψ indique la présence de l'espèce à 92% en tenant compte de la variation des intra saisons, soit des variables liées au site, notamment, la végétation ou la zone, soit aux covariables des paramètres physico-chimiques (spécifiquement le Redox, la salinité, le pH, la conductivité et la température), ou encore à celui lié à la météo.

4.1.2.2. Limite des modèles utilisés

La présence de lamantin est bien attestée à Petit Loango. Par la méthode d'observation directe à bord d'un petit bateau, sur des transects établis dans la lagune Iguéla et le Rembo Ngové, 44 lamantins ont été enregistrés. La détectabilité de l'espèce est plus propice en saison de pluie qu'en saison sèche. Par ailleurs, le nombre d'observations est plus élevé dans le secteur de la rivière que dans celui de la lagune, bien que les saisons régissent l'habitat usuel.

Toutefois, une réserve doit être émise sur les résultats obtenus ; car, une seule méthode de recherche a été employée. Le croisement de plusieurs méthodes de monitoring permettra d'avoir des données plus affinées.

Aussi, des recherches supplémentaires doivent-elles être effectuées, pour approfondir les relevés de population dans l'ensemble des zones humides littorales et leurs environnements immédiats et intermédiaires ; au-delà des limites des investigations faites.

La conductivité semble être le facteur qui influence le plus la probabilité de détection du lamantin dans le site Ramsar de Petit Loango. Par ailleurs, le plus souvent, le facteur influençant la probabilité de détection des animaux est la présence de nourriture. Il sera judicieux de

déterminer, bien plus tard avec plus de données d'observations enregistrées, si les facteurs sont significatifs à l'occupation.

La probabilité de détection visuelle des individus par transect linéaire est sous-estimée. En effet, les observations varient d'un observateur à l'autre. Cette variable n'a pas été prise en compte.

Malgré que les valeurs d'observation soient bonnes, il faudrait comparer les résultats de la méthode de transect linéaire à d'autres méthodes d'inventaire, tel que le monitoring à l'aide d'un sondeur marin de bateau, afin de comparer les données. De nature, le lamantin est très discret, ce qui le rend difficile à observer. La quantité importante d'eau permet à l'espèce de mieux être furtif. Seuls des observateurs aguerris en identifient facilement les traces.

Basée sur des méthodes d'analyses statistiques, cette étude met en évidence divers points importants concernant la présence et la détection de l'espèce. La présence de l'espèce n'obéit pas à un type de secteur aquatique spécifique. L'espèce se retrouve aussi bien en zone de mangrove, de tourbière, de forêt inondée du littoral et des herbiers. La végétation n'est pas une variable de facteur de répartition.

Par contre, bien que les paramètres physico-chimiques aient des effets sur la présence en saison de pluie, il n'en demeure pas moins qu'en saison sèche cela n'a pas d'effet sur la présence/absence de l'espèce. De plus, la détection de l'espèce est plutôt un sujet sensible au redox et au pH. Ces deux éléments donnent des indices sur l'état d'eutrophisation d'un milieu. Le suivi du lamantin continuera à prendre en compte les conditions du milieu, puisque sa présence est en partie conditionnée par la qualité physico-chimique des eaux.

4.1.3. Détermination de la configuration spatiale des lamantins à Petit Loango

4.1.3.1. Test statistique de la répartition à Petit Loango

➤ **Étape 1** : Formulation de l'hypothèse

Les lamantins se répartissent de manière aléatoire dans le site Ramsar de Petit Loango.

➤ **Étape 2** : Le nombre d'individus par unité d'échantillonnage

Cela est résumé sous la forme d'une distribution de fréquence, autrement dit du nombre d'unités d'échantillonnage avec 0, 1, 2, ..., r individus (Tableau 11, ci-après).

Tableau 11: Table des fréquences.

x	0	1	2	3	4	5
Fréquence fx	51	11	4	2	1	3

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

X = le nombre de lamantin par unité d'échantillon

Fx = la fréquence d'unité d'échantillonnage

Le nombre d'unité d'échantillonnage :

$$\begin{aligned} N &= \sum_{x=0}^{10} (fx) \quad (19) \\ &= 51+11+4+2+1+3 \\ &= 72 \end{aligned}$$

Le nombre d'individus est :

$$\begin{aligned} n &= \sum_{x=0}^{10} (xfx) \quad (20) \\ &= (0)(51)+ (0)(51)+(1)(11)+ (2)(4)+ (3)(2)+ (4)(1)+ (5)(3) \\ &= 0+11+8+6+4+15 \\ &= 44 \end{aligned}$$

La moyenne arithmétique de l'échantillonnage est :

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{n}{N} \quad (21) \\ &= \frac{44}{72} \\ &= 0,61 \end{aligned}$$

Sa variance est :

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\sum_{x=0}^{10} (xfx)^2 - \bar{X}n}{n-1} \quad (22) \\ &= 1,52 \end{aligned}$$

➤ **Étape 3** : Probabilités binomiales négatives, $P(x)$.

Cette probabilité repose sur l'équation :

$$\frac{N}{N_0} = \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] \quad (23)$$

Estimation de la valeur \hat{k} , obtenue à l'aide de l'équation :

$$\begin{aligned} \hat{k} &= \frac{(x)^2}{s^2 - x} \quad (24) \\ &= \frac{(0,61)^2}{(1,52 - 0,61)} \\ &= 0,40890 \end{aligned}$$

- Calcul du 1^{er} membre de l'équation :

Les valeurs $N= 72$ et $N_0= 51$

$$\frac{N}{N_0} = \frac{72}{51} = 0,149 \quad (25)$$

- Calcul du 2nd membre de l'équation :

Itération 1 :

$$\begin{aligned} \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] &= 0,40890 \log_{10} \left(1 + \frac{0,61}{0,40890} \right) \quad (26) \\ &= 0,1621 \end{aligned}$$

Itération 7 :

$$\begin{aligned} \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] &= 0,325 \left(1 + \frac{0,61}{0,325} \right) \quad (27) \\ &= 0,149 \end{aligned}$$

Après 7 tentatives, l'itération 7 donne une valeur numérique identique à celle fournie par le premier membre de l'équation de sorte que la meilleure estimation de \hat{k} est 0,325.

$\underline{x} = 0,61$ et $\hat{k} = 0,325$ étant connu, les probabilités $P(x)$ de trouver x individus dans une unité d'échantillonnage, où $x = 0, 1, 2, \dots, r$ individus, où $\frac{x}{\underline{x} + \hat{k}} = 0,652$ sont (Tableau 12, ci-après) :

Tableau 12: Calcul des probabilités binomiales négatives pour x individus (lamantin) par unité d'échantillon (quadrat)

Probabilités	Probabilités Cumulées
$P_0 = \left[1 + \left(\frac{0,61}{0,325} \right) \right]^{-0,325} = 0,709$	0,709
$P_1 = 0,652 \left(\frac{0,325}{1} \right) P_0 = 0,150$	0,859
$P_2 = 0,652 \left(\frac{1,325}{2} \right) P_1 = 0,064$	0,923
$P_3 = 0,652 \left(\frac{2,325}{3} \right) P_2 = 0,032$	0,955
$P_4 = 0,652 \left(\frac{3,325}{4} \right) P_3 = 0,017$	0,972
$P_5^+ = 1,00 - 0,972 = 0,028$	1,00

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

Les probabilités cumulées, après avoir trouvé 4 individus dans une unité d'échantillonnage, sont de 97,20 %. Les probabilités restantes P_5^+ sont donc à 2,8%.

Étape 4 : Fréquences théoriques

Elles s'obtiennent en multipliant les fréquences théoriques par le nombre total d'unités d'échantillonnage (Tableau 13, ci-après).

Tableau 13 : Calcul des fréquences théoriques d'unités d'échantillonnage contenant un nombre variable de lamantins à Petit Loango

Probabilités				Probabilités Cumulées
E_0	$= (N)(P_0)$	$72 \times 0,709 =$	51	51
E_1	$= (N)(P_1)$	$72 \times 0,150 =$	11	62
E_2	$= (N)(P_2)$	$72 \times 0,064 =$	4,604	66,6
E_3	$= (N)(P_3)$	$72 \times 0,032 =$	2,304	68,9
E_4	$= (N)(P_4)$	$72 \times 0,017 =$	1,22	70
E_5^+	$= (N)(P_5)$	$72 \times 0,028 =$	2	72

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

Étape 5 : Validité de l'ajustement par test distribution chi-carré avec n degrés de liberté.

Le test statistique χ^2 est calculé comme suit (Tableau 14, ci-après) :

Tableau 14 : Calculs pour le critère de test chi-carré

Nombre de lamantin (x)	Fréquence observée	Fréquence théorique (Ex)	$\frac{(fx - E_x)^2}{E_x}$
0	51	51	0,00
1	11	11	0,00
2	4	4,6	0,079
3	2	2,4	0,067
4	1	1,22	0,040
5	3	2	0,5
Totaux	72	72	0,685

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

La probabilité d'obtenir une valeur de χ^2 est égale à 0,68.

Ceci est nettement inférieur à la valeur critique de probabilité à 5% de 7,82 à 3 degré de liberté.

Le modèle binomial négatif apparaît donc comme un bon ajustement des données observées. L'hypothèse nulle ne peut être rejetée. Effectivement, nous avons une distribution aléatoire des lamantins dans le site Ramsar de Petit Loango.

4.1.3.2. Vérification du test statistique par l'indice de Green à Petit Loango.

Afin de procéder à une vérification du test statistique pour détecter des configurations spatiales, on peut se référer à l'indice de Green.

$$G_i = \frac{\left(\frac{s^2}{x} - 1\right) - 1}{n-1} \quad (28)$$

$$G_i = \frac{\left(\frac{1,52}{0,66} - 1\right) - 1}{44-1}$$

$$= 0,011$$

La valeur du G_i est 0,011 et donc égale à 0 ; ce qui se classe dans une distribution aléatoire.

Les résultats du test statistique et la valeur de l'indice de Green concordent. Au site Ramsar de Petit Loango, la configuration spatiale est aléatoire.

4.2. Populations de lamantin à Setté Cama

Afin d'estimer la densité ou la population d'animaux dans notre zone d'étude, les transects linéaires sont un réel moyen. De telles estimations fonctionnent bien si les animaux sont répartis assez uniformément sur la zone, de sorte que la densité réelle à chacun des sites transects est à peu près le même. Si la distribution est inégale, de sorte que certains transects tombent dans des endroits sans animaux, les estimations de population seront imprécises. L'erreur standard et des intervalles de confiance seront larges. *De facto*, il sera difficile de détecter des tendances sur un long temps ou entre les sites.

Si la distribution est inégale, il est souvent plus judicieux de surveiller les correctifs plutôt que de surveiller la densité, ou même la population globale. Concrètement, il faut reformuler la question de recherche de « Quelle est la taille de la population? » en « Quelle fraction des zones humides est habitée par une certaine espèce? »

Les résultats de la surveillance des sites spécifiques est souvent plus utile pour générer des idées vérifiables sur les causes des changements, et dans l'orientation des décisions de gestion, que les changements dans l'ensemble de la population. Si l'espèce disparaît d'une zone humide spécifique, nous pouvons étudier les différences entre celles-ci et les zones humides encore occupées, puis prendre les actions. En revanche, une baisse du nombre global de l'espèce donne peu d'indices sur les raisons.

En principe, déterminer si une parcelle d'habitat est occupée ou non par une espèce est facile : il suffit de suivre les traces. Mais de nombreuses espèces sont difficiles à détecter ; et nous ne pouvons pas conclure qu'ils sont absents, simplement parce que nous n'avons pas réussi à les détecter.

En d'autres termes, une "absence" peut être due à l'absence de l'espèce, ou l'espèce n'est pas détectée en raison du hasard. Ce dernier est qualifié de fausse absence. Les fausses absences conduisent à une sous-estimation du nombre réel de sites occupés par l'espèce. De plus, dans les comparaisons entre différentes régions ou différentes enquêtes, les occasions peuvent être minées par les différences de « détectabilité » des individus.

Les techniques développées au cours des dernières années permettent de traiter le problème de fausse absence en estimant la probabilité de détection à partir des données. Avec un plan d'enquête approprié, nous pouvons maintenant estimer le nombre de sites, où les animaux n'ayant pas été détectés, sont néanmoins occupés et obtiennent une bonne estimation de la proportion des sites consacrés.

4.2.1. Bilan des campagnes à Setté Cama

Au total, 18 jours d'enquêtes ont eu lieu entre décembre 2015 et mars 2016 dans le site de Setté Cama. Cela représente 340,1 kilomètres d'effort d'observation en navigation pour un temps de 40h37min 05s. Les dates et détails des enquêtes sont présentés dans le tableau 15, ci-après. Il est à préciser que les missions devaient s'étaler sur une durée de 6 jours par mois. Mais, elles furent ramenées à 4 jours, car elles permettaient de couvrir les transects linéaires établis suite à la mission de décembre qui s'est étalée sur 6 jours. Le tableau donne aussi les nombres d'observations directes de lamantin et d'observations indirectes, notamment les traces d'alimentation.

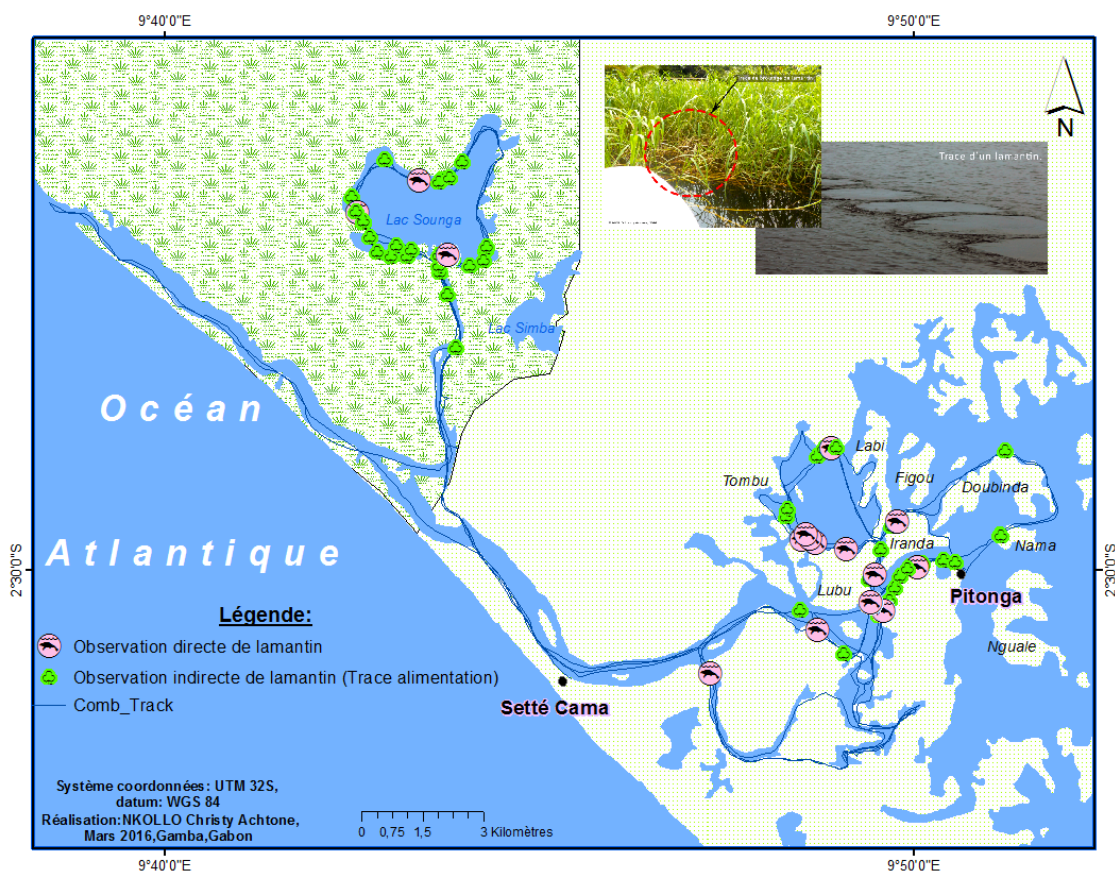
Tableau 15: Synthèse distance, temps, effort et observations de lamantin dans la lagune Ndougou

Date	Distance naviguée (km)	Distance en effort (km)	Temps de navigation (h : mn : s)	Temps en effort (h : mn : s)	Nombre d'observation de lamantin	Nombre d'observation de trace indirecte
9-14 Décembre 2015	263,26	89	15:37:00	10:37:00	0	2
22-25 Janvier 2016	241	119	17:19:00	12:26:00	3	14
21-24 Février 2016	175	71	14:09:00	09:28:00	6	24
9-12 Mars 2016	179,9	61,1	14:27:31	08:05:05	12	16
Totaux	859,16	340,1	61:32:31	42:02:05	21	56

Réalisation : Nkollo C.A., d'après les données de terrain

Les résultats de cette étude sont une synthèse de toutes les données recueillies de décembre 2015 à mars 2016 (Figure 27, ci-après).

Figure 27: Observations directes et indirectes (traces d'alimentation) du lamantin à la lagune Ndougou



Sur les 16 sites visités à la lagune Ndougou, 13 (soit 81 % des sites étudiés) ont révélé la présence de l'espèce ; 11 sur le secteur mangrove (soit 69 % des sites visités) et 2 sur le secteur forêt inondée du littoral (soit 12% des sites visités).

Les 8 premiers modèles sont présentés dans le tableau 16, ci-après. En examinant les résultats, nous avons une différence de seulement 0,02 unité AIC entre les deux premiers modèles, de 0,98 unité AIC entre le premier et le troisième et 1,04 unité AIC entre le premier modèle et le quatrième modèle.

Tableau 16 : Sortie des 8 premiers modèles ajustés sur le programme PRESENCE

<i>Model</i>	<i>AIC</i>	ΔAIC	<i>AIC wgt</i>	<i>Likelihood</i>	<i>no.Par.</i>	<i>-2*LogLike</i>
$\Psi(\cdot),p(Ox)$	87.21	0.00	0.6353	1.0000	3	81.21
$\Psi(Hab),p(\cdot)$	88.34	0.02	0.2644	0.9900	3	82.34
$\Psi(pH),p(\cdot)$	89.30	0.98	0.1636	0.6126	3	83.30
$\Psi(\cdot),p(\cdot)$	89.36	1.04	0.1588	0.5945	2	85.36
$\Psi(comptage),p(\cdot)$	91.00	2.68	0.0699	0.2618	3	85.00
$\Psi(Sal),p(\cdot)$	91.33	3.01	0.0593	0.2220	3	85.33
$\Psi(Temp),p(\cdot)$	94.47	6.15	0.0278	0.0462	3	88.47
$\Psi(Hab+Temp),p(\cdot)$	96.47	8.15	0.0045	0.0170	4	88.47

Réalisation : Nkollo C.A., 2021.

Cela indique que même s'ils ne sont pas « le meilleur » modèle, les trois modèles suivants ont toujours un niveau raisonnable de détenir les preuves explicatives « de présence et détection » de l'espèce.

Ainsi, la plupart des preuves des quatre modèles, dont le $\Delta AIC < 2$, indiquent que la probabilité de la détection soit constante (sur la base des données disponibles). Sauf pour le premier modèle $\Psi(\cdot),p(Ox)$, dont le $\Delta AIC = 0.00$ retient notre attention. Celui-ci combine 3 paramètres, et son poids **AIC wgt** est de 0,6353. Il traduit qu'en considérant l'estimation d'occupation (Ψ) constante, l'oxygène dissous est la covariable qui influe sur la probabilité de détection.

Par ailleurs, que nous soyons dans une zone à mangrove ou dans une zone à forêt inondée du littoral, le type d'habitat est une variable importante à la présence du lamantin. Il y a des indications que la probabilité de détection peut varier d'une enquête à l'autre.

4.2.2. Présence et occupation du lamantin à Setté Cama

4.2.2.1. Occupation de site et probabilité de détectabilité à Setté Cama

Le site Ramsar de Setté Cama étant très large, nous avons circonscrit cette analyse uniquement à la lagune Ndougou. En se référant aux travaux précédents de Keith (2007 ; 2014) et Nkollo

(2016 ; 2017) sur cette lagune, la zone de points chauds (*hots-spot*) a déjà été déterminé. Il s'agissait de la partie occidentale aval de la lagune. A partir de la base de données bien fournie issue du programme marin du WWF Gabon, des jeux de modèle ont été intégrés dans ledit programme.

A cet effet, nous avons testé l'influence des paramètres des habitats aquatiques sur l'estimation du taux d'occupation des sites, et sur la détectabilité des espèces. Ces paramètres sont la mangrove et la forêt inondée du littoral. De plus, les covariables pH, oxygène dissous et température ont été intégrées afin d'avoir des résultats affinés. Plus de 25 modèles tests ont été effectués, mais seuls 4 se sont démarqués du lot. Le meilleur résultat est $\Psi(\cdot),p(Ox)$. *Il montre que l'occupation n'est pas régie par le type de végétation du milieu mais par contre que l'oxygène dissous de l'eau compte pour la détection de l'espèce.*

La figure 28, ci-après, présente les estimations non transformées des coefficients du résultat $\Psi(\cdot),p(Ox)$. Ces coefficients nous sont ou seront utiles pour calculer les valeurs réelles de l'occupation et de la probabilité de détection.

Figure 28: Estimation non transformées des coefficients du modèle testé $\Psi(\cdot),p(Ox)$

```

Untransformed Estimates of coefficients for covariates (Beta's)
=====

```

		estimate	std.error
A1	psi.a1	: 1.598020	0.718237
B1	P[4].b1	: 5.822770	2.698809
B2	P[1].Oxy	: -0.813372	0.388450

```

=====

```

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

Ici A1 est estimé à 1.598020 avec une erreur standard de 0,718237. Quant à B1, il est estimé à 5.822770 avec une erreur standard de 2.698809, et B2 pour la variable oxygène l'estimé est de -0.813372 avec une erreur standard de 0.388450.

De prime abord, la probabilité de présence est constante ; mais, elle est variable en fonction de la quantité d'oxygène dissous. Cependant, ce *a priori* doit être confirmé par le calcul réel de l'occupation A_1 et la détection B_2 .

4.2.2.1.1. Estimation réel de l'Occupation Ψ (ψ_i)

Afin de calculer l'occupation de site Ψ , la valeur A_1 est 1.598020 . Considérons la fonction :

$$\begin{aligned}\text{logit}(\Psi_i) &= a_1 * 1 & (29) \\ &= a_1 \\ &= 1.598020\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\widehat{\Psi}_i &= \frac{e^{\widehat{a}_1}}{1+e^{\widehat{a}_1}} & (30) \\ &= \frac{e^{1.59}}{1+e^{1.59}} \\ &= 0.831741\end{aligned}$$

Cela indique que sur l'ensemble des sites suivis entre 2015 et 2016 au site Ramsar de Setté Cama en tenant compte de tout habitat confondu, l'espèce lamantin africain a 83% de chance d'être présente en saison de pluie à la lagune Ndougou.

Pour déterminer si cette constance de Ψ est significative, en tant que paramètre du milieu à considérer, nous calculerons son intervalle de confiance avec une fiabilité de 95%.

$$\begin{aligned}x &= \theta \pm 1.96 * \text{erreur standard} \\ &= 0.831741 + 1.96 * 0.72 & (31)\end{aligned}$$

Valeur maximale = 2

$$\begin{aligned}x &= \theta \pm 1.96 * \text{erreur standard} \\ &= 0.831741 - 1.96 * 0.72 & (32)\end{aligned}$$

Valeur minimale = -0.58

Conclusion : $- 0.58 < a_1 > 2$

La valeur de la pente A1 de Ψ , qui est estimé à 1.59, présente une incertitude. La vraie valeur de cette pente se trouve comprise entre -0.58 et 2. Cela signifie que dans le pire des cas, la pente est négative et des variables influent sur l'occupation de site ; et, dans le meilleur des cas, l'homogénéité des sites est constante.

4.2.2.1.2. Estimation réel de détection de $p(Ox)$

Afin de calculer la probabilité de détection $p(Ox)$, la valeur b_1 est 5.82 et b_2 est -0.81
Considérons la fonction :

- Afin de calculer la probabilité de détection du site, nous considérons la fonction :

$$\begin{aligned} \mathit{logit}(p_i) &= b_1 + b_2 & (33) \\ &= 5.82 + (-0.81) \\ &= 5.01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{p}_i &= \frac{e^{\hat{b}}}{1 + e^{\hat{b}}} & (34) \\ &= \frac{e^{5.01}}{1 + e^{5.01}} \end{aligned}$$

$$p = 0.99$$

La probabilité de détection (p) est de 99%. C'est-à-dire que si l'espèce est présente, l'observateur a environ 9 possibilités sur 10 de la voir dans un milieu aquatique très oxygéné. L'oxygène dissous est à prendre en compte pour cette détection ; mais, il est toutefois à vérifier si cela est représentatif. Afin de déterminer si la covariable oxygène dissous de p , en tant que paramètre du milieu à considérer, est significative, nous calculerons son intervalle de confiance avec une fiabilité de 95% ; soit :

$$\begin{aligned} x &= \theta \pm 1.96 * \text{erreur standard} & (35) \\ &= (-0.81) + 1.96 * 0.39 \end{aligned}$$

$$\text{Valeur maximale} = -0.0456$$

$$x = \theta \pm 1.96 * \text{erreur standard} \quad (36)$$

$$= (-0.81) - 1.96 * 0.39$$

$$\text{Valeur minimale} = -1.5744$$

$$\text{Conclusion : } -1.5744 < b_2 > -0.0456$$

La vraie valeur de la pente b_2 se situe entre -1.5744 en valeur minimale pour -0.0456 en valeur maximale. Cette pente est totalement négative. Donc, on peut conclure et affirmer que le paramètre oxygène dissous n'influe pas sur la détectabilité de l'espèce. Il doit y avoir une autre relation indirecte qui explique pourquoi, dans la partie aval de la lagune Ndougou, les sites d'observation à lamantin ont une forte corrélation avec ce paramètre.

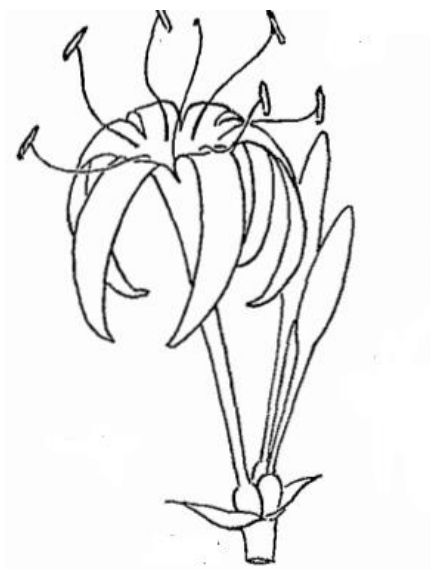
4.2.2.2. Explication sur le facteur de détectabilité à Setté Cama

Les calculs précédents ont démontré que le paramètre de l'oxygène dissous, bien qu'il soit reconnu comme un facteur important, n'est pas significatif dans la détectabilité de l'espèce lors des campagnes de collectes de données, les lamantins étaient observés la plupart de temps en activité d'alimentation (Nkollo, 2016). Les points d'observations de lamantin se superposent avec celui des traces d'alimentations (cf. figure 27). Ces mêmes observations ont été enregistrées par les riverains ayant participé aux enquêtes par questionnaires lors des précédents travaux (Nkollo, 2016). De plus, selon la même enquête, les communautés locales ont donné une identification précise de la plante très consommée par les lamantins à ces endroits, soit « *tsani* » en langue *Lumbu*.

A partir de l'isolation des isotopes accumulés dans l'os de l'oreille de l'espèce, Lucy Keith (2014) l'avait déjà identifiée comme aliment principal des lamantins à la lagune Ndougou. Selon Raynal-Roques (1980), cette plante est le *Crinum natans*. Les *Crinum* appartiennent aux Amaryllidacées. C'est une herbe submergée à souche bulbeuse enracinée et à feuilles en rubans, atteignant 1 m de long, molles, gaufrées, flottant dans le courant. Un scape épais, raide, dressé un groupe de grandes fleurs blanches odorantes, au-dessus de l'eau ; périanthe à tube étroit, long de 15 cm, porté par l'ovaire infère et terminé par 6 lobes étroits longs de 8 cm environ et 6 étamines (figure 29 ; Photo 3). Grand genre pantropical dont une dizaine d'espèces sont

aquatiques ; parmi elles, une seule est africaine, *C. natans* Bak. Elle se localise dans des eaux claires moyennement profondes et les ruisseaux permanents, souvent à courant vif.

Figure 29: Plante oignon *Crinum natans* (inflorescence)



Source : Raynal-Roques A, 1980.

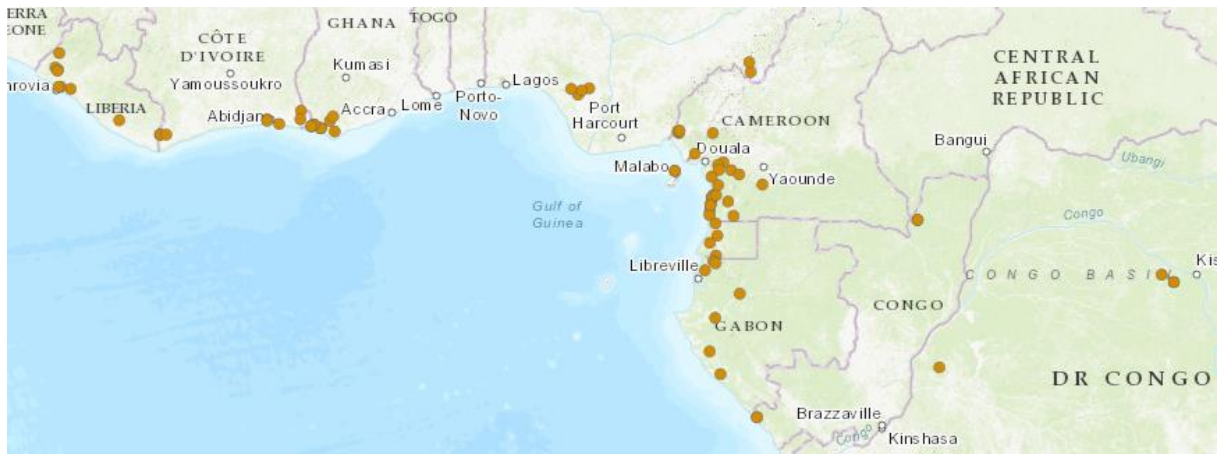
Photo 3: Plante oignon (*Crinum natans*) à Pitonga



Source : WWF Gabon, 2015.

La distribution de la plante oignon (*Crinum natan*) s'étend sur les régions littorales des pays du Grand Ecosystème Marin du Courant de Guinée, depuis la Guinée jusqu'en Congo, en passant par le Gabon, à l'Est dans le continent au nord du Congo, et en au centre de la République Démocratique du Congo. Elle a été récoltée depuis le niveau de la mer jusqu'à environ 650 m d'altitude, et appartient à la « forêt littorale », la « forêt biafine » et la « forêt congolaise » (UICN Red List, 2020 ; Figure 30, ci-après).

Figure 30: *Crinum natan* en Afrique de l'Ouest et du Centre



Source : <https://www.iucnredlist.org>

Au Gabon, selon la Liste Rouge de l'UICN des espèces menacées 2020, cette plante se rencontre dans la baie de la Mondah, la rivière Abanga (un affluent du fleuve Komo), les Monts de Cristal, la rivière Rabi, les lagunes Ndougou et Banio. Dans les eaux douces, les plantes aquatiques sont d'un intérêt particulier sur les plans écologiques. Elles jouent un rôle prépondérant au sein des écosystèmes aquatiques puisque, d'une part, elles oxygènent l'eau grâce à la photosynthèse et, d'autre part, elles contribuent à la purification du milieu par la possibilité qu'elles ont d'absorber et fixer des éléments minéraux dissous. Ce sont donc des agents essentiels de régénération de l'eau propre, dont il faut souligner l'importance en notre époque de pollution.

Les plantes aquatiques contribuent aussi à dessaler les eaux saumâtres près des côtes, accroissant ainsi le volume des eaux douces. Par ailleurs, elles favorisent activement la sédimentation dont la progression tend à augmenter la surface des terres émergées. La dynamique des écosystèmes est donc directement liée à l'action biologique des plantes aquatiques. La présence ou l'absence de certaines espèces peut même orienter l'évolution d'un milieu vers différents équilibres biologiques et écologiques.

Lorsqu'il est atteint, le maintien d'un tel équilibre est encore le fait de plantes qui assurent la constance de nombreuses caractéristiques du milieu en teneur d'oxygène dissous, en sels et pH par exemple. Cette particularité d'assurer la constance de nombreuses caractéristiques du milieu tel que la teneur en oxygène dissous peut sembler expliquer pourquoi les données, de la covariable oxygène dissous, de présence du lamantin à la lagune Ndougou soit si importante. Les lamantins sont enregistrés au niveau des herbiers submergés de *Crinum natans*, qu'ils consomment abondamment.

Par sa biologie directe, étant un mammifère marin, le lamantin n'a pas besoin d'oxygène dissous de l'eau. Le lamantin remonte respirer à la surface ; et en plongée ses narines sont fermées par des valves qui ne s'ouvrent que quand il remonte à la surface pour respirer (Reep et Bonde, 2006). Donc cela se tient que la covariable oxygène dissous ne peut pas être un facteur significatif dans sa détectabilité. Par contre, le *Crinum natans* produit énormément d'oxygène selon kamari. Le lamantin étant un consommateur de cette plante, les individus observés se retrouvent automatiquement dans un milieu très oxygéné. Toutefois, des tests de corrélation entre la présence des individus et le milieu oxygéné par le *Crinum natans* doivent être menés, pour dépasser le stade d'hypothèse et permettre une vérification scientifique.

4.2.3. Détermination de la configuration spatiale des organismes à Setté Cama

4.2.3.1. Test statistique de la répartition à Setté Cama

Étape 1 : Formulation de l'hypothèse

Les lamantins se regroupent en bouquet dans le site Ramsar de Setté Cama.

Étape 2 : Le nombre d'individus par unité d'échantillonnage

Cela est résumé sous la forme d'une distribution de fréquence, autrement dit du nombre d'unités d'échantillonnage avec 0, 1, 2, ..., r individus (Tableau 17, ci-après).

Tableau 17: Table des fréquences

x	0	1	2	3	4	5
Fréquence fx	39	9	13	5	1	3

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

X= le nombre de lamantin par unité d'échantillon

Fx= la fréquence d'unité d'échantillonnage

Le nombre d'unité d'échantillonnage :

$$\begin{aligned} N &= \sum_{x=0}^{10} (fx) & (37) \\ &= 33+9+13+5+1+3 \\ &= 64 \end{aligned}$$

Le nombre d'individus est :

$$\begin{aligned} n &= \sum_{x=0}^{10} (xfx) & (38) \\ &= (0)(33)+ (1)(9)+(2)(13)+ (3)(5)+ (4)(1)+ (5)(3) \\ &= 0+9+26+15+4+15 \\ &= 69 \end{aligned}$$

La moyenne arithmétique de l'échantillonnage est :

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{n}{N} & (39) \\ &= \frac{69}{64} \\ &= 1,08 \end{aligned}$$

Sa variance est :

$$s^2 = \frac{\sum_{x=0}^{10} (xfx)^2 - \underline{x}n}{n-1} \quad (40)$$

$$= 1,92$$

Étape 3 : Probabilités binomiales négatives, P(x).

Cette probabilité repose sur l'équation :

$$\frac{N}{N_0} = \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] \quad (41)$$

Estimation de la valeur \hat{k}_7 obtenue à l'aide de l'équation :

$$\hat{k} = \frac{(x)^2}{s^2 - \bar{x}} \quad (42)$$

$$= \frac{(1,08)^2}{(1,92 - 1,08)}$$

$$= 1,39$$

- Calcul du 1^{er} membre de l'équation :

Les valeurs $N= 64$ et $N_0= 33$

$$\frac{N}{N_0} = \frac{64}{33} \quad (43)$$

$$= 0,287$$

- Calcul du 2nd membre de l'équation :

$$\text{Itération 1 : } \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] = 1,39 \log_{10} \left(1 + \frac{1,08}{1,39} \right) \quad (44)$$

$$= 0,3470$$

$$\text{Itération 8 : } \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{x}{\hat{k}} \right) \right] = 0,73 \log_{10} \left(1 + \frac{1,08}{0,73} \right) \quad (45)$$

$$= 0,287$$

Après 8 tentatives, l'itération 8 donne une valeur numérique identique à celle fournie par le premier membre de l'équation de sorte que la meilleure estimation de \hat{k} est 0,73.

$\underline{x} = 1,08$ et $\hat{k} = 0,73$ étant connu, les probabilités $P(x)$ de trouver x individus dans une unité d'échantillonnage, où $x = 0, 1, 2, \dots, r$ individus, où $\frac{x}{\underline{x} + \hat{k}} = 0,42$ sont (Tableau 18, ci-après):

Tableau 18 : Calcul des probabilités binomiales négatives, pour x individus (lamantin) par unité d'échantillon (quadrat).

Probabilité	Cumulé
$P_0 = \left[1 + \left(\frac{1,08}{0,73} \right) \right]^{-0,73} = 0,5153$	0,51
$P_1 = 0,42 \left(\frac{0,73}{1} \right) P_0 = 0,1579$	0,6679
$P_2 = 0,42 \left(\frac{1,73}{2} \right) P_1 = 0,0573$	0,7252
$P_3 = 0,42 \left(\frac{2,73}{3} \right) P_2 = 0,0219$	0,7471
$P_4 = 0,42 \left(\frac{3,73}{4} \right) P_3 = 0,008577$	0,7556
$P_5^+ = 1,00 - 0,7556 = 0,2444$	1,00

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

Les probabilités cumulées, après avoir trouvé 4 individus dans une unité d'échantillonnage, sont de 75,26 %. Les probabilités restantes P_5^+ sont donc à 24,44%.

Étape 4 : Fréquences théoriques

Elles s'obtiennent en multipliant les fréquences théoriques par le nombre total d'unités d'échantillonnage (Tableau 19, ci-après).

Tableau 19: Calcul des fréquences théoriques d'unités d'échantillonnage contenant un nombre variable de lamantin au site de Setté Cama

Probabilité				Probabilité cumulée
E_0	$= (N)(P_0)$	$64 \times 0,51 =$	32,64	32,64
E_1	$= (N)(P_1)$	$64 \times 0,156 =$	9,984	42,62
E_2	$= (N)(P_2)$	$64 \times 0,0566 =$	3,6224	46,2464
E_3	$= (N)(P_3)$	$64 \times 0,0216 =$	1,3824	47,6288
E_4	$= (N)(P_4)$	$64 \times 0,0084 =$	0,5376	48,1664
E_5^+	$= (N)(P_5)$	$64 \times 0,24 =$	15,83	72

Réalisation : Nkollo C.A., 2021

Étape 5 : Validité de l'ajustement par test distribution chi-carré avec n degrés de liberté.

Le test statistique χ^2 est calculé comme suit (Tableau 20, ci-après).

Tableau 20 : Calculs pour le critère de test chi-carré

Nombre lamantin (x)	de	Fréquence observée	Fréquence théorique (Ex)	$\frac{(fx - E_x)^2}{E_x}$
0		33	33	0,00
1		9	10	0,1
2		13	4	20,25
3		5	1	16
4		1	0,5469	0,3707
5		3	16	10,5625
Total		64	64	46,91

Réalisation : Nkollo C.A., 2021.

La valeur du critère du test χ^2 est de 47,28. Ceci est nettement supérieur à la valeur critique de probabilité à 5% de 7,82 à 3 degré de liberté à partir du tableau de distribution du Chi² (Cf. Annexe 4.).

Ainsi, le modèle binomial négatif apparaît comme un mauvais ajustement des données observées. L'hypothèse nulle peut être rejetée. Dans le site Ramsar de Setté Cama, la distribution spatiale du lamantin est aléatoire particulièrement à la lagune Ndougou.

4.2.3.2. Vérification du test statistique par l'indice de Green.

Afin de procéder à une vérification du test statistique pour détecter des configurations spatiales, on peut se référer à l'indice de Green G_i comme précédemment au site Ramsar de Petit Loango :

$$G_i = \frac{\left(\frac{s^2}{x} - 1\right) - 1}{n-1} \quad (46)$$
$$G_i = \frac{\left(\frac{1,92}{1,08} - 1\right) - 1}{64 - 1}$$
$$= 0,00$$

La valeur du G_i est 0,00 et donc égale à 0, ce qui se classe dans une distribution aléatoire.

