

UNIVERSITE ASSANE SECK ZIGUINCHOR



UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DÉPARTEMENT D'AGROFORESTERIE

MÉMOIRE DE FIN CYCLE DE MASTER

**SPÉCIALITÉ : AMÉNAGEMENT ET GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES
FORESTIERS ET AGROFORESTIERS**

THEME :

***Caractérisation des zones humides non protégées du bas delta du
fleuve Sénégal dans les communes de Saint-Louis, Gandon et
Ndiébène-Gandiol***

Présenté et soutenu publiquement le 22 Mai 2021 par

Mouhamadou Lamine SYLLA

Co-encadrement du **Dr Antoine SAMBOU** et du **Colonel Ibrahima GUEYE**

Sous la Supervision du **Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL**, Maître de conférences

CAMES (UASZ)

Membres du jury

Président : M. Ngor NDOUR, Maître de conférences (UASZ)

Membres : M. Antoine SAMBOU, Assistant (UASZ)

M. Ousmane NDIAYE, Maître Assistant (UASZ)

M. Boubacar CAMARA, Assistant (UASZ)

M. Ibrahima GUEYE, Chef de la Division des Zones humides/DPN

Année universitaire : 2019-2020

DEDICACES

JE DÉDIE CE TRAVAIL À MON CHER PÈRE YOUSSEPH SYLLA ET À MA CHÈRE MAMAN FAMA THIAM QUI M'ONT TOUJOURS ENCOURAGÉ ET SOUTENU SANS RELÂCHE.

À MES SŒURS POUR LEUR SOUTIEN ET QUI N'ONT MÉNAGÉ AUCUN EFFORT POUR MON ÉDUCATION ET BIEN-ÊTRE. JE LEUR SOUHAITE TOUTE UNE BONNE SANTÉ ET UNE LONGUE VIE.

À MES AMIS BIRANE SOCÉ, ALPHA YANKHOBA BAH, MANSOUR NDIAYÉ, SAFIÉTOU DIOUF, ADAMA TRAORÉ ET AVEC CEUX QUI J'AI CHEMINÉ DURANT TOUT MON CURSUS UNIVERSITAIRE.

À TOUS LES ENSEIGNANTS DU DÉPARTEMENT D'AGROFORESTERIE, POUR LEUR CONTRIBUTION À MA FORMATION.

À TOUS MES CAMARADES DE LA HUITIÈME PROMOTION.

REMERCIEMENT

J'aimerais, exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Votre aide a été inestimable à mes yeux. Sans être exhaustif, j'aimerais citer :

- Dr Antoine SAMBOU et Colonel Ibrahima GUEYE qui m'ont encadré tout au long de ce travail. Leurs conseils et orientations m'ont beaucoup servi pendant la durée de ce travail de recherche.
- Aux membres du jury à savoir Pr Ngor NDOUR, Dr Boubacar CAMARA et Dr Ousmane NDIAYE pour leurs remarques et suggestions en vue d'améliorer ce document.
- Commandant Mahmoud FALL Chef du Bureau d'Information des Parcs et Réserves du nord pour m'avoir accueilli chaleureusement au niveau du Bureau.
- Commandant Ibrahima NDAO Conservateur de la Réserve Spéciale de Faune de Guembeul et le Lieutenant Marième WARR adjointe au Bureau d'Information pour leur aide inestimable tant sur le plan matériel qu'intellectuel. Je ne les remercierai jamais assez.
- Commandant Mapathé DJIBA Conservateur de l'AMP Saint-Louis pour le matériel de mesure des paramètres de l'eau qu'il a mis à notre disposition.
- Mon ami et frère Moustapha DIEYE étudiant en Géographie et Lieutenant Maniang DIOP qui m'ont beaucoup aidé pour la réalisation des cartes d'occupation du sol et d'inventaire.
- À tout le personnel du Bureau d'Information des Parcs à savoir Ibrahima NAMOKHO, Sergent Fansou SYLLA et Adjudant Massamba FALL je vous dis merci pour votre accueil chaleureux.
- À Dr Maurice DASYLVA pour ces conseils et orientation pour l'amélioration de ce document
- À M. Pape NIANG éco garde à la Réserve Spéciale de Faune de Guembeul pour son aide à l'identification des espèces d'oiseaux.

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACES	i
REMERCIEMENT	ii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	vi
RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. Généralités sur les zones humides.....	3
1.1.1. Définition et typologie des zones humides	3
1.1.2. Fonctions et valeurs des zones humides.....	4
1.1.2.1. Fonctions	4
1.1.2.2. Valeurs socio-économiques des zones humides.....	6
1.2. Les zones humides du bas delta du fleuve Sénégal.....	6
1.3. Quelques définitions	6
1.3.1. Mangrove	6
1.3.2. Écologie des oiseaux d'eau	7
1.3.3. Notion de Réserve de Biosphère	7
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	9
2.1. Présentation de la zone d'étude	9
2.2. Collecte de données.....	12
2.2.1. Caractérisation des habitats.....	12
2.2.2.1. Cartographie des habitats	12
2.2.2.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau	12
2.2.2.3. Paramètres biologiques	13
2.2.2. Evaluation des menaces/pressions sur leur niveau de gravité	17
2.3 Traitement et analyse des données.....	18
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	20
3.1. Résultats	20
3.1.1. Description de la zone d'étude et des sites	20
3.1.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	24

3.1.2.1. Salinité.....	24
3.1.2.2. pH.....	25
3.1.2.3. Oxygène dissous.....	25
3.1.2.4. Conductivité électrique	26
3.1