Les résultats du test statistique par la loi binomiale négative et la valeur de l'indice de Green sont concordants. Au site Ramsar de Setté Cama, nous avons la confirmation que la configuration spatiale est aléatoire.

Le chapitre quatre a été effectué en utilisant deux jeux de données : celui du site Ramsar de Setté Cama (décembre 2015 - Mars 2016) et le site Ramsar de Petit Loango (Mars-Mai 2019 et Juin-Août 2020). Ainsi, il a été enregistré 98 observations de lamantins tous sites Ramsar confondus pour un effort d'observations total de 1314,1 km et 110 heures. Par ailleurs, il est noté qu'au niveau du site Ramsar de Petit Loango, la saisonnalité du lamantin est très marquée. La saison des pluies, est la période de forte observation du lamantin africain dans la lagune Iguéla soit 62% contre 38% en saison sèche. Au niveau de l'embouchure de la lagune Iguéla, aucune saisonnalité significative n'a été enregistrée. Par contre, la saisonnalité n'a pas été traitée dans le site Ramsar de Setté Cama du fait que les données ont uniquement été collectées durant la saison sèche.

Des fortes concentrations de lamantins africains sont enregistrées dans la rivière Rembo Ngové au niveau de la plaine Akaka sur le site Ramsar de Petit Loango. Ses habitats se caractérisent par d'importantes présences d'herbiers marins et des profondeurs maximales de . Par ailleurs, sur le site Ramsar de Setté Cama, les concentrations de lamantin sont enregistrées entre le village Pitonga et le village Setté Cama avec un pic entre le Nord de l'île Lubu et le Sud de l'île Tombu. Ses habitats se caractérisent par une importante couverture de l'herbier marin, notamment le *Crinum natans* et des profondeurs inférieures à 3m.

CHAPITRE 5 : Identification des facteurs de distribution du lamantin dans les sites de Petit Loango et de Setté Cama en saison de pluie

Les rapports des données opportunistes indiquent la présence du lamantin dans les sites Ramsar de la zone côtière. Toutefois, aucune étude n'a été réalisée pour déterminer les facteurs de distribution de cette espèce dans les sites Ramsar. Ainsi, ce travail, en s'appuyant sur le chapitre 4 portant sur la modélisation de la distribution des lamantins dans deux sites Ramsar, consistera évaluer les facteurs environnementaux qui influencent la distribution des lamantins dans le site Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Cependant, il sera d'abord présenté les données physico-chimiques collectées et traitées durant les campagnes au site Ramsar de Petit Loango. Les données du site Ramsar de Setté Cama furent déjà collectées et traitées par le WWF Gabon.

5.1. Données physico-chimiques au site Ramsar de Petit Loango

Basée sur l'appréciation de la qualité des eaux de surface, la caractérisation du milieu est nécessaire pour toute analyse de distribution. Ces données représentent les covariables, qui seront corrélées aux données de présence/absence, afin de déterminer les paramètres influant l'estimation des probabilités d'occupation des sites et de détection des espèces. A l'aide d'un appareil à multiparamètres de terrain et des sondes, les données de pH, redox, conductivité, température et salinité ont été prélevées *in-situ* à l'échelle de la lagune Iguéla.

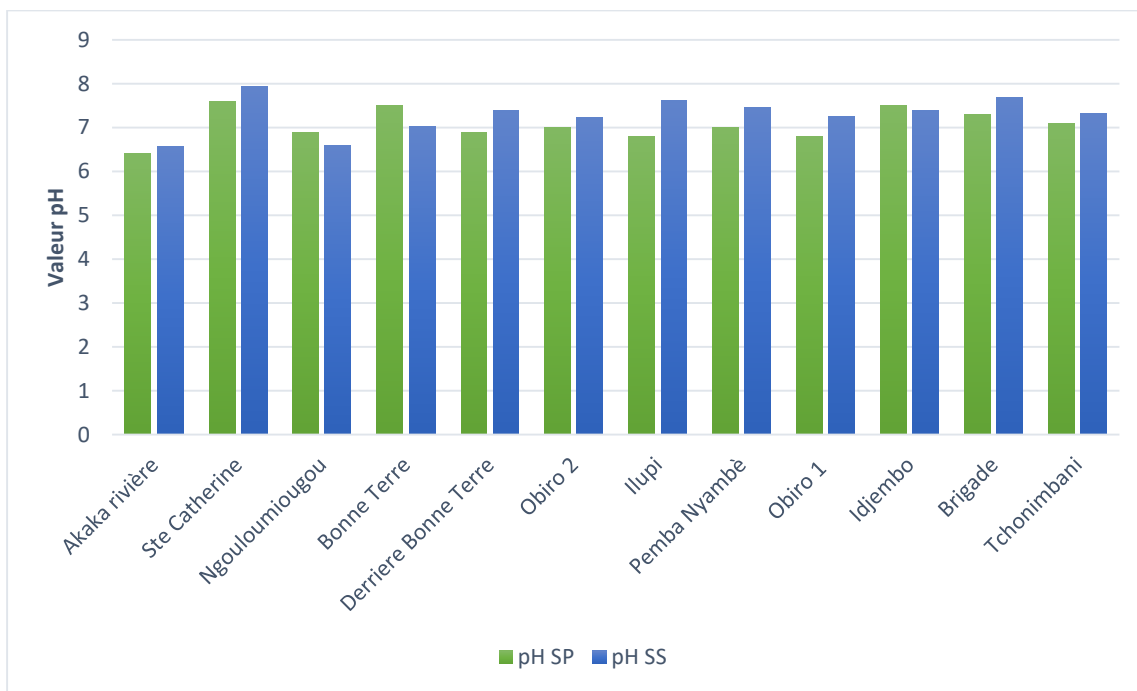
Le tableur *Excel* a servi dans la réalisation des fiches de collecte et à la saisie des données. Les données ont été géoréférencées, c'est-à-dire qu'une relation a été nouée entre les observations faites sur le terrain et leur position dans le milieu afin de les afficher dans un système d'information géographique. Aussi, ArcGIS a servi dans la réalisation de la spatialisation. Les données ont été analysées suivant une interpolation de pondération par l'inverse de la distance (IDW). Cette fonction détermine les valeurs de cellule via la combinaison pondérée de manière linéaire d'un ensemble de points d'échantillonnage.

5.1.1. pH

La variation du pH (Graphique 1, ci-après) de l'eau de la lagune Iguéla est généralement influencée par de nombreux facteurs, comme la température et les activités de photosynthèse et de respiration des microorganismes. Les valeurs de pH en saison de pluie varient entre 6,4 à 7,6

et en saison sèche de 6,56 à 7,93. Cette lagune est d'un pH d'acidité modérée à neutre. Il convient toutefois de noter que des eaux de surface peuvent être naturellement acides (Sataké et *al.*, 1989). Une acidification naturelle peut se développer sous l'influence d'acides organiques (Kämäri et *al.*, 1991). C'est le cas en particulier des tourbières (Duchaufour, 1994). Le cours d'eau Rembo Ngové s'écoule dans une zone de tourbière (Vande Weghe, 2007) avant d'atteindre la lagune Iguéla. Les valeurs de pH d'acidité modérée en fond de lagune se justifient à ce niveau.

Graphique 1: Valeur pH au site Ramsar de Petit Loango



pH SP = pH en saison de pluie; pH SS = Saison sèche

Source : Nkollo C.A, 2021.

A l'aval de la lagune, la valeur de pH est comprise entre 7,29 et 7,6 en saison de pluie et de 7,52 et 7,93 en saison sèche. Le pH de l'eau de mer est constant et légèrement basique, sa valeur étant d'environ de 8,2 (Degens, 1989).

Les très faibles valeurs du coefficient de variation (4,77 % en saison de pluie et 5,30 % en saison sèche) témoignent d'une remarquable homogénéité spatiale de la valeur du pH (Figures 31 et 32, ci-après). Selon la classification de l'OMS, la variation normale du pH des cours d'eau est de 6 à 8. La lagune Iguéla est entre 7 et 8, soit une neutralité approchée. Elle s'inscrit dans les normes environnementales de la qualité de l'eau.

Figure 31: Spatialisation du pH en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango

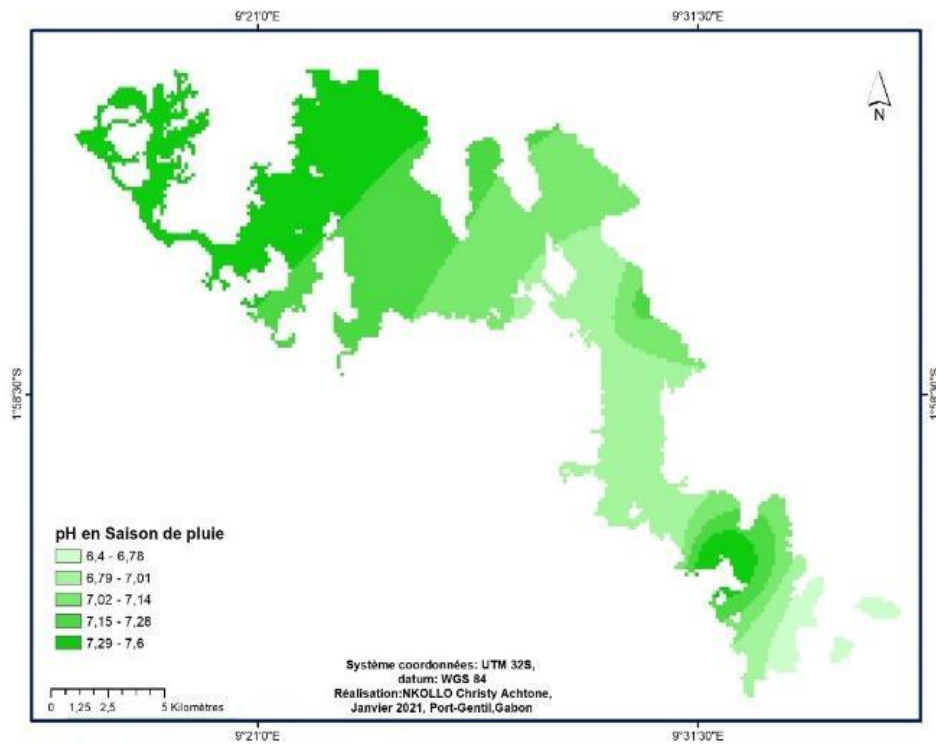
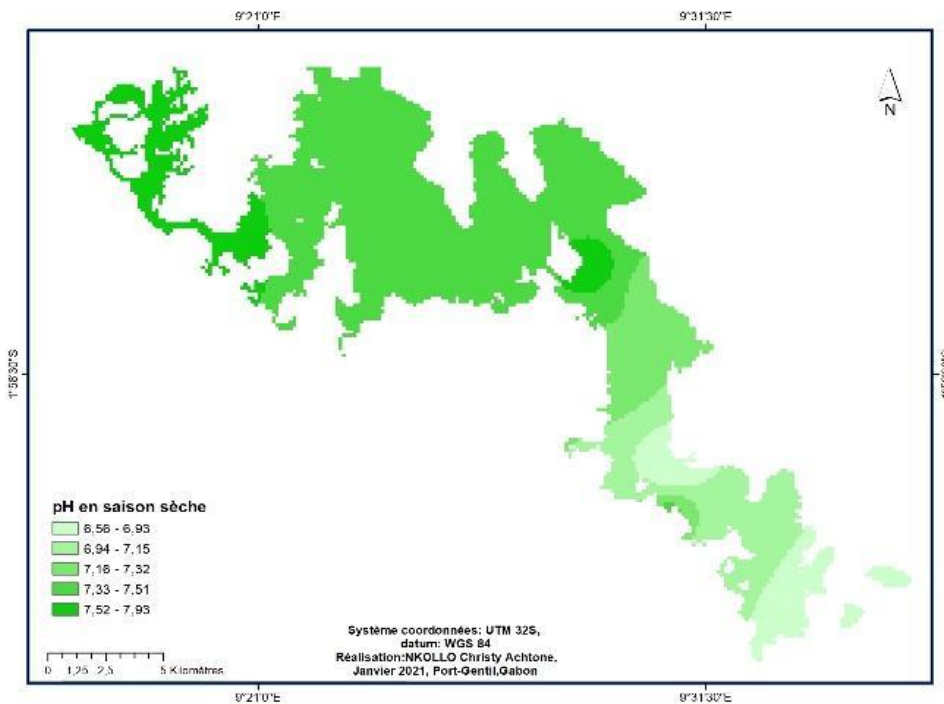


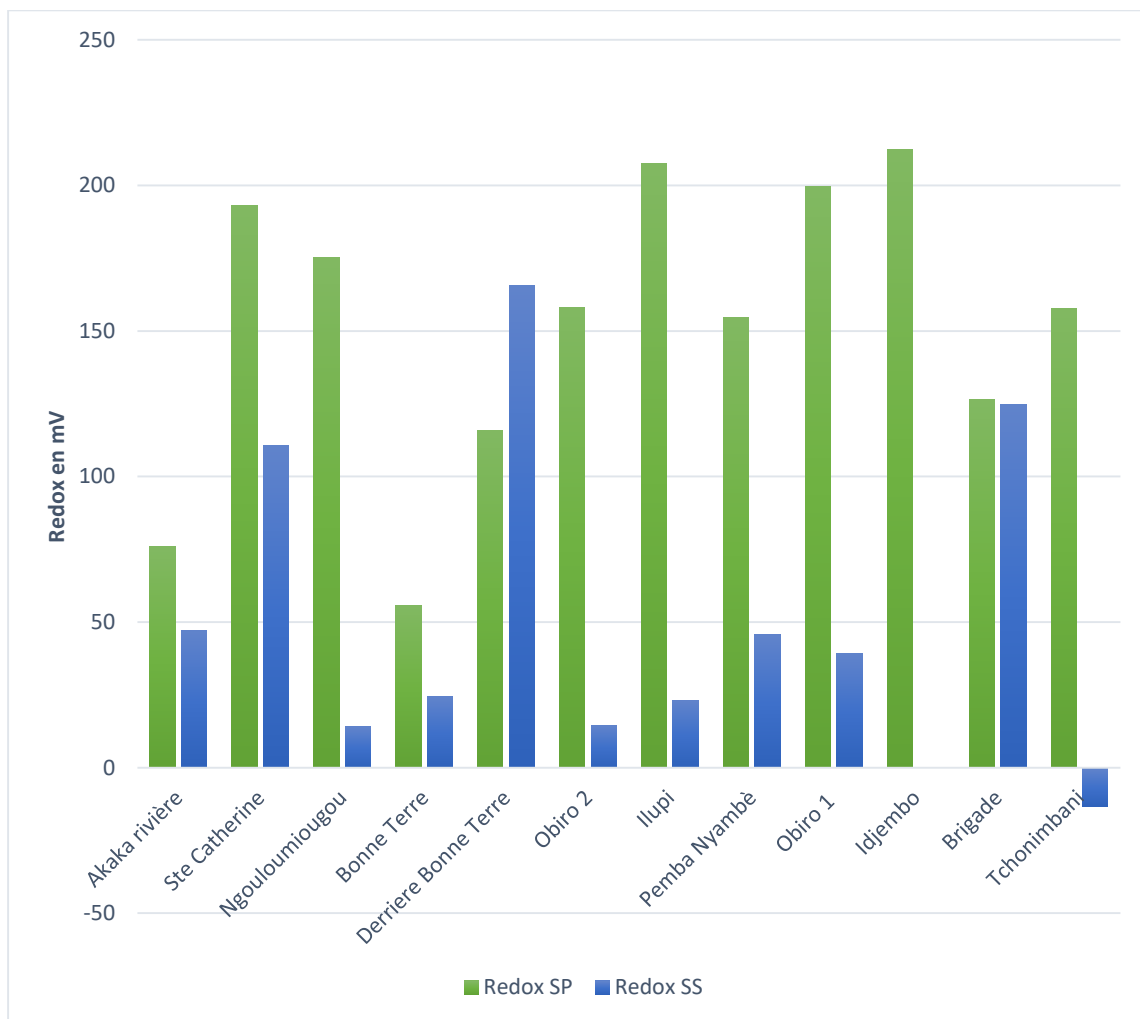
Figure 32: Spatialisation du pH en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango



5.1.2. Redox (Potentiel d'oxydoréduction)

Dans les eaux naturelles, des comparaisons relatives à l'évolution du potentiel Redox peuvent être utiles pour suivre les degrés de changement du système aquatique. Le potentiel Redox varie entre 212,3 mV et 55,6 mV en saison de pluie, et 165,7 mV à -13,3 mV en saison sèche (Graphique 2, ci-après). Plus le potentiel d'oxydoréduction est faible, plus le milieu est réducteur. Inversement, plus il est fort, plus il est oxydant.

Graphique 2: Valeur redox en mV au site Ramsar de Petit Loango



Source : Nkollo C.A, 2021.

En saison de pluie, le milieu est majoritairement oxydant, sauf à partir de la station de Bonne Terre pour la Plaine Akaka. Lorsque les conditions d'oxydation dominant, le milieu est bien

oxygéné. Par contre, le milieu devient plus réducteur lorsque les concentrations d'oxygène diminuent, ce qui se traduit par une réduction du potentiel Redox. Des valeurs négatives s'observent pendant la saison sèche. Mais, la zone vers l'embouchure affiche, notamment aux stations Brigade et Ste Catherine des valeurs positives. La forte intrusion des eaux marines apporte le brassage des eaux permettant au Redox d'être supérieur à 100 Mv (Figures 33 et 34, ci-après).

Figure 33: Spatialisation du redox en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango

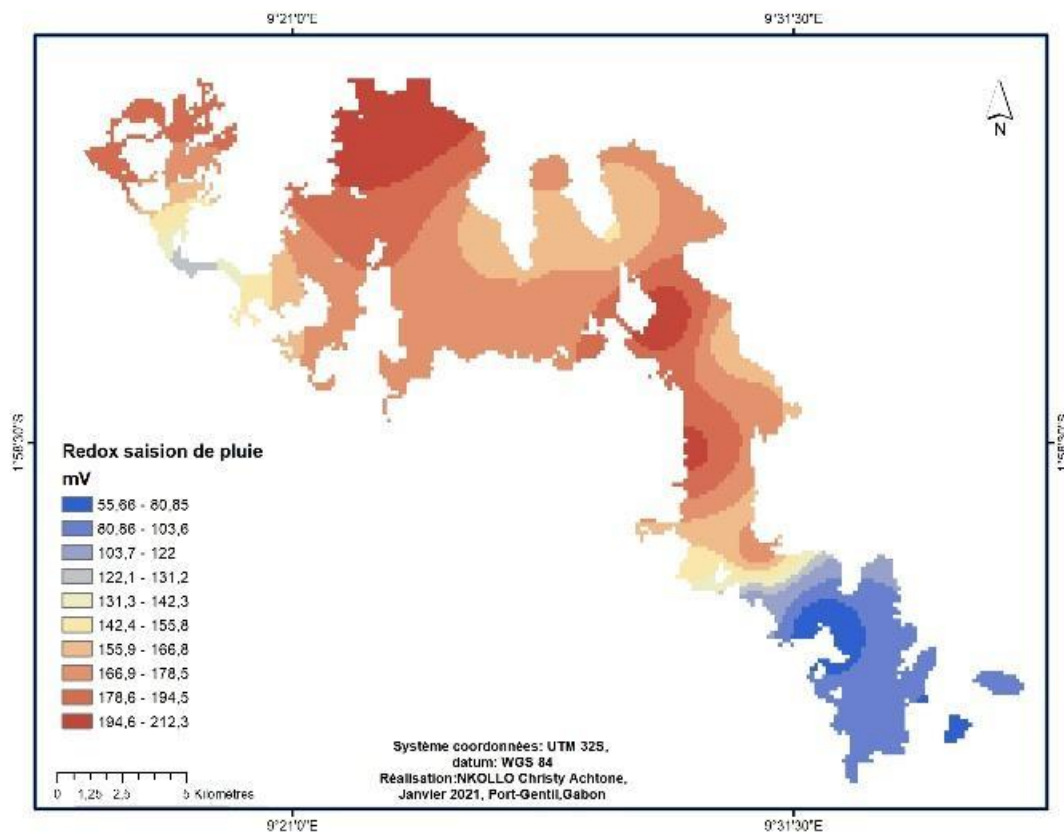
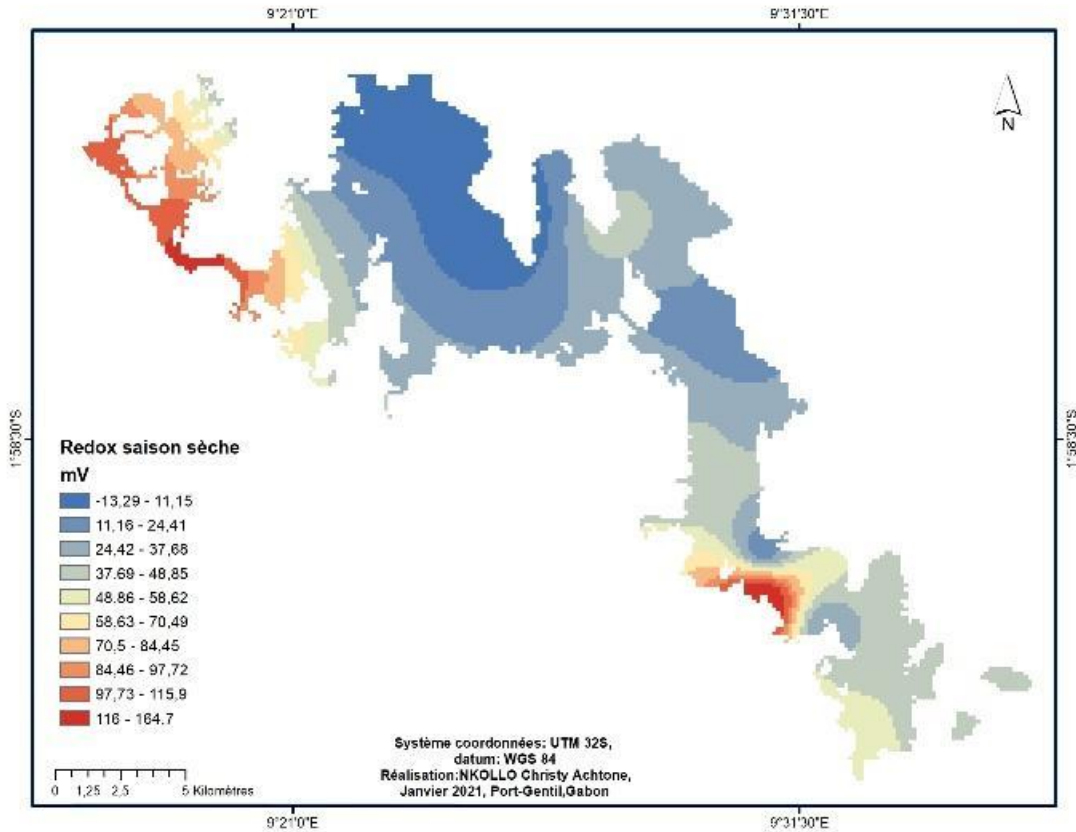


Figure 34: Spatialisation du redox en saison de saison sèche au site Ramsar de Petit Loango



En outre, les valeurs du coefficient de variation oscillent entre 31,8 % en saison de pluie et 105,93% en saison sèche. La dispersion est très large et traduit un milieu hétérogène. Des valeurs négatives de moins de 13,29 mV sont enregistrées à la station d’Idjembo.

L’eutrophisation peut-être une cause des valeurs négatives du redox. Ces faibles valeurs peuvent avoir plusieurs conséquences sur le milieu telles que : la création de substances toxiques, le dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) ou encore la libération importante des phosphates piégés dans le sédiment (Filmed, 2010).

5.1.3. Conductivité

En période pluvieuse, la variation de la conductivité (Figures 35 et 36, ci-après) montre que la station Akaka Rivière a une valeur minimale de 53,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et la station Brigade montre celle maximale de 1499,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur moyenne était de 583.58 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figure 35: Spatialisation de la conductivité en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango

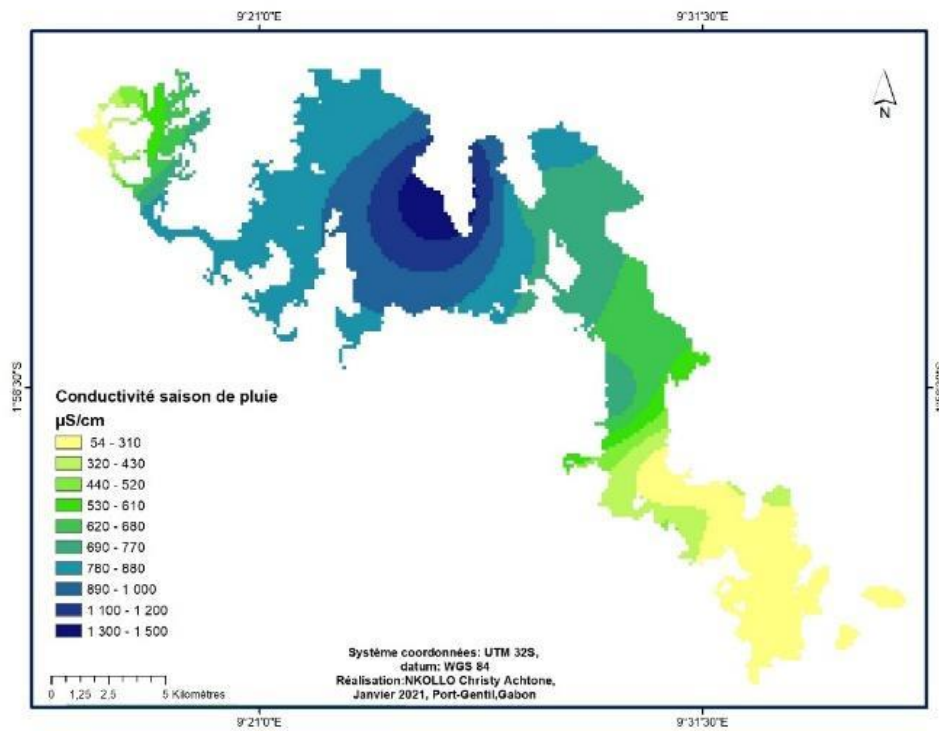
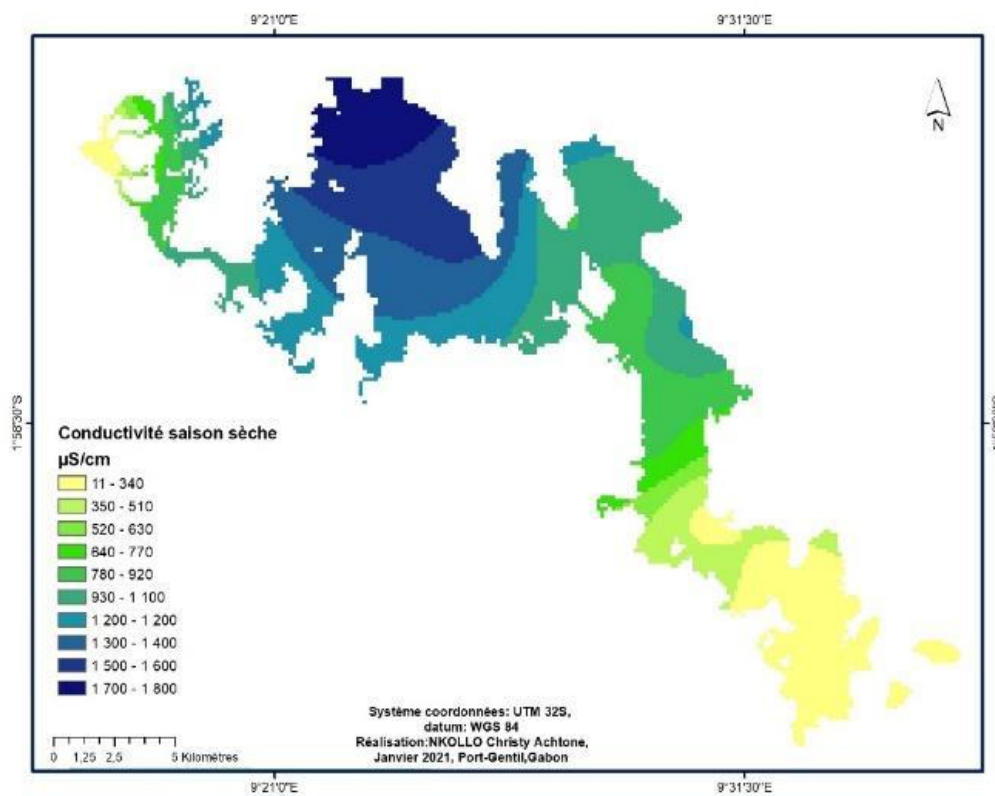
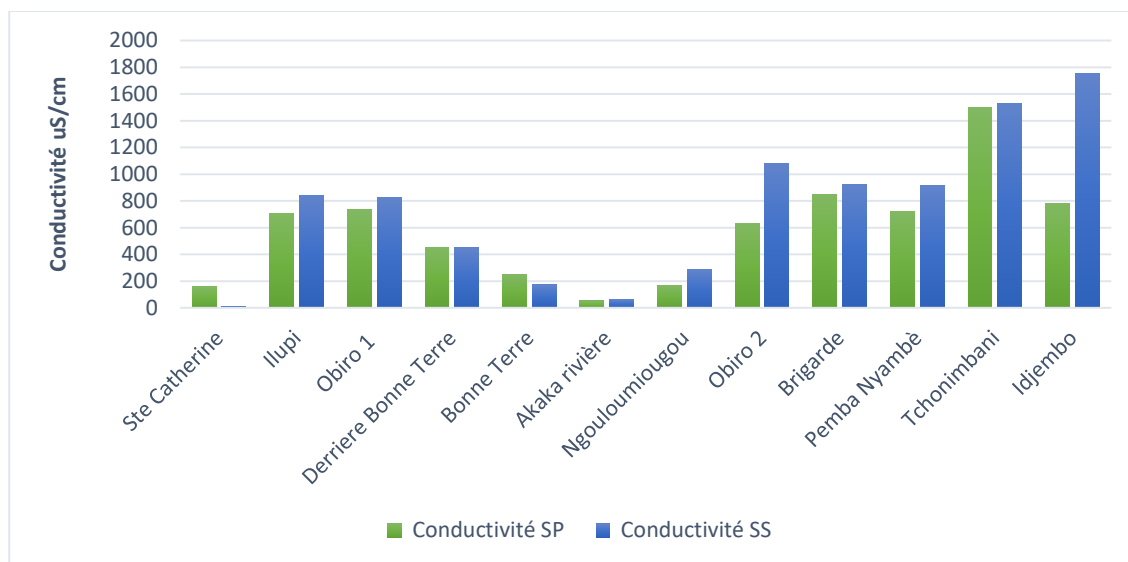


Figure 36: Spatialisation de la conductivité en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango



Pour la période de saison sèche, la station Akaka Rivière présentait la valeur minimale de 10,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors que la station Tchonimbani montrait la valeur maximale de 1750,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur moyenne était d'environ 737,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Graphique 3, ci-après).

Graphique 3: Valeur Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ au site Ramsar de Petit Loango



Source : Nkollo C.A, 2021.

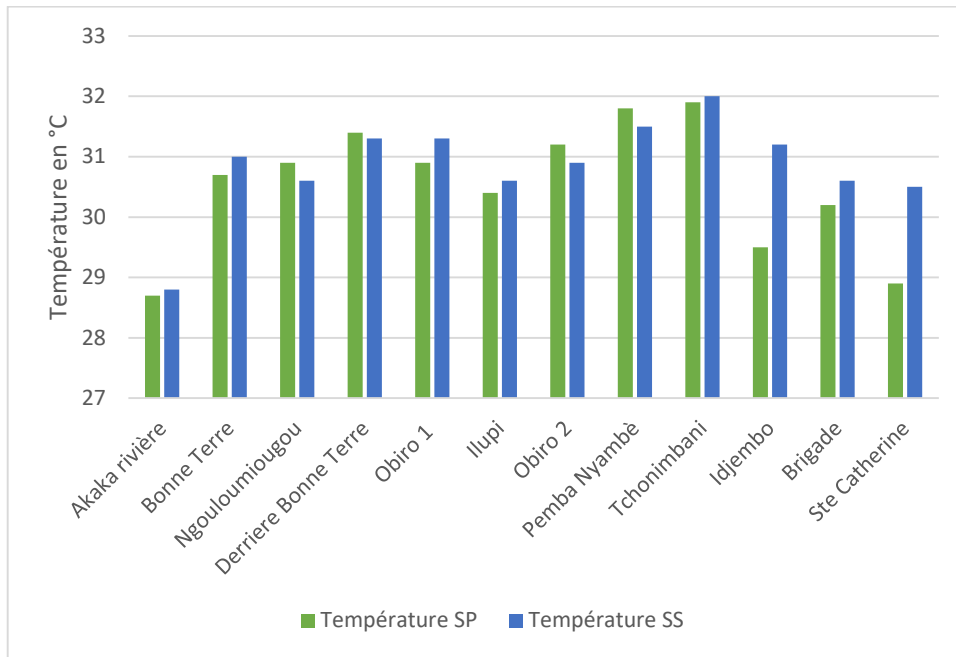
Le fort coefficient de variation de la conductivité des eaux de la lagune d'Iguéla, qui était de l'ordre de 65,89% en saison pluvieuse et 72,56% en saison sèche, témoigne d'une relative hétérogénéité spatiale de ce paramètre qui se traduit par la présence de zonation haline.

5.1.4. Température

La température des eaux de la lagune Iguéla oscillait entre un minimum de 28,7°C observé au niveau de la station Akaka Rivière et un maximum de 31,9°C au niveau de la station Tchonimbani pendant la saison de pluie (Graphique 4, ci-après). La moyenne enregistrée était de l'ordre de 30,54°C.

En saison sèche, au niveau des stations échantillonnées, les températures minimales et maximales enregistrées étaient 28,8°C au niveau de la station Akaka Rivière et 32°C au niveau de la station Tchonimbani. La moyenne était de l'ordre de 30,85°C (Graphique 4, ci-après).

Graphique 4: Valeur température en °C au site Ramsar de Petit Loango



Source : Nkollo C.A, 2021.

Pour les deux saisons étudiées, la variation spatiale de la température des eaux de la lagune Iguéla était faible. Les coefficients de variation enregistrés en témoignent pour les deux saisons, étant de l'ordre respectivement de 3,29% pour la saison de pluie et de 2,44% pour la saison sèche. Cette faible valeur du coefficient de variation témoigne d'une relative homogénéité thermique (Figures 37 et 38).

Figure 37: Spatialisation de la température en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango

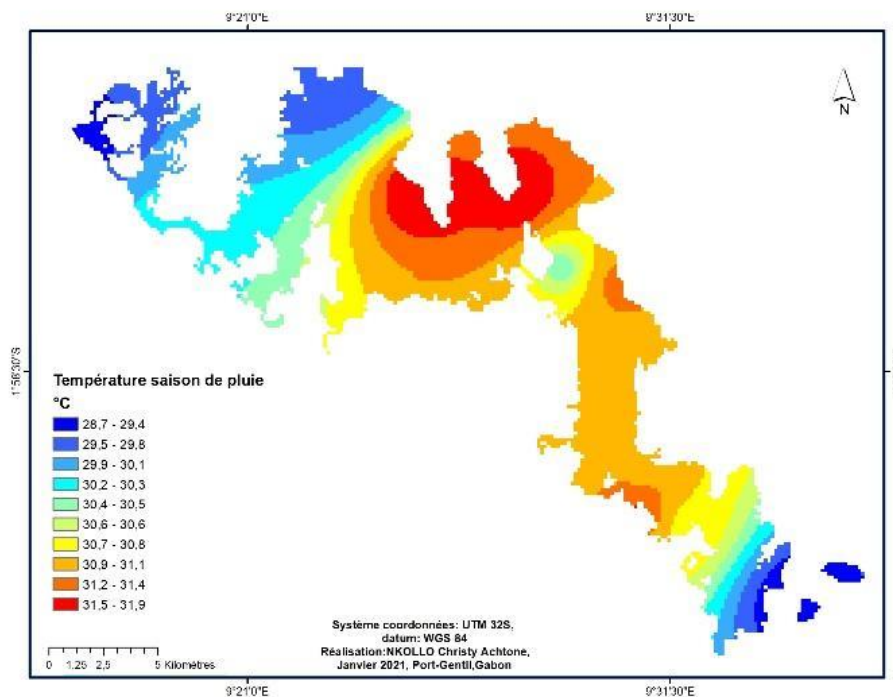
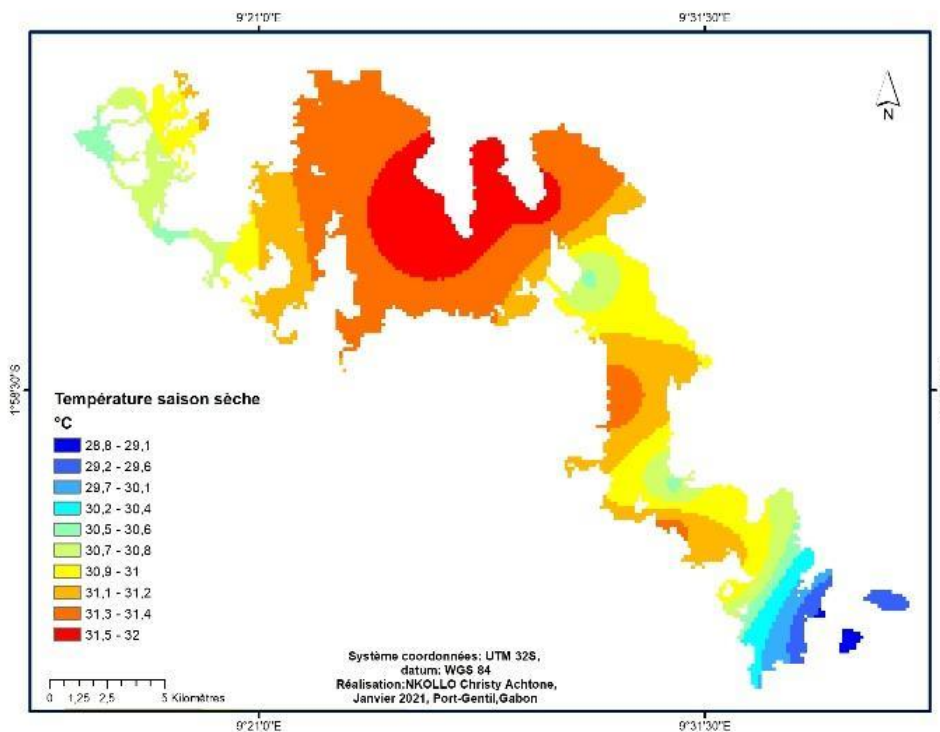


Figure 38: Spatialisation de la température en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango



5.1.5. Salinité

Les figures 39 et 40, ci-après, illustrent une salinité plus élevée durant la période pluvieuse qu'en période sèche. En effet, la valeur minimale de 0,01 mg /l a été enregistrée à la station Akaka Rivière, et la valeur maximale à l'embouchure de la lagune (station Ste Catherine) avec 10,63 mg /l en saison de pluie.

Figure 39: Spatialisation de la salinité en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango

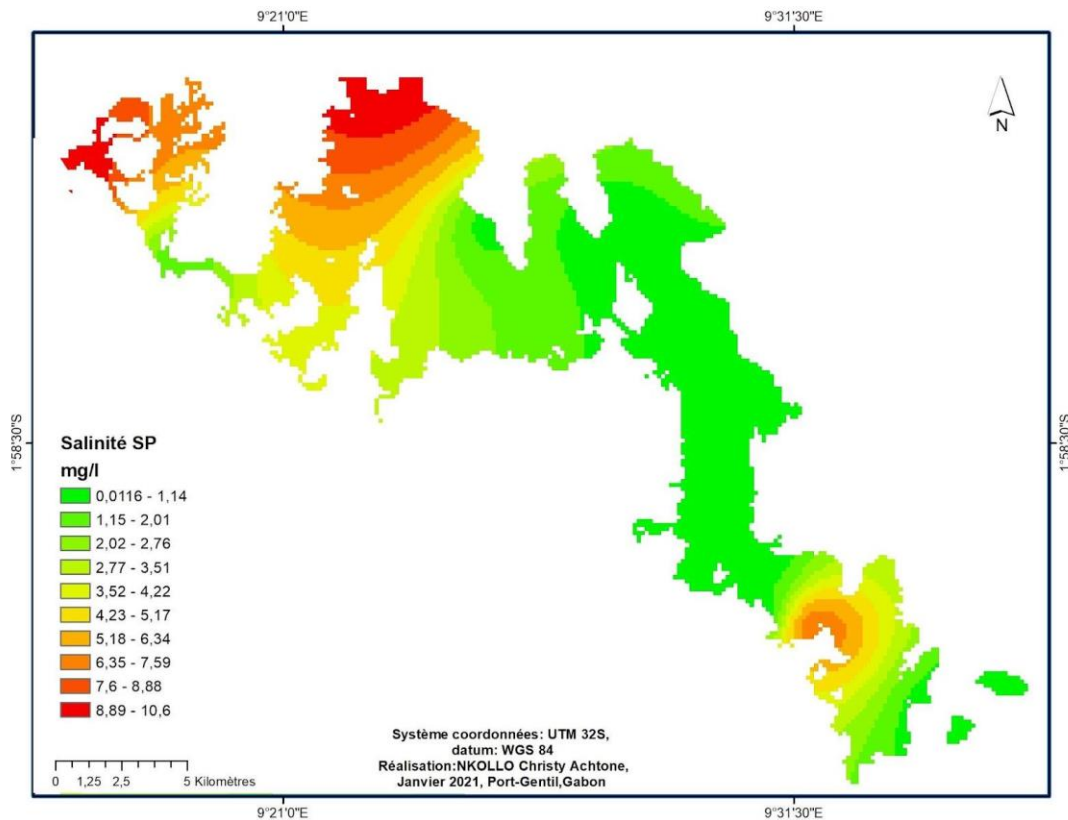
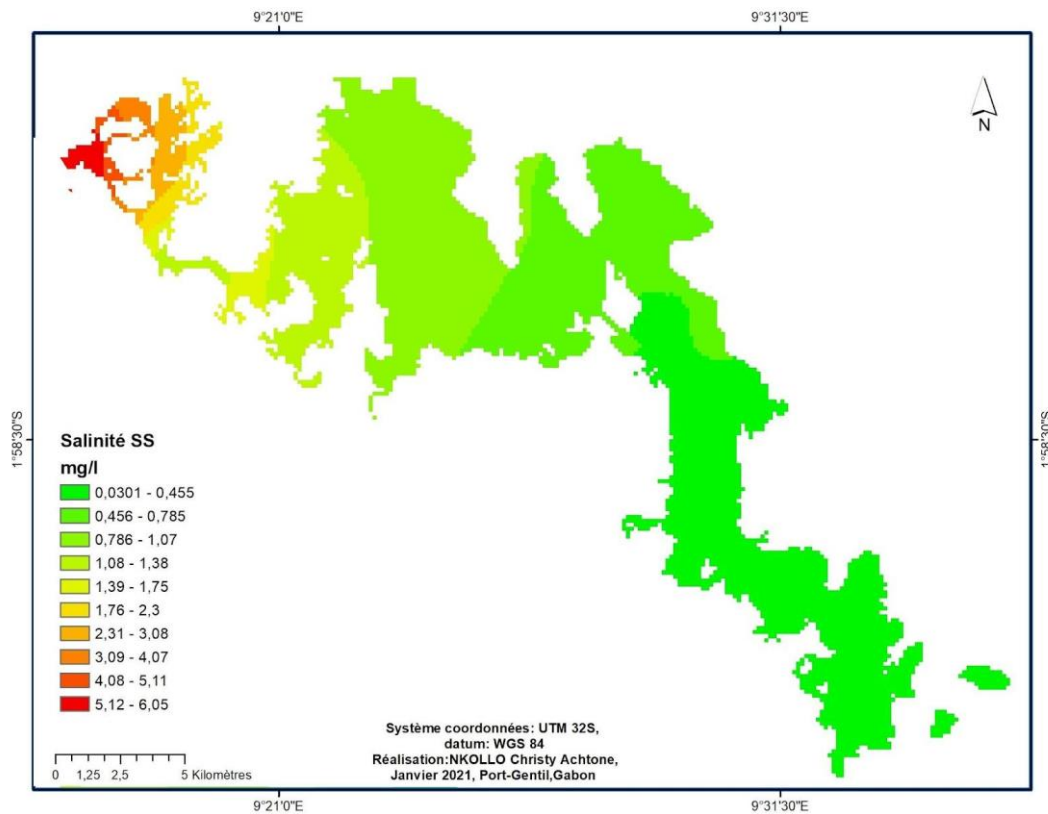
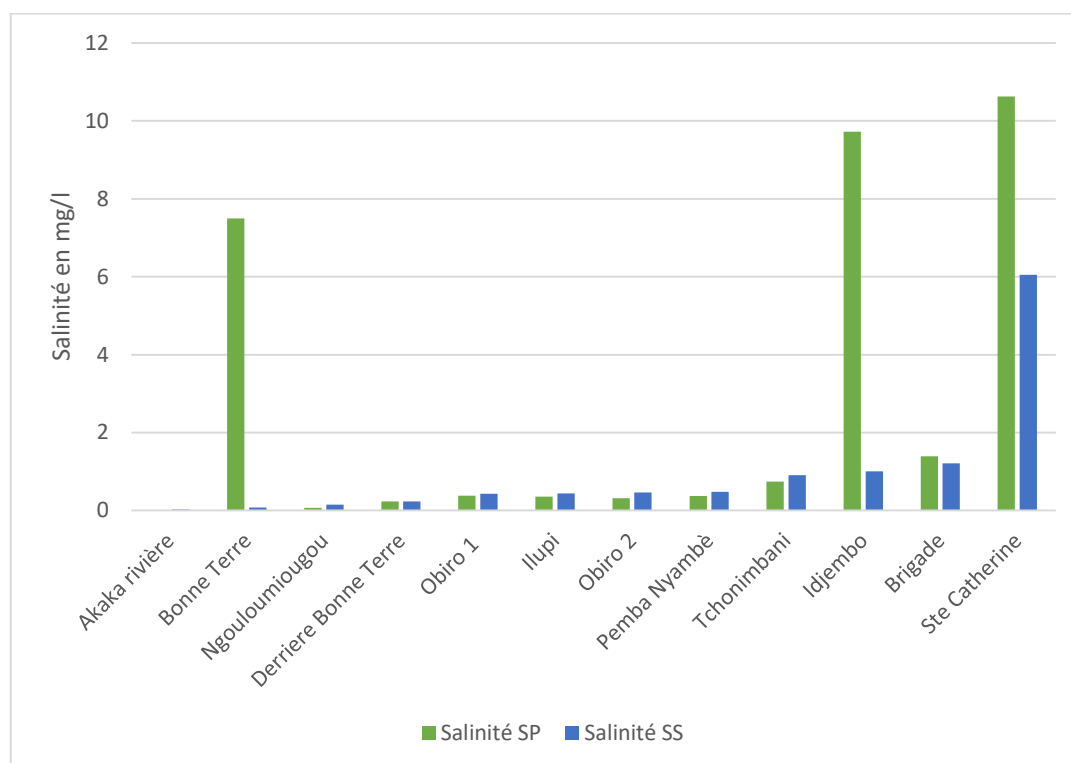


Figure 40: Spatialisation de la salinité en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango



En saison sèche, le taux minimal était de 0,03 mg/l encore à la station Akaka Rivière, et de 6,05 mg/l à la station Ste Catherine à l'embouchure de la lagune Iguéla. La valeur moyenne était de 2.64 mg/l en saison pluvieuse et de 0.95 mg/l à la saison sèche. Sur le plan spatial, nous avons enregistré une forte variation, comme le montre le coefficient de variation qui était de l'ordre de 147,70 % en saison de pluie et 164,82 % en saison sèche. Les deux périodes d'étude montrent une hétérogénéité très marquée (Graphique 5, ci-après).

Graphique 5: Valeur salinité en mg/l au site Ramsar de Petit Loango



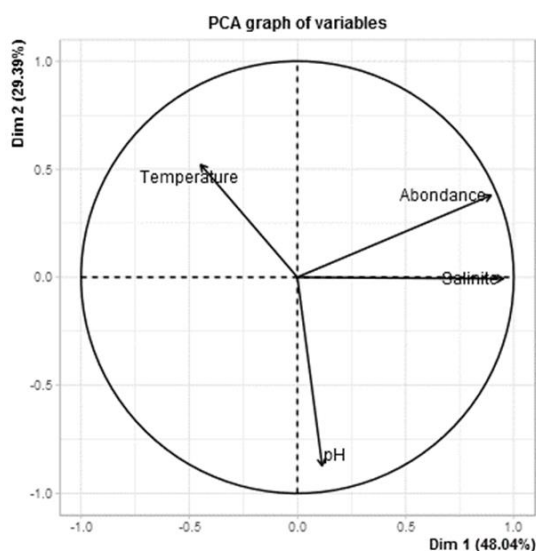
Source : Nkollo C.A, 2021.

En outre, la salinité est plus forte en saison de pluie. Cela s'explique par la connexion des petits cours d'eau entre l'océan et la lagune, permettant ainsi une intrusion marine sans passer par l'embouchure (Mounganga 2001).

5.2. Détermination des variables significatives

L'Analyse Factorielle en Composante Principale de l'abondance relative et des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau, des principaux milieux aquatiques des lagunes Iguéla et Ndougou des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama, montre certaines oppositions entre l'abondance des lamantins et la température. Ainsi, les deux premiers axes de l'analyse expriment 77,43 % de l'inertie totale du jeu de données ; ce pourcentage signifiant que de la variabilité totale de l'information est représentée dans ces plans d'eaux des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama (Graphique 6, ci-après).

Graphique 6: Corrélation des variables



Réalisation : Akendengue Aken, 2021 (données de terrain Nkollo)

L'abondance relative des lamantins et la salinité sont positives et fortement corrélées respectivement à 80 et 91% dans le premier plan factoriel. Le deuxième axe factoriel oppose température et abondance relative contre salinité et pH. À cet effet, la température est à contribution de 23,05 et 27% de \cos^2 , tandis que le pH a une contribution de 64,75 et un \cos^2 de 76% (Tableau 21, ci-après).

Tableau 21 : Résultats des cosinus en fonction des variables à Petit Loango et Setté Cama

	Dimension 1			Dimension 2			Dimension 3			Dimension 4		
	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²
Abondance	0.9	41.76	0.8	0.38	12.2	0.14	0.08	0.81	0.01	0.22	45.23	0.05
pH	0.11	0.68	0.01	-0.87	64.75	0.76	0.47	27.36	0.22	0.09	7.21	0.01
Salinite	0.95	47.15	0.91	-0.01	0	0	0.21	5.52	0.04	-0.22	47.32	0.05
Temperature	-0.45	10.4	0.2	0.52	23.05	0.27	0.73	66.32	0.53	-0.02	0.23	0

Réalisation : Akendengue Aken, 2021 (donnée de terrain Nkollo)

Au regard de ces deux axes factoriels, il ressort que la température et la salinité sont deux éléments déterminant dans la distribution spatiale du lamantin. En effet, une variation brusque de température perturbera les lamantins. De nombreuses espèces tropicales et subtropicales ont évolué dans des climats avec une plage de température étroite, et sont particulièrement sensibles

aux fluctuations extrêmes de température (Tewksbury, 2008). Aussi, car les lamantins ont un taux métabolique exceptionnellement bas et leur faible isolation limitent leur capacité physiologique à se thermoréguler dans l'eau froide ; et une exposition prolongée à l'eau froide peut entraîner le syndrome de stress dû à la basse température et la mort (Husar, 1978).

Par contre, on constate que les lamantins sont présents dans les milieux saumâtres. Il y a peu de connaissances sur la capacité des lamantins à s'osmoréguler et à maintenir l'équilibre hydrique. Mais, des études antérieures sur les lamantins antillais, qui habitent à la fois des environnements d'eau douce et marins comme les lamantins africains, ont suggéré qu'ils devaient être capable de boire activement de l'eau salée en fonction des données d'urine, de leur anatomie rénale et de leur présence dans les habitats marins pendant de longues périodes.

Les autres espèces siréniennes sont strictement des habitants d'eau douce (lamantins d'Amazonie – *Trichechus inunguis*) ou marine (dugongs – *Dugong dugon*). Bien que les lamantins africains soient reconnus vivres qu'en eau continentale, il n'en demeure pas moins que les lamantins sont observés en mer dans l'estuaire du Komo au Gabon (Nkollo, 2019).

Les résultats de l'étude sur les lamantins antillais, vivant dans l'eau douce et consommant de la laitue, ont montré le taux le plus élevé de consommation quotidienne d'eau (145 ± 12 ml kg⁻¹ par jour). Cela est à l'opposé, d'une part, des lamantins vivant dans l'eau salée et ayant aussi un régime de laitue (45 ± 3 ml kg⁻¹ par jour) ; et, d'autre part, des lamantins vivant en eau salée et nourris d'herbes marines (21 ± 3 ml kg⁻¹ par jour). Ces données démontrent que les lamantins vivant dans l'eau douce absorbent beaucoup d'eau de la nourriture qu'ils mangent, et en boivent également de grandes quantités (Ortiz et al., 1999).

De plus, les lamantins ne boivent pas activement d'eau salée, et que l'ingestion accidentelle d'eau salée pendant l'alimentation a provoqué des réponses endocriniennes typiques des mammifères entraînant l'excrétion de la charge de sel en excès (*The Physiological Ecology and Bioenergetics Lab (PEBL)*¹).

5.3. Identité des milieux par regroupement de similarité

Deux grands groupes se distinguent dans le premier axe factoriel. Le groupe Idjembo, Iroma, Loango-Tassi, Mbendi, Obiro, Rabi rivière et Yombé s'oppose au groupe Sounga, Setté Cama,

¹Programme de biologie de la conservation du département de biologie de l'Université de Floride centrale, <https://sciences.ucf.edu/biology/PEBL/current-research/manatee-studies/do-manatees-need-to-drink-fresh-water/>

Pitonga, Ntchongorové, Mougambi et Makoto (Cf. figure 5 ;21 ; 22 ;Graphique 2). Toutefois, à l'inertie totale (Tableau 22, ci-après) le site de Pitonga contribue à 75,27 %, suivi de Rabi rivière à 5,27 % et Yombé avec 5,19 %.

Tableau 22 : Résultats des cosinus² en fonction des localités à Petit Loango et Setté Cama

	Dimension 1			Dimension 2			Dimension 3			Dimension 4		
	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²	Coord	Contri	Cosnus ²
Idjembo	-0.73	2.12	0.16	-1.12	8.25	0.39	1.13	12.4	0.39	0.43	13.73	0.06
Iroma	-0.55	1.2	0.31	0.47	1.46	0.23	0.46	2.02	0.22	-0.48	16.63	0.24
Loango	-0.62	1.52	0.09	1.86	22.6	0.81	-0.49	2.36	0.06	0.44	13.99	0.04
Makoto	0.2	0.16	0.01	-0.89	5.2	0.3	-1.32	16.72	0.66	-0.25	4.47	0.02
Mbendi	-0.34	0.45	0.03	-1.16	8.74	0.33	1.6	24.69	0.64	0.01	0.01	0
Mougambi	0.14	0.08	0.01	-0.68	3.04	0.17	-1.45	20.4	0.79	-0.29	5.94	0.03
NTchongorove	0.01	0	0	-0.37	0.9	0.11	0.92	8.1	0.7	-0.48	16.62	0.19
Obiro	-1.2	5.77	0.4	1.45	13.84	0.58	-0.24	0.57	0.02	-0.06	0.26	0
Pitonga	4.34	75.27	0.92	1.16	8.78	0.07	0.55	2.89	0.01	-0.03	0.07	0
Rabi riv.	-1.18	5.57	0.73	0.66	2.85	0.23	0.29	0.83	0.05	0.05	0.22	0
Sette Cama	0.31	0.39	0.03	-1.56	15.95	0.77	-0.78	5.94	0.2	0.07	0.41	0
Sounga	0.75	2.28	0.33	-0.71	3.25	0.28	-0.56	2.97	0.18	0.61	27.49	0.22
Yombe	-1.14	5.19	0.62	0.89	5.13	0.37	-0.1	0.1	0	-0.05	0.18	0

Réalisation : Akendengue Aken, 2021 (données de terrain Nkollo)

Effectivement, les deux groupes s'individualisent sont, pour le premier, des localités en méso-lagune, et, pour le second groupe, des milieux en aval de la lagune vers l'embouchure sous influence de la salinité. Déjà Pinkson (1997), dans son étude sur les poissons à la lagune Ndougou, souligne que l'intrusion marine se fait ressentir en saison sèche jusqu'à quelques encablures avant la localité de Mbendi.

Par ailleurs, que ce soit pour le premier ou bien le second groupe, la mangrove comme paysage végétal est présente. Sur le plan écologique, les mangroves correspondent à des écosystèmes tropicaux spécifiques colonisant les zones côtières de transition entre les milieux terrestres et marins (Baltzer et Lafond 1971). La composante écologique majeure de ces milieux (sur le plan fonctionnel et physiologique du paysage) réside dans l'existence d'une végétation forestière spécifique ; car la mangrove est adaptée aux conditions très sélectives de l'environnement.

Ces contraintes dépendent principalement des caractéristiques édaphiques des sols. En général, ces sols sont constitués de sédiments meubles, dont le pourcentage de colloïdes est élevé et donc la teneur en eau très importante, en cours de stabilisation et soumis à de brutales variations de basse et haute fréquence des degrés d'hydromorphie, de salinité et d'anoxie (Marius, 1989).

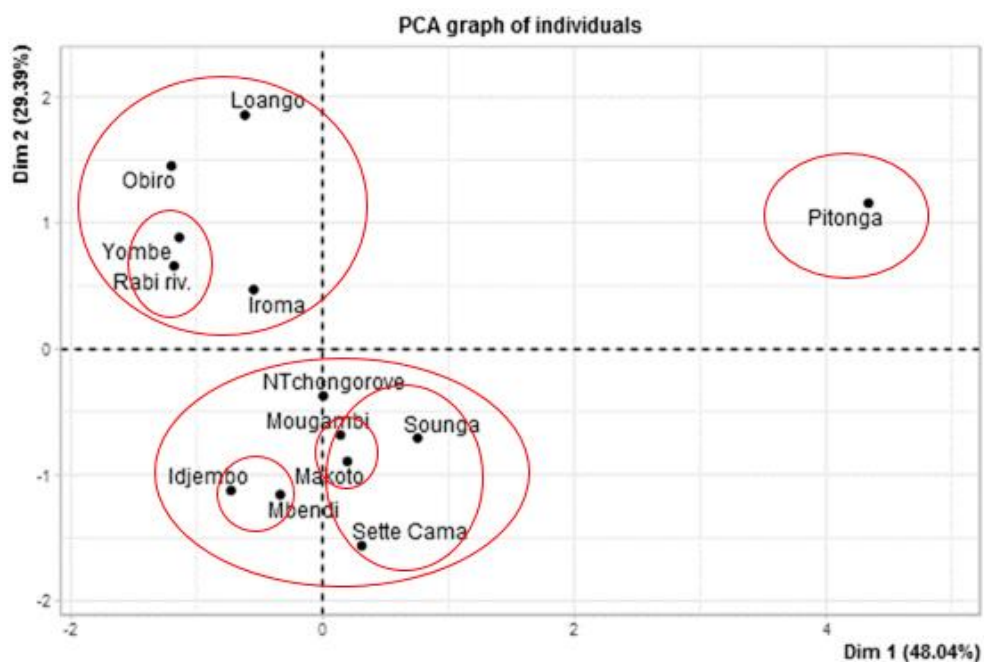
Bien que les relevés des paramètres indiquent des teneurs de salinité faibles pour les localités de la lagune Iguéla, la présence de la mangrove témoigne d'autres réalités. Mouganga (2001)

remarque que l'intrusion marine par l'embouchure de la lagune n'est pas le seul apport de salinité dans la région. Il existe des connexions des petites rivières entre la lagune et l'océan à partir du lido ou de la passe qui permettent des apports. Cela pourrait justifier la présence de la mangrove jusqu'au fond de la lagune à l'exutoire du Rembo Ngové.

En outre, ces deux grands groupes dans le premier axe factoriel ont la particularité d'avoir des localités qui enregistrent la présence d'observation des lamantins en milieu de mangrove. Alors que l'avifaune est très abondante et diversifiée, les mammifères sont très peu représentés dans ce type d'environnement écrit Guiral (1991). Le lamantin est l'un des rares mammifères à être dans des milieux à mangrove. Ndour (2010) note que les lamantins utilisent les milieux de mangroves pour se nourrir et pour se reposer car les profondeurs sont moindres et les eaux plus calmes.

Le deuxième plan factoriel oppose Idjembo, Makoto, Mbendi, Mougambi, Ntchongorové, Setté-Cama et Sounga à Iroma, Loango-Tassi, Obiro, Rabi rivière et Pitonga (Cf. figure 5 ; 21 ; 22 ; Graphique 7, ci-après). Néanmoins, le site de Loango-Tassi contribua à 22,6 % dans formation du deuxième axe suivi d'Obiro et Setté Cama avec respectivement 13,84 % et 15,95 % d'inertie totale. Il ressort que les sites de Pitonga et de Rabi rivière sont géographiquement et écologiquement éloignés. Il en est de même des sites de Loango-Tassi et Setté Cama.

Graphique 7: Ellipse de concentration des localités (milieu) par regroupement de similarité



Réalisation : Akendengue Aken, 2021 (donnée de terrain Nkollo)

Les lamantins sont certes observés dans ces différentes lagunes, mais il y a un particularisme écologique propre à chaque milieu dont il faut tenir compte. En effet, il est remarqué que dans chaque sous-groupe, les sites écologiquement proches sont issus du même environnement lagunaire. Exemple Yombé et Rabi rivière appartiennent à la lagune d'Iguéla. De même que Mougambi et Makoto, écologiquement proches, appartiennent à la lagune Ndougou. Toutefois, une exception est notée entre les sites Idjembo et Mbendi qui sont respectivement des lagunes d'Iguéla et Ndougou, donc géographiquement éloignés mais écologiquement proches.

5.4. Analyse des correspondances qualitatives des variables divergentes

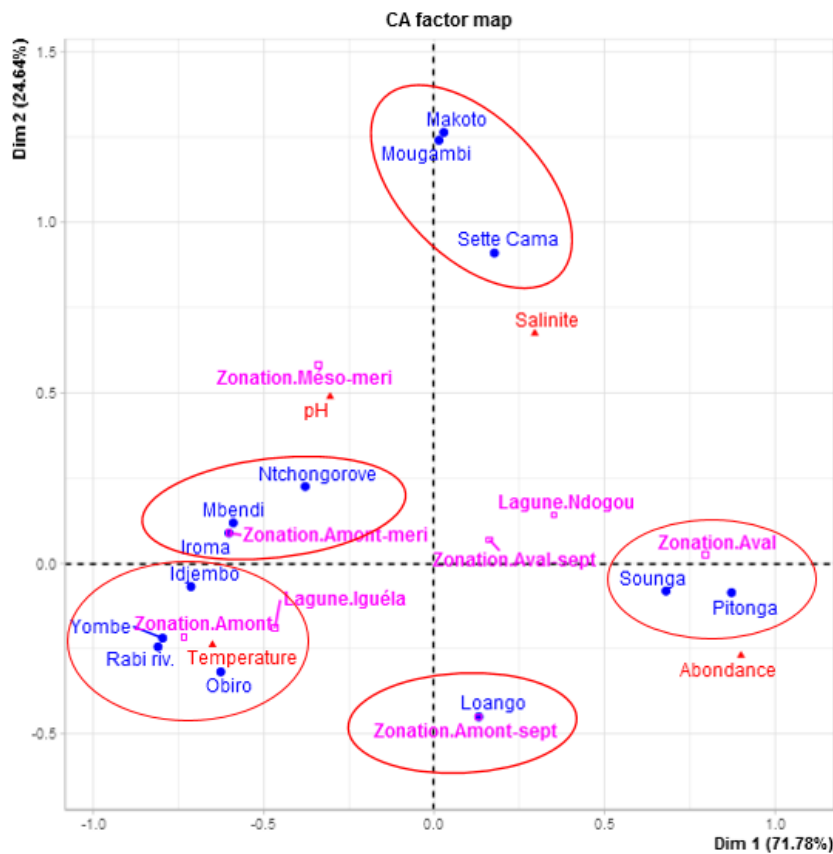
Sont ici mis en relief les facteurs divergents de l'analyse en composante principale, de l'abondance relative et des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau, des principaux milieux aquatiques des lagunes Iguéla et Ndougou des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama.

En prenant en compte la localisation géographique de chaque site, l'analyse de correspondance met en exergue une opposition:

- au premier axe, qui représente 71,78 %, entre, d'une part, les sites situés en aval que sont Makoto, Mougambi, Setté Cama, Sounga et Pitonga et, d'autre part, les sites en amont Ntchongorové, Mbendi, Iroma, Idjembo, Yombé, Rabi rivière et Obiro ;
- au deuxième axe, représentant 24,64 % de l'information, entre, d'une part, les sites de Loango, Obiro, Rabi rivière, Yombé, Idjembo, Sounga et Pitonga et, d'autre part, les sites Iroma, Mbendi, Ntchongorové, Sette Cama, Mougambi et Makoto.

Ces deux plans factoriels représentent 96,42 % de l'information (Graphique 8, ci-après).

Graphique 8: Analyse des correspondances qualitative des variables



Réalisation : Akendengue Aken, 2021 (données de terrain Nkollo)

Le premier fait relevé est que, d'une lagune à une autre, les critères écologiques et géographiques déterminant l'abondance sont différents. En effet, dans la lagune Ndougou, l'abondance du lamantin est fonction de la salinité et de la localisation géographique aval. En tenant compte de la salinité de l'eau, la probabilité d'observation de lamantin est beaucoup plus élevée en aval que partout ailleurs.

Par contre, dans la lagune Iguéla, l'abondance du lamantin est déterminée par la température de l'eau et la localisation géographique amont. Ainsi, dans la lagune d'Iguéla, en suivant la température, la probabilité d'observation de lamantin est plus élevée en amont que partout ailleurs.

Dans ces deux lagunes, Iguéla et Ndougou, le critère géographique doit être intégré dans les éléments à prendre en compte dans l'observation du lamantin.

5.5. Comparaison des sites

Les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama ont des similitudes de paysage et de milieu et ne sont distants que de quelques kilomètres, souligne Mouganga (2006). Le lamantin est présent dans les deux milieux. Les résultats de la configuration spatiale démontrent par test statistique qu'au site Ramsar de Petit Loango, la distribution est en agrégat, même si cela est faible. Ce qui est au contraire dans le site de Setté Cama, qui présente une configuration spatiale de distribution aléatoire.

L'utilisation d'appareil de détection de lamantin tel que les sonars, couplée aux compétences d'observateurs aguerris, doit davantage améliorer la qualité des données collectées ; surtout au site de Petit Loango.

En outre, les facteurs justifiant leur présence au site Ramsar de Petit Loango et celui de Setté Cama divergent. À la lagune Ndougou, les facteurs d'abondance relative sont la salinité et la situation géographique aval. Quant à la lagune Iguéla, ce sont les températures et la situation amont qui en sont les facteurs.

Les discordances agissent en fonction de l'habitat et des sources d'alimentation. En effet, à la lagune Ndougou, la présence de lamantin est forte en aval dans la zone à mangrove, et où est localisé le *Crinum natans*, la plante la plus consommée par l'espèce. Cependant, à la Remboué Rabi, selon les données de la Liste Rouge 2020 de l'UICN, cette plante est aussi présente.

Par ailleurs, cette mangrove est aussi un lieu de refuge. La lagune est un espace ouvert et très fréquenté par les communautés locales qui y tirent d'innombrables services allant de la pêche, au transport du fret et des personnes. La lagune compte plus de 400 îles (WWF Gabon, 1998). Les îles à mangroves sont austères, inhabitables et impénétrables par l'homme. Afin de fuir les pressions de la chasse, les lamantins y trouvent refuge dans les racines échasses, en compagnie des hippopotames et d'autres animaux.

En outre, du côté de la lagune Iguéla, les observations sont fortes en amont de celle-ci. Ce sont des lieux à tourbières jalonnées de prairie d'herbiers. Les tourbières sont des zones humides accumulant une quantité importante de matière organique sous forme de tourbe, sur une épaisseur d'au moins 30 cm à plusieurs mètres de profondeur (Gorham 1991). La tourbe est constituée majoritairement de débris végétaux peu décomposés contenant au moins 30% de matière organique (Joosten *and* Clarke, 2002).

Une des conditions environnementales majeures déterminant la création d'une tourbière est un bilan hydrique positif avec des apports d'eau supérieurs à leurs pertes. Ceci permet de créer et maintenir des conditions anoxiques qui, associées à d'autres facteurs (oligotrophie, acidité des eaux), limitent la décomposition de la matière organique.

Basée sur une production primaire supérieure à la décomposition, la formation des tourbières se met en place par la paludification dans des zones à forte humidité permettant l'accumulation de matière organique et le passage progressif de prairies, plaines alluviales ou forêts en tourbières. La nature des différents apports en eau par les précipitations permet de différencier les types de tourbières. Au Gabon, les tourbières ombrotrophes sont pauvres en éléments nutritifs avec un pH acide et une végétation composée majoritairement de sphaignes. Cette formation végétale est un élément consommé par le lamantin à la lagune Iguéla et la rivière Akaka. En 1948, depuis le Fernan-Vaz, l'abbé Raponda Walker a envoyé à Auguste Chevallier, biologiste et botaniste français du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris en France, une Sphaigne utilisée par les populations vivant dans les plaines gabonaises à proximité de la mer.

« Au Fernan-Vaz à Iguéla et à Setté-Cama, en saison sèche, lorsque les flaques d'eau sont à sec, écrit l'abbé Walker, les femmes du pays arrachent cette mousse et la font ensuite sécher et blanchir au soleil, pour en garnir leurs coussins et matelas ou les vendre à ceux qui sont éloignés des plaines. Cette mousse porte les noms vernaculaires suivants : Akogè chez les Nkomi du Fernan-Vaz, Makogè chez les Ngové d'Iguéla et Makogi chez les Balumbu de Setté-Cama » (Notes et actualités, 1948).

Cette sphaigne vit au fond de l'eau, dans les petites mares des plaines herbeuses d'arrière-plage, qu'elle recouvre d'un tapis serré. Le *Sphagnum gabonense* appartient à la section Cuspidata, la seule qui a jusqu'à présent été reconnue au Gabon.

En saison de pluie comme celle des basses eaux, les herbiers sont toujours en surface de l'eau. Les lamantins ne sont pas les seules espèces au même point lors des observations. Ils sont très souvent accompagnés par des éléphants, des buffles, des iguanes et d'oiseaux à leur suite. Ces herbiers sont d'importantes sources d'alimentation pour différentes espèces.

L'évaporation et l'évapotranspiration constituent une voie importante de pertes d'eau dans les zones humides, et même souvent la principale (Payette et Rochefort, 2001). Ce sont les résultats auxquels a abouti aussi l'étude menée sur les tourbières par Fournier (2008). Si les lamantins sont observés dans les zones à tourbières, cela signifie par conséquent que les températures de

l'eau sont élevées ; du fait de l'importance de l'évaporation et l'évapotranspiration dans ces milieux. Cela justifie l'assertion de la température comme facteur déterminant de la présence de lamantin.

Ce chapitre s'est basé sur une méthode analytique : l'analyse factorielle en composante principale. Dans cette démarche, l'abondance relative et les paramètres physicochimiques ont été utilisés comme variables, de même que les différents sites des lagunes Iguéla (Site Ramsar de Petit Loango) et lagune Ndougou (Site Ramsar de Setté Cama). Il ressort que la salinité et la température sont variables et influencent fortement la distribution spatiale du lamantin dans les sites Ramsar. L'analyse des similitudes entre les habitats des deux sites Ramsar a montré la présence de deux groupes : des localités en méso-lagune, et des localités dans des milieux en aval de la lagune vers l'embouchure sous influence de la salinité. Ainsi, le groupe Idjembo, Iroma, Loango-Tassi, Mbendi, Obiro, Rabi rivière et Yombé s'oppose au groupe Sounga, Setté Cama, Pitonga, Ntchongorové, Mougambi et Makoto. Par ailleurs, il est aussi ressorti une particularité : les sites Idjembo et Mbendi qui sont respectivement des lagunes d'Iguéla et Ndougou, donc géographiquement éloignés mais écologiquement proches.

L'abondance relative de la population de lamantin observée est nettement supérieure dans la zone de Pitonga au site Ramsar de Setté Cama. A cet effet, les tendances peuvent laisser croire que la population d'individus à Setté Cama est bien plus forte dans l'ensemble des lagunes du pays. Mais, des études plus poussées de l'estimation de la population de lamantin par analyse de crottes doivent être effectuées pour une meilleure précision.

La localisation géographique est un facteur de distribution du lamantin, mis en exergue à la suite des différentes analyses. Ainsi, l'abondance des lamantins est beaucoup plus enregistrée dans les milieux avals des lagunes.

CHAPITRE 6 : L'état de conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama

Les milieux aquatiques possèdent une importante biodiversité et jouent un rôle indispensable pour l'appui des moyens de subsistance des communautés locales ainsi que les services écosystémiques (Barbier, 2017). Cependant, les activités humaines impactent, pour la plupart, les écosystèmes aquatiques occasionnant une érosion de sa biodiversité (Halpern et *al.*, 2015; WWF, 2020). Le Gabon est pro-environnementaliste avec la création des sites Ramsar à compter de 1986, les parcs nationaux à compter de 2002 et les aires protégées aquatiques en 2017. La création de ces aires protégées vient matérialiser l'ambition d'inverser la tendance de perte de la biodiversité à l'échelle mondiale. Bien que le Gabon ait mis en place une politique forte axée sur la conservation de la nature, des menaces sont enregistrées, dont le braconnage et les captures accidentelles. Toutefois, la première étape pour évaluer les actions de conservation de la biodiversité aquatique au Gabon consiste à déterminer l'état de conservation des espèces à haute valeur de conservation, dont le lamantin africain.

Ainsi, dans ce chapitre, il s'agira d'une part (i) de faire la cartographie des parties prenantes et des instruments mis en place s'inscrivant dans la conservation du lamantin, et d'autre part, (ii) d'évaluer les tendances de mortalité de cette espèce sur les sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama.

6.1. Les acteurs engagés dans la conservation

Dans notre zone de recherche, les acteurs engagés dans la conservation de la biodiversité forment deux groupes. D'une part, il y a le Ministère en charge des Eaux et Forêts à travers ses trois entités que sont les Brigades de Faune, la Direction Générale des Ecosystèmes Aquatiques (DGEA) et l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN). Et, d'autre part, nous avons deux Organisations Non Gouvernementales (ONG), dont l'une internationale, le Fonds Mondial pour la Nature (WWF), et l'autre nationale, Ibonga-ACPE, et l'institution de recherche qu'est la *Smithsonian Institution*.

6.1.1. Ministère des Eaux et Forêts Ministère des Eaux Et Forêts, de la Mer, de L'environnement, chargé du Plan Climat et du Plan d'Affectation des Terres

Le Ministère des Eaux, des Forêts, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan Climat, et du Plan d'Affectation des Terres a pour mission de mettre en œuvre la politique du Gouvernement en matière de protection de l'environnement, de gestion des terres, de lutte contre les changements climatiques et de protection de la nature, de la faune et de la flore. L'objectif principal visé est le développement d'une économie verte et résiliente, au bénéfice des générations actuelles et futures. Plusieurs entités du ministère interviennent dans la conservation sur les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Elles sont sous la dépendance de la Direction Générale de la Faune et des Aires Protégées (DGFAP). Ces dernières sont présentées ci-après.

6.1.1.1. Brigade de faune

Les brigades de faune sont l'une des plus vieilles administrations héritées de la période coloniale. Particulièrement, leur rôle est de veiller à une exploitation rationnelle et durable des ressources naturelles. Depuis l'avènement des parcs nationaux en 2002, leurs attributs ont été réduits au contrôle extérieur des parcs, même si certains sites Ramsar épousent les délimitations des aires protégées. Elles mènent des opérations, d'une part, de contrôles des différents usages de la faune et, d'autre part, d'application de la loi en cas d'exploitation anarchique des ressources biologiques dans leur périmètre de compétence. De plus, la collaboration entre la Brigade de la faune avec l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN) est très étroite. Cette dernière estime cette synergie nécessaire dans son plan de gestion, car « la plupart des menaces sur l'intégrité des ressources du parc proviennent de la zone périphérique » (ANPN, 2013).

6.1.1.2. Direction Générale des Écosystèmes Aquatiques (DGEA)

Créée par décret n°0291/PR/MEF du 18 février 2011 portant attributions et organisation du Ministère des Eaux et Forêts, la Direction Générale des Écosystèmes Aquatiques (DGEA) est une entité administrative. Placée donc sous la tutelle du Ministère en charge des Eaux et Forêts, elle a pour mission de mettre en œuvre la politique du Gouvernement en matière de gestion du patrimoine hydrique. En effet, le Gabon possède un patrimoine hydrique important comprenant des eaux maritimes, des eaux continentales et un vaste ensemble d'estuaires, de lagunes côtières et de mangroves. À ce titre, la Direction Générale des Écosystèmes Aquatiques est notamment

chargée d'assurer la connaissance, la protection, la restauration et la valorisation des écosystèmes aquatiques. Ses autres missions sont :

- élaborer le manuel de procédures pour l'inventaire du patrimoine hydrique ;
- faire l'inventaire des écosystèmes aquatiques sur l'étendue du territoire national ;
- veiller au fonctionnement du réseau de surveillance hydrologique et hydrobiologique des écosystèmes aquatiques ;
- promouvoir la valorisation des biens et services aquatiques.

6.1.1.3. Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN)

Créée par la loi n° 003/2007 du 27 Août 2003, l'Agence Nationale des Parcs Nationaux est un établissement public à caractère scientifique et environnemental. Elle est dotée d'une personnalité juridique et jouit de l'autonomie administrative et financière. Elle est l'institution de l'Etat en charge de la mise en œuvre de la politique gouvernementale en matière de parcs nationaux. A ce titre, elle a pour missions :

- d'assurer la protection des parcs nationaux et de leurs ressources naturelles ;
- d'œuvrer au développement efficient du réseau des parcs nationaux ;
- de valoriser les parcs nationaux et leurs ressources.

L'ANPN a pour objectif la préservation des écosystèmes clés, la diversification de l'économie du pays à travers le développement de l'écotourisme, la mise en valeur des forêts gabonaises dont les ressources naturelles sont d'une richesse inestimable et d'une diversité inégalées. Elle s'engage à promouvoir et réglementer les activités d'écotourisme dans le réseau des parcs nationaux du Gabon.

6.1.2. Les Organisations Non Gouvernementales (ONG) et une institution de recherche

6.1.2.1. Le Fonds Mondial pour la Nature (WWF) Gabon

Le Fonds Mondial pour la Nature (WWF), organisation indépendante de protection de la nature, a été créé en 1961. Le Fonds intervient aujourd'hui dans plus de 150 pays et s'est établi au Gabon en 1991. Depuis ces temps, grâce à l'appui de ses divers partenaires, le WWF a investi dans plus de 13000 projets au Gabon. Sa mission est de contribuer à la lutte contre la dégradation des massifs forestiers et la perte de la biodiversité terrestre et aquatique, tout en

veillant à leur utilisation durable au bénéfice des communautés et leur participation dans la création des richesses du Gabon.

Les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama sont sous tutelle du Programme Sud du WWF. Les activités du programme se concentrent autour :

- de la gestion durable de la richesse biologique exceptionnelle, en impliquant au mieux tous les acteurs présents. Par exemple, il s'agit de la mise en place de plateformes, que ce soit avec le secteur privé comme le Programme de Lutte anti-braconnage (ProLab) ou les conservationnistes et les communautés ;
- des programmes de suivi permanent de la biodiversité à l'aide des pièges photographiques;
- de l'appui aux ONG locales ;
- de l'atténuation du conflit homme-faune ;
- des programmes de formation pour accompagner les ONG locales et la société civile.

6.1.2.2. IBONGA-ACPE

IBONGA-ACPE (Ibonga–Association pour la. Connaissance et Protection de l'Environnement) est une ONG locale. Elle œuvre pour la connaissance et la protection de l'environnement dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba regroupant nos deux sites Ramsar. Ses principaux volets d'action sont :

- la collecte régulière des données relatives à l'activité côtière des tortues marines et à leurs habitats ;
- la sensibilisation des populations locales à la conservation et à la participation à la gestion durable des ressources naturelles.

Ces actions reposent essentiellement sur : *primo*, l'établissement des camps permanents de recherche et de protection à travers des patrouilles nocturnes et diurnes ; *secundo*, l'animation des cours d'environnement à la radio et dans les établissements scolaires ; et *tertio*, l'organisation des caravanes de sensibilisation avec la population locale et la création et la promotion d'activités génératrices de revenus.

6.1.2.3. *Smithsonian Institution*

Créée sous l'égide de l'administration américaine en 1846, la *Smithsonian Institution* est un établissement ou organisme de recherche scientifique. Née de la volonté du scientifique britannique James Smithson, elle a développé ses vocations éditoriales, muséographiques, pédagogiques et éducatives depuis sa fondation.

Un partenariat avec la compagnie anglo-néerlandaise Shell a conduit à l'implantation de la *Smithsonian Institution* au Gabon en 2001. L'objectif visé était de concilier les intérêts de la conservation de la biodiversité et de l'industrie pétrolière.

Situé au milieu du Complexe d'Aires Protégées de Gamba, entre deux parcs nationaux, se trouve le « couloir industriel », un site de concessions pétrolières et forestières qui se chevauchent. Le corridor industriel est également un corridor faunique important, où les animaux se déplacent entre les habitats. La préservation de cette zone protège son rôle de refuge faunique, aide à maintenir les habitats connectés et maintient les services écosystémiques dont dépendent les populations. Dans le cadre du Programme de biodiversité du Gabon, les scientifiques mènent des recherches, des activités de conservation et de sensibilisation en collaboration avec le Gouvernement, le secteur privé et les organisations communautaires locales. Le programme contribue à la conservation de la biodiversité en :

- créant les meilleures pratiques pour minimiser l'impact environnemental du développement industriel ;
- offrant des formations et en partageant les connaissances pour accroître la capacité de gestion de l'environnement;
- soulignant l'importance des services écosystémiques et le lien entre la santé environnementale et le bien-être humain;
- établissant des relations collaboratives et productives avec les parties prenantes.

6.2. Les défis de la conservation

Parmi les défis de la conservation dans le contexte de cette étude, nous avons retenu : d'une part, la chasse de subsistance et le braconnage dans lequel s'illustrent les professionnels et les commerçants et, d'autre part, la pêche en zone interdite.

6.2.1. La chasse

La viande d'animaux sauvages, communément appelée « viande de brousse » dans le contexte africain, reste une composante importante de l'alimentation, particulièrement en milieu rural. Bien que des espèces aquatiques soient aussi largement consommées, l'expression « viande de brousse » se réfère en général à des animaux terrestres, en particulier des mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens. Les insectes constituent également une source de nourriture importante ; mais, ils sont exclus de la définition de la viande de brousse telle que proposée par la Convention sur la Diversité Biologique. La consommation actuelle d'animaux sauvages présente des bénéfices importants en termes de sécurité alimentaire. En effet, la viande de brousse représente la première source de protéines alimentaires pour les communautés rurales. Sa consommation permet d'éviter d'importantes crises alimentaires.

Selon la Loi n° 16/2001 du 31 décembre 2001 portant Code Forestier en République Gabonaise, l'article 164 stipule que : « *constituent des actes de chasse au sens de la présente loi, la poursuite, l'approche, le tir et la conduite d'une expédition dans le but de capturer ou d'abattre un animal sauvage* ». C'est dire que la chasse est considérée comme l'acte de prélever le gibier, afin de le consommer. Les modes de chasse les plus pratiqués sont le piégeage et la chasse au fusil.

En matière de chasse, le cadre réglementaire fut instauré au début du XX^{ème} siècle, soit en 1916 en Afrique équatoriale française. La Convention de Londres en 1933, fut largement inspirée par l'aristocratie et la grande bourgeoisie européenne et américaine, à la fois férues de chasse sportive et très tôt conscientes de la nécessité de préserver les espaces et la faune sauvages. Les dispositions prises à cette époque (par exemple, l'interdiction du tir des femelles et des jeunes, la chasse de nuit, etc.) furent exclusivement inspirées du code d'éthique de la chasse sportive occidentale, les pratiques des chasseurs locaux (pièges, collets, fosses, etc.) étant considérées rudimentaires, cruelles et primitives. Ce lobby puissant parvint à mettre un terme à la chasse commerciale en Afrique dans les années 1930, qu'elle soit pratiquée par les chasseurs blancs expatriés ou locaux, à des fins alimentaires ou non, contribuant ainsi à assimiler de nombreuses pratiques traditionnelles de chasse à du braconnage (Adams, 2004; Fargeot, 2013).

Historiquement, pendant la période coloniale, la pratique de la chasse était très restrictive envers les colonisés (Pouillard & Van Schuylenbergh, 2020). Mais, dès 1945-1950, une politique pour la chasse d'autosuffisance fut mise en place. Les communautés locales se voyaient octroyer un

droit de prélèvement sur la faune, mais dans une stricte limite d'autosubsistance, à l'exclusion de tout commerce de la viande (Fargeot, 2005).

Avant l'accession à la souveraineté internationale du Gabon jusque vers les années 1970, l'organisation de la chasse a fonctionné de façon assez correcte. Mais, elle n'a pas pu résister au développement du commerce de la viande de brousse, organisé par les populations locales et lié à la croissance urbaine et à la demande en protéines à faible coût des marchés citadins. Le tableau 23, ci-après, présente les différentes formes de chasse en Afrique Centrale. Cette nouvelle filière économique a alors été rejetée dans l'illégalité par une législation inadaptée ; cette situation se poursuit de nos jours (Fargeot, 2005).

Tableau 23 : Les différents types de chasse en Afrique Centrale

	Acteurs	Animaux recherchés	Méthodes utilisées	Produits récoltés
Chasse de subsistance	Populations autochtones et isolées	Tous les animaux abondants	Toutes les méthodes efficaces techniquement	Venaison et divers sous-produits pour l'autoconsommation
Chasse commerciale	Villageois	Tous les animaux abondants	Toutes les méthodes efficaces et rentables financièrement	Venaison et divers sous-produits pour la commercialisation
Chasse erratique	Populations mobiles	Grande faune	Toutes les méthodes efficaces et rentables financièrement	Produits à forte valeur ajoutée (ivoire, corne de rhinocéros)
Chasse sportive	Touristes (étrangers essentiellement)	Grands animaux porteurs de trophées (mâles généralement)	Fusil	Trophées

Source : Fargeot, 2013.

Toutefois, l'article 163 du Code Forestier gabonais précise que la chasse est possible à partir de la détention « ...d'un permis de chasse ou d'une licence de chasse délivré par l'administration des Eaux et Forêts ». Mais, cela est sous réserve de l'article 14 qui précise qu'« ...en vue d'assurer leur subsistance, les communautés villageoises jouissent de leurs droits

d'usages coutumiers... ». Ceux-ci sont explicités dans l'article 252 comme étant « la satisfaction des besoins personnels ou collectifs des communautés villageoises qui portent notamment sur l'exercice de la chasse et de la pêche artisanales ... ».

6.2.1.1. La chasse de subsistance

La chasse de subsistance (encore appelée la chasse coutumière, chasse traditionnelle, ou celle de d'autoconsommation) est reconnue dans la réglementation de la chasse en Afrique Equatoriale Française (AEF), selon l'article 11 du décret du 27 mars 1944. Celui-ci reconnaît « *le droit naturel des indigènes de chasser pour leur subsistance, dans les limites... des zones de chasse fixée par la coutume pour leur groupement les animaux non protégés et les singes colobes au moyen d'armes de fabrication locale (sagaies, arcs, etc.)*. Ce même principe a été repiqué dans le Code Forestier gabonais de 2001, et est une continuité des restrictions coloniales sur l'exploitation de la faune abordée ci-avant. Toutefois, les idéologies sont en évolution surtout grâce :

- aux grandes institutions financières telles que la Banque Mondiale et le Fonds Monétaire Internationale (FMI), à la suite de leur gestion calamiteuse de la crise financière asiatique de 1998. Leur nouveau paradigme repose sur le développement humain et la lutte contre la pauvreté ;
- à la prise de conscience de l'impopularité des aires protégées. Les concepts des aires protégées postcoloniaux ont été mis en place par les grandes ONG anglo-saxonnes de conservation de la nature. Ils ont poursuivi la vision de conservation sous cloche en Afrique rejetant les communautés locales. Cette image négative antisociale des ONG internationales les a conduites à revoir leurs perceptions. Elles mettent désormais l'accent sur le rôle des acteurs locaux, pour concilier conservation et développement socio-économique.

Pendant la période de fermeture de la chasse, la jouissance des droits d'usage coutumiers y relatifs est limitée aux communautés rurales dans le strict respect des textes en vigueur. A Setté Cama, la chasse est soumise à la réglementation de l'exploitation de la faune comme à l'ensemble du territoire et est totalement interdite à Petit Loango. La chasse est autorisée pour les petits gibiers, sous délivrance d'un permis de petite chasse. L'obtention du permis de chasse est conditionnée par l'autorisation de détention d'une arme à feu. De plus, ce sont les autorités compétentes du Ministère des Eaux et Forêts qui délivrent le permis de chasse et l'autorisation

de détention d'arme à feu de chasse. Cette chasse ne se pratique que pendant la période autorisée du 16 Mars au matin au 14 Septembre au soir. La chasse des grands mammifères et espèces protégées comme les éléphants, les hippopotames, les lamantins, etc. est strictement interdite. Le prélèvement ne concerne qu'une seule espèce partiellement protégée et deux espèces non protégées.

Par ailleurs, bien que depuis 1994 la chasse soit interdite pour toutes les espèces pendant la période de fermeture de la chasse, l'arrêté n° 041/MEFMEPCPAT du 4 Novembre 2020 du Ministère des Eaux, des Forêts, de la Mer, de l'Environnement a récemment autorisé la chasse au céphalophe bleu (*Philantomba monticola*), à l'athérure (*Atherurus africanus*), et à l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*). Cet arrêté a été justifié par le Ministre de tutelle ainsi qu'il suit : « bien que nous mettions en place plusieurs mesures de précaution, surtout en cette période de pandémie Covid-19, il est important de penser aux Gabonais qui dépendent de la consommation de ces viandes de brousse »... « aujourd'hui, ces trois espèces peuvent être exploitées, car selon plusieurs études elles n'ont pas de période de reproduction, résistent à la chasse, font partie des espèces les plus présentes sur les marchés, et sont connues comme ne transmettant pas de maladie à l'homme » (Gabon Review, du 22 Novembre 2020).

6.2.1.2. Le braconnage

Selon le dictionnaire le Robert en ligne, braconner, c'est chasser ou pêcher sans permis ou à une époque avec des engins prohibés et aux endroits non autorisés. Ainsi présenté, le braconnage désigne l'abattage illégal des espèces de faune terrestre et marine. Les actes de braconnage regroupent différents types d'activités de chasse menées par divers acteurs. Les motivations et les moyens peuvent varier grandement.

6.2.1.2.1. Le braconnage professionnel

Le crime portant sur les espèces sauvages est perpétré par des bandes très organisées, lourdement armées, bénéficiant de systèmes GPS et de moyens de locomotion rapides. Les braconniers sont généralement mieux équipés que les organismes de contrôle et ont des liens commerciaux s'élargissant aux organisations criminelles à travers le monde. Selon le *Wildlife Crime Initiative* (WCI) le commerce illicite d'espèces sauvages (animales et végétales) occupe la quatrième place des trafics transnationaux les plus lucratifs au monde (après les stupéfiants,

les contrefaçons et le trafic d'êtres humains). Le commerce illégal d'espèces sauvages menacées génère chaque année entre 7 et 23 milliards de dollars de chiffre d'affaires. Au Gabon, ce sont les espèces à forte rentabilité, telles que les éléphants, qui sont le plus touchés par le braconnage professionnel (Photo 4, ci-après).

Photo 4: Eléphant présentant un impact de balle sur son flanc à Setté Cama



Source: Nkollo C. A., Février 2016.

Sur tout le continent africain, les populations d'éléphants ont diminué et, principalement, en raison du braconnage pour soutenir le commerce international illégal de l'ivoire (Wittemyer et *al.*, 2014 ; Schlossberg et *al.*, 2020). Le Gabon est le dernier bastion offrant un vaste habitat quasi continu aux éléphants de forêt (de Flamingh et *al.*, 2015). En termes de taille, la population est estimée à 95 110 têtes (Laguardia et *al.*, 2021).

6.2.1.2.2. La chasse commerciale

La chasse commerciale est une activité de capture des animaux sauvages, en vue d'en tirer un profit financier. Cela concerne particulièrement la vente de viande et aussi des dérivés tels que les peaux, trophées, plumes, ingrédients pour la médecine traditionnelle.

Ce type de chasse diffère du braconnage professionnel, simplement de par les moyens utilisés. Les calibres de chasse sont plus conventionnels. Les produits se vendent dans les quartiers, par un système d'abonnés, ou dans les marchés. Cet élément est en totale opposition avec la philosophie de la législation officielle actuelle, qui tend au contraire à limiter les prélèvements

et à favoriser la difficulté de la capture. Par ailleurs, des faits de braconnages d'espèces entièrement protégées sont enregistrés de plus en plus surtout à Setté Cama. Lors d'une prospection autour de leur site de recherche et de surveillance côtière dans une concession de l'opérateur pétrolier ASSALA ENERGY Gabon, l'ONG IBONGA-ACPE avait découvert des pièges à câble métallique (Photo 5, ci-après) et des ossements d'un hippopotame tué par des braconniers (Photo 6, ci-après).

Photo 5: Piège en câble métallique pour gros gibiers



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Photo 6: Ossements d'hippopotame



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Quelques jours plus tard, cinq braconniers avaient été pris en flagrant délit (Photos 7, 8, 9 et 10 ; ci-après) par les agents de la Brigade de Faune accompagnés des éléments de la Gendarmerie Nationale, du service de sécurité d'ASSALA-ENERGY Gabon et des ONG IBONGA-ACPE et WWF-Gabon.

Photo 7: Patte d'hippopotame prise dans un piège à câble métallique



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Photo 8: Dépeçage de l'individu au bord de l'eau



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Photo 9: Matériel de chasse



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Photo 10: Saisie du butin



Source : IBONGA-ACPE, Décembre 2019.

Ces faits marquants révèlent une augmentation de la pratique de chasse depuis le départ de la compagnie Shell ayant cédé ses actifs à ASSALA ENERGY Gabon. Cette multinationale assurait des règles environnementales très strictes en termes de protection de la faune. La

détention de la viande de brousse par les agents de cette compagnie était passible d'un licenciement immédiat. De plus, c'est au sein des concessions pétrolières que les activités de braconnage prennent de l'ampleur. Autrefois, cela n'était pas possible car, le système de sécurité de Shell était très renforcé. Très remarquable et important est à signaler un trait de comportement de la faune dans ces sites. Le fait de ne pas avoir subi de pression de chasse durant près d'une cinquantaine d'années a développé une « cohabitation » entre la faune et l'homme ; et, donc, une absence pour l'animal de crainte de l'homme. Par conséquent, cela fait d'eux des proies faciles et rend la chasse très attractive dans cette contrée.

6.2.2. La pêche en zone interdite

Les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama sont des zones humides très riches en ressources halieutiques. Petit Loango se superposant au parc national de Loango, ce site est soumis à la réglementation des aires protégées. La pêche y est interdite. Mais au vue des arrangements pour des raisons de droit coutumier, entre les communautés locales et le Conservateur, la pratique de la pêche est autorisée aux villageois uniquement dans la lagune Iguéla ou Ngové. Cependant, seule la technique de la pêche à la ligne est pratiquée. Ce qui n'a pas d'incidence sur les lamantins.

Par contre à Setté Cama, les embouchures sont les milieux les plus prisés par les communautés pour la pêche. Selon la loi n°15/2005 du 8 août 2005 portant Code des Pêches et de l'Aquaculture en République Gabonaise, dans sa partie portant sur la répression des infractions à l'article 98, constituent des infractions « *la pêche ou tentative de pêche dans les zones prohibées, notamment, les embouchures, les estuaires, les baies* ». L'embouchure est interdite de pêche parce que c'est un écosystème dynamique et complexe du point de vue environnemental. En constante évolution liée aux dépôts sédimentaires d'origine lagunaire et marine, les embouchures présentent un gradient de caractéristiques physico-chimiques auquel les espèces doivent s'adapter.

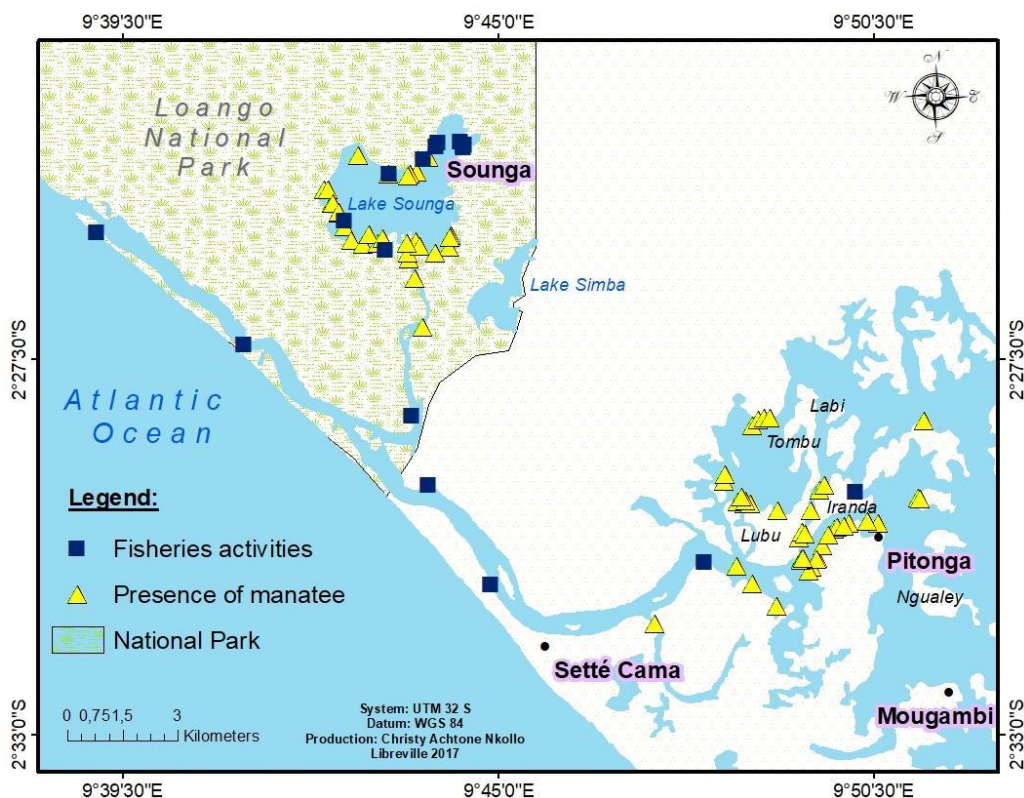
Ces hydrosystèmes sont des zones de transition entre eau douce et eau salée. Ils sont colonisés par des espèces de poissons qui peuvent être marines, résidentes estuariennes, migratrices ou dulçaquicoles (Pinkston, 1997). Zones de croissance pour les juvéniles de poissons, les embouchures participent au renouvellement des stocks de poissons marins, tandis que les espèces résidentes y effectuent leurs cycles biologiques. Les embouchures sont aussi des lieux de passage obligé pour les poissons migrateurs, qui fréquentent alternativement les eaux douces

et les eaux salées au cours de leur cycle de vie. Dans leur partie plus amont, les embouchures sont aussi des lieux de croissance et de reproduction pour un certain nombre d'espèces d'eau douce.

Les agents de l'ANPN et ceux de la brigade de faune de Setté Cama mènent régulièrement des missions de surveillance. Malheureusement, il subsiste la présence de pêcheurs artisanaux et des chalutiers (Plan de gestion lagune Ndougou, 2008). Par ailleurs, à l'embouchure, il a été observé que les pêcheurs artisanaux pratiquent aussi la chasse et dissimulent les armes sous les filets (Plan de gestion lagune Ndougou, 2008).

Pour leurs activités, la zone la plus appréciée par les pêcheurs est également celle la plus fréquentée par les lamantins à la lagune Ndougou. La figure 41 montre clairement que les activités de pêche sont localisées aussi là où il y a la présence de lamantin. Cela se justifie du fait que la présence de lamantin attire celle des poissons, car ces derniers se nourrissent de ses déjections. La technique de pêche la plus répandue dans cette zone est celle du Tapé-Tapé (WWF, 2014). Elle consiste à encercler, avec un filet, des pieds de mangroves, et à taper l'eau avec des pagaies ou du bambou de Chine. Le bruit engendré effraie les poissons qui se précipitent dans les mailles du filet. Cependant, cette technique stresse non seulement les poissons mais, aussi, les autres espèces aux alentours et occasionne des captures accidentelles récurrentes (WWF, 2014). Par ailleurs, lors de nos échanges informels sur le terrain, un pêcheur témoigne que quand un lamantin se fait prendre, il l'achève à coup de fusil.

Figure 41: Activité de pêche et présence de lamantin entre du lac Sounga (sud du PN de Loango) et Pitonga (embouchure de la lagune Ndougou)



6.3. La mortalité du lamantin

L'esquisse relative à la mortalité du lamantin nous a conduits à examiner les menaces directes et indirectes qui pèsent sur les populations de lamantin.

6.3.1. Les menaces envers les populations de lamantin en Afrique

En Afrique, sont prises en compte, d'une part, les menaces indirectes et, d'autre part, les menaces directes envers les populations de lamantins.

6.3.1.1. Les menaces indirectes envers les populations de lamantin

Les zones côtières humides de l'ensemble des pays du Golfe de Guinée sont envahies par une population humaine en pleine explosion démographique et expansion spatiale. Par exemple, les zones humides côtières du Gabon concentrent 70% de la population nationale- (RGPH, 2013).

L'augmentation de la population et de ses implantations entraîne un accroissement des effluents qui se concentrent dans les cours d'eau et dans les embouchures fluviales (estuaires, ...). Les proximités des zones urbaines et des installations pétrolières de Libreville, Port Gentil et Gamba, sur le littoral et ses aires protégées, génèrent des flux de polluants et de contaminants dans le milieu marin côtier, source de risques pour les écosystèmes. Dans une large mesure, les effets de cette pollution sont inconnus sur la santé et l'habitat des lamantins ; mais, il est incontestable qu'ils ne soient pas nuisibles.

6.3.1.2. Les menaces directes envers les populations de lamantin

La chasse non réglementée, et vraisemblablement excessive, doit être considérée comme la menace principale à l'égard des populations de lamantin. Malgré la protection juridique dont il jouit, le lamantin est encore chassé au moyen de harpons, de pièges, de filets et de lignes (Powell, 1996).

Dans certaines régions, la chasse est hautement traditionnelle et ritualisée et la viande consommée localement. Aussi, la chasse est-elle plus occasionnelle maintenant, et la viande est commercialisée sur place et entre les tribus. Dans certains pays, des progrès ont été accomplis afin de décourager la chasse au lamantin. Mais, la protection réelle ainsi fournie est marginale et la chasse se poursuit encore.

La viande est devenue rare sur certains marchés. Mais, nous ne savons pas avec certitude si c'est en raison d'une protection accrue ou d'une diminution de l'abondance.

Les quelques données historiques existantes indiquent une réduction du taux de prises. Par exemple, à un certain endroit, dans les années 1930, douze (12) lamantins avaient été pris en un jour sur une distance de 150 kilomètres dans le fleuve Gambie ; alors que seulement deux (2) par an étaient capturés, estime-t-on, dans la même région dans la période 1978-1983 (Powell, 1996).

L'information selon laquelle le lamantin bénéficie de mesures de protection est largement répandue dans toutes les zones ayant fait l'objet d'une enquête (Powell, 1996).

Sur toute l'aire de répartition du lamantin en Afrique, les captures accidentelles sont une manne divine pour les pêcheurs. Ces prises permettent d'arrondir les revenus d'une partie de pêche (Mbina, 2001). Cependant, il n'y a pas de donnée exacte chiffrée de l'ampleur du phénomène.

6.3.2. Les menaces à Petit Loango et à Setté Cama

Les menaces à Petit Loango et Setté Cama sont constituées par les activités pétrolières et la consommation de viande de lamantin.

6.3.2.1. Les activités pétrolières

Les premières prospections pétrolières au Gabon remontent en 1926 par des géologues américains, qui avaient tenté d'évaluer les potentialités en champs ou gisements pétrolifères du bassin sédimentaire. Deux ans plus tard, ce fut le tour Service des Mines de l'Afrique Equatoriale Française (Bouquerel, 1967).

Depuis les découvertes dans les années 1950 par Shell-Gabon des gisements pétrolifères Gamba et Ivinga dans le site Ramsar de Setté Cama, et en 1985 du gigantesque gisement de Rabi-Kounga adossé au site Ramsar de Petit Loango, ces puits sont estimés avoir fourni jusqu'à la moitié de la richesse pétrolière du pays (Mangarelle, 2021).

En chiffres, ces milieux constituent donc une zone pétrolifère par excellence, dans un État si dépendant des recettes pétrolières que, depuis la découverte du gisement géant de Rabi-Kounga, la République gabonaise dépend du pétrole pour environ la moitié de ses recettes publiques et 80 % de ses exportations².

Dès 2003, le Gabon enregistre la chute de production des champs pétrolifères de Rabi-Kounga et les autres. Cela indiquait que la ressource s'épuisait, menaçant *de facto* l'économie nationale et régionale mais aussi la prospérité de ses habitants. Malgré l'assèchement des puits, les populations pensaient que Shell serait indéfiniment active dans la région (Mangarelle, 2021). Cet état d'esprit reposait sur le fait de l'omniprésence de Shell et sur l'espoir que la société devrait découvrir des nouveaux puits d'une manière ou d'une autre (Bissielo et Owono, 2003).

En 2016, cependant, Royal Dutch Shell a vendu ses actifs à Shell-Gabon en raison de la baisse de la production dans la région de Ndougou. Les revenus du Gabon ont chuté et le chômage a explosé. Cela a entraîné de nombreux cas de braconnage dans les anciens sites de production.

En 2006 au Gabon, le dossier du permis pétrolier Lotus de SINOPEC (deuxième compagnie pétrolière et pétrochimique chinoise) dans le PN de Loango a été au centre du contentieux entre, d'une part, les partisans de l'exploitation des ressources du sous-sol en vue du développement

²<https://www.worldbank.org/en/country/gabon/overview>

économique et, d'autre part, les acteurs de la conservation de l'environnement et l'écotourisme. La campagne de recherche de pétrole couvrait une zone de 1 500 km² (Kempf, 2006). Conformément à la législation et à la réglementation en vigueur en République Gabonaise, une première étude d'impact environnemental élaborée n'avait pas été approuvée ou validée. Pendant que la seconde étude était en cours, SINOPEC a démarré une campagne de dynamitage³ dans le cadre des travaux de sismique 2D dans le Permis LOTUS, dans la région du Parc National de Loango. Dans cette région, Brisson (2006) note l'œuvre de « ...deux ONG internationales, le Fonds mondial pour la nature (WWF) et la Société de conservation de la nature (WCS, *The Wildlife Conservation Society*). Ce rapport a été communiqué à l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutive de Leipzig (Allemagne) qui travaille avec le WCS sur divers primates de la région. Le WCS oeuvre également en étroite liaison avec « Opération Loango », une initiative touristique respectueuse de l'environnement dirigée par le néerlandais Rambout Swanborn. »

Avaient une posture légitime commune le Ministère de l'environnement, le Conseil national des parcs naturels, les ONG environnementales nationales et internationales de protection de la nature, et les bailleurs de fonds (la France, les États-Unis, l'Union Européenne et la Banque Mondiale) des initiatives de préservation et de valorisation de ce milieu lagunaire pittoresque. Ainsi, rappelons qu'au moment des faits dénoncés, les initiatives suivantes font du PN de Loango une région privilégiée. Citons : la protection de la biodiversité (faune et flore) en tant que zone humide d'importance internationale dans le cadre de la Convention de Ramsar (1971), la présence d'un équipement hôtelier haut de gamme pour un tourisme de luxe. Le système côtier lagunaire est une mosaïque de milieux divers (forêt, savane, mangrove, marais), à nombreux grands mammifères (lamantins, éléphants, hippopotames, gorilles et chimpanzés). Brisson (2006) note que le dynamitage décrié avec les 16 000 tirs effectués, les routes et campements de base vie implantés sur 740 kilomètres ont été une grande source de stress pour la faune terrestre et aquatique. Les explosifs utilisés ont eu des impacts négatifs dans le Parc national du Loango. L'eau et le sol étaient pollués par les résidus des explosions. La présence de centaines de travailleurs dans une région vide de population, les pollutions sonores et des eaux et des sols ont été une source d'importantes perturbations pour la faune en général et les lamantins en particulier. Le changement inapproprié et brutal des conditions du milieu a poussé

³https://www.lemonde.fr/planete/article/2006/10/25/un-parc-naturel-gabonais-menace-par-la-prospection-petroliere-chinoise_827360_3244.html

la faune à migrer. A l'heure actuelle, le stress subi sur la population de lamantin n'a jamais été déterminé.

Kempf (2006) signalait que Le Gouvernement, à travers le Conseil des Ministres, tranchait en faveur de la poursuite de l'exploitation : *"Si une richesse minière ou pétrolière est découverte dans une aire protégée, cette richesse peut et doit être exploitée afin de favoriser l'essor économique et social du pays"*, indique le communiqué du gouvernement. Le permis Lotus de Sinopec a posé la difficile problématique de la conciliation entre conservation de la nature et enjeux économiques, comme l'écrivait Mombo (2009).

Dans « Parcs naturels et manne pétrolière », Grison (2006) soulignait que le cas du parc de Loango n'était pas unique. Dans un avenir proche, d'autres projets allaient poser des problèmes identiques tels que ceux des deux oléoducs passant dans les parcs de Mayumba et de Pongara, d'une concession minière dans le parc des monts de Cristal, de la future mine de fer de Belinga près du parc de Minkébé, des gisements du Sud-Est à la périphérie du parc national de Loango. Entre les nécessités d'exploiter les ressources du sous-sol dans une stratégie globale de développement socio-économique et une politique de conservation de la biodiversité avec le maintien des parcs nationaux, le choix reste délicat et étroit.

De même, il n'est pas rare de retrouver sur les plages entre l'embouchure du fleuve Nyanga et l'embouchure de la Lagune Ndougou la présence de boulettes de brut sur des kilomètres (Photo 11 et 12). Or, plusieurs exutoires communiquent avec la mer. L'arrivée du brut dans les rivières sont automatiquement effectives sachant qu'ils abritent une faune aquatique telle que les lamantins, les hippopotames, les tortues à carapace molle (Vande Weghe, 2006 ; WWF Gabon, 2015 ; Mangarelle, 2021).

Photo 11: Brut sur une bouteille plastique (plage Terminal Shell Gamba)



Source : Nkollo C.A., Mars 2016.

Photo 12: Boulette de brut (Plage Pont Dick, site Ramsar de Setté Cama)



Source : Nkollo C.A., Mars 2016.

Un autre phénomène enregistré encore à la lagune Ndougou est celui de l'eutrophisation ; cet apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux entraîne une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème (Veyret, 2007). L'eutrophisation est une forme de pollution qui se produit lorsqu'un milieu aquatique reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les manifestations les plus visibles en sont l'apparition d'une eau verte pour les eaux des lacs des rivières et lagunes. Ce phénomène est avant tout naturel et s'effectue sur plusieurs siècles. Cependant, elle est aussi le résultat des activités anthropiques. Ce qui donne lieu à la dystrophisation, c'est-à-dire à l'état extrême de l'eutrophisation se traduisant par la mort des organismes animaux et végétaux supérieurs pour cause d'anoxie du milieu.

Dans ce dernier cas, la dystrophisation est accélérée par l'apport d'effluents industriels et peut conduire à la mort de l'écosystème aquatique en quelques décennies voire même en quelques années (Geffard, 2010). Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont les phosphates, l'ammonium, les nitrates et les nitrites (Geffard, 2010). Ces éléments stimulent fortement la croissance des organismes végétaux, entraînant le développement soudain de plantes ou d'algues, qualifié de "prolifération végétale". L'eutrophisation s'observe surtout dans les écosystèmes dont les eaux se renouvellent lentement dans les milieux aquatiques profonds. De plus, elle est accentuée par les températures élevées et l'abondance de lumière. A la lagune Ndougou, ces nappes verdâtres d'algues s'étendent sur des kilomètres à partir de l'île

MBendi (Photo 13, ci-après). Cette île a la particularité d'avoir des installations de gaz naturel de l'ex exploitant Shell-Gabon.

Photo 13: Étalement d'une nappe d'algues à la surface de l'eau à la lagune Ndougou



Source : Nkollo C.A., Février 2016.

Par ailleurs, l'eutrophisation entraîne une diminution de la qualité de l'eau, et *de facto* de la biodiversité. Les espèces animales sensibles à la baisse de la teneur en oxygène dissous et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules les bactéries anaérobies survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène. Elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré et ammoniac) et du méthane. Cette étape était déjà en cours en 2016, lors de la collecte des données durant le cycle de Master (Photo 14, ci-après).

Photo 14: Fermentation de la matière organique avec une forte odeur nauséabonde



Source: Nkollo C. A, Février 2016.

Les bactéries peuvent également libérer des toxines devenant éventuellement nocives pour certains mammifères. Selon les populations du village Mougambi, le plus proche de la zone négativement impactée, il n'y a plus de présence de poisson à cet endroit. En outre, ils signalent que la nappe d'algues se déplace. Malgré la pose de leurs filets de pêche un peu plus loin, la nappe verdâtre les atteint (Photo 15, ci-après).

Photo 15: Cas d'un filet de pêche "retrouvé" par la nappe



Source : Nkollo C.A., Janvier 2016.

Les toxines dégagées par les algues lors de l'eutrophisation ont tendance à s'accumuler dans les tissus de chair. A la longue, ces toxines auront des conséquences sur la santé des consommateurs de produits de la pêche. La zone *hot-spot* des lamantins se situe à quelques encablures en aval du point de départ de l'eutrophisation. Avec la circulation de la nappe algale et de l'eau, il est à prédire que les toxines auront aussi des effets sur eux. Des études plus poussées doivent être menées, afin de déterminer le type de toxines et leur présence effective dans les muscles des lamantins.

6.3.2.2. La consommation de viande de lamantin

Une frange non négligeable de la population, souvent pauvre et rurale, pratique la chasse pour sa propre consommation et comme source primaire de revenus par l'approvisionnement de filières alimentaires à destination de pôles de consommation plus ou moins distants. Pour de nombreuses familles rurales, la vente de gibier est le principal revenu monétaire, et permet l'accès à des services et des produits de première nécessité modernes tels que les médicaments, l'énergie et l'éducation (Abernethy et al., 2016). En concurrence avec ces familles, des

professionnels (chasseurs et/ou commerçants) organisent des réseaux illégaux assurant le transport et la vente des produits de leur activité (Van Schuylenbergh, 2009). Le phénomène du braconnage commercial atteint aussi les lamantins. Lors des prises de données sur le terrain et la compilation de celles fournies par les ONG, nous avons enregistré la présence des carcasses de lamantin présentant des signes renvoyant à des actes de braconnage. A Petit Loango par exemple, il a été observé le cadavre d'un lamantin sans sa tête et en état de décomposition (Photo 16, ci-après). Nous aborderons à la section 6.5 la valeur culturelle du lamantin et l'importance dans les rites et traditions de cette partie manquante du corps de l'animal. En outre, à Setté Cama, nous avons observé une carcasse entière dont la chair dorsale fut découpée (Photo 17, ci-après).

Photo 16: Carcasse de lamantin sans tête à Petit Loango



Source : WWF Gabon, 2015.

Photo 17: Carcasse de lamantin braconnée



Source : Nkollo C.A., 2016.

La consommation de viande de lamantin pose le problème de la durabilité de l'équilibre écologique, sachant que c'est une espèce qui se reproduit très lentement et que la situation économique des populations de la région est au seuil de la pauvreté. Les populations au chômage auraient identifié de nouveaux créneaux rentables comme source de revenus. Parmi ces créneaux, figurent la chasse, la pêche ou encore l'agriculture (Ndoide, 2010).

Le flux de la viande de brousse a augmenté sur le site Ramsar de Setté Cama et ses alentours, à cause du chômage qui sévit dans la région. Toutefois, les citoyens de la ville de Gamba affirment du fait que leur pouvoir d'achat a chuté suite au départ de Shell, ils n'ont plus les ressources nécessaires pour se procurer la viande de brousse. Elles préfèrent investir dans les aliments plus abordables et faciles d'accès tels que le poisson et les viandes de boucherie pour se nourrir (Tchibouela, 2022). Cette viande de brousse est destinée à un marché hors du périmètre du site Ramsar de Setté Cama. Au même titre, depuis quelques années, il en est de même du poisson qui est commercialisé jusqu'à Mouila (Dodè, 2015).

Les missions de Lutte Anti-Braconnage menées par l'ANPN entre 2013-2020 indiquent des indices directs et indirects de chasse (Photo 18, ci-après).

Photo 18: Saisie de viande de lamantin par la Brigade de Faune de Setté Cama à Gamba



Source : WWF Gabon, 2015.

Il est constatable que ces indices sont en baisse au fur à mesure du dépeuplement de la région. Les carcasses d'espèces les plus retrouvées pendant ce temps étaient celles des éléphants

(*Loxodonta africanus*), des lamantins (*Trichechus senegalensis*) et des buffles (*Syncerus caffernanus*), selon Tchibouela (2022).

6.3.3. Les tendances de mortalité des lamantins dans les sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango

Au Gabon, le lamantin africain fait face à de nombreuses pressions anthropiques. La chair du lamantin est très prisée dans les sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango. En effet, Thibault (2001) rapporte que, selon les enquêtes menées par le WWF en 2000, 30 lamantins ont été vendus sur le marché de Gamba provenant du site Ramsar de Setté Cama, contre 3 lamantins dans les marchés d'Omboué provenant du site Ramsar de Petit Loango. Toutefois, il est souligné que les enquêtes ont été menées durant 279 jours dans les marchés de Gamba contre 19 jours dans les marchés d'Omboué. Ainsi, sur la base de cette étude, le commerce de l'espèce est estimé par année à 39 individus de lamantins dans le site Ramsar de Petit Loango, contre 57 individus dans le site Ramsar de Setté Cama.

Le tableau 24, ci-après, nous indique que la pression de chasse de lamantin est plus importante dans le site Ramsar de Setté Cama que dans celui de Petit Loango. La majorité des études mentionnent que la cause de la mortalité des lamantins enregistrée est liée au braconnage. Ce constat concorde avec les études de Cadenat (1957), Blancou (1960) et Dodman et al. (2008), qui soulignent que le déclin de la population des *Trichechus senegalensis* est fortement lié à la chasse et la capture accidentelle dans les pêcheries. La chasse de lamantin est qualifiée de braconnage par le fait que cet animal soit intégralement protégé au Gabon. Bien que les missions de lutte anti braconnage aient été renforcées avec la mise en œuvre en 2014 du Projet d'Appui aux Zones Humides (PAZH), des actes de braconnage de lamantins sont encore enregistrés.

Tableau 24: Récapitulatif du nombre d'individus de lamantin capturés dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama

Dates	Localisation site Ramsar	Nombre d'individus	Poids total (kg)	cause de la mortalité	Méthodes	Source
2021	Petit Loango	1	indéterminé	Braconnage	Données opportunistes	Nkollo C.A, donnée de terrain
2020	Setté Cama	4	indéterminé	Braconnage	Données opportunistes	ANPN
2020	Petit Loango	5	indéterminé	Braconnage	Données opportunistes	Nkollo C.A, donnée de terrain
2019	Petit Loango	2	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	Nkollo C.A, donnée de terrain
2018	Petit Loango	2	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	Nkollo C.A, donnée de terrain
2016	Setté Cama	3	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	S. Louembet, pers.comm., 03 septembre 2013
2015	Setté Cama	1	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	S. Louembet, pers.comm., 03 september 2013
2014	Setté Cama	2	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	S. Louembet, pers.comm., 03 september 2013
2013	Setté Cama	20	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	S. Louembet, pers.comm., 03 september 2013
2013	Setté Cama	23	indéterminé	Braconnage	Enquête par interview	J.R. Kema Kema, pers.comm. 11 june 2013
2007	Setté Cama	indéterminé	indéterminé	Braconnage	Suivi en bateau	Keith & Collins, pers.comm. 2007.
2005	Petit Loango	1	indéterminé	Capture accidentelle	Données opportunistes	Kokangoye M.F., 2005
2003	Setté Cama	30	400 kg	Braconnage	Suivi dans les marchés	Thibault & Blaney, 2003
1998	Setté Cama	30	12000 kg	Braconnage	Suivi dans les marchés	Thibault, 2001
1998	Petit Loango	3	1200 kg	Braconnage	Suivi dans les marchés	Thibault, 2001
1997	Setté Cama	1	indéterminé	Braconnage	Données opportunistes	Blaney et al., 1997

Source : Nkollo C. A., 2022.

De plus, la faible pression de chasse à Petit Loango peut aussi s'expliquer par l'éloignement du centre urbain de Port-Gentil. Selon nos enquêtes de terrain, les lamantins sont présents dans les différents embranchements du delta de l'Ogooué. Les captures se font dans les secteurs proches de la ville. Ils sont vendus directement à des restaurateurs ou à des particuliers chez eux. Le prix de vente d'un kilo de viande de lamantin est de 2500 FCFA. La photo 19, ci-après, illustre des morceaux d'un lamantin juvénile vendu au quartier Mini-Prix à Port-Gentil.

Photo 19: Viande de lamantin vendue au quartier Mini-prix à Port-Gentil



Source : Anonyme, 2021.

Selon les données collectées sur le terrain, cette viande provient du secteur du village Ngongog'enanga sur l'Ogooué (Ogooué-Maritime). Le transport de viande pour la vente se fait par voie fluviale, environ toutes les deux semaines. Dans les restaurants, le plat de viande de lamantin est de 3500 FCFA accompagné de banane plantain ou de manioc comme sur la photo 18, ci-après.

Photo 20: Plat de lamantin servi dans un restaurant à Port-Gentil.



Source : Anonyme, 2021.

Dans plusieurs localités de son aire de distribution au Gabon, le braconnage des lamantins a été documenté par Thibault (2001) sur les sites Ramsar de Setté Cama de Petit Loango et celui du Bas Ogooué ; soit 133 individus tués, selon Louembet (2008).

Les observations de captures accidentelles sont enregistrées mais faibles dans les sites Ramsar (Tableau 25). Cela s'explique par le fait que le matériel de pêche ayant une forte capacité de capture des lamantins y soit interdit. L'engin de pêche, le filet dénommé la senne, est interdit depuis 1986 par l'arrêté n°0076/MEFCR/DGEF/DPMCM du 29 mars 1986 interdisant certaines techniques de pêche en République Gabonaise. Malgré l'interdiction, la senne est utilisée, occasionnant accidentellement la capture des lamantins.

Prisé par la communauté locale et s'inscrivant dans leurs habitudes alimentaires, cet animal n'est pas relâché suite à une capture accidentelle, vue la manne financière qui peut en découler. Ainsi, vendu à 3500 FCFA le kilogramme, cet animal d'environ 250 kg peut rapporter entre 400.000 FCFA pour un individu vendu entier, et 875.000 FCFA lors de la vente en détail ; selon les données collectées sur le terrain.

Cette mentalité des pêcheurs, à tirer profit de leurs captures non ciblées, est largement répandue dans l'aire de distribution du lamantin en Afrique. Takoukam et al. (2012) confirme cet état de

fait au Cameroun, en signalant l'abattage de 13 lamantins capturés accidentellement avec l'aide des filets de pêche. Akoi (1992) et Powell (1996) illustrent aussi cette situation en Côte d'Ivoire. Les études menées entre 2006 et 2007 par Keith Diagne (donnée non publiée) montraient que la pression de chasse des lamantins a diminué par l'intensification des missions des écogardes à l'Agence Nationale des Parcs Nationaux. Nous relativisons cela en prenant en compte les données de terrain, car les braconniers écoulent désormais leurs produits le plus discrètement que possible à travers un réseau d'abonnés.

6.4. Indice de rencontre lors des monitorings

Les différentes études menées de 1996 à 2016 (Powell, 1996 ; Keith et *al.*, 2006; Keith et Collins, 2007; Keith Diagne, 2011 et 2014; Nkollo , 2016) montrent que le Gabon, notamment les sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango, semble présenter les plus importantes densités de lamantins en Afrique. Entre les sites Ramsar, il ressort que celui de Setté Cama enregistre le plus important indice de rencontre ; notamment dans le lac Cachimba soit 0.86 individus /100 minutes contre 0.33 individus /100 minutes dans la lagune Iguéla à Petit Loango (Keith et Collins, 2007).

Les données non publiées de Keith Diagne⁴ confirme la présence du lamantin dans le site Ramsar de Setté Cama et sa saisonnalité dans certaines zones : la rivière Rembo Bongo, Kivoro; Longa Longa, Mafoume, Mouaga, le lac de Marimossi. Keith Diagne⁵ mentionnait l'absence d'estimation de la population des *trichechus senegalensis* basé sur les informations quantitatives dans l'ensemble de son aire de distribution. Ainsi, les données utilisées reposent majoritairement sur les enquêtes par entretien.

Les récentes études menées sur la lagune Ndougou par Nkollo (2016) confirme la présence d'importantes populations de lamantins dans le site Ramsar de Setté Cama, avec des densités estimées 0.05 individus par km et 0.93 individus/60 minutes ; soit 1.55 individus/100 minutes (Tableau 25, ci-après).

⁴ Communication personnelle

⁵ Communication personnelle

Tableau 25: Densité par effort de recherche au site Ramsar de Setté Cama

Distance parcourue (km)	Effort de recherche (heures)	Nombre d'observations	Densité (heures)	Densité (km)	Densité (100 min)
749,05	45	42	0,93	0,05	1.55

Source, Nkollo Christy 2022.

Toutefois, par rapport à Keith (2007), Nkollo (2016) donne à la lagune Ndougou des densités plus fortes dans le site Ramsar de Setté Cama. Cela peut s'expliquer par le fait que les observations de Nkollo ont eu lieu de 2013 à 2015, contre une période de moins d'un mois dans le lac Cachimba.

Le tableau 26, ci-après, fournit aussi des informations sur les indices de fréquence et d'abondance du lamantin à Petit Loango et Setté Cama. Le réseau hydrographique de la zone étant entièrement interconnecté et le lamantin étant une espèce migratrice, il est important aussi de considérer la zone périphérique dans le Complexe d'Aires Protégées de Gamba (CAPG) ; notamment à Rabi, Toucan et Moukalaba Doudou. Le site Toucan présente des indices aussi bien d'abondance que d'occurrence par rapport à Petit Loango (Boddicker, 2006). Lors de la période d'investigation en 2006, rappelons qu'à Petit Loango une campagne de prospections pétrolières à la dynamite avait lieu provoquant un stress chez les animaux selon le WWF et le WCS.

Tableau 26: Indices d'abondance et d'occurrence selon Boddickers dans le CAPG

Désignation	Gamba	Rabi	Toucan	PN Loango	PN Moukalaba Doudou
Indices d'occurrences	10	5	10	0	5
Indices abondance	0	0	10	0	0

Source: Boddicker, 2006.

Les données de terrain collectées au cours de notre recherche ont permis une mise à jour de celles de Boddicker (2006), selon le Tableau 27, ci-après.

Tableau 27: Indice de rencontre à Petit Loango et Setté Cama

Désignation	Lagune Iguéla (Petit Loango)	Lac Sounga (Petit Loango)	Lagune Ndougou (Setté Cama)
Indices de rencontre des individus (par 100 minutes)	1,04	0,53	1,09
Indices de rencontre des traces d'alimentations (par 100 minutes)	-	4,65	1,83

Source: Nkollo C. A., 2022.

Ainsi à Petit Loango, les indices de rencontre sont de 1,04 individus /100 minutes jumelant la lagune Iguéla et le Rembo Ngové, contre de 0.33 individus /100 minutes déterminé par Keith et Collins (2007). En outre, au lac Sounga a enregistré un indice de rencontre des individus de 0.53 individus/100 minutes et un indice de trace d'alimentation de 4,65 traces/100 minutes. Quant à Setté Cama, l'indice de rencontre des individus est de 1,09 individus /100 minutes et un indice de trace d'alimentation de 1,83 trace/100 minutes.

6.5. La valeur culturelle du lamantin

L'importance du lamantin en Afrique est incontestable dans tous les pays de son aire de distribution. Cette importance se retrouve sur plusieurs plans : nutritionnel, social, économique, culturel et mythique. La valeur culturelle du lamantin est centrée sur la prise en compte de la donnée générale chez les peuples africains, et sur la donnée collectée auprès des communautés locales de Petit Loango et de Setté Cama.

6.5.1. Donnée générale chez les peuples africains

Les différentes études montrent que les populations locales, autour des zones humides en Afrique, ont pratiquement les mêmes connaissances sur l'utilisation du lamantin. Ces utilisations tournent autour de la consommation des sources de protéines et la médecine

traditionnelle. Ce constat montre clairement la pression sur l'espèce dans une échelle plus ou moins large.

En Gambie, Jallow et *al.* (2008) ont prouvé que les lamantins sont largement et illégalement chassés par les pêcheurs pour la nourriture et la médecine traditionnelle. De même qu'en Guinée-Bissau, Sa et *al.* (2008) constatent les mêmes utilisations. Au Ghana, les lamantins ont des valeurs différentes entre les communautés, certaines les chassent pour la nourriture (Amlalo, 2008), tandis que d'autres les tuent pour qu'ils servent d'appât (Ofori-Danson et *al.*, 2008). En outre, au Togo, à part la consommation de la viande et l'usage en pharmacopée, s'ajoute une utilisation pour les cérémonies traditionnelles (Segniagbeto et *al.*, 2008).

Au Bénin, Angelici et *al.* (2001) a révélé que la chasse aux lamantins était intensive et continue aujourd'hui à une échelle inférieure. L'usage pour la nourriture, la médecine et les cérémonies traditionnelles reste le même, comme le stipulent Tchibozo (2002) et Dossou-Bodjrènou et *al.* (2004) ; et, cela, malgré une forte baisse de la population des lamantins (Oboto, 2002; Fa et *al.*, 2006). Bien qu'il n'existe pas de chasse organisée aux lamantins, c'est un grand événement pour un pêcheur d'en capturer (Rihanath & Tchibozo, 2008). En Guinée Equatoriale, Richard et *al.* (2008) démontrent que la chasse au lamantin ne concerne que certaines ethnies. De plus, la viande est typiquement consommée dans la famille du chasseur, ou partagée entre les pêcheurs et les chasseurs du village. L'huile et les os sont utilisés à des fins médicales.

Un usage autre que ceux cités précédemment provient du Sénégal. En effet, dans la médecine vétérinaire, la graisse de lamantin est utilisée pour traiter la gourme (Bessac & Villiers, 1948). Cette maladie bactérienne respiratoire spécifique des équidés est fortement contagieuse, et représente un problème sanitaire mondial et majeur chez cette famille.

6.5.2. Donnée auprès des communautés locales de Petit Loango et de Setté Cama

Les ethnies majoritairement rencontrées à Petit Loango et Setté Cama sont les Nkomi, les Lumbu, les Varamas, les Eshira et les Vili. Au Gabon, la chasse au lamantin fait partie des traditions et appartient à un rituel fort. L'abattage d'un lamantin dans l'ethnie Lumbu est un acte pour célébrer un retrait de deuil (Nkollo, 2016). Riverains des zones côtières et lacustres, les communautés locales des sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango côtoient régulièrement les mammifères marins. Ainsi dans certaines familles des communautés locales, le lamantin est considéré comme un totem. Il est vénéré, et sa capture est interdite sous peine de malédiction.

Par ailleurs, dans d'autres familles et villages, le lamantin est très apprécié pour sa chair et, surtout, pour les vertus thérapeutiques de ses attributs. Les discussions informelles menées auprès des communautés locales ont souligné que le crâne de lamantin est très recherché à des fins de rite (Photo 19, ci-après). Son utilisation permettrait d'accéder à la richesse, ou à un certain « pouvoir mystique supérieur ». Dans certains rites occultes des arcanes, il remplace aisément le crâne humain. Le crâne de lamantin se vend à partir de 250 000 FCFA à plus de 400 000 FCFA.

Photo 21: Crâne de lamantin blanchi destiné à la vente



Source : Nkollo C.A., 2016.

En outre, la valeur culturelle accordée à cet animal est telle que si les personnes cherchent à l'apercevoir ou à le capturer, ils ne doivent pas prononcer son nom au risque de voir leur entreprise se solder par un échec. Il est considéré comme un « génie » parmi les communautés locales. Ainsi, lorsqu'il est capturé, un rituel doit être effectué pour le ramener à terre. Cela permet de briser la malédiction rattachée à la capture d'un esprit de l'eau.

Concernant toujours les pouvoirs attribués au lamantin, il est rapporté que quand un pêcheur devait attendre un enfant, la nouvelle était donnée par la rencontre avec un lamantin. Ce dernier projette avec sa bouche un jet d'eau sur le pêcheur, puis il disparaît.

Toutes les parties du lamantin sont utilisées dans la pharmacopée, de la peau au squelette en passant par les organes.

Toutes les parties du lamantin aussi bien la peau, les organes et le squelette sont considérées comme ayant des vertus médicinales et mystico-spirituelles. Le tableau 28, ci-après, résume certaines utilisations du lamantin au Gabon. Ces données ont été recueillies auprès des chasseurs, des tradipraticiens et les anciens des communautés locales. Pour des raisons liées au secret des rites, certaines informations n'ont pas été consignées dans ce tableau.

Tableau 28 : Utilisations des différentes parties du lamantin au Gabon

Désignation	Propriété
Bile	poison mortel
Crâne	donne la puissance spirituelle
	apporte la richesse
Dent	talisman de protection
Huile	soigne la stérilité féminine
	apaise les démangeaisons
	soigne la gale
	appliqué sur la peau du nouveau-né pour la protection mystique
Os de l'oreille	développe l'ouïe
Peau	cravache
Sexe mâle	Aphrodisiaque
	soigne l'impuissance sexuelle

Source : Nkollo C.A., 2022.

La valeur culturelle du lamantin contribue à sa sauvegarde. Cependant, il est victime aussi de son importance culturelle qui favorise son prélèvement par la chasse.

En somme pour ce sixième chapitre, la recherche documentaire menée a permis d'identifier les principaux acteurs œuvrant pour la conservation du lamantin africain au Gabon : la direction Générale de Faune et des Aires Protégées (DGFAP), l'Agence Nationale des Parcs nationaux (ANPN), la Direction Générale des Écosystèmes Aquatiques (DGEA), des ONG (IBONGA ACPE, Smithsonian Institute, WWF). Les différentes missions effectuées par ses entités ont été importantes, notamment celles en relation avec la conservation du lamantin africain et son habitat. Bien que des mécanismes et instruments aient été mis en place au Gabon pour la

conservation de cette espèce, il n'en demeure pas moins qu'elle subit beaucoup de pressions anthropiques, notamment le braconnage (site Ramsar de Petit Loango, site Ramsar de Setté Cama) et la dégradation de son habitat par eutrophisation (lagune Ndougou au site Ramsar de Setté Cama). Les aspects culturels sont un des facteurs de la diminution de la population des lamantins africains se traduisant par les habitudes alimentaires et les pratiques thérapeutiques et obscures. Dans certains rites occultes, le crâne de lamantin est essentiel à l'accomplissement du rituel et il se vend à partir de 250 000 FCFA à plus de 400 000 FCFA. Malgré la forte pression anthropique, il se peut que les tendances de déclin de la population des lamantins africain ne soient pas si alarmantes sur les sites Ramsar de Setté Cama et petit Loango. Les densités de lamantins paraissent être les plus importantes en Afrique avec un taux de rencontre d'environ 1 individu par 100 minutes. L'état de la conservation du lamantin africain semble être assez stable sur les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango.

Cette partie avait pour objectif de traiter la distribution et l'état de conservation du lamantin. Dans un premier temps, cette analyse a permis de modéliser la distribution de la population. Cette modélisation a permis dans un premier temps, de corrélérer les données de prélèvement des paramètres physico-chimiques aux données géoréférencées de présence/absence. Ces corrélations montrent le rapport réciproque entre le milieu et la présence des individus de l'espèce. En effet, à partir des modélisations, l'occupation d'un site est soumise aux changements des effets en intra saisonnalité. L'estimation réelle de Ψ indique la présence de l'espèce à 92% en tenant compte de la variation des intra saisons, soit des variables liées au site notamment la végétation ou la zone, soit aux covariables des paramètres physico-chimiques. Il est noté qu'au niveau du site Ramsar de Petit Loango, la saisonnalité du lamantin est très marquée. La saison des pluies, est la période de forte observation

En deuxième temps, il a été identifié les facteurs ou les moteurs régissant l'occupation actuelle. Il ressort que la salinité et la température sont des variables qui influencent fortement la distribution spatiale du lamantin dans les sites Ramsar. Par ailleurs, à partir de cette modélisation, il est constatable que le village Pitonga a une abondance relative plus élevée que les autres localités des deux sites Ramsar. Aussi, la localisation géographique est un facteur de distribution du lamantin. Ainsi, l'abondance des lamantins est beaucoup plus enregistrée dans les milieux avals des lagunes.

Enfin, bien que des mécanismes et instruments aient été mis en place au Gabon pour la conservation de cette espèce, il n'en demeure pas moins qu'elle subit beaucoup de pressions anthropiques, notamment le braconnage. Il est à souligner qu'il se peut que les tendances de déclin de la population des lamantins africains ne soient pas si alarmantes sur les sites Ramsar de Setté Cama et petit Loango. L'état de la conservation du lamantin africain semble être assez stable sur les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango.

CONCLUSION GENERALE

De tout temps, l'homme s'est interrogé sur les facteurs qui régissent la distribution des espèces. Comment se dispersent-elles ? Comment occupent-elles un milieu ? Pourquoi certaines caractéristiques biologiques d'une même entité spécifique varient-elles en différents points de l'espace ? Comprendre la distribution spatiale de la vie, quel que soit le niveau taxonomique, tel est l'objectif de la biogéographie. L'étude des facteurs qui régissent la distribution des lamantins est essentielle pour comprendre leurs répartitions. Cela afin d'évaluer le risque de disparition de l'espèce ou d'appliquer des moyens de contrôle appropriés pour conserver l'espèce. En d'autre terme, il était question d'améliorer les connaissances de cette espèce sur les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango, pour une meilleure conservation en se basant sur la distribution et l'état de conservation de cette espèce.

Il a été utilisé trois méthodes de collecte de données dont la collecte des données fauniques par transects linéaires, les entretiens avec les communautés locales et la recherche documentaire. Quant à l'approche analytique, elle fut basée sur le logiciel Présence pour les modèles d'occupation et de détection simple simples à unique saison et le Logiciel R. pour les modèles généralisés linéaire.

Le lamantin Africain a été présenté sur la base des connaissances présentes aussi bien à l'échelle nationale que régionale. Dans un premier temps, il a été fait pour cela de retracer les changements d'occupation des milieux passés par les siréniens. Cette analyse a été réalisée à une échelle régionale et locale. La reconstitution des trajectoires de dispersion a été faite à partir des données documentaires des analyses cladistiques et des épisodes climatiques. Les grandes lignes de l'évolution et la dispersion du lamantin qui commence au début de l'Éocène. La découverte d'un pétéreux sirénien datant de l'Éocène de Tunisie dévoile la forme primitive la plus ancienne trouvée. Ce qui donne un emplacement basal du taxon africain au sein du clade sirénien et place l'origine des siréniens non en Amérique mais en Afrique. Cette preuve atteste que la dispersion des siréniens a lieu de l'Afrique pour l'Amérique en suivant l'axe du courant climatique chaud.

Les fluctuations climatiques et les fluctuations environnementales qui ont eu lieu avant et pendant le Quaternaire ont conduit à la fragmentation forestière qui a impacté sur la diversité animale. Ces fragments de forêt ont servi aussi pour la faune de zone refuge pendant les phases sèches. Pendant ces mêmes phases sèches, la savane a occupé la frange côtière gabonaise le long de l'actuelle province de l'Ogooué-Maritime et l'apport d'eau fluvial continentale, comme en témoignent les sédiments terrigènes, fut crucial au maintien d'une population de lamantin. Cette population de lamantin était viable pour lui permettre de recoloniser le bassin

sédimentaire côtier pendant la phase de transgression marine qui a suivie. La dispersion n'a pas pu s'opérer au-delà de ce bassin à cause des barrières physiques imposées par le relief tel que les Monts de Cristal, le massif du Chaillu, les monts Ikoudou et le Mayombe. Cette analyse a permis de valider la première hypothèse, selon laquelle « *la structuration des paléo-environnements durant la dernière période glaciaire (Würm, 80 000 à 20 000 ans BP) est un moteur majeur de la répartition du lamantin* ».

A fine échelle, renvoyant à la niche écologique observée au niveau local des sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama, la distribution du lamantin repose sur une multitude de facteurs susceptibles de jouer un rôle dans cette distribution. Ils ont dû être pris en compte. L'un des objectifs de cette recherche fut de cerner les facteurs, qu'ils soient abiotiques ou biotiques, ayant le plus d'influence sur la répartition du lamantin dans les paysages actuels. En conséquence, les analyses à partir du logiciel Presence dénote que l'occupation du milieu par les lamantins est déterminée par les variations intra-saison dans le site de Petit Loango. L'Analyse en Composante Principale sur R indique les variables les plus influençant à la présence/absence sont la salinité, suivi de la température et du pH. Ces éléments font valoir parfaitement deuxième hypothèse de cette étude selon laquelle « *les caractéristiques physico-chimiques de l'environnement conditionnent l'occupation du milieu par l'espèce* ».

L'occupation spatiale du milieu et la probabilité de détection du lamantin par test sur le logiciel Présence indique l'occupation du milieu par le lamantin dans le site Ramsar de Petit Loango est de 92% et au site Ramsar de Setté Cama de 83% uniquement à la Lagune Ndougou. Avec une probabilité de détection du lamantin par passage de 99% dans la région entre Pitonga et Mongongo sur la lagune Ndougou dans le site Ramsar de Setté Cama. C'est-à-dire que si l'espèce est présente, l'observateur a environ 9 possibilités sur 10 de la voir.

En tenant compte du mode de répartition à partir de la niche observée, les tests statistiques démontrent une distribution aléatoire à Petit Loango comme à Setté cama. Le calcul de l'indice de Green confirme ces résultats. Au site Ramsar de Petit Loango, les lamantins sont plus concentrés dans la rivière Rembo Ngové que dans la lagune Iguéla. Cependant, les observations sont plus importantes en saison sèche que dans la lagune Iguéla. Par ailleurs, la végétation qu'elle soit celle de forêt littorale ou herbier aquatique n'est pas un facteur de distribution de l'espèce. A l'exception de la Lagune Ndougou dans le site Ramsar de Setté Cama. Les résultats en ce lieu indiquent une forte observation de lamantin dans la région de Pitonga. Cela se justifie par la présence de l'herbier immergé *Crinum natan*. Il représente une source d'alimentation majeure pour les lamantins dans cette zone. Cet exposé confirme la troisième hypothèse qui

stipule que « *l'aire de répartition du lamantin est large à Petit Loango mais restreint à Setté Cama. Par ailleurs, l'espèce est très présente dans ces milieux* ».

La recherche documentaire sur la mortalité et la densité du lamantin dans les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango en ressort que les actes de braconnage de cette espèce sont nombreux sur les sites Ramsar notamment sur le site de Ramsar de Setté Cama. De plus, les activités de lutte anti-braconnage dans ses sites Ramsar se sont intensifiées durant ses deux dernières décennies. En somme, malgré la recrudescence des actes de braconnage, les populations de lamantins africains sont stables dans les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango. Ce dernier élément invalide notre troisième hypothèse qui considère que « *les comparaisons des indices d'abondance et celui de mortalité aux données antérieures dans cette zone ne sont pas favorables à la conservation de l'espèce* ».

En outre, les mesures de conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama devraient se concentrer sur les points suivants : l'atténuation des menaces anthropiques qui pèsent sur l'espèce et son habitat, et en particulier réduire la mortalité des lamantins liée à la chasse et la pêche. En raison du statut vulnérable de cette espèce à l'échelle mondiale et la pression de chasse enregistrée, il est donné des recommandations spécifiques, basées sur les résultats de cette thèse et sur les plans d'action pour la conservation du lamantin d'Afrique (PNUE, CMS, WATCH).

Les recommandations sont classées par ordre de priorité, en tenant compte de leur potentiel de réduction de la mortalité des lamantins, ainsi que de leur impact sur l'environnement ainsi que le statut économique actuel du Gabon.

Premièrement, il faut renforcer l'application de la loi. Faire appliquer la loi 164/PR/MEF du 19 janvier 2011 réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales qui classe le lamantin comme espèce intégralement protégée. Selon la société civile gabonaise, l'une des raisons de la pression que subit le lamantin au Gabon est liée à la faiblesse de l'application de la loi ce qui se traduit par la présence de cette espèce dans des marchés. Les différents acteurs en lien avec la protection de cette espèce devraient augmenter les patrouilles près des points chauds confirmés afin de réduire les captures ciblées de lamantins qui, autrement, passeraient inaperçues. Il est important que les agents locaux chargés de l'application de la loi stationnés dans les communautés côtières connaissent et suivent un plan d'action strict à l'encontre des contrevenants afin de décourager toute nouvelle infraction à la loi. L'Agence Nationale des Parcs Nationaux devrait faire appliquer les lois existantes concernant le

braconnage des lamantins dans les aires protégées dont les sites Ramsar de Setté Cama et Petit Loango. La Direction Générale de la Faune et des Aires Protégées devrait faire appliquer la loi dans les zones hors aires protégées et travaillant avec l'Agence des Parcs Nationaux sur les sites Ramsar où le statut n'est pas encore clairement défini au Gabon. De même, la Direction Générale de la Pêche et l'Aquaculture devraient faire appliquer la loi existant depuis 1986 sur l'interdiction d'utiliser la senne de plage sur toute l'étendue du territoire au Gabon. Pour améliorer la protection de l'habitat du lamantin, la Direction Générale des Écosystèmes Aquatiques et la Direction Générale de la Protection de la Nature et de l'Environnement doivent aussi appliquer strictement les lois existantes concernant les activités industrielles ou artisanales pouvant impacter la qualité des eaux.

Deuxièmement, des plans de gestion doivent être élaborés pour les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Les plans de gestion sont des outils qui permettent de mieux gérer la biodiversité d'un site et son habitat. Ainsi l'absence de cet outil peut conduire à des impacts environnementaux importants pouvant être préjudiciables à la biodiversité. En effet, la convention Ramsar ratifiée depuis près de 35 ans, les zones humides d'importance internationale au Gabon ne possèdent aucun plan de gestion ou d'aménagement pouvant contribuer à une gestion optimale de ce site. Toutefois, en 2018, la gestion de ses sites Ramsar a été confiée officiellement à une entité gouvernementale. Soit l'Agence Nationale des Parcs Nationaux. Bien que des efforts dans ce sens ont été consentis, il n'en demeure pas moins qu'en l'absence de cet outil, le gestionnaire des sites Ramsar aura des difficultés pour identifier et évaluer les dégâts causés sur son site.

Troisièmement, réduire la mortalité liée aux captures accidentelles. La mortalité des lamantins liée à la pêche en République Gabonaise devrait être réduite en mettant en œuvre des mesures à proximité et à l'intérieur des sites Ramsar. Il s'agit de l'interdiction d'utilisation de sennes et de filets maillants, la régulation du trafic maritime et l'augmentation des patrouilles, le renforcement de la protection des lamantins par le biais de campagnes d'éducation et de campagnes d'éducation et de sensibilisation dans les communautés côtières voisines. L'utilisation de sennes et de filets maillants ne devrait pas être autorisée dans les zones de concentration de lamantins confirmées.

Quatrièmement fournir des moyens de subsistance alternatifs. L'observation des lamantins s'est avérée être une entreprise fructueuse au Cameroun et au Sénégal. Il serait important de développer des activités alternatives au braconnage des lamantins. Une activité de tourisme communautaire où les visiteurs peuvent observer les animaux depuis des pirogues à pagaie,

notamment, vers Pitonga et le lac Cachimba (pour le site Ramsar de Setté Cama) et la plaine Akaka pour le site Ramsar de Petit Loango. Les responsables qui éduquent les visiteurs, renforcent la valeur intrinsèque des lamantins pour le public et génèrent des revenus pour les zones protégées et les communautés locales. Ces activités doivent suivre des lignes directrices afin de garantir que les lamantins sont observés en toute sécurité dans la nature.

Cinquièmement, la sensibilisation sur la sauvegarde de l'espèce est indispensable. La société civile et les autorités étatiques doivent continuer à organiser des campagnes d'éducation et de sensibilisation du public pour les lamantins. Les programmes d'éducation et de sensibilisation doivent être soigneusement conçus pour cibler les écoliers, les adultes et les pêcheurs, et doivent se concentrer sur les communautés proches des lamantins. Les résidents locaux doivent être informés de l'histoire et de la valeur culturelle des lamantins, de leur conservation et de l'importance de l'environnement. L'histoire et la valeur culturelle des lamantins, leur statut de conservation et la législation nationale et internationale protégeant l'espèce. Les membres de la communauté doivent être encouragés à signaler les observations, les échouages et les captures aux autorités compétentes. Il est recommandé des ateliers et des séances de formation conjoints sur l'application de la loi avec les organisations gouvernementales impliquées dans la protection des lamantins afin de lever les ambiguïtés concernant les responsabilités de chaque organisation et d'élaborer un plan d'action à suivre en cas de : captures de lamantins (c'est-à-dire, captures ciblées, captures non ciblées, captures accessoires non ciblées), collisions avec des bateaux, d'échouages et d'observations dans des conditions à risque (par ex, observations répétées d'un groupe d'animaux dans des zones à fort trafic maritime).

Enfin, l'amélioration de la compréhension sur le lamantin africain doit être continuée. Le LAGRAC et d'autres unités de recherche doivent continuer à collecter des données et produire des rapports d'observation et de capture de lamantins, ainsi que des informations biologiques sur les carcasses récupérées, y compris des échantillons pour affiner la distribution de l'espèce dans les deux sites Ramsar. Des enquêtes terrestres ou en bateau devraient être menées pour valider les points chauds modélisés du lamantin décrits dans cette thèse. Les études de télémétrie seraient utiles pour : identifier les ressources ou les habitats spécifiques utilisés par les lamantins (par exemple, les rivières, les herbiers marins, les mangroves) ou évaluer la fidélité au site.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ABSY, M.L., CLEEF, A.L., FOURNIER, M., MARTI N.L, SERVANT,M., SIFEDDINE, A., DA SILVA. M.F., SOUBIE F, SUGUIO K., TURCQ, B. ER VAN DER HAMMEN T (1991)**, Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60 .000 dernières années. *Comptes Rend.Acad. se.*, Paris, II, 312, 673-678
2. **AGENCE NATIONALE DES PARCS NATIONAUX (2016)**, Projet de gestion de la faune et des conflits homme-éléphant dans le sud du Gabon. Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES). République gabonaise, Janvier 2016. SFG1977 ; 176 p. [https://documents1.worldbank.org > curated > pdf](https://documents1.worldbank.org/curated/pdf)
3. **AGONDOGO M. (2006)**, Rapport National sur la Stratégie de Conservation du lamantin Africain (*Trichechus senegalensis*) du Gabon: 39p
4. **AKOI KOUADIO (2004)**, The ecology of the West African manatee in the lagoon complex of Fresco. In Fishers and the West African manatee in the Fresco lagoon complex, Côte d'Ivoire, Common property, conflict and conservation. PhD thesis, DICE, University of Kent at Canterbury, Kent, UK.
5. **AKOI KOUADIO (2000)**, Projet de conservation du lamantin oues-africain en Côte d'Ivoire (Note de présentation à l'atelier sur les petits cétacés). 8-12-05-2000. Unpublished, 9pp.
6. **AMLALO M. (2008)**, “Ghana”. in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa; Dakar, Senegal: UNEP), 59–62.
7. **ANDREWS, C. W. (1906)**. A Descriptive Catalogue of the Tertiary Verte-brata of the Fayum, Egypt. Based on the collection of the Egyptiangovernment in the Geological Museum, Cairo, and the collection in the British Museum. British Museum of Natural History, London,324 pp.
8. **ANGELICI F. M., EGBIDE B., AND AKANI G. C. (2001)**, Some new mammal records from the rainforest of South-Eastern Nigeria. *Hystrix* 12, 37–43.
9. **ANTOINE, P.-O., L. MARIVAUX, D. A. CROFT, G. BILLET, M. GANEROD, C.JARAMILLO, T. MARTIN, M. J. ORLIAC, J. TAJADA, A. J. ALTAMIRANO, F.DURANTHON, G. FANJAT, S. ROUSSE, AND R. S. GISMONDI. (2012)**, Mid-dle Eocene rodents from Peruvian Amazonia reveal the pattern and timing of caviomorph origin and biogeography. *Proceedings of the Royal Society B* 279:1319–1326.

10. **ASSOCIATION RAMSAR FRANCE, (2020)**, Biodiversité : l'enjeu des zones humides, des mangroves pour le « zéro artificialisation nette », Association Ramsar France 29 pages
11. **ATKINSON I.A.E. (1996)**, Introductions of wildlife as a cause of species extinctions. *Wildlife Biology* 2: 135–141.
12. **AWOBAMISE A. (2008)**, “Nigeria,” in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa; Dakar, Senegal: UNEP), 75–78
13. **BABIER E.B., (2017)**, Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27. R507-R510.
14. **BAILLIE J.E.M., HILTON-TAYLOR C. AND STUART S.N. (2004)**, 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. xxiv + 191pp.
15. **BALTZER F., LAFOND L.R., (1971)**, Marais maritimes tropicaux. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique* (2), Vol. XIII, Fasc. 2, pp. 173-196.
16. **BEARD K. C., & DAWSON M. R. (1999)**, Intercontinental dispersal of Holarctic land mammals near the Paleocene/Eocene boundary: paleo-geographic, paleoclimatic and biostratigraphic implications. *Bulletin de la Société Ecologique de France* 170:697–706
17. **BEATTY B. L., AND J. H. GEISLER. (2010)**, A stratigraphically precise record of Protosiren (Protosirenidae, Sirenia) from *North America. Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie*, Abhandlungen 258:185–194.
18. **BECK C., LUGINBÜHL Y., MUXART T. (2006)**, Temps et espaces des crises de l'environnement. Éditions Quæ, « Indisciplines ».
19. **BÉGUIN & PUMAIN, (2000)**, La représentation des données géographiques : statistique et cartographie, Paris, Ed. A. Colin, 192 p
20. **BELLARD C., BERTELSMEIER C., LEADLEY, P., THUILLER, W., & COURCHAMP, F. (2012)**. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, (2012) 15: 365–377
21. **BENOIT J, ADNET S, EL MABROUK E, KHAYATI H, BEN HAJ ALI M, MARIVAUX L, ET AL. (2013)** Cranial Remain from Tunisia Provides New Clues for the Origin and Evolution of Sirenia (Mammalia, Afrotheria) in Africa. *PLoS ONE* 8(1): e54307. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054307>

22. **BERTRAM, G. C. L. & BERTRAM. C. K. RICARDO (1973)**. The modern Sirenia: Their distribution and status. *Biol. J. Linn. Soc.*, 5, 297-338.
23. **BESSAC H. et VILLIERS A., (1948)** Le lamantin du Sénégal, *La Nature* (3154) : 188-189
24. **BIGNOUMBA G.S., (1998)**, La pêche atlantique et les États de l'Afrique de l'Ouest, le cas du Gabon, *Noroi*, Tome 45, n° 180, pp. 685-701.
25. **BLANCOU, L., (1960)**, Destruction and protection of the fauna of French Equatorial and of French West Africa. Part III. Carnivores and some others. *Afr. Wild Life*, 14: 241-245.
26. **BLANEY S., MBOUITY S., NKOMBE J.-M., THIBAUT M. (1997)**, Caractéristiques socio-économiques des populations des départements de Ndougou, de la Basse-Banio et de la Mougoutsi (Mouenda). Rapport du W.W.F., Programme pour le Gabon, Libreville, 75 p.
27. **BLONDEL J, (1995)**, Biogéographie, Paris, Masson, 297 p.
28. **BLONDEL J. (1996)**, Biogéographie. Approche écologique et évolutive. In: *Revue de géographie alpine*, tome 84, n°2, p. 113.
29. **BODDICKER M. (2006)**, « Large mammals encountered in the Gamba Complex of Protected Areas, Gabon ». In : Alonso, A., M.E. Lee, P. Campbell, O.S.G. Pauwels et F. Dallmeier, édés., Gamba, Gabon: Biodiversité d'une forêt équatoriale africaine. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, No. 12.
30. **BONDE R.K., AGUIRRE A.A. & POWELL J. (2004)**, Manatees as Sentinels of Marine Ecosystem Health: Are They the 2000-pound Canaries? *EcoHealth* **1**, 255–262.
31. **BROWN, H.J., (1995)** Macroecology. *University of Chicago Press*, Chicago.
32. **BRUNER A.G., GULLISON R.E., RICE R.E. AND FONSECA G.A.B. (2001)**, Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291: 125–128.
33. **BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., LAAKE, J.L. (1993)**. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall, London.
34. **BURNHAM, KP ; ANDERSON, DR (2004)**, "Inférence multimodèle : compréhension de l'AIC et du BIC dans la sélection de modèles" (PDF) , *Sociological Methods Research* , **33** : 261–304
35. **CADENAT, J. (1957)**. Observations de cétacés, siréniens, chéloniens et sauriens en 1955-1956. *Bulletin de l'I.F.A.N.*, XIX(A) : 1358-1375.

36. **CAILLON S. & MULLER S. (2015)**. Géographie et savoirs locaux : pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité au Vanuatu, in Mathevet R. & Godet L. *Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, natures et sociétés*, Ed. L'Harmattan, 404 p.
37. **CANDOLLE A.-P. (1820)**, Essai élémentaire de géographie botanique. Strasbourg : Impr. de F.G. Levrault.
38. **CARDILLO M., JONES K., BIELBY J., BININDA-EMONDS O., SECHREST W., ORME D. & PURVIS A. (2005)**. Multiple Causes of High Extinction Risk in Large Mammal Species. *Science* (New York, N.Y.). 309. 1239-41. 10.1126/science.1116030.
39. **CASTELBLANCO M. D. N., BERMUDEZ R. A. L., GOMEZ C. I. V., WEBER R. F. C., TRUJILLO F. & ZERDA O. E. (2012)**. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the Vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation., 8p
40. **CECCA F. (2009)**, La dimension biogéographique de l'évolution de la vie. *Comptes Rendus Palevol*, Elsevier, 8, pp.119-132.
41. **CHASE J.M., LEIBOLD M.A., (2003)**, Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches. *University of Chicago*, Chicago.
42. **CHESSEL D., (1978)**, Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce, Legay J.M. et Tomassone R, pp.45-136, .
43. **CHRISTIAN LÉVÊQUE ET JEAN-CLAUDE MOUNOULO (2008)**, Biodiversité, dynamique biologique et conservation, DUNOD (2^e édition), 248 p.
44. **CLAVAL P., (2011)**, Histoire de la géographie. Presses Universitaires de France, « Que sais-je ? », 128 pages.
45. **CLOUGH M. AND SUMMERS K. (2000)**, Phylogenetic systematics and biogeography of the poison frogs: evidence from mitochondrial DNA sequences. *Biological Journal of the Linnean Society*. London 70: 515–540.
46. **CMS, UNEP & WATCH (2008)**, Projet: Mémoire d'accord sur la conservation des lamantins et des petits cétacés d'Afrique et de Micronésie: Lomé: *CMS; UNEP; WATCH*.- 4 -6p
47. **COLLEN B., WHITTON F., DYER E., BAILLIE J., CUMBERLIDGE N., DARWALL W., POLLOCK C., DEWHURST-RICHMAN N., SOULSBY A.-M. & BÖHM M. (2014)**, Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography*. 23. 10.1111/geb.12096.

48. **COLON F. (1947)**, Vida del almirante don Cristóbal Colón escrita por su hijo Hernando Colón, Ramón Iglesias (éd.), México, Fondo de cultura economica.
49. **COLYN M. (1987)**, Les Primates des forêts ombrophiles de la Cuvette du Zaïre : interprétations zoogéographiques des modèles de distribution. *Rev. Zool. Afr.*, 101, 183-196.
50. **COLYN M. (1991)**, L'importance géographique du bassin du fleuve Zaïre pour la spéciation : le cas des Primates simiens. *Ann. Sci. Zool. Mus. R. Afr. Cent.* Tervuren, Belgique, 264, 1-250.
51. **COOPER L. N., SEIFFERT E. R., CLEMENTZ M., MADAR S. I., BAJPAI S., HUSSAIN S. T. & THEWISSEN J. G. (2014)**, Anthracobunids from the middle eocene of India and Pakistan are stem perissodactyls. *PloS one*, 9(10), e109232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109232>
52. **CORNELIUS C., COFRE H. ET MARQUET P.A. (2000)**, Effects of habitat fragmentation on bird species in a relict temperate forest in semiarid Chile. *Conserv. Biol.*, 14, 534-543.
53. **COX C.B, MOORE P.D. (2010)**, Biogeography: an ecological and evolutionary approach. 8th ed. Hoboken, NJ: Wiley.
54. **CROIZAT L. (1958)**, *Panbiogeography*. Vols. 1 and 2. Caracas, published by the author, 1731 p.
55. **CROIZAT L. (1976)**, Biogeografía analítica y sintética ('Panbiogeografía') de las Américas; tomo 1–2. *Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, vol. 15. Caracas.
56. **DA SILVA M.N.F. & PATTON J.L. (1998)**, Rivers, refuges and ridges. In: *Endless forms: species and speciation* (eds. D.J. Howard and Berlocher S.H.) pp. 202-216. Oxford University Press, New York.
57. **DARWIN C. (1859)**, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray
58. **DE CANDOLLE, (1820)**, Essai élémentaire de Géographie botanique, Ed. Inconnu, 78p.
59. **DE FLAMINGH A., SOLE C.L., VAN AARDE R.J. (2015)**, Genetic evidence for spatial structuring in a continuous African elephant (*Loxodonta africana*) population, *Conserv. Genet.*, 16 (2015), pp. 613-623,
60. **DE ROSEN (1978)**, Vicariant patterns and historical explanation in biogeography. *Syst Zool.*:27:159–88.

61. **DEGENS (1989)**, Perspectives on Biogeochemistry. xi 427 pp. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer-Verlag, 3 540 50191
62. **DEKEYSER P. L. (1952)**, Note sommaire sur la température rectale du lamantin (*T. senegalensis* Link). *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle* 24: 243-246.
63. **DEKEYSER, P. L. (1963)**, Principes et historique de la Conservation de la nature (1933-1963), *Notes Africaines*, Dakar , 99, p. 65-107.
64. **DENYS C., & Al, (1986)**, « Tectonic and environmental control on rodent diversity in the Plio-Pleistocene sediments of the african rift system ». In: Sedimentation in the african rifts, Frostick L.E. *et al.*, Eds, *Geol.Soc. Sp. Publ.*, London, 25, 363-372.
65. **DERRUAU M. (1996)**, *Composantes et concepts de la géographie physique*. Armand Colin, Paris, 256 pp.
66. **DIRECTION GÉNÉRALE DE LA STATISTIQUE, (2015)**. *Résultats globaux du Recensement Général de la Population et des Logements de 2013 du Gabon (RGPL-2013)*, 247 p.
67. **DODMAN, NDIAYE MAME DAGOU DIOP & KHADY (EDS.). (2008)**, *Stratégie de Conservation du lamantin africain*. PNUE, Nairobi, Kenya et Wetlands International Afrique, Dakar, Sénégal, 140 p.
68. **DODMAN T., (1999)**, West African manatee: a flagship species for wetlands? *Wetlands*, 8: 18.
69. **DOMNING DP (1994)**, A phylogenetic analysis of the Sirenia *Proceedings - San Diego Society of Natural History*. 29: 177-189.
70. **DOMNING DP (2012)**, Pervesler P. The sirenian *Metaxytherium* (Mammalia: Dugongidae) in the Badenian (Middle Miocene) of Central Europe *Austrian Journal of Earth Sciences*. 105: 125-160.
71. **DOMNING, D. P. (1981)**. Sea Cows and Sea Grasses. *Paleobiology*, 7(4), 417–420.
72. **DOMNING, D. P. (1982)**, Evolution of Manatees: A Speculative History. *Journal of Paleontology* 56 (3): 599-619.
73. **DOMNING, D. P. (1999)**, Fossils explained: Sirenian (Seacows) *Geology Today*: 75-79p
74. **DOMNING, D. P. (2001)**, The earliest known fully quadrupedal sirenian. *Nature* 413:625–627.
75. **DOMNING, D.P. (2002)**, Sirenian evolution. In: Perrin, W.F., Würsig, B., Thewissen, J.G.M. (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, pp. 1083–1086.

76. **DOSSOU-BODJRENOU S. J., SAGBO P., AND BOKO J.-M. (2004).** Éducation, Conservation et Recherches sur le Lamantin d’Afrique Dans les Zones Humides du Sud-Bénin. Rapport d’Activité N° 002-PL-NT, *Nature Tropicale*, ONG, 28.
77. **DOUMENGE C., PALLA F., SCHOLTE P., HIOL HIOL F. & LARZILLIERE A. (2015),** Aires protégées d’Afrique centrale – État 2015. *OFAC*, Kinshasa, République Démocratique du Congo et Yaoundé, Cameroun : 256 p.
78. **DUCHAUFOR 1994.** *Vegetatio / Vegetatio Acta Geobot; Plant Ecol; Vegetation*, Springer-Verlag, , 112 (2), pp.189-190
79. **DUNLOP J. (2009),** *Les 100 mots de la géographie*. Presses Universitaires de France, « Que sais-je ? », 128 pages.
80. **DUPONT, L.M. ET AGWU, C.O.C. (1992),** Latitudinal shifts of forest and savanna in NW Africa during the Brunhes chron: further marine palynological results for site M 16415 (9°N-19°W). *Veg. Hist. Archaeobot.*, 1, 163-175.
81. **EDICEF (1983)** *Géographie et cartographie du Gabon*. EDICEF, Paris, France.
82. **ELITH J. AND FRANKLIN J. (2017).** Species distribution modelling. In Reference Module in *Life Sciences*. Elsevier. pp.1-17
83. **ELITH J., GRAHAM H., ANDERSON P., DUDÍK R., M., FERRIER S., GUISAN, A. & ZIMMERMANN E., (2006),** Novel methods improve prediction of species’ distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
84. **ELTON C. S. (1927),** *Animal Ecology*, The Macmillan Company, 209 p.
85. **FA J., NASI R. & VAN VLIET N. (2019),** Viande de brousse, impacts anthropiques et santé humaine dans les forêts tropicales humides : le cas du virus Ebola. *Santé Publique*, 1, 107-114.
86. **FA J.E., SEYMOUR S., DUPAIN J., AMIN R., ALBRECHTSEN L., MACDONALD, D. (2006),** Getting to grips with the magnitude of exploitation: Bushmeat in the Cross–Sanaga rivers region, Nigeria and Cameroon. *Biol. Conserv.* 129, 497–510.
87. **FOURNIER, V. (2008).** Hydrologie de la tourbière du mont Covey Hill et implications pour la conservation. Mémoire de maîtrise, M.Sc. Terre, Université du Québec à Montréal, département des sciences de la Terre et de l’atmosphère, 79 p
88. **FROMAGEAU J. (1998),** Le droit de l’environnement : l’exemple des zones humides. In: *Bibliothèque de l’école des chartes*. Tome 1 156, livraison 1. pp. 173-185.

89. **GASTON K.J., (1991)** How Large Is a Species Geographic Range. *Oikos* 61, 434-438.
90. **GASTON K.J., (1994)** Measuring Geographic Range Sizes. *Ecography* 17, 198-205.
91. **GHEERBRANT, E., D. P. DOMNING, AND P. TASSY. (2005)**, Paenungulata (Sirenia, Proboscidea, Hyracoidea, and relatives); pp. 84–105 in K. D. Rose and J. D. Archibald (eds.), *The Rise of Placental Mammals: Origin and Relationships of the Major Extant Clades*. *Johns Hopkins University Press*, Baltimore.
92. **GHOGUE, J.-P. (2020)**, *Crinum natans*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020
93. **GINGERICH, P.D., D. P. DOMNING, C. E. BLANE, AND M.D.UHEN. 1994.** Cranial morphology of *Protosiren fraasi* (Mammalia, Sirenia) from the middle Eocene of Egypt: a new study using computed tomography. *Contributions Museum Paleontology* 29:41–67.
94. **GIRESE P., MALOUNGUILA-NGANGA D., MOGUEDET G., (1990)**, La succession des paléoenvironnements quaternaires des plateformes continentales du sud du Gabon, du Congo, du Cabinda et du Zaïre (Pléistocène supérieur et Holocène). pp. 71-77, In : LANFRANCHI R., SCHWARTZ D. (coord.) - Paysages quaternaires d'Afrique Centrale Atlantique. Editions de l'ORSTOM, Coll. Didactiques, 535 p
95. **GODET L. (2015)**, La conservation de la biodiversité dans un contexte de changements globaux. Pages 79–88 in Mathevet R. & Godet L. 2015, *Pour une géographie de la conservation : Biodiversité, natures et sociétés*, Ed. L'Harmattan, Paris, 404 p.
96. **GODSOE, W. (2009)**. I can't define the niche but I know it when I see it: a formal link between statistical theory and the ecological niche. *Oikos* 119:53-60
97. **GOODMAN S.M. ET RAKOTONDRAVONY D. (2000)**, The effects of forest fragmentation and isolation on insectivorous small mammals (Lipotyphla) on the Central High Plateau of Madagascar. *J. Zool.*, 250, 193-200.
98. **GOODMAN, S.M. ET RAKOTONDRAVONY, D. (2000)**, The effects of forest fragmentation and isolation on insectivorous small mammals (Lipotyphla) on the Central High Plateau of Madagascar. *J. Zool.*, 250, 193-200.
99. **GOODWIN M. B., DOMNING D. P., LIPPS J. H., AND C. BENJAMINI. 1998.** The first record of an Eocene (Lutetian) marine mammal from Israel. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18:813–815.

100. **GORHAM, E. (1991)**. Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming. *Ecological Applications*.
101. **GRIGIONE, M. M. (1996)**. Observations on the status and distribution of the West African manatee in Cameroon. *African Journal of Ecology* 34:189-195.
102. **GRINNELL, (1917)** The niche-relations of the California Thrasher. *The Auk* 34, 427-433.
103. **GUIRAL, D. (1991)**, Structuration fonctionnelle des écosystèmes de mangroves et spécificités des Rivières du Sud. In Cormier-Salem, M. (Ed.), *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud, du Sénégal à la Sierra Leone*. IRD Éditions. doi :10.4000/books.irdeditions.3720
104. **GUISAN A., THULLER W., & ZIMMERMANN N. E. (2017)**. *Habitat suitability and distribution models: with applications in R*. Cambridge University Press.
105. **GUISAN A., ZIMMERMANN N.E. (2000)**. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135, 147-186.
106. **HAFFER J. (1969)** Spéciation chez les oiseaux de la forêt amazonienne. *Sciences* 165 : 131-137.
107. **HAFFER J. (1990)**, « Geoscientific aspects of allopatric speciation ». In *Vertebrates in the Tropics* (G. Peters & R. Hutterer, eds) pp. 45–60. Museum A. Koenig, Bonn, Germany.
108. **HAMILTON, A.C. (1989)**, African forests. In : *Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies* (Ecosystems of the world 14B). Leith, H. et Werger, M.J.A. (eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 155-182.
109. **HARROY, J.-P (1953)**., *Comptes rendus de la troisième Conférence internationale pour la protection de la faune et de la flore en Afrique, Bukavu, 26-31 octobre 1953, Congo belge*, IUCN: International Union for Conservation of Nature, 571 p.
110. **HAUSDORF B. (1998)**, « Weighted ancestral area analysis and a solution of the redundant distribution problem ». *Systematic biology*, 47(3), 445–456.
111. **HAUTIER L, SARR R, TABUCE R, LIHOREAU F, ADNET S, ET AL. (2012)**, First prorastomid sirenian from Senegal (Western Africa) and the Old World origin of sea cows. *J Vertebr Paleontol* 32: 1218–1222 (<http://dx.doi.org/10.1080/02724634.2012.687421>).

112. **HOLT, R.D., LAWTON, J.H., GASTON, K.J., BLACKBURN, T.M., (1997).** On the relationship between range size and local abundance: Back to basics. *Oikos* 78, 183-190.
113. **HUSAR, S. L. (1978).** *Trichechus senegalensis*, Mammalian Species. 89p
114. **HUTCHINSON, G.E., (1957,** Cold spring harbor symposium on quantitative biology. Concluding Remarks 22, 415–427.
115. **ILLIGER C. (1815),** Ueberblick der Saugthiere nach ihrer Vertheilung uber die Welttheile. Abhandlung der Königlichen Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1804-1811, Berlin.
116. **IPBES. (2019).** Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
117. **JALLOW A. (2008).** “The Gambia”. in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa, Dakar: UNEP), 31–34.
118. **JOOSTEN H et CLARKE D (2002):** Wise use of mires and peatlands - Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group / International Peat Society, 304 p.
119. **KAMARI G. 1991:** *Crepis L.* in: Strid, A. & Tan, K. (eds), Mountain Flora of Greece, 2. – Edinburgh Pp. 576-595
120. **KEITH DIAGNE L., (2014)** «*Phylogenetics and feeding ecology of the african manatee, Trichechus senegalensis*», a dissertation presented to the graduate school of the university of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of Philosophy University of Florida, 263 p.
121. **KEITH W. L. (2006),** Report on West African Manatee (*Trichechus senegalensis*) Survey Activities in Gabon 2006, Rapport Technique, Wildlife Trust in association with Tim Collins, WCS-Marine Program, p. 10
122. **KEITH W. L. (2007)** Report on West African Manatee (*Trichechus senegalensis*) Survey Activities in Gabon 2007, Wildlife Trust in association with Tim Collins, WCS-Marine Program, p. 14
123. **KOH DIMBOT P. (2015),** *Conservation constraints of the African manatee (Trichechus senegalensis) in the southern periphery of korup: human manatee conflict and institutional weaknesses*, Dschang, BSc. DIPES I,A Thesis Submitted to the Faculty of Sciences of the University of Dschang In Partial Fulfillments of the

- Requirements for the Award of the Master of Science University of Dschang (Cameroon) p. 80
124. **KOLBERT A. (2015)**, *La 6e Extinction. Comment l'homme détruit la vie*, Paris, Vuibert, 480 p.
125. **KOUADIO A. (2008)**. Conservation strategy for the West African manatee. Wetlands International, Dakar, Senegal / UNEP-Abidjan Convention, Nairobi.
126. **KRAUSE D. W., AND M. C. MAAS. (1990)** The biogeographic origins of late Paleocene-early Eocenemammalian immigrants to the western interior of North America. Geological Society of America Special Paper 243:71–105.
127. **LAGUARDIA A, BOURGEOIS S, STRINDBERG S, GOBUSH KS, ABITSI G, BIKANG BI ATEME HG, EBOUTA F, FAY JM, GOPALASWAMY AM, MAISELS F, SIMIRA BANGA DAOUDA ELF, WHITE LJT & STOKES EJ (2021)**, Nationwide abundance and distribution of African forest elephants across Gabon using non-invasive SNP genotyping. *Global Ecology and Conservation*, 32, p13.
128. **LANFRANCHI R., CLIST B. (Editeurs scientifiques) (1991)** - Aux origines de l'Afrique centrale. Centre Culturel Français d'Afrique Centrale, Centre International des Civilisations Bantu, Collection Sépia, Paris, 270 p.
129. **LANFRANCHI R., SCHWARTZ D. (coord.)** - Paysages quaternaires d'Afrique Centrale Atlantique. Editions de l'ORSTOM, Coll. Didactiques, 535 p.
130. **LEAKEY R. & LEWIN R., (1999)**, *La sixième extinction*, Paris, Flammarion, 352 p.
131. **LEBIGRE J.-M., (1983)**, Le littoral du Gabon : aspects géomorphologiques et biogéographiques, IPN, Libreville-Gabon, 58p.
132. **LEFEBVRE L.W., O'SHEA, T. J., RATHBUN, G. B., BEST, R. C. (1989)**, Distribution, status, and biogeography of the West Indian manatee; Article Report in Biogeography of the West Indies, 44 p.
133. **LEGOUX P. (1950)**, Essai sur la morphologie des côtes du Gabon et du Moyen-Congo, 1e Conférence internationale des Africanistes de l'Ouest. Extrait des Comptes rendus, tome 1, 110-118 p.
134. **LEMOALLE J. & ALBARET J.-J. (1995)**, *Vevey Lagoon and N'dogo Lagoon: An environmental appraisal*. Technical Report, ORSTOM/Shell Gabon. 36 p.
135. **LEVEQUE C., PAUGY D., éd., 2006** – *Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Paris, IRD Éditions, 566 p.

136. **LIEBERMAN B. S. (2000).** *Paleobiogeography: Using Fossils to Study Global Change, Plate Tectonics, and Evolution.* Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. xvii + 208 p.
137. **LIEBERMAN B.S. & STIGALL A.L. (2005).** *Paleobiogeography: Generating New Insights into the Coevolution of the Earth and Its Biota.* The Paleontological Society Papers, volume 11, 158 p
138. **LM REDDY LA DIERAUF FMD GULLAND (2001)** Marine mammals as sentinels of ocean health LA Dierauf FMD Gulland (Eds) CRC Handbook of Marine Mammal Medicine 2nd edition CRC Press Boca Raton, FL 3–13
139. **LOUEMBET S. (2008),** *Analyse des prélèvements des mammifères aquatiques: Lamantin et Hippopotame, 2005-2008 (Lacs de l'Ogooué et de l'Abanga).* Unpublished report. World Wildlife Fund, Libreville, Gabon. 13pp.
140. **LOUGHEED & AL. (1999)** Ridges and rivers: a test of competing hypotheses of Amazonian diversification using a dart-poison frog (*Epipedobates femoralis*). P Roy Soc B-Biol Sci 266, 1829–1835.
141. **LUGINBÜHL Y., MUXART T.,** « Place de la géographie dans la recherche sur l'environnement » *Lettre du Programme Environnement, Vie, Sociétés*, 17, p 44-63
142. **MACARTHUR R.H. & WILSON E.O (1967).** *The Theory of Island Biogeography*, Princeton University Press, Princeton (New Jersey), 203 p.
143. **MACARTHUR R.H. (1972),** - Geographical ecology; partterns in *the distribution of species*. Harper & Row, New York.
144. **MACKENZIE D. I., BAILEY L. L., HINES J. E., & NICHOLS J. D.(2011).** An integrated model of habitat and species occurrence dynamics. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(6):612–622.
145. **MACKENZIE D. I., BAILEY, L. L., & NICHOLS, J. D. (2004).** Investigating species co-occurrence patterns when species are detected imperfectly. *Journal of Animal Ecology*, 73(3):546–555.
146. **MACKENZIE D. I., NICHOLS J. D., HINES J. E., KNUTSON M. G., & FRANKLIN A. B. (2003).** Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84(8):2200–2207.
147. **MACKENZIE D. I., NICHOLS J. D., LACHMAN G. B., DROEGE S., ANDREW ROYLE J., & LANGTIMM C. A. (2002).** Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8):2248–2255.

148. **MACKENZIE D. I., NICHOLS J. D., ROYLE J. A., POLLOCK K. H., BAILEY L. L., & HINES J. E. (2006).** Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier.
149. **MADDALENA D, HOFFMAN F, KUMAR J, HARGROVE W (2014),** Landscape Characterization and Representativeness Analysis for Understanding Sampling Network Coverage. Climate Change Science Institute (CCSI), Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN (US); DOI:10.15149/1148699.
150. **MADSEN, J. D., AND J. A. BLOOMFIELD. (1993).** Aquatic vegetation quantification symposium: an overview. *Lake and Reserv. Manage.* 7(2): 137-140.
151. **MALEY (J.), 1987.** - Fragmentation de la Forêt Dense Humide Africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecol. Africa.* 18.
152. **MALEY J. (1996).** The African rain forest – main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences, 104,* 31-73.
153. **MALOUNGUILA-NGANGA D. (1983)** - Les environnements sédimentaires des plateformes du nord Congo et du sud Gabon au Quaternaire supérieur d'après les données de vibro- carottages. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université Paul Sabatier de Toulouse, 160 p.
154. **MALOUNGUILA-NGANGA D. (1991)** - Les environnements marins et littoraux de l'Afrique centrale (du nord de l'Angola jusqu'au Gabon). pp. 35-39, In : De la Croix Y. (coord.) - Aux origines de l'Afrique centrale, Centre Culturel Français du Gabon, Collection Sépia, Paris, 270 p.
155. **MARIUS C. (1989),** La mangrove. *La nouvelle revue maritime, 29,* 67-73.
156. **MARSH H., O'SHEA T. J. & REYNOLDS J. E. (2012),** Ecology and Conservation of the Sirenia: Dugongs and Manatees. Series: Conservation Biology (N^o. 18), Cambridge University Press. 506p
157. **MATHEVET R, POULIN B. (2006),** « De la biologie à la géographie de la conservation (From conservation biology to conservation geography) ». In : Bulletin de l'Association de géographes français, 83^e année. L'espace méditerranéen : interface ou espace intermédiaire ? / Le géographe, l'écologie et la protection de la nature. pp. 341-354;

158. **MATHEVET R. & MARTY P., (2015)**, « La géographie de la conservation : entrevoir, voir et porter attention à la biodiversité ». Pages 35–62 in Mathevet R. & Godet L. 2015, Pour une géographie de la conservation : Biodiversité, natures et sociétés, Ed. L'Harmattan, Paris, 404 p.
159. **MATTHEW WD. (1915)**, *Climate and evolution*. Ann Acad Sci NY. 24:171–318.
160. **MAY R.M., LAWTON J.H. AND STORK N.E. (1995)**, Assessing extinction rates. Pages 25–44 in Lawton, J.H. and May, R.M. (Eds) Extinction Rates. Oxford, UK: Oxford University Press.
161. **MAY R.M., LAWTON J.H. AND STORK N.E. (1995)**, Assessing extinction rates. Pages 25–44 in Lawton, J.H. and May, R.M. (Eds) Extinction Rates. Oxford, UK: Oxford University Press.
162. **MAYR, E. (1963)** Animal species and evolution. *Harvard University Press*, Cambridge.
163. **MAYR, E. ET O'HARA, R. (1986)**, The biogeographic evidence supporting the pleistocene forest refuge hypothesis. *Evolution*, 40 (1), 55-67.
164. **MBINA C., (2001)**, Evaluation and statut of manatees (*Trichechus senegalensis*) of Ogooue Bassin In Gabon in Sirenews, 9 p. <http://www.sirenian.org/mbinaprelimreport.pdf>
165. **MBINA MOUNGUENGUI M. & GUIRAUD M. (2009)**. Neocomian to early Aptian syn-rift evolution of the normal to oblique-rifted North Gabon Margin (Interior and N'Komi Basins). *Mar. and Petroleum Geology*, 26, 1000-1017.
166. **MBINA MOUNGUENGUI M., LANG J. & GUIRAUD M. (2008)**. Sedimentary dynamics and extensional structuring related to early Cretaceous rifting of Neocomian and Barremian deposits of the interior basin of Gabon in *J. African Earth Sci.*, 51, 239-256.
167. **MCKENNA, M. C. (1975)**. Fossil mammals and early Eocene North Atlantic land continuity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62:335–353.
168. **MCKENNA, M. C. 1980**. Eocene paleolatitude, climate, and mammals of Ellesmere Island. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 30:349–362.
169. **MEHRABI Z., ELLIS E., AND RAMANKUTTY N. (2018)**, The challenge of feeding the world while conserving half the planet. *Nature Sustainability* 1:409-412. doi: 10.1038/s41893-018-0119-8.
170. **MOMBO J.-B., (1989)**. Les lagunes côtières du Gabon méridional. Libreville, Les Cahiers Pédagogiques de l'Ecole Normale Supérieure, n°3 ; p. 40 – 53.

171. **MOMBO JB., MOUYALOU V.M.T. ET FATTAL P., 2017.** Stabiliser le trait de côté, un enjeu majeur pour le Gabon : l'exemple du littoral nord de Libreville", in Pottier P., Menié Ovono Z., Faure FE. et Bignoumba G.S., Les régions littorales du Gabon. Eléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire. LETG-Géolittomer (Nantes) et Raponda-Walker (Gabon), ed. ; p. 221-241
172. **MORALES-VELA B., OLIVERA-GÓMEZ D., REYNOLDS III J.E., RATHBUN G.B. (2000)** Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico, *Biological Conservation*, Volume 95
173. **MOUNGANGA M.-D., (2001).** Le système flèches-lagunes des littoraux gabonais et congolais. Contribution à l'élaboration d'une base de données pour une gestion intégrée des milieux lagunaires. Brest, Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale ; 340 pages.
174. **MOUNGANGA, M.-D. ET NDJOKOUNDA, C, (2006),** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR) [Petit Loango]. 10 p. GA352RISformer_160316.pdf
175. **MOURER-CHAUVIRE, C., R. TABUCE, M. MAHBOUBI, M. ADACI, AND M. BEN-SALAH. 2011.** A phororhacoid bird from Eocene of Africa. *Naturwissenschaften* 98:815–823.
176. **MOUSSAVOU, C. A., (2012).** Les aires protégées et le développement durable au Gabon : entre sollicitations internationales et réalités locales. Le cas du parc national de Loango. [En ligne]. Thèse Géographie. Poitiers : Université de Poitiers, 2012, 435 p., disponible sur Internet <<http://theses.univ-poitiers.fr>>
177. **MPOUNZA M., SAMBA-KIMBATA M.J. (1990).** Aperçu sur le climat de l'Afrique centrale occidentale. In : **Lanfranchi Raymond (ed.), Schwartz Dominique (ed.).** *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. Paris : ORSTOM, p. 31-41. (Didactiques). ISBN 2-7099-1022-5. ISSN 1142-2580.
178. **MVE AKUE M., (2004),** Enquête sur les espèces aquatiques et de la faune sauvage sur les marchés de Lalala et de Lambaréné. Rapport de stage, 2ème année, ENEF Libreville non publié.
179. **NASH, K. L., BLYTHE, J. L., CVITANOVIC, C., FULTON, E. A., HALPERN, B. S., MILNER-GULLAND, E. J., ET AL. (2020).** To Achieve a Sustainable Blue Future, Progress Assessments Must Include Interdependencies between the Sustainable Development Goals. *One Earth* 2, 161–173. doi: 10.1016/j.oneear.2020.01.008

180. **NASH, K. L., BLYTHE, J. L., CVITANOVIC, C., FULTON, E. A., HALPERN, B. S., MILNER-GULLAND, E. J., ET AL. (2020).** To Achieve a Sustainable Blue Future, Progress Assessments Must Include Interdependencies between the Sustainable Development Goals. *One Earth* 2, 161–173. doi: 10.1016/j.oneear.2020.01.008
181. **NDONG ALLOGHO H., ABERNETHY K., NTOUGOU NDOUTOUME O, (2003)** - Stratégie Nationale sur la Viande de Brousse, Rapport provisoire -, Juin, 52 p
182. **NDOUR, A. P.** (2010), Biologie et génétique du lamantin Africain (*Trichechus senegalensis*) au Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 196p.
183. **NELSON G.J., PLATNICK N.I., (1981)**, Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance. Columbia University Press, New York
184. **NEWMAN J., VARNER G., & LINQUIST S. (2017).** *Defending Biodiversity: Environmental Science and Ethics*. Cambridge: Cambridge University Press. 442 p.
185. **NISHIWAKI, M., YAMAGUCHI, M., SHOKITA, S., UCHIDA, S. & KATAOKA, T. (1982)**, Recent survey on the distribution of the African manatee. Scientific Reports of the Whales Research Institute (34): 137-147.
186. **NKOLLO C.A, (2018)**, The perception of the african manatee (*Trichechus senegalensis*) among the coastal peoples of N'Dogo Lagoon (Gabon), Poster in Annual conference ATBC 2018, Kuching Malaysia.
187. **NKOLLO C.A. (2017)**, Étude des interactions potentielles entre la pêche et le lamantin dans la Lagune Ndougou (Gabon), rapport technique WWF- EFN, 10p
188. **NKOLLO C.A., (2017)**, Le lamantin dans la Lagune Ndougou, un bio-indicateur du milieu? Editions Universitaires Européennes, 152 p.
189. **NKOLLO, C.A., (2019)**. Unfortunate manatee of the new year in Libreville (Gabon). *Sirenews*, 69, 22-23.
190. **NOTES ET ACTUALITÉS (1948)**, In: Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 28^e année, bulletin n°305-306, Mars-avril 1948. pp. 144-174;
191. **OBIANG EBANEGA M. (2004)**, *Les hommes et la conservation de la nature : Le Complexe D'aires Protégées de Gamba (GABON)*, Thèse doctorat en Géographie tropicale, Université de Bordeaux 3, Bordeaux, 356 p.

192. **OBOTO E. (2002)**. Manatee status in River Benue and River Niger (Nigeria). Unpublished Report, 89.
193. **ODUM, E.P., (1959)** Fundamentals of ecology - 2nd edition. Saunders, Philadelphia.
194. **OFORI-DANSON P. K., SELF-SULLIVAN C., MOMBU V. M., YELIBORA M.A. (2008)**. Enhancing Conservation of the West African Manatee in Ghana (20pp). Annual Report 2007. Nature Conservation Research Centre, Accra, 45.
195. **ONDO ASSOUMOU E., (2006)**. Dynamique des paysages végétaux du littoral Centre-Ouest du Gabon autour de Port-Gentil. Approche spatiale et analyse des données de terrain. Montpellier, Thèse de Doctorat de l'Université Paul Valéry – Montpellier III ; 302 p. **ORTIZ, R. M., G.A.J. WORTHY, AND F.M. BYERS. (1999)**. Estimation of water turnover rates of captive West Indian manatees (*Trichechus manatus*) held in fresh and salt water. Journal of Experimental Biology 202:33-38.
196. **O'SHEAT.J., CORREA-VIANAM., LUDLOWM.E., ROBINSONJ.G., (1988)**, Distribution, status, and traditional significance of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in Venezuela, Biological Conservation, Volume 46, Issue 4, Pages 281-301
197. **PARCS GABON, (2014-2018)**. *Plan de gestion du Parc National de Loango*. 82 p. GA352_mgt1606 <https://rsis.ramsar.org> › files ›
198. **PARMESAN, C., (2006)**. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 37:1, 637-669
199. **PARTRIDGE T. & AI (1995)**. Climatic effects of late Neogene tectonism and volcanism, pp. 8-23 in Vrba, E. S., Denton, G. H.
200. **PATTON J.L. AND DA SILVA M.N.F. (1998)**, Rivers, refuges and ridges. In: *Endless forms: species and speciation* (eds. D.J. Howard and Berlocher S.H.) pp. 202-216. Oxford University Press, New York.
201. **PAYETTE S., ROCHEFORT L. (2001)**. L'écologie des tourbières du Québec-Labrador. Les Presses Universitaire de Laval, 621 p.
202. **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.
203. **PERRIN M. (1992)**, « Lamantins, tendres sirènes », *Thalassa*, 63, p. 10-16.
204. **PERRIN W. F. (2001)**, Conservation Status of the West African Manatee Sirenews (36): 6-11 Conservation Status of the West African Manatee. Sirenews (36): 6-11

205. **PEYROT B., (1991)**, Hydrologie de l'Afrique centrale. pp. 15-17, In : De la Croix Y. (coord.) Aux origines de l'Afrique centrale, Centre Culturel Français du Gabon, Collection Sépia, Paris, 270 p.
206. **PIMM S. L., RUSSELL G. J., GITTLEMAN J. L., BROOKS T. M. (1995)**, The future of biodiversity. *Science* 269, 347–350. 10.1126/science.269.5222.347
207. **PINKSON E. (1997)**, Study of the fishery resources of the Ndogo lagoon. W.W.F. report by U.S, Peace Corps, 53 p.
208. **POUILLARD V. & VAN SCHUYLENBERGH P. (2020)**, Faune sauvage et colonisation. Une histoire de destruction et de protection de la nature congolaise (1885-1960) (Brussels, Berlin, Bern, New York, Oxford: Peter Lang, 372 pp. Fargeot, C. (2005). La chasse commerciale en Afrique centrale. II - Une activité territoriale de rente. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 283(283), 65–80.
209. **POWELL J. A., (1996)**, The Distribution and Biology of the West African Manatee (*Trichechus senegalensis*, Link 1795), Tallahassee: Florida Marine Research Institute. 72p.
210. **PULLIAM, H. (2000)**. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters* 3:349-361. *Ecology Letters*. 3. 349-361.
211. **QUINN J.F. ET HARRISON S.P. (1988)** Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographical patterns. *Oecologia*, 75, 132-140.
212. **RABENKOGO N., (1989)**. Evolution de la presqu'île Mandji, de 1957 à nos jours. Libreville : Mémoire de Maîtrise de Géographie de l'Université Omar Bongo, 115 p.
213. **RABENKOGO N., (2007)**. Le littoral du Nkomi (Gabon). Contribution géographique à la conservation des milieux naturels, Montpellier, Thèse de Doctorat de l'Université Paul-Valéry – Montpellier III ; 307 p.
214. **RAPONDA WALKER A. (1996)**, Notes d'histoire du Gabon. Editions Raponda Walker, Multipress Libreville, 368 p.
215. **RAYNAL-ROQUES A (1980)**. Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne, chapitre Les plantes aquatiques : plantes à fleurs et fougères ORSTOM, 63–152.
216. **REEP L. R. & BONDE R. K., (2006)**. The Florida Manatee: Biology and Conservation Tallahassee: University Press of Florida. United State of America. 189p
217. **REVUE ESPACES NATURELS N°48 - Données Aten, Medde – 2015**

218. **REYNOLDS CAMP, M., BYGRAVE W., AUTIO E. & HAY M. (2002)**. Global Entrepreneurship Monitor: 2001 Executive Report. 10.13140/RG.2.1.2501.3286.
219. **REYNOLDS J. D & ODELL D. K.** (1991), Manatees and Dugongs Fact on File. 191p.
220. **REYNOLDS J.D., MACE G.M., REDFORD K.H. AND ROBINSON J.G. (2001)**, Conservation of Exploited Species. Cambridge, UK: *Cambridge University Press*.
221. **REYNOLDS P., CAMP M., BYGRAVE W., AUTIO E. & HAY M. (2002)**. Global Entrepreneurship Monitor: 2001 Executive Report. 10.13140/RG.2.1.2501.3286.
222. **RICHARD, & LEWIN, ROGER (1995)**. *The sixth extinction: Patterns of life and the future of humankind*, Journal of Leisure Research, 29:4, 476-481
223. **RIHANATH OLGA I., TCHIBOZO S. (2008)**. “Benin”. in Conservation strategy for the West African manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa, Dakar: UNEP), 71–74.
224. **RIPPLE W. J., WOLF C., NEWSOMET. M., BETTS M. G., CEBALLOS G., (2019)**, Are we eating the world’s megafauna to extinction? *Conservation Letters* 12:e12627. doi: 10.1111/conl.12627. 115
- ROCKWELL N. C., DUANMU D., MARTIN S. S., BACHY C., PRICE D. C., BHATTACHARYA D., & LAGARIAS J. C. (2014)**. Eukaryotic algal phytochromes span the visible spectrum. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(10), 3871-3876.
225. **ROCKWELL N. C., LAGARIAS J. C., & BHATTACHARYA D. (2014)**, Primary endosymbiosis and the evolution of light and oxygen sensing in photosynthetic eukaryotes. *Frontiers in ecology and evolution*, 2(66)
226. **RODARY E. (2015)**, Géographie de l'environnement et écologie politique. Pages 79–88 in Mathevet R. & Godet L. 2015, Pour une géographie de la conservation : Biodiversité, natures et sociétés, Ed. L’Harmattan, Paris, 404 p.
227. **RONQUIST F, SANMARTÍN I. (2011)**, *Phylogenetic methods in biogeography*. *Annu Rev Ecol Evol Syst.*;42:441–64.
228. **SA J., BIAI J., DA CUNHA L.R., DA SILVA NAGHA H., DJEJO F., SOARES J., (2008)**. “Guinea-Bissau”. in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa, Dakar: UNEP), 35–40.

229. **SAGNE C (2001)**, La diversification des siréniens `a l'Eocène (Sirenia Mammalia): étude morphologique et analyse phylogénétique du sirénien de Taulanne *Halitherium taulannense*. PhD dissertation. Museum National d'Histoire Naturelle Paris.
230. **SAINT-VIL J. (1977)**, Les climats du Gabon. Annales de l'Université Nationale du Gabon, Série Lettres et Sciences Sociales, n° 1, Libreville, pp. 101-125.
231. **SAINT-VIL J. (1981)**, Les grands bassins fluviaux du Gabon. Annales de l'Université Nationale du Gabon, Série Lettres et Sciences Sociales, n° 3, Libreville, pp. 81-129.
232. **SATAKE Y., HARA H., WATARI S. AND TOMINARI T., Eds., (1989)**, Wild Flowers of Japan, Woody Plants I, Heibonsha, Tokyo, pp. 274-283.
233. **SAVAGE, R, J.G, AND B.S. TEWARI (1977)**. A New Sirenian from Kutch, \nd\3. Journal of the Palaeontological Society of India, 20(for 1975):216- 218, 3 figures.
234. **SAVAGE, R. J. G., DARYL P. DOMNING, AND J. G. M. THEWISSEN. (1994)** "Fossil Sirenia of the West Atlantic and Caribbean Region. V. the Most Primitive Known Sirenian, *Prorastomus Sirenoides* Owen, 1855." *Journal of Vertebrate Paleontology* 14, no. 3: 427–49
235. **SCHLOSSBERG S., CHASE M.J., GOBUSH K.S, WASSER S.K., LINDSAY K., (2020)** State-space models reveal a continuing elephant poaching problem in most of Africa, *Sci. Rep.*, pp. 1-9,
236. **SCHOLTE P., PAYS O., ADAM S., CHARDONNET B., FRITZ, H., MAMANG, J.-B., PRINS, H.H., RENAUD, P.-C., TADJO, P. AND MORITZ, M. (2021)**, Conservation overstretch and long-term decline of wildlife and tourism in the Central African savannas. *Conservation Biology*. Accepted Author Manuscript. <https://doi.org/10.1111/cobi.13860>
237. **Segniagbeto G.H., Akpamou K.G., Tengue K.T., Alassani D., Okoumassou K. (2008)**. "Togo". in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa, Dakar: UNEP), 63–70.
238. **SÉRANNE M. & ANKA Z. (2005)**. South Atlantic continental margins of Africa: a comparison of the tectonics vs climate interplay on the evolution of equatorial west Africa and SW Africa margins. *J. African Earth Sci.*, 43, 283-300.
239. **SÉRANNE M. (1999)**. Early Oligocene stratigraphic turnover on the west Africa continental margin: a signature of the Tertiary grennhouse-to-icehouse transition ? *Terra Nova*, 11, 135-140.

240. **SIAFFA, D. D., AND JALLOH, A. (2008).** “Sierra Leone,” in Conservation Strategy for the West African Manatee, eds T. Dodman, M. D. D. Ndiaye, and K. Sarr (Nairobi, Kenya and Wetlands International Africa, Dakar: UNEP), 47–50
241. **SOBERON, J., NAKAMURA, M., (2009).** Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106, 19644-19650.
242. **SOSEF, M.S.M. (1994),** Refuge begonias. Taxonomy, phylogeny and historical biogeography of Begonia section Loasibegonia and section Scutobegonia in relation to glacial rain forest refuges in Africa. PhD thesis, Wageningen Agric. Univ. Papers, 94-1, 1-306.
243. **SPENCER D.F. & WHITEHAND L. C. (1993),** Experimental Design and Analysis in Field Studies of Aquatic Vegetation, *Lake and Reservoir Management*, 7:2, 165-174;
244. **STARNES, T. ET DARWALL, W.R.T. (EDS.) (2021).** Identification et validation des Zones clés pour la biodiversité des eaux douces d’Afrique occidentale. Gland, Suisse : UICN
245. **STAUFFER, H. B., RALPH, C. J., & MILLER, S. L. (2004).** Ranking habitat for marbled murrelets: new conservation approach for species with uncertain detection. *Ecological Applications*, 14(5):1374–1383.
246. **TCHIBOZO, S. (2002).** Étude pour la prospection des dernières populations de lamantins (*Trichechus senegalensis*) dans la basse Vallée de l’Ouémé. Rep. Benin Ministère de l’Environnement, (Rapport de prospection des localités de Abomey Calavi, Ganvié, Sô-ava, Kpomè, Zogbodomè). 11pp.
247. **TEWKS BURY J J., HUEY AND B. R and DEUTSCH C A., (2008),** Putting the Heat on Tropical Animals, *Science*, Vol 320, Issue 5881, pp. 1296-1297
248. **TITUS J. E. (1993),** Submersed macrophyte vegetation and distribution within lakes: line transect sampling. *Lake and Reserv. Manage.* 7(2): 155-164.
249. **TRAVIS, J.M.J., (2003)** Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 270, 467-473.
250. **TROUDET J, GRANDCOLAS P., BLIN A., VIGNES-LEBBE R. & LEGENDRE F. (2017),** Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Nature – Scientific Reports* 7:9132

251. **TYRE A. J., TENHUMBERG B., FIELD S. A., NIEJALKE D., PARRIS K., & POSSINGHAM H. P. (2003)**. Improving precision and reducing bias in biological surveys: estimating false-negative error rates. *Ecological Applications*, 13(6):1790–1801.
252. **UHEN (1999)**, New species of protocetid archaeocete whale, *Eocetus wardii* (Mammalia: Cetacea) from the middle Eocene of North Carolina, *Journal of Paleontology* 73(3):512-528
253. **UNESCO. (1986)**, Méthodologie d'étude des lagunes côtières, résultat d'un atelier régional. Rapport de l'UNESCO sur les Sciences de la Mer, n° 36, Paris, 30 p.
254. **VAN COUWENBERGHE, LACOMBE R., GONIN E., MENGIN P., (2009)** Les Observatoires de dynamiques naturelles après tempête. *Forêt Entreprise* 183, 33-36.
255. **VAN ROMPAEY (1993)** Forest gradients in West Africa: a spatial gradient analysis. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural Univ.
256. **VAN ROMPAEY (1994)** Locating rain forest refugia in Liberia and western Côte d'Ivoire using biogeographic evidence from mainly endemic Caesalpiniaceae species: coastal versus sub-montane position. 14th Congress Association Etude Taxonomie et Flore Afrique Tropicale. Univ. Wageningen, p. 108.
257. **VAN STRIEN A., TERMAAT T., KALKMAN V., PRINS M., DE KNIJF G., GOURMAND AL., HOUARD X., NELSON B., PLATE C., PRENTICE S., REGAN E., SMALLSHIRE D., VANAPPELGHEM C., WOUTER VANREUSEL (2013)**. Occupancy modelling as a new approach to assess supranational trends using opportunistic data: a pilot study for the damselfly *Calopteryx splendens*, *Biodiversity and Conservation*, 22, 3, 673-686
258. **VANDE WEGHE J. P., (2007)**. *Loango, Mayumba et le bas Ogooué*, Libreville, Wildlife Conservation Society (WCS), 2007, 320 p.
259. **VEYRET Y., (2007)**, Dictionnaire de l'environnement, Paris, Armand Colin, 403 p.
260. **VON HUMBOLDT A., BONPLAND A., (1807)**. Essai sur la géographie des plantes : accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803. Schoell, Paris.
261. **WACKERMANN G., (2003)**, *Les frontières dans un monde en mouvement*. Ed. Ellipses Collection Carrefours. 160p.

262. **WALLACE A. R. (1876)**. *The geographical distribution of animals; with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface*. New York: Harper & Brothers. Volume 1.
263. **WALTERS G. ET AL (2021)**, « Covid-19, indigenous peoples, local communities and natural resource governance » PARKS VOL 27 (Special Issue), 16 p.
264. **WETLANDS INTERNATIONAL / PRCM**. 2008. Mieux connaître le Lamantin africain *Trichechus senegalensis*. 20p.
265. **WHITE F. (1983)** The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. UNESCO, Paris, France.
266. **WHITTAKER R.H., LEVIN S., Root R, (1973)** Niche, habitat, and ecotope, *American Naturalist*, vol. 107, no 955, p. 321-339
267. **WIECZOREK A. M., DREWES R. C., & CHANNING A. (2000)**. Biogeography and Evolutionary History of *Hyperolius* Species: Application of Molecular Phylogeny. *Journal of Biogeography*, 27(5), 1231–1243.
268. **WIENS J.J., & GRAHAM C.H. (2005)**. Niche Conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 519-539
269. **WILLIS K.J., WHITTAKER R.J., (2002)** Ecology - Species diversity - Scale matters. *Science* 295, 1245-1248.
270. **WINTLE B. A., MCCARTHY M. A., PARRIS K. M. & BURGMAN M. A. (2004)**. Precision and bias of methods for estimating point survey detection probabilities. *Ecological Applications*, 14:703–712
271. **WITTEMYER G., NORTHRUP J.M, BLANC J., DOUGLAS HAMILTON I., OMONDI P., BURNHAM K.P. (2014)**, Illegal killing for ivory drives global decline in African elephants, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 111 (2014), pp. 13117-13121,
272. **WOOD A., STEDMAN-EDWARDS P. AND MANG, J. (2000)**, The Root Causes of Biodiversity Loss. London, UK: *Earthscan* **WWF (2020)**. Living Planet Report - 2020: Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suisse.
<https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2020/09/LPR2020-Summary-French.pdf>

273. **WWF-GABON (1998)**, Caractéristiques socio-économiques de la ville de Gamba, département de Ndougou. Rapport interne, Programme Régional pour l'Afrique centrale, W.W.F., Libreville, 106 p.

ANNEXES

Annexe 1 a : Questionnaire cartographie participative

QUESTIONNAIRE ENTREVUE LAMANTIN D'AFRIQUE

James Powell et Lucy Keith Digne, Sea to Shore Alliance

1. Quel type d'animaux voyez-vous dans la rivière, le lac ou la lagune?

(Discutez 2-3 autres types d'animaux avant de poser question 2)

2. Est-ce que les animaux sauvages posent des problèmes aux gens d'ici?

Oui Non Aucune réponse Si oui, quels animaux?

3. Avez-vous déjà vu le lamantin? Oui Non Aucune réponse

4. Où avez-vous vu le lamantin? Décrire les endroits exacts:

5. Combien de lamantins avez-vous vu?

6. Était-il accompagné par d'autres animaux? Oui Non

Si oui, Lesquels ?

7. A quel moment de l'année voyez-vous lamantins?

8. Y a-t-il un moment de l'année où vous voyez un plus grand

nombre de lamantins?

9. Y a-t-il un moment de la journée où vous voyez le plus le lamantin?

Matin Midi Soir Nuit

10. Y a-t-il plus de lamantins que les années précédentes? :

5 ans : Plus Moins / 20 ans : Plus Moins

11. Que font les lamantins lorsque vous les voyez?

12. Le lamantin est-il respecté dans votre culture? Oui Non

13. Avez-vous déjà vu des groupes de lamantins? Oui Non

Nom de l'enquêté : _____	Age : _____
Sexe : M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>	Profession : _____
Ville : _____	Ethnie : _____
Point GPS : _____	Date : _____
	Numéro de fiche : _____
Nom enquêteur : _____	

14. Avez-vous déjà vu bébé lamantins? Oui Non

15. Que mangent les lamantins ?

16. Lamantins sont-ils chassés ici? Oui Non Aucune réponse

Si oui, comment sont-ils chassés?

17. les lamantins sont-ils capturés (accidentellement ou intentionnellement) dans les filets de pêche? Oui Non Aucune réponse

Si oui, pouvez-vous estimer le nombre de filets endommagés chaque mois par les lamantins? (Ou chaque semaine, chaque année)

18. Le lamantin endommage-t-il les filets ici? Oui Non Aucune réponse

Si oui, quand?

19. Les lamantins mangent-ils les poissons dans les filets? Oui Non Aucune réponse Si oui, quelles espèces de poissons :

20. Y a-t-il des reste de lamantins ici (Os, crânes, etc) ? Oui Non Aucune réponse

21. Connaissez-vous le chasseur? (DEMANDER SEULEMENT SI VOUS ETES A L'AISE !)

Oui Non Aucune réponse Si oui, les noms:

22. Pouvez-vous poser ces questions à quelqu'un d'autre? Oui Non Aucune réponse Si oui, les noms:

23. Autres information:

Annexe 1 b : Fiche de collecte de donnée

Observations des Lamantins

Pays / Ville: _____

Numéro d'observation	Date	Observateur	Nombre de lamantins vus	Latitude	Longitude	Voie d'eau	Description du Lieu	Mort ou Vivant?	Photos prises?	Où sont stockées les photos?	Notes
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		
								M / V	O / N		

D'autres notes:

(créé par Lucy Keith Daigne, Sea to Shore Alliance. Pour des questions sur cette fiche, veuillez contactez lkeith@sea2shore.org)

Annexe 1 c : Fiche de collecte des données de qualité de l'eau

FICHE QE																
MISSION N°			DATE :			BATEAU :			Pilote :							
ZONE :			Heure :			OPERATEURS			Observateurs :							
MAREE HAUTE			Hauteur :						Techniciens :							
			Coefficient :						Autre :							
HEURE DE DEBUT :			EQUIPEMENT : GPS (N° _____), APPAREIL PHOTO (N° _____), MULTIMETRE, PROFONDIMETRE,													
HEURE DE FIN :			COURANTOMETRE, DISQUE DE SECCHI, AUTRE :													
STATION	WP	HEURE	MULTIMETRE				TURBIDITE			VITESSE DECOULEMENT			PROFONDEUR	PHOTO	COMMENTAIRES	
			N°	T (°C)	SALINITE	pH	O2 (mg/l)	Ld	Lr	Moy	Max	Min				
		P1														
		P2														
		P3														
		P1														
		P2														
		P3														
		P1														
		P2														
		P3														
		P1														
		P2														
		P3														
		P1														
		P2														
		P3														
		P1														
		P2														
		P3														
FICHE QE																

Annexe 1 d : Fiche de collecte observation faune

FICHE EFFORT ET OBSERVATIONS														
MISSION N°		BATEAU :												
DATE :		Pilote :												
ZONE :		Observateurs :												
HEURE DE LA MAREE HAUTE :		Techniciens :												
HAUTEUR DE LA MARRE HAUTE :		Autres :												
HEURE DE DEBUT :		GPS (N° _____), APPAREIL PHOTO (N° _____), MULTIMETRE, PROFONDIMETRE, COURANTOMETRE,												
HEURE DE FIN :		DISQUE DE SECCHI, AUTRE : _____												
N°	ACTIVITE	WP	HEURE	TRIP (km)	METEO	VISIBILITE	VITESSE (km/h)	OBSERVATIONS				ACTION	COMMENTAIRES	
								CAP	DISTANCE	TYPE	IDENTIFICATION			NOMBRE	COMPORTEMENT

Annexe 1 e : Fiche de collecte environnement de lamantin

Sea to Shore Alliance
FICHE ENVIRONNMENTALE - AFRIQUE

Date: _____ **Lieu:** _____

Observateur(s) : _____

Effort d'observation(24H): Heure de debut _____ Heure de fin _____

Temps d'observation (24H): 1ier lamantin vu _____ Dernier lamantin vu _____

Localisation GPS: _____ ° _____ °

Plateforme d'Observation:
Terrain _____
Bateau _____

Nombre minimum de lamantin:
Adultes _____
Veau _____
Totale _____

État de l'eau :
Très calme _____
Pétites rides/Aucune crête de vague _____
Pétites vaguelettes _____
grande vaguelettes/avec crête blanche _____
Pétites vagues/plusieurs crêtes blanches _____
Vagues modérés/Plusieurs crêtes blanches/
avec des jets d'eau ou mauvaises condit _____
Inconnu _____

Clarté de l'eau _____ m (avec Disque de Secchi)
Très claire, fond de l'eau visible _____
moyennement claire _____
clarté zero _____
Inconnu _____

État des marées: _____

Type d'Habitat / Plantes: _____

Profondeur de l'eau: _____

Temps (climat) /couverture nuageuse:
(%) _____
Pluvieu _____
Inconnu _____

Direction du vent:
N _____ W _____
NE _____ NW _____
E _____ Varie _____
SE _____ Pas de Vent _____
S _____ Inconnu _____
SW _____

Vitesse du vent (Moyen): _____ **Température de l'eau:** _____ **La salinité:** _____ **Température de l'air:** _____
(Km/h) _____ (°C) _____ (ppt) _____ (°C) _____
Inconnu _____ Inconnu _____ Inconnu _____ Inconnu _____

Observations Generales: _____

Page 1 of _____

Annexe 2 a :

PRESENCE - Presence/Absence-Site Occupancy data analysis
Thu Nov 18 21:16:31 2021, Version 2.13.17.

==>C:\Progra~2\Presence\presence.exe
==>i=ferme en folie.pao
==>l=pres_psi(.)_p(oxy).out
==>name=psi(.),p(oxy)
==>j=ferme en folie.dm
==>echo
seed=-1637266591
varcov: nsig=6 eps=1.000000e-02
no model name N,T-->16,4

1:0001
2:0011
3:0010
4:0111
5:0111
6:0111
7:0000
8:0101
9:0001
10:0000
11:0111
12:0111
13:0001
14:0111
15:1111
16:0000

***** Input Data summary *****

Number of sites = 16
Number of sampling occasions = 4
Number of states = 2
Number of missing observations = 0
Data checksum = 8092

NsiteCovs-->1
site_covname[0]=Hab
NSampCovs-->5
samp_covname[0]=Temperature
samp_covname[1]=Oxy
samp_covname[2]=pH
samp_covname[3]=Comptage
samp_covname[4]=Sal
Primary periods=1 Secondary periods: 4

FATIGUE

N=16 T=4 Groups=1 bootstraps=0

```
-->1-4
Matrix 1: rows=2, cols=2
      -,a1,
psi    1
=====
```

```
Matrix 2: rows=5, cols=3
      -,b1,b2,
P[1]   1 Oxy
P[2]   1 Oxy
P[3]   1 Oxy
P[4]   1 Oxy
=====
```

```
Matrix 3: rows=0, cols=0
=====
```

```
Matrix 4: rows=0, cols=0
=====
```

```
Matrix 5: rows=0, cols=0
=====
```

```
Matrix 6: rows=0, cols=0
=====
```

```
Naive occupancy estimate = 0.8125
```

```
modtype=1
```

```
Custom Model: psi(.),p(oxy)
```

```
attempt 0/0 (iv= 0.0000 0.0000 0.0000...), -2loglike= 81.2140, optimiz time:0.0 min.
0 random initial value vectors attempted:
```

```
Initial values:
  0.0000  0.0000  0.0000  0.0000
```

```
Number of parameters      = 3
Number of function calls   = 85
-2log(likelihood)         = 81.2140
AIC                       = 87.2140
```

```
Optimization results:
optimiz time: 0.0 min
threads: 1
Completion-code: 0
Iterations: 85
Significant digits: 8.33
```

```
Model has been fit using the logistic link.
```

Untransformed Estimates of coefficients for covariates (Beta's)

```

=====
                estimate  std.error
A1 psi.a1      : 1.598020  0.718237
B1 P[4].b1     : 5.822770  2.698809
B2 P[1].Oxy    : -0.813372  0.388450
=====

```

Individual Site estimates of <psi>

```

=====
                Site      estimate Std.err  95% conf. interval
psi      1 site1      : 0.8317  0.1005  0.5474 - 0.9528
=====

```

Individual Site estimates of <P[1]>

```

=====
                Site      estimate Std.err  95% conf. interval
P[1]    1 site1      : 0.4632  0.0876  0.3019 - 0.6326
P[1]    2 site2      : 0.4998  0.0811  0.3459 - 0.6536
P[1]    3 site3      : 0.5038  0.0805  0.3506 - 0.6563
P[1]    4 site4      : 0.5120  0.0795  0.3599 - 0.6618
P[1]    5 site5      : 0.4937  0.0821  0.3387 - 0.6498
P[1]    6 site6      : 0.4034  0.1014  0.2285 - 0.6069
P[1]    7 site7      : 0.3995  0.1023  0.2238 - 0.6055
P[1]    8 site8      : 0.4073  0.1004  0.2332 - 0.6083
P[1]    9 site9      : 0.7229  0.0947  0.5080 - 0.8682
P[1]   10 site10     : 0.4754  0.0852  0.3168 - 0.6391
P[1]   11 site11     : 0.3917  0.1042  0.2146 - 0.6028
P[1]   12 site12     : 0.4034  0.1014  0.2285 - 0.6069
P[1]   13 site13     : 0.4191  0.0976  0.2475 - 0.6128
P[1]   14 site14     : 0.4152  0.0985  0.2427 - 0.6113
P[1]   15 site15     : 0.3995  0.1023  0.2238 - 0.6055
P[1]   16 site16     : 0.3174  0.1210  0.1347 - 0.5815
P[2]    1 site1      : 0.3174  0.1210  0.1347 - 0.5815
P[2]    2 site2      : 0.2365  0.1315  0.0692 - 0.5634
P[2]    3 site3      : 0.3995  0.1023  0.2238 - 0.6055
P[2]    4 site4      : 0.3263  0.1192  0.1433 - 0.5837
P[2]    5 site5      : 0.3725  0.1089  0.1924 - 0.5966
P[2]    6 site6      : 0.7229  0.0947  0.5080 - 0.8682
P[2]    7 site7      : 0.7326  0.0961  0.5114 - 0.8775
P[2]    8 site8      : 0.7373  0.0968  0.5131 - 0.8820
P[2]    9 site9      : 0.7341  0.0964  0.5120 - 0.8791
P[2]   10 site10     : 0.6874  0.0891  0.4939 - 0.8321
P[2]   11 site11     : 0.6588  0.0845  0.4803 - 0.8013
P[2]   12 site12     : 0.6001  0.0774  0.4436 - 0.7385
P[2]   13 site13     : 0.6533  0.0837  0.4774 - 0.7953
P[2]   14 site14     : 0.7661  0.1003  0.5224 - 0.9075
P[2]   15 site15     : 0.6768  0.0873  0.4891 - 0.8208
P[2]   16 site16     : 0.6365  0.0813  0.4679 - 0.7771
P[3]    1 site1      : 0.5363  0.0771  0.3864 - 0.6799
=====

```

P[3]	2 site2	:	0.5645	0.0761	0.4140 - 0.7039
P[3]	3 site3	:	0.6606	0.0848	0.4812 - 0.8033
P[3]	4 site4	:	0.5824	0.0764	0.4296 - 0.7208
P[3]	5 site5	:	0.6403	0.0818	0.4702 - 0.7812
P[3]	6 site6	:	0.7080	0.0924	0.5024 - 0.8534
P[3]	7 site7	:	0.8433	0.1016	0.5440 - 0.9604
P[3]	8 site8	:	0.7436	0.0977	0.5152 - 0.8878
P[3]	9 site9	:	0.7512	0.0986	0.5177 - 0.8947
P[3]	10 site10	:	0.7277	0.0954	0.5098 - 0.8730
P[3]	11 site11	:	0.6891	0.0893	0.4947 - 0.8339
P[3]	12 site12	:	0.5504	0.0764	0.4007 - 0.6916
P[3]	13 site13	:	0.7804	0.1016	0.5266 - 0.9190
P[3]	14 site14	:	0.8157	0.1029	0.5365 - 0.9442
P[3]	15 site15	:	0.7180	0.0940	0.5062 - 0.8634
P[3]	16 site16	:	0.6040	0.0777	0.4464 - 0.7425
P[4]	1 site1	:	0.4291	0.0952	0.2597 - 0.6168
P[4]	2 site2	:	0.4572	0.0889	0.2944 - 0.6296
P[4]	3 site3	:	0.5302	0.0776	0.3800 - 0.6752
P[4]	4 site4	:	0.4652	0.0872	0.3044 - 0.6337
P[4]	5 site5	:	0.5079	0.0800	0.3553 - 0.6590
P[4]	6 site6	:	0.6098	0.0783	0.4506 - 0.7486
P[4]	7 site7	:	0.6804	0.0879	0.4908 - 0.8246
P[4]	8 site8	:	0.6136	0.0786	0.4533 - 0.7526
P[4]	9 site9	:	0.7245	0.0950	0.5086 - 0.8698
P[4]	10 site10	:	0.6271	0.0801	0.4621 - 0.7669
P[4]	11 site11	:	0.5863	0.0766	0.4328 - 0.7247
P[4]	12 site12	:	0.4957	0.0817	0.3411 - 0.6511
P[4]	13 site13	:	0.6194	0.0792	0.4572 - 0.7587
P[4]	14 site14	:	0.6839	0.0885	0.4924 - 0.8284
P[4]	15 site15	:	0.6078	0.0781	0.4492 - 0.7465
P[4]	16 site16	:	0.5059	0.0803	0.3530 - 0.6576

=====

DERIVED parameter - Psi-conditional = [Pr(occ | detection history)]

Site	psi-cond	Std.err	95% conf. interval
1 site1	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
2 site2	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
3 site3	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
4 site4	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
5 site5	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
6 site6	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
7 site7	: 0.0383	0.0555	0.0021 - 0.4330
8 site8	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
9 site9	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
10 site10	: 0.0761	0.0869	0.0072 - 0.4817
11 site11	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
12 site12	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
13 site13	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000
14 site14	: 1.0000	0.0000	1.0000 - 1.0000

psi-cond 15 site15 : 1.0000 0.0000 1.0000 - 1.0000
psi-cond 16 site16 : 0.1936 0.1591 0.0315 - 0.6390

CPU time= 0 seconds (0.00 min)

PRESENCE - Presence/Absence-Site Occupancy data analysis
Thu Nov 18 21:16:31 2021, Version 2.13.17.

Annexe 3 : Analyse des composants principaux

14/06/2020

Analyse des composants principaux

Analyse des composants principaux

Dataset ab

Cet ensemble de données contient 13 individus et 8 variables, 2 variables quantitatives sont considérées comme illustratives, 2 variables qualitatives sont considérées comme illustratives.

1. Étude des valeurs aberrantes

L'analyse des graphiques ne détecte aucune valeur aberrante.

2. Répartition de l'inertie

L'inertie des premières dimensions montre s'il existe de fortes relations entre les variables et suggère le nombre de dimensions à étudier.

Les deux premières dimensions de l'analyse expriment **74,19%** de l'inertie totale du jeu de données; cela signifie que 74,19% de la variabilité totale des nuages (ou variables) des individus est expliquée par l'avion. L'inertie observée sur le premier plan est inférieure à la valeur de référence qui est égale à **79,63%**, donc faible en comparaison (la valeur de référence est le quantile 0,95 de la distribution des pourcentages d'inertie obtenue en simulant 322 tableaux de données de taille équivalente sur la base d'une distribution normale). De plus, l'inertie projetée sur la première dimension est inférieure à la valeur de référence **51,55%**. La variabilité exprimée par l'analyse n'est donc **pas** significative.

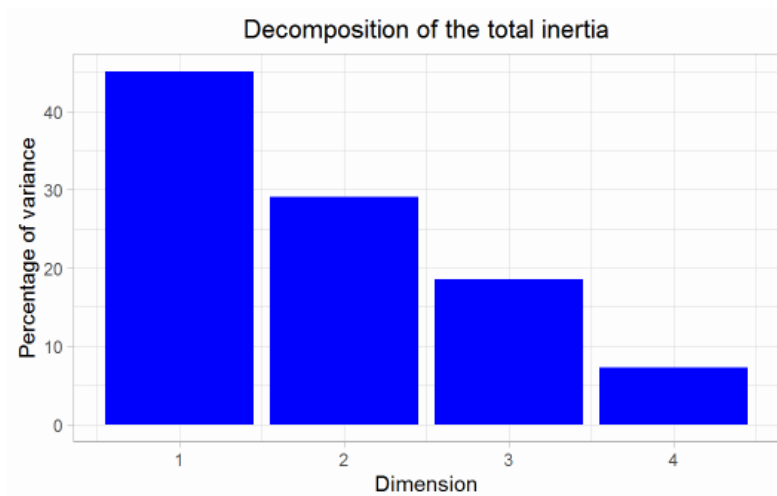


Figure 2 - Décomposition de l'inertie totale

Une estimation du bon nombre d'axes à interpréter suggère de ne pas interpréter l'analyse du tout. En effet, la quantité d'inertie du premier axe n'est pas supérieure à celle obtenue par le quantile 0,95 des distributions aléatoires (45,12% contre 51,55%). Cette observation suggère qu'aucun axe ne porte une véritable information. En conséquence, la description se tiendra à ces axes.

3. Description de la dimension 1

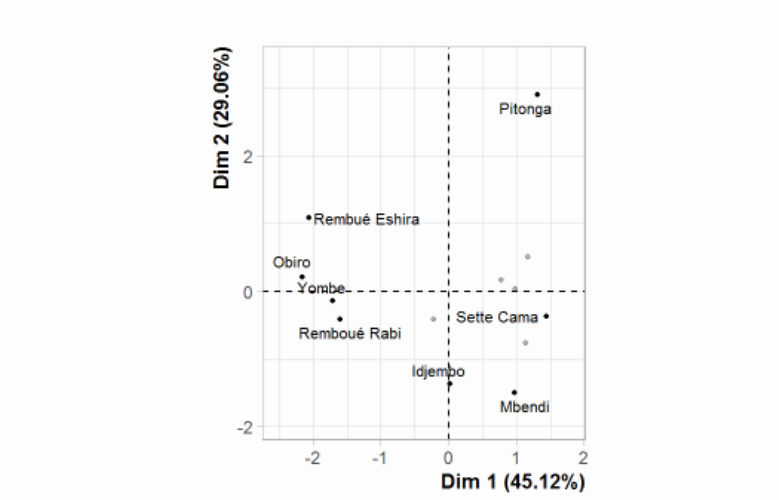


Figure 3.1 - Carte factorielle des individus (ACP) Les individus étiquetés sont ceux qui contribuent le plus à la construction de l'avion.

La valeur de p du test de Wilks indique quels facteurs variables sont les mieux séparés sur le plan (c'est-à-dire lequel explique le mieux la distance entre les individus).

```
## Zonation Lagune
## 0.007650857 0.013067658
```

La meilleure variable qualitative pour illustrer la distance entre les individus sur ce plan est: *Zonation* .

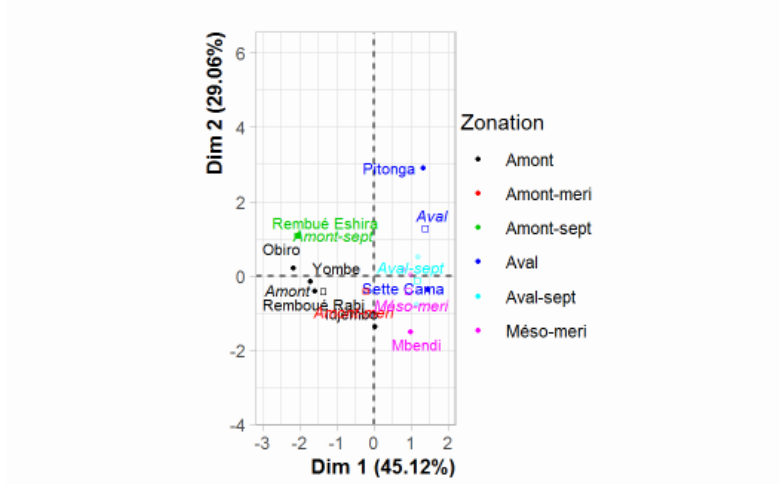


Figure 3.2 - Carte factorielle des individus (ACP) Les individus étiquetés sont ceux qui contribuent le plus à la construction de l'aviion. Les individus sont colorés après leur catégorie pour la variable Zonation.

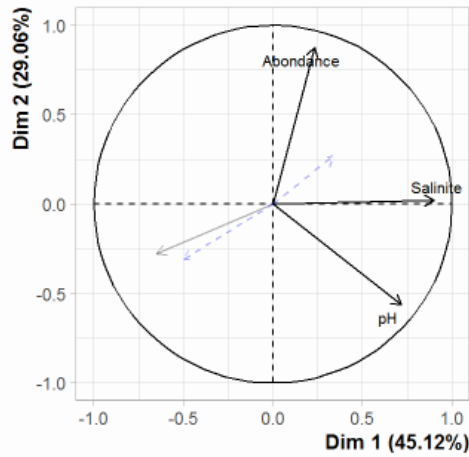


Figure 3.3 - Carte factorielle des variables (ACP) Les variables en noir sont considérées comme actives tandis que celles en bleu sont illustratives. Les variables étiquetées sont celles les mieux représentées sur le plan.

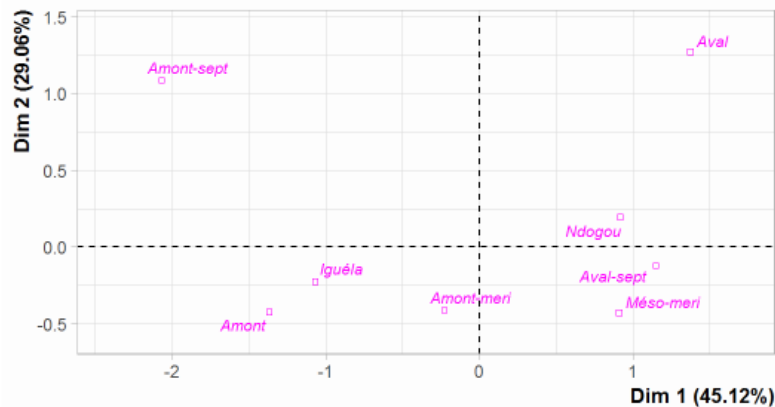


Figure 3.4 - Carte des facteurs qualitatifs (ACP) Les facteurs étiquetés sont ceux les mieux représentés sur le plan.

La **dimension 1** oppose des individus tels que *Mbendi*, *Sette Cama* et *Idjembo* (à droite du graphique, caractérisé par une coordonnée fortement positive sur l'axe) à des individus tels que *Rembué Eshira*, *Yombe*, *Obiro* et *Remboué Rabi* (à gauche de la graphique, caractérisé par une coordonnée fortement négative sur l'axe).

Le groupe dans lequel se trouvent les individus *Mbendi*, *Sette Cama* et *Idjembo* (caractérisés par une coordonnée positive sur l'axe) partage:

- valeurs élevées pour les variables *pH* et *Salinite* (les variables sont triées des plus fortes).

Le groupe dans lequel se trouvent les individus *Rembué Eshira*, *Yombe*, *Obiro* et *Remboué Rabi* (caractérisés par une coordonnée négative sur l'axe) partage:

- faibles valeurs pour les variables *Salinite* et *pH* (les variables sont triées des plus faibles).

A noter que les variables *Iguéla* et *Ndogou* sont fortement corrélées à cette dimension (corrélation respective de 0,92, 0,92). Ces variables pourraient donc résumer elles-mêmes la dimension 1.

La **dimension 2** oppose des individus tels que *Pitonga* (en haut du graphique, caractérisé par une coordonnée fortement positive sur l'axe) à des individus tels que *Mbendi*, *Sette Cama* et *Idjembo* (en bas du graphique, caractérisé par une coordonnée fortement négative sur l'axe).

Le groupe dans lequel se trouve le *Pitonga* individuel (caractérisé par une coordonnée positive sur l'axe) partage:

- valeurs élevées pour la variable *Abondance*.

Le groupe dans lequel se trouvent les individus *Mbendi*, *Sette Cama* et *Idjembo* (caractérisés par une coordonnée négative sur l'axe) partage:

- valeurs élevées pour les variables *pH* et *Salinite* (les variables sont triées des plus fortes).

4. Description de l'avion -1: 0

5. Classification

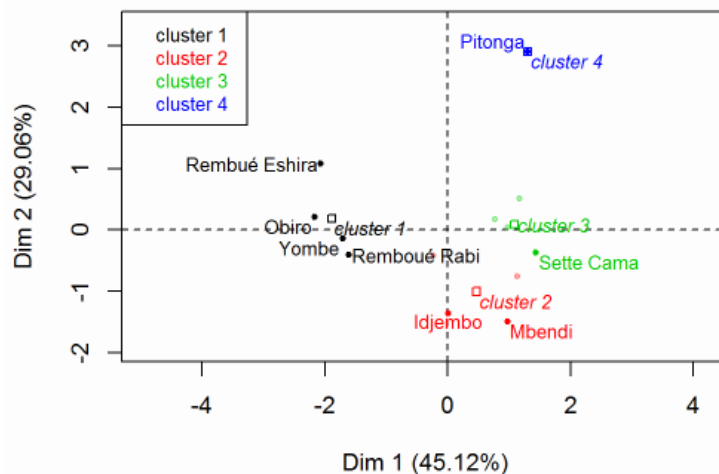


Figure 5 - Classification hiérarchique ascendante des individus. Le classement effectué sur les individus révèle 4 clusters.

Le **cluster 1** est composé d'individus tels que *Rembué Eshira* , *Obiro* , *Remboué Rabi* et *Yombe* . Ce groupe se caractérise par:

- faibles valeurs pour les variables *Salinite* et *pH* (les variables sont triées des plus faibles).

Le **cluster 2** est composé d'individus comme *Idjembo* et *Mbendi* . Ce groupe se caractérise par:

- des valeurs élevées pour le *pH* variable .

Le **cluster 3** est composé d'individus tels que *Sette Cama* . Ce groupe se caractérise par:

- faibles valeurs pour la variable *Température* .

Le **cluster 4** est composé d'individus tels que *Pitonga* . Ce groupe se caractérise par:

- valeurs élevées pour la variable *Abondance* .

Annexes

```
dimdesc(res, axes = 1:0)
```

```

$Dim.1
$quanti
      correlation      p.value
Salinite    0.9019375 2.498415e-05
pH          0.7187834 5.633319e-03
Temperature -0.6486941 1.646069e-02

$quali
      R2      p.value
Zonation 0.882488 0.003739683
Lagune   0.542270 0.004098012

$category
      Estimate      p.value
Lagune=Ndogou 0.9922642 0.004098012
Zonation=Amont -1.3291356 0.010710281
Lagune=Iguéla -0.9922642 0.004098012

attr(,"class")
[1] "condes" "list "

$<NA>
$category
      Estimate      p.value
Zonation=Aval 38.16667 0.02618246

attr(,"class")
[1] "condes" "list "

$call
$call$num.var
[1] 1

$call$proba
[1] 0.05

$call$weights
[1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

$call$X
      Dim.1 Abondance
Iroma    -0.22880793      1
Pitonga   1.30784730     108
Sounga    1.16640249      32
Obiro     -2.16854378       5
Ntchongorove 1.12997033       4
Rembué Eshira -2.06835063      29
Remboué Rabi -1.60631634       1
Sette Cama  1.43814948       4
Makoto     0.98160209       1
Mbendi     0.97178141       1
Mougambi   0.77457871       1
Idjembo    0.01247719       1

```

Yombe	-1.71079032	1
	pH Salinite	
Iroma	7.280	8.110
Pitonga	7.285	9.976
Sounga	7.504	7.340
Obiro	6.979	0.078
Ntchongorove	7.544	12.473
Rembué Eshira	6.904	0.051
Remboué Rabi	7.240	0.667
Sette Cama	7.610	7.493
Makoto	7.360	7.620
Mbendi	7.843	8.880
Mougambi	7.290	7.220
Idjembo	7.791	2.957
Yombe	7.127	0.724
	Temperature	
Iroma	30.000	
Pitonga	15.217	
Sounga	6.944	
Obiro	31.118	
Ntchongorove	27.400	
Rembué Eshira	28.362	
Remboué Rabi	31.670	
Sette Cama	1.641	
Makoto	0.900	
Mbendi	30.700	
Mougambi	1.000	
Idjembo	27.510	
Yombe	28.930	
	Lagune	
Iroma	Lagune=Ndogou	
Pitonga	Lagune=Ndogou	
Sounga	Lagune=Ndogou	
Obiro	Lagune=Iguéla	
Ntchongorove	Lagune=Iguéla	
Rembué Eshira	Lagune=Iguéla	
Remboué Rabi	Lagune=Iguéla	
Sette Cama	Lagune=Ndogou	
Makoto	Lagune=Ndogou	
Mbendi	Lagune=Ndogou	
Mougambi	Lagune=Ndogou	
Idjembo	Lagune=Iguéla	
Yombe	Lagune=Iguéla	
	Zonation	
Iroma	Zonation=Amont-meri	
Pitonga	Zonation=Aval	
Sounga	Zonation=Aval-sept	
Obiro	Zonation=Amont	
Ntchongorove	Zonation=Aval-sept	
Rembué Eshira	Zonation=Amont-sept	
Remboué Rabi	Zonation=Amont	
Sette Cama	Zonation=Aval	
Makoto	Zonation=Méso-meri	
Mbendi	Zonation=Méso-meri	

Mougambi	Zonation=Méso-meri	
Idjembo	Zonation=Amont	
Yombe	Zonation=Amont	
	Latitude	Longitude
Iroma	-1.868520	9.415300
Pitonga	-2.518035	9.817700
Sounga	-2.543530	9.815180
Obiro	-2.030492	9.499666
Ntchongorove	-1.855020	9.312320
Rembué Eshira	-2.188709	9.662029
Remboué Rabi	-1.881406	9.482937
Sette Cama	-2.473740	9.713730
Makoto	-2.613985	9.982965
Mbendi	-2.581366	9.928956
Mougambi	-1.855030	9.312310
Idjembo	-1.868520	9.415300
Yombe	-1.961827	9.519557

Figure 6 - Liste des variables caractérisant les dimensions de l'analyse.

```
res.hcpc$desc.var
```

Link between the cluster variable and the categorical variables (chi-square test)

```
=====
                p.value df
Lagune 0.02960913  3
```

Description of each cluster by the categories

```
=====
$`1`
                Cla/Mod Mod/Cla
Lagune=Iguéla 66.66667    100
Lagune=Ndogou  0.00000     0
                Global  p.value
Lagune=Iguéla 46.15385 0.02097902
Lagune=Ndogou 53.84615 0.02097902
                v.test
Lagune=Iguéla  2.308362
Lagune=Ndogou -2.308362
```

```
$`2`
NULL
```

```
$`3`
                Cla/Mod Mod/Cla
Lagune=Ndogou 57.14286    100
Lagune=Iguéla  0.00000     0
                Global  p.value
Lagune=Ndogou 53.84615 0.04895105
Lagune=Iguéla 46.15385 0.04895105
                v.test
Lagune=Ndogou  1.969018
Lagune=Iguéla -1.969018
```

```
$`4`
NULL
```

Link between the cluster variable and the quantitative variables

```
=====
                Eta2    P-value
Temperature 0.9790397 7.166570e-08
Abondance   0.8864247 1.381525e-04
Salinite    0.7809698 2.523934e-03
pH          0.6614542 1.680221e-02
```

Description of each cluster by quantitative variables

```
=====
$`1`
                v.test Mean in category
pH            -2.559480         7.0625
Salinite     -3.012154         0.3800
                Overall mean sd in category
pH            7.365923         0.1301547
```

```

Salinite      5.660692      0.3162871
              Overall sd      p.value
pH            0.2737766 0.010482897
Salinite      4.0486766 0.002594011

$`2`
      v.test Mean in category
pH 2.096833      7.6145
      Overall mean sd in category
pH 7.365923      0.2237325
      Overall sd      p.value
pH 0.2737766 0.03600834

$`3`
      v.test Mean in category
Temperature -3.262897      2.62125
      Overall mean
Temperature 20.10708
      sd in category Overall sd
Temperature 2.511882 12.37605
      p.value
Temperature 0.001102795

$`4`
      v.test Mean in category
Abondance 3.235826      108
      Overall mean sd in category
Abondance 14.53846      0
      Overall sd      p.value
Abondance 28.88336 0.001212912

```

Figure 7 - Liste des variables caractérisant les grappes de la classification.

Annexe 4 : Tableau de distribution de Chi²

23/05/2022 01:52

MANUEL DE STATISTIQUE POUR LA RECHERCHE FORESTIERE



Annexe 4. Distribution de c^2

Cette table présente les points de pourcentage de la distribution chi-carré avec n degrés de liberté. Ce sont les valeurs de c^2 pour lesquelles un pourcentage donné, P , de la distribution chi-carré est supérieur à c^2 .

Degré de liberté (n)	Pourcentage (P)							
	97.5	95	50	10	5	2.5	1	0.1
1	.000982	.00393	0.45	2.71	3.841	5.02	6.64	10.8
2	0.0506	0.103	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	13.8
3	0.216	0.352	2.37	6.25	7.81	9.35	11.3	16.3
4	0.484	0.711	3.36	7.78	9.49	11.1	13.3	18.5
5	0.831	1.15	4.35	9.24	11.1	12.8	15.1	20.5
6	1.24	1.64	5.35	10.6	12.6	14.5	16.8	22.5
7	1.69	2.17	6.35	12.0	14.1	16.0	18.5	24.3
8	2.18	2.73	7.34	13.4	15.5	17.5	20.1	26.1
9	2.70	3.33	8.34	14.7	16.9	19.0	21.7	27.9
10	3.25	3.94	9.34	16.0	18.3	20.5	23.2	29.6
11	3.82	4.57	10.3	17.3	19.7	21.9	24.7	31.3
12	4.40	5.23	11.3	18.5	21.0	23.3	26.2	32.9
13	5.01	5.89	12.3	19.8	22.4	24.7	27.7	34.5
14	5.63	6.57	13.3	21.1	23.7	26.1	29.1	36.1
15	6.26	7.26	14.3	22.3	25.0	27.5	30.6	37.7
16	6.91	7.96	15.3	23.5	26.3	28.8	32.0	39.3
17	7.56	8.67	16.3	24.8	27.6	30.2	33.4	40.8
18	8.23	9.39	17.3	25.0	28.9	31.5	34.8	42.3
19	8.91	10.1	18.3	27.2	30.1	32.9	36.2	43.8
20	9.59	10.9	19.3	28.4	31.4	34.2	37.6	45.3

<https://www.fao.org/3/X6831F/X6831f25.htm#1556>

1/2

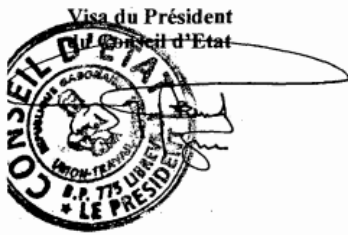
22	11.0	12.3	21.3	30.8	33.9	36.8	40.3	48.3
24	12.4	13.9	23.3	33.2	36.4	39.4	43.0	51.2
26	13.8	15.4	25.3	35.6	38.9	41.9	45.6	54.1
28	15.3	16.9	27.3	37.9	41.3	44.5	48.3	56.9
30	16.8	18.5	29.3	40.3	43.8	47.0	50.9	59.7
35	20.6	22.5	34.3	46.1	49.8	53.2	57.3	66.6
40	24.4	26.5	39.3	51.8	55.8	59.3	63.7	73.4
45	28.4	30.6	44.3	57.5	61.7	65.4	70.0	80.1
50	32.4	34.8	49.3	63.2	67.5	71.4	76.2	86.7
55	36.4	39.0	54.3	68.8	73.3	77.4	82.3	93.2
60	40.5	43.2	59.3	74.4	79.1	83.3	88.4	99.7



Annexe 5 : Décret n° 0164/PR/MEF du 19 janvier 2011 réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales (Gabon)

PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE
MINISTERE DES EAUX ET FORETS

REPUBLIQUE GABONAISE
UNION - TRAVAIL - JUSTICE



Décret n° 0164 /PR/MEF
réglementant le classement et les latitudes
d'abattage des espèces animales

Le Président de la République,
Chef de l'Etat ;

Vu la Constitution ;

Vu le décret n°00804/PR du 17 octobre 2009 fixant la composition du Gouvernement de la République, ensemble des textes modificatifs subséquents ;

Vu la loi 016/01 du 31 décembre 2001 portant Code Forestier en République Gabonaise, ensemble des textes modificatifs subséquents ;

Vu le décret n°1746/PR du 29 décembre 1983 fixant les attributions et l'organisation du Ministère des Eaux et Forêts ;

Le Conseil d'Etat consulté ;

Le Conseil des Ministres entendu ;

Décète :

Article 1er : Le présent décret, pris en application des dispositions des articles 92 et 296 de la loi n° 016/01 du 31 décembre 2001 susvisée, réglemente le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales.

Chapitre 1 : Du Classement des Espèces Animales

Section 1 : Des espèces intégralement protégées

Article 2 : Les espèces animales figurant dans le tableau de l'annexe n°1 du présent décret sont intégralement protégées.



✂

Article 3 : La chasse, la capture, la détention, la commercialisation ainsi que le transport des espèces visées à l'article 2 ci-dessus sont interdits, sauf dérogation accordée par arrêté du Ministre chargé des Eaux et Forêts au titulaire d'un permis scientifique de chasse ou de capture.

Section 2 : Des espèces partiellement protégées

Article 4 : Les espèces animales figurant dans le tableau de l'annexe n°2 du présent décret sont partiellement protégées.

Article 5 : La chasse, la capture, la détention, la commercialisation ainsi que le transport des espèces visées à l'article 4 ci-dessus font l'objet d'une réglementation spéciale.

Section 3 : Des espèces animales non protégées

Article 6 : Les espèces animales autres que celles figurant dans les annexes n° 1 et 2 susvisés constituent des espèces non protégées.

Toutefois, la chasse, la capture, la détention, la commercialisation ainsi que le transport de ces espèces sont réglementés conformément aux textes en vigueur.

Article 7 : Par décret pris en Conseil des Ministres, sur proposition du Ministre chargé des Eaux et Forêts, une nouvelle espèce peut être inscrite sur l'un ou l'autre tableau de l'annexe.

Une espèce peut être transférée ou déclassée d'un tableau à un autre dans les mêmes formes.

Chapitre 2 : Des Latitudes d'Abattage des Espèces Animales

Article 8 : Seul l'abattage des espèces animales mâles adultes non protégées ou partiellement protégées, peut faire l'objet de la délivrance d'un permis de chasse.

Article 9 : L'abattage de plus de deux animaux de la même espèce ou de quatre espèces différentes le même jour et par le même chasseur est interdit.

Article 10 : Les latitudes annuelles d'abattage des espèces animales partiellement protégées dans les domaines de chasse sont fixées dans le tableau joint à l'annexe n°3 du présent décret.

Article 11 : Les latitudes d'abattage des espèces animales indiquées aux articles 8,9 et 10 ci-dessus sont mentionnées dans le permis de chasse.

2



§

Chapitre 3: Dispositions Diverses et Finales


Article 12: Des textes réglementaires déterminent en tant que de besoin, les dispositions de toute nature nécessaires à l'application du présent décret.

Article 13: Le présent décret, qui abroge toutes dispositions antérieures contraires, sera enregistré, publié selon la procédure d'urgence et communiqué partout où besoin sera.

§

Fait à Libreville, le 19 JAN. 2011

Par le Président de la République,
Chef de l'Etat ;




ALI BONGO ONDIMBA

Le Premier Ministre
Chef du Gouvernement ;



Paul BIYOGHE MBA

Le Ministre des Eaux et Forêts ;



Martin MABALA

Le Ministre de l'Economie, du commerce, de l'Industrie
et du Tourisme ;



Magloire NGAMBIA

§

Ⓟ

Annexe n°1 : Les espèces intégralement protégées

Noms communs	Noms scientifiques
Eléphant	<i>Loxodonta africana</i>
Gorille	<i>Gorilla gorilla gorilla</i>
Chimpanzé	<i>Pan troglodytes</i>
Hippopotame	<i>Hippotamus amphibius</i>
Panthère	<i>Panthera pardus</i>
Lamantin	<i>Trichechus senegalensis</i>
Chevrotain aquatique	<i>Hyemoschus aquaticus</i>
Pangolin géant	<i>Manis gigantea</i>
Cobe onctueux	<i>Kobus ellipsiprymnus defassa</i>
Cobe des roseaux	<i>Kobus redunca arundinum</i>
Daman des arbres	<i>Dendrohyrax arboreus</i>
Galago spp	<i>Galago spp</i>
Potto spp	<i>Potto spp</i>
Orycterope	<i>Orycteropus afer</i>
Céphalophe de grimm	<i>Sylvicapra grimmia</i>
Céphalophe à pattes blanches	<i>Cephalophus ogilbyi</i>
Cercopithèque à queue de soleil	<i>Cercopithecus solatus</i>
Baleine à bosse	<i>Megaptera novaeangliae</i>
Bongo	<i>Tragelaphus euryceros</i>
Hylochère	<i>Hylochoerus meinertzageni</i>
Buffle	<i>Syncerus cafer nanus</i>
Mandrill	<i>Papio sphinx</i>
Drill	<i>Papio leucophaeus</i>
Picatharte à cou gris	<i>Picathartes oreas</i>
Tortue luth	<i>Demochelys coriacea</i>
Tortue verte	<i>Chelonia mydas</i>
Tortue olivâtre	<i>Lepidechelys olivacea</i>
Tortue imbriquée	<i>Erethmochelys imbricata</i>
Crocodile du Nil	<i>Crocodylus niloticus</i>
Crocodile nain	<i>Osteolaemus tetraspis</i>
Faux gavial	<i>Cataphractus congicus</i>



Ⓟ

Annexe n°2 : Les espèces partiellement protégées

Noms communs	Noms scientifiques
Sitatunga Céphalophe à dos jaune Guib hanarché Potamochère Serval Servalin Varan	<i>Tragelaphus spekei</i> <i>Céhalopus sylvicultor</i> <i>Tragelaphus scriptus</i> <i>Potamochoerus porcus</i> <i>Felis serval</i> <i>Felis servalina</i> <i>Varanus niloticus</i>
Perroquet gris Jabiru du senegal Tantal ibis Spatule d'Afrique Vautour palmiste	<i>Psittacus erithacus</i> <i>Ephippiorhynchus senegalensis</i> <i>Ibis ibis</i> <i>Platalea abba</i> <i>Gypohierax angolensis</i>
Python de seba	<i>Python sebae</i>

Annexe n°3 : Latitudes d'abattage des espèces animales sauvages

Espèces	Nationaux et expatriés résidents		Touristes non résidents	
	Petite chasse	Grande chasse	Petite chasse	Grande chasse
Sitatunga	1	0	2	0
Guib hanarché	1	0	2	0
Potamochère	2	0	4	0
Céphalophe à dos jaune	1	0	2	0
Autres céphalophes	2	0	4	0



Annexe 6 : Transposition de la législation nationale sur la faune sauvage et la

Convention sur la migration des espèces de la faune sauvage

		Titre du document	Références
ART. I-1	Le cadre juridique prévoit des définitions (des termes clés) identiques dans leur formulation ou leur effet à celles de l'article I.	Loi relative aux parcs nationaux	Loi n° 003/2007 du 27 août 2007 relative aux parcs nationaux à son article 3
		Loi portant Code forestier en République Gabonaise	Loi n° 016/2001 portant code forestier en République Gabonaise à ses articles 3 6 73 74 et 76
	Le cadre juridique permet la conservation des espèces migratrices et de leurs habitats, en particulier des espèces dont l'état de conservation est défavorable.	Loi relative aux parcs nationaux	Loi n° 003/2007 du 27 août 2007 relative aux parcs nationaux à ses Article 2 ; Article 3 ; Article 30
		Décret réglementant le classement et les latitudes d'abattage d'espèces animales	Décret n°0164/PR/MEF réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales. Article 1 à 7

		Arrêté portant réglementation des activités forestières, minières, agricoles, aquacoles, cynégétiques et touristiques à l'intérieur d'une zone tampon	Arrêté n°000118/PR/MEFEPEPN du 1 mars 2004, portant réglementation des activités forestières, minières, agricoles, aquacoles, cynégétiques et touristiques à l'intérieur d'une zone tampon Article 2
		Loi portant Code forestier en République Gabonaise	Loi n° 016/2001 portant code forestier en République Gabonaise Article 3, 68 ;71 ;73 ;74 ;92
		Stratégie nationale et le plan d'action sur la diversité biologique	Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Diversité Biologique du Gabon Objectif spécifique : "l'exploitation et la protection durables de la diversité biologique au Gabon".
ART. II-3	Le cadre juridique permet: A) la promotion et l'appui à la recherche sur les espèces migratrices; B) la protection immédiate des espèces migratrices inscrites à l'annexe I de la CMS.	Loi portant Code forestier en République Gabonaise	Loi n° 016/2001 portant code forestier en République Gabonaise Article 3
		Loi relative aux parcs nationaux	Loi n° 003/2007 du 27 août 2007 relative aux parcs nationaux Article 2
		Décret réglementant le classement et les latitudes d'abattage d'espèces animales	Décret n°0164/PR/MEF réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales Article 2,3 et 8

ART. III-4		Loi relative à la Protection de l'Environnement en République Gabonaise	Loi n°07/2014 relative à la protection de l'environnement en République Gabonaise Article 75 ;76 ;80
		Loi portant Code des Pêches et de l'Aquaculture en République Gabonaise	Loi n° 15/05 du 8 août 2005 portant Code des Pêches et de l'Aquaculture en République Gabonaise Article 67
		Loi portant Code forestier en République Gabonaise	Loi n° 016/2001 portant code forestier en République Gabonaise Article 71 ;73,74 ;287
		Décret portant attributions et organisation du Ministère des Eaux et Forêts	Décret n°0291/PR/MEF du 18 février 2011 portant attributions et organisation du Ministère des Eaux et Forêts Article 36 ; 81 137 147 151 164 168
		Stratégie nationale et le plan d'action sur la diversité biologique	"l'exploitation et la protection durables de la diversité biologique au Gabon".

ART. III-5	Le cadre juridique interdit le prélèvement (y compris la chasse et la capture) des espèces énumérées à l'annexe i de la cms, sauf lorsque le prélèvement est effectué: A) à des fins scientifiques; B) pour améliorer la propagation ou la survie des espèces en question;C) pour répondre aux besoins des utilisateurs traditionnels de ces espèces à des fins de subsistance;D) dans des circonstances extraordinaires le rendant indispensable.À condition que ces exceptions soient précises quant à leur contenu et limitées dans l'espace et dans le temps et que les prélèvements ne portent pas préjudice aux espèces.	Décret réglementant le classement et les latitudes d'abattage d'espèces animales	Décret n°0164/PR/MEF réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales Article 2 3 8
		Loi portant Code forestier en République Gabonaise	Loi n° 016/2001 portant code forestier en République Gabonaise Article 216 259

ART. IV-3	le cadre juridique encourage la conclusion d'accords internationaux pour la conservation et la gestion des espèces migratrices figurant à l'annexe ii de la cms, en donnant priorité aux espèces dont l'état de conservation est défavorable (par rapport aux espèces dont l'état de conservation bénéficierait d'une manière significative de la coopération internationale, qui sont également inscrites à l'annexe ii).	Accord de Coopération entre les gouvernements de : la République du Cameroun la république du Congo la République gabonaise relatif à la mise en place de la tri - nationale DJA-ODZALA-MINKEBE (TRIDOM)	
		Loi portant orientation du développement durable en république gabonaise	Loi n° 02/2014 du 1 Aout 2014 portant orientation du développement durable en république gabonaise Article 3
		Décret portant attributions et organisation du Ministère des Eaux et Forêts	Décret n°0291/PR/MEF du 18 février 2011 fixant les attributions et l'organisation du Ministère des Eaux et des Forêts Article 81

Table des figures

Figure 1: La région littorale des sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama (Gabon).....	6
Figure 2: Hiérarchisation des facteurs en fonction de l'échelle de la distribution étudiée	8
Figure 3: Exemple de détection de présence/absence par site.....	29
Figure 4: Différents types de méthode de transects linéaires	32
Figure 5: Transects et stations d'observations dans la lagune Iguéla au site Ramsar de Petit Loango	33
Figure 6: Divers types de répartition spatiale des organismes en projection plane (d'après D. CHESSEL, 1978).	40
Figure 7: Répartition du lamantin par genre dans le monde.....	48
Figure 8: Différents lamantins dans le monde.....	48
Figure 9: Zone de répartition du lamantin en Afrique de l'Ouest et du Centre.....	51
Figure 10: La phylogénie des siréniens.	56
Figure 11: Prorastomus sirenoide	57
Figure 12: Proratomidae (Pezosirenportelli)	58
Figure 13: Protosirenidae	58
Figure 14: Halitherium taulannense.....	59
Figure 15: Hypothétiques routes de dispersion des Siréniens	60
Figure 16: Résultat simplifié de l'analyse cladistique des Siréniens.	61
Figure 17: Refuges forestiers envisagés lors du dernier maximum glaciaire (18.000 ans B.P.).....	63
Figure 18: Barrières physiques à la dispersion du lamantin au Gabon	67
Figure 19: Niveau de classification de la Liste Rouge de l'UICN.....	70
Figure 20: Classification du lamantin dans la Liste Rouge de l'UICN	71
Figure 21: Site Ramsar de Petit Loango.....	85
Figure 22: Site Ramsar de Setté Cama	91
Figure 23: Recensement des observations de lamantin dans les transects dans la lagune Iguéla et le Rembo Ngové	102
Figure 24: Présence de lamantin en fonction de la saison dans la lagune Iguéla.....	104
Figure 25: Les habitats aquatiques dans la lagune Iguéla	105
Figure 26: Estimation réelle de Ψ	107
Figure 27: Observations directes et indirectes (traces d'alimentation) du lamantin à la lagune Ndougou	115
Figure 28: Estimation non transformées des coefficients du modèle testé $\Psi(\cdot), p(Ox)$	117
Figure 29: Plante oignon Crinum natans (inflorescence)	121
Figure 30: Crinum natans en Afrique de l'Ouest et du Centre.....	122
Figure 31: Spatialisation du pH en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango.....	131
Figure 32: Spatialisation du pH en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango.....	131
Figure 33: Spatialisation du redox en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango.....	133
Figure 34: Spatialisation du redox en saison de saison sèche au site Ramsar de Petit Loango.....	134
Figure 35: Spatialisation de la conductivité en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango	135
Figure 36: Spatialisation de la conductivité en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango	135
Figure 37: Spatialisation de la température en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango	138
Figure 38: Spatialisation de la température en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango	138
Figure 39: Spatialisation de la salinité en saison de pluie au site Ramsar de Petit Loango	139
Figure 40: Spatialisation de la salinité en saison sèche au site Ramsar de Petit Loango.....	140
Figure 41: Activité de pêche et présence de lamantin entre du lac Sounga (sud du PN de Loango) et Pitonga (embouchure de la lagune Ndougou).....	167

Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Différents modèles explorés de probabilité de présence et détection</i>	37
<i>Tableau 2: Classification du Lamantin</i>	49
<i>Tableau 3: Cours d'eau et lamantin en Afrique de l'Ouest et du Centre</i>	53
<i>Tableau 4: Manifestation des variations climatiques.</i>	64
<i>Tableau 5: Espèces intégralement protégées du Gabon</i>	75
<i>Tableau 6: Les Aires Protégées au Gabon post colonial</i>	80
<i>Tableau 7: Parc Nationaux du Gabon</i>	81
<i>Tableau 8: Les zones humides d'importance internationales au Gabon</i>	83
<i>Tableau 9: Bilan des missions de campagne à Petit Loango</i>	101
<i>Tableau 10 : Classement des meilleurs modèles d'occupation à saison simple du lamantin au site Ramsar de Petit Loango en 2019 et 2020</i>	106
<i>Tableau 11: Table des fréquences</i>	109
<i>Tableau 12: Calcul des probabilités binomiales négatives pour x individus (lamantin) par unité d'échantillon (quadrat)</i>	111
<i>Tableau 13 : Calcul des fréquences théoriques d'unités d'échantillonnage contenant un nombre variable de lamantins à Petit Loango</i>	111
<i>Tableau 14 : Calculs pour le critère de test chi-carré</i>	112
<i>Tableau 15: Synthèse distance, temps, effort et observations de lamantin dans la lagune Ndougou</i>	114
<i>Tableau 16 : Sortie des 8 premiers modèles ajustés sur le programme PRESENCE</i>	116
<i>Tableau 17: Table des fréquences</i>	124
<i>Tableau 18 : Calcul des probabilités binomiales négatives, pour x individus (lamantin) par unité d'échantillon (quadrat).</i>	126
<i>Tableau 19: Calcul des fréquences théoriques d'unités d'échantillonnage contenant un nombre variable de lamantin au site de Setté Cama</i>	127
<i>Tableau 20 : Calculs pour le critère de test chi-carré</i>	127
<i>Tableau 21 : Résultats des cosinus en fonction des variables à Petit Loango et Setté Cama</i>	142
<i>Tableau 22 : Résultats des cosinus² en fonction des localités à Petit Loango et Setté Cama</i>	144
<i>Tableau 23 : Les différents types de chasse en Afrique Centrale</i>	158
<i>Tableau 24: Récapitulatif du nombre d'individus de lamantin capturés dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama</i>	178
<i>Tableau 25: Densité par effort de recherche au site Ramsar de Setté Cama</i>	182
<i>Tableau 26: Indices d'abondance et d'occurrence selon Bobddickers dans le CAPG</i>	182
<i>Tableau 27: Indice de rencontre à Petit Loango et Setté Cama</i>	183
<i>Tableau 28 : Utilisations des différentes parties du lamantin au Gabon</i>	186

Table des équations

$Pr(h_i = 0101) = \psi_i(1 - p_i, 1)p_i, 2(1 - p_i, 3)p_i, 4$ (1)	35
$L = i = 1sPr(h_i)$ (2)	35
$logit(\Psi_i) = \ln(\Psi_{i1} - \Psi_i) = \alpha_0 + \alpha_1x_{1,i} + \alpha_2x_{2,i}$ (3)	35
$logit(p_{ij}) = \ln(p_{ij1} - p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1x_{1,i} + \beta_2x_{2,i} + \beta_3y_{1,i} + \beta_4y_{2,i}$, (4)	35
$\ln \theta_{i1} - \theta_i$ (5)	35
$AIC = -2 \log L + 2k$ (6)	38
$\Delta AIC = AIC_i - \min AIC$ (7)	38
wiexpexp $(-\Delta i2) R$ (8)	38
$f(Y_1, Y_2, \dots, Y_t | a_0 + a_1X_t, \sigma^2 = 1(2\pi)t\sigma t \exp - 12 Y_t - a_0 - a_1X_t$ (9)	39
$\ln L = \ln(1(2\pi)t\sigma t) \ln(\exp - 12 (Y_t - a_0 - a_1X_t)^2)$ (10)	39
$P(x) = \left[\frac{\mu}{(\mu + k)} \right]^x \left[\frac{(k + x - 1)!}{x!(k - 1)!} \right] \left[1 + \frac{\mu}{k} \right]^{-k}$ (11)	43
$\log_{10} \left(\frac{N}{N_0} \right) = \hat{k} \log_{10} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]$ (12)	43
$\frac{\bar{x}}{s^2 - \bar{x}}$ (13)	43
$P(0) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^0 \left\{ \frac{(\hat{k} + 0 - 1)!}{0!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right]^{-k} = \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k}$ (14)	44
$P(1) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^1 \left\{ \frac{(\hat{k} + 1 - 1)!}{1!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k}}{1} \right) P(0)$ (15)	44
$P(2) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^2 \left\{ \frac{(\hat{k} + 2 - 1)!}{2!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k} + 1}{2} \right) P(1)$ (16)	44
$P(r) = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right]^r \left\{ \frac{(\hat{k} + r - 1)!}{r!(\hat{k} - 1)!} \right\} \left[1 + \left(\frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) \right]^{-k} = \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x} + \hat{k}} \right] \left(\frac{\hat{k} + r - 1}{r} \right) P(r - 1)$ (17)	44
$G_i = s2x - 1 - 1 n - 1$ (18)	44
$N = x - 010(fx)$ (19)	109
$n = x - 010(xfx)$ (20)	109
$x = nN$ (21)	109
$s2 = x - 010(xfx)2 - xnn - 1$ (22)	109
$NN0 = k \log 101 + xk$ (23)	110
$k = (x)2s2 - x$ (24)	110
$NN0 = 7251 = 0,149$ (25)	110
$k \log 101 + xk = 0,40890 \log 101 + 0,610,40890$ (26)	110
$k \log 101 + xk = 0,325 1 + 0,610,325$ (27)	110
$G_i = s2x - 1 - 1 n - 1$ (28)	112
$logit(\Psi_i) = a1 * 1$ (29)	118
$\Psi_i = ea11 + ea1$ (30)	118
$= 0.831741 + 1.96 * 0.72$ (31)	118
$= 0.831741 - 1.96 * 0.72$ (32)	118
$logit(p_i) = b1 + b2$ (33)	119

$p_i = e b_1 + e b$ (34)	.....	119
$x = \theta + -1.96 * \text{erreur standard}$ (35)	.....	119
$x = \theta + -1.96 * \text{erreur standard}$ (36)	.....	120
$N = x - 010(fx)$ (37)	.....	124
$n = x - 010(xfx)$ (38)	.....	124
$x = nN$ (39)	.....	124
$s^2 = x - 010(xfx)^2 - x n n - 1$ (40)	.....	125
$NN0 = k \log_{10} 1 + xk$ (41)	.....	125
$k = (x)2s^2 - x$ (42)	= (1,08)21,92 - 1,08	125
$NN0 = 6433$ (43)	.....	125
Itération 1 : $k \log_{10} 1 + xk = 1,39 \log_{10} 1 + 1,081,39$ (44)	.....	125
Itération 8 : $k \log_{10} 1 + xk = 0,73 \log_{10} 1 + 1,080,73$ (45)	.....	126
$Gi = s^2 x - 1 - 1 n - 1$ (46)	.....	128

Table des graphiques

<i>Graphique 1: Valeur pH au site Ramsar de Petit Loango</i>	<i>130</i>
<i>Graphique 2: Valeur redox en mV au site Ramsar de Petit Loango</i>	<i>132</i>
<i>Graphique 3: Valeur Conductivité en $\mu\text{S/cm}$ au site Ramsar de Petit Loango</i>	<i>136</i>
<i>Graphique 4: Valeur température en $^{\circ}\text{C}$ au site Ramsar de Petit Loango.....</i>	<i>137</i>
<i>Graphique 5: Valeur salinité en mg/l au site Ramsar de Petit Loango</i>	<i>141</i>
<i>Graphique 6: Corrélation des variables</i>	<i>142</i>
<i>Graphique 7: Ellipse de concentration des localités (milieu) par regroupement de similarité</i>	<i>145</i>
<i>Graphique 8: Analyse des correspondances qualitative des variables</i>	<i>147</i>

Table des photos

<i>Photo 1: Lamantin africain sous l'eau (Gabon).....</i>	<i>50</i>
<i>Photo 2: Restes de poisson consommé par un lamantin au Cameroun.....</i>	<i>55</i>
<i>Photo 3: Plante oignon (Crinum natans) à Pitonga</i>	<i>121</i>
<i>Photo 4: Eléphant présentant un impact de balle sur son flanc à Setté Cama</i>	<i>161</i>
<i>Photo 5: Piège en câble métallique pour gros gibiers</i>	<i>162</i>
<i>Photo 6: Ossements d'hippopotame</i>	<i>162</i>
<i>Photo 7: Patte d'hippopotame prise dans un piège à câble métallique</i>	<i>163</i>
<i>Photo 8: Dépeçage de l'individu au bord de l'eau</i>	<i>163</i>
<i>Photo 9: Matériel de chasse.....</i>	<i>164</i>
<i>Photo 10: Saisie du butin</i>	<i>164</i>
<i>Photo 11: Brut sur une bouteille plastique (plage Terminal Shell Gamba).....</i>	<i>171</i>
<i>Photo 12: Boulette de brut (Plage Pont Dick, site Ramsar de Setté Cama)</i>	<i>172</i>
<i>Photo 13: Étalement d'une nappe d'algues à la surface de l'eau à la lagune Ndougou.....</i>	<i>173</i>
<i>Photo 14: Fermentation de la matière organique avec une forte odeur nauséabonde</i>	<i>173</i>
<i>Photo 15: Cas d'un filet de pêche "retrouvé" par la nappe</i>	<i>174</i>
<i>Photo 16: Carcasse de lamantin sans tête à Petit Loango.....</i>	<i>175</i>
<i>Photo 17: Carcasse de lamantin braconnée</i>	<i>175</i>
<i>Photo 18: Saisie de viande de lamantin par la Brigade de Faune de Setté Cama à Gamba</i>	<i>176</i>
<i>Photo 19: Viande de lamantin vendue au quartier Mini-prix à Port-Gentil</i>	<i>179</i>
<i>Photo 20: Plat de lamantin servi dans un restaurant à Port-Gentil.</i>	<i>180</i>
<i>Photo 21: Crâne de lamantin blanchi destiné à la vente</i>	<i>185</i>

Table des matières

<i>Sommaire</i>	<i>iii</i>
<i>Abréviations</i>	<i>vi</i>
<i>Dédicaces</i>	<i>vii</i>
<i>Remerciements</i>	<i>viii</i>
INTRODUCTION GENERALE	1
1. Contexte et justification du sujet	2
1.1. Objet et champs d'étude	2
1.2. Localisation spatio-temporelle de la région littorale des sites Ramsar de Petit Loango et Setté Cama (Gabon)	5
1.3. Intérêt du sujet	7
2. Problématique	10
2.3. État de la question et problématique	10
2.4. Objectifs et hypothèses	15
2.5. Difficultés rencontrées	17
2.5. Annonce du plan	18
PREMIÈRE PARTIE	20
DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN : THÉORIE, METHODOLOGIE ET DONNEES D'ÉTUDE	20
CHAPITRE 1 : Aperçu théorique, échantillonnage et traitements des données	22
1.1. Appréhender les éléments conceptuels de distribution des espèces.	23
1.1.1. Biogéographie historique	23
1.1.2. Biogéographie écologique	23
1.1.2.1. Vicariance	24
1.1.2.2. Dispersion	25
1.1.3. La théorie des refuges	25
1.2. Description du processus de collecte des données	27
1.1.1. Revue documentaire	27
1.1.2. Approche participative	27
1.1.3. Prise de données sur les lamantins	28
1.1.3.1. Pré traitement conceptuel	28
1.1.3.2. Pré traitement cartographique	30
1.1.3.3. Surveillance	31
1.2. Traitement des données	33
1.2.1. Estimation d'occupation et probabilité de détection sur logiciel Presence	33
1.2.1.1. Modèle de base	33
1.2.1.2. Interprétation des résultats de sortie	36
1.2.2. Identification de la structure spatiale	39
1.2.2.1. Test de la structure spatiale des organismes	39

1.2.2.2.	Test de validation de la répartition spatiale	44
CHAPITRE 2 : Le lamantin et sa distribution dans les paléo-environnements au Gabon		47
1.3.	Description générale du lamantin	47
1.3.1.	L'ordre des siréniens	47
1.3.1.1.	Les siréniens	47
1.3.1.2.	Taxonomie	49
1.3.2.	Le lamantin africain	49
1.3.2.1.	Description physique du Lamantin Africain (<i>Trichechus senegalensis</i>).	50
1.3.2.2.	Répartition	50
2.1.2.3.	Population	52
1.3.2.3.	Habitat	52
1.3.2.4.	Mouvements migratoires	53
1.3.2.5.	Alimentation	54
1.4.	Évolution de la distribution du lamantin dans les paléoenvironnements au Gabon	55
1.4.1.	Historique de distribution du lamantin dans le monde	55
1.4.2.	Les zones refuges de faune au Gabon	62
1.4.3.	Les barrières physiques de la distribution du lamantin au Gabon	65
2.2.	Menaces	67
2.2.2.	Menaces indirectes	67
1.4.4.	Menaces directes envers les populations de lamantins	68
2.3.	Cadre législatif sur le lamantin	69
1.4.4.1.	Dispositions internationales	69
1.4.4.1.1.	Convention de Washington	69
1.4.4.1.2.	Disposition de l'UICN	69
1.4.4.1.3.	Convention de Rio sur la Diversité Biologique	71
1.4.4.1.4.	Convention de Ramsar	72
1.4.4.1.5.	Convention sur la migration des espèces de la faune sauvage	72
1.4.4.1.6.	Convention sur la lutte contre la Désertification	73
1.4.4.1.7.	Convention d'Abidjan	73
1.4.4.1.8.	Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (CCNR ; Convention d'Alger)	74
1.4.4.2.	Cadre juridique national : Gabon	74
1.4.4.2.1.	Le décret n° 0164/PR/MEF du 19 janvier 2011	74
1.4.4.2.2.	La loi n° 16/2001 du 31 décembre 2001 portant Code Forestier en République gabonaise	75
1.4.4.2.3.	La loi n° 3/2007 du 27 août 2007 relative aux Parcs Nationaux	76
1.4.4.2.4.	Décret 0579/PR/MPE du 30 novembre 2015 portant modalités et conditions d'exercice de la pêche en République Gabonaise	77
1.4.4.2.5.	Loi n°015/2005 portant Code des Pêches et de l'Aquaculture en République Gabonaise	77
1.4.4.2.6.	Le décret 00161/PR du 1er Juin 2017 relatif aux aires protégées aquatiques	77
CHAPITRE 3 : De la politique environnementale coloniale à la ratification de la convention de Ramsar : contexte de conservation du site d'étude		78
3.1.	Bref historique des Aires Protégées au Gabon	78
3.2.	Le Gabon et la convention Ramsar sur les Zones Humides d'Importance Internationale (ZHII)	81
3.3.	Les zones humides Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama	84
3.3.1.	Site Ramsar de Petit Loango	84

3.3.1.1.	Localisation et présentation	84
3.3.1.2.	Critères Ramsar du site de Petit Loango	86
3.3.1.3.	Caractéristiques physiques du site de Petit Loango	87
3.3.1.4.	Caractéristiques du bassin versant de la lagune Iguéla et ses rivières tributaires	89
3.3.1.5.	Contexte hydrosédimentaire de la lagune Iguéla et ses rivières tributaires	89
3.3.1.6.	Occupation humaine et activité du site de Petit Loango	90
3.3.2.	Site Ramsar de Setté Cama	90
3.3.2.1.	Localisation du site de Setté Cama	90
3.3.2.2.	Critères Ramsar du site de Setté Cama	91
3.3.2.3.	Caractéristiques physiques du site de Setté Cama	92
3.3.2.4.	Caractéristiques du bassin versant de la lagune Ndougou et ses rivières tributaires	93
3.3.2.5.	Valeurs hydrologiques de la lagune Ndougou et du fleuve Nyanga	94
3.3.2.6.	Occupation humaine et activité du site de Setté Cama	95
DEUXIÈME PARTIE :		98
ANALYSE DE LA DISTRIBUTION ET DE LA CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAÏN DANS LES SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET DE SETTE CAMA		98
CHAPITRE 4 : Modélisation de la distribution des populations de lamantin à Petit Loango et Setté Cama		100
4.1.	Population de lamantin à Petit Loango	100
4.1.1.	Bilan des campagnes	100
4.1.1.1.	Saisonnalité	103
4.1.1.2.	Préférence d'habitat	103
4.1.1.3.	Détail de l'habitat aquatique	105
4.1.2.	Présence et occupation du lamantin à Petit Loango	106
4.1.2.1.	Modèle simple avec variable et covariable	106
4.1.2.2.	Limite des modèles utilisés	107
4.1.3.	Détermination de la configuration spatiale des lamantins à Petit Loango	108
4.1.3.1.	Test statistique de la répartition à Petit Loango	108
4.1.3.2.	Vérification du test statistique par l'indice de Green à Petit Loango.	112
4.2.	Populations de lamantin à Setté Cama	113
4.2.1.	Bilan des campagnes à Setté Cama	114
4.2.2.	Présence et occupation du lamantin à Setté Cama	116
4.2.2.1.	Occupation de site et probabilité de détectabilité à Setté Cama	116
4.2.2.1.1.	Estimation réel de l'Occupation Ψ (psi)	118
4.2.2.1.2.	Estimation réel de détection de $p(Ox)$	119
4.2.2.2.	Explication sur le facteur de détectabilité à Setté Cama	120
4.2.3.	Détermination de la configuration spatiale des organismes à Setté Cama	123
4.2.3.1.	Test statistique de la répartition à Setté Cama	123
4.2.3.2.	Vérification du test statistique par l'indice de Green.	128
CHAPITRE 5 : Identification des facteurs de distribution du lamantin dans les sites de Petit Loango et de Setté Cama en saison de pluie		129
5.1.	Données physico-chimiques au site Ramsar de Petit Loango	129
5.1.1.	pH	129
5.1.2.	Redox (Potentiel d'oxydoréduction)	131
5.1.3.	Conductivité	134
5.1.4.	Température	136
5.1.5.	Salinité	139

5.2.	Détermination des variables significatives	141
5.3.	Identité des milieux par regroupement de similarité	143
5.4.	Analyse des correspondances qualitatives des variables divergentes	146
5.5.	Comparaison des sites	148
CHAPITRE 6 : L'état de conservation du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama		152
6.1.	Les acteurs engagés dans la conservation	152
6.1.1.	Ministère des Eaux et Forêts Ministère des Eaux Et Forêts, de la Mer, de L'environnement, chargé du Plan Climat et du Plan d'Affectation des Terres	152
6.1.1.1.	Brigade de faune	153
6.1.1.2.	Direction Générale des Ecosystèmes Aquatiques (DGEA)	153
6.1.1.3.	Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN)	154
6.1.2.	Les Organisations Non Gouvernementales (ONG) et une institution de recherche	154
6.1.2.1.	Le Fonds Mondial pour la Nature (WWF) Gabon	154
6.1.2.2.	IBONGA-ACPE	155
6.1.2.3.	Smithsonian Institution	156
6.2.	Les défis de la conservation	156
6.2.1.	La chasse	157
6.2.1.1.	La chasse de subsistance	159
6.2.1.2.	Le braconnage	160
6.2.1.2.1.	Le braconnage professionnel	160
6.2.1.2.2.	La chasse commerciale	161
6.2.2.	La pêche en zone interdite	165
6.3.	La mortalité du lamantin	167
6.3.1.	Les menaces envers les populations de lamantin en Afrique	167
6.3.1.1.	Les menaces indirectes envers les populations de lamantin	167
6.3.1.2.	Les menaces directes envers les populations de lamantin	168
6.3.2.	Les menaces à Petit Loango et à Setté Cama	169
6.3.2.1.	Les activités pétrolières	169
6.3.2.2.	La consommation de viande de lamantin	174
6.3.3.	Les tendances de mortalité des lamantins dans les sites Ramsar de Setté Cama et de Petit Loango	177
6.4.	Indice de rencontre lors des monitorings	181
6.5.	La valeur culturelle du lamantin	183
6.5.1.	Donnée générale chez les peuples africains	183
6.5.2.	Donnée auprès des communautés locales de Petit Loango et de Setté Cama	184
CONCLUSION GENERALE		189
BIBLIOGRAPHIE		195
ANNEXES		220
<i>Table des figures</i>		253
<i>Table des tableaux</i>		254
<i>Table des équations</i>		255
<i>Table des graphiques</i>		257
		262

<i>Table des photos</i>	258
<i>Table des matières</i>	259

DISTRIBUTION ET CONSERVATION DU LAMANTIN AFRICAIN (*Trichechus senegalensis*, Link 1795) DANS LES SITES RAMSAR DE PETIT LOANGO ET SETTE CAMA (GABON)

Résumé : Pays équatorial humide et forestier, le Gabon a consacré 2,8 millions d'ha en zones humides d'importance internationale à la Convention Ramsar. Petit Loango et Setté Cama sont des sites composés d'une riche biodiversité et un habitat de choix pour le lamantin africain (*Trichechus senegalensis*). Le manque d'informations relatives à la répartition actuelle des lamantins au Gabon entrave les approches de conservation de ce mammifère aquatique. C'est au travers d'une revue bibliographique, que la distribution historique a été établie. Puis, à partir d'une prospection de terrain, des données ont été collectées sur la présence/absence du lamantin dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama. Ainsi, des observations le long de transects d'échantillonnage dans les lagunes Iguéla, Ndougou, les lacs Sounga, Cachimba et les rivières Rembo Ngové Rembo Eshira, Rembo Ndougou ont permis des relevés systématiques de la présence directe de lamantins, entre 2016 et 2020. Les résultats ont donné, par l'observation directe, la distribution et les préférences écologiques des lamantins, de définir ainsi les limites naturelles de leurs populations dans les sites Ramsar de Petit Loango et de Setté Cama, et d'établir ensuite le statut de conservation de l'espèce.

Mots clés : Lamantin, Système d'eau douce, Site Ramsar, Petit Loango, Setté Cama, Distribution, conservation.

Abstract: Gabon, a humid and forested equatorial country, has designated 2.8 million ha as wetlands of international importance under the Ramsar Convention. Petit Loango and Setté Cama are its sites of rich biodiversity and prime habitat for the African manatee (*Trichechus senegalensis*). The lack of information on the current distribution of manatees in Gabon hinders conservation approaches for this aquatic mammal. It is through a bibliographic review, that the historical distribution was established. Then, from a field survey, data were collected on the presence/absence of the manatee in the Ramsar sites of Petit Loango and Setté Cama. Thus, observations along sampling transects in the lagoons Iguéla, Ndougou, lakes Sounga, Cachimba and the rivers Rembo Ngové Rembo Eshira, Rembo Ndougou have allowed systematic surveys of the direct presence of manatees, between 2016 and 2020. The results gave, through direct observation, the distribution and ecological preferences of manatees, thus defining the natural limits of their populations in the Ramsar sites of Petit Loango and Setté Cama, and then establishing the conservation status of the species.

Key words: Manatee, freshwater system, Ramsar site, Petit Loango, Setté Cama, Distribution Conservation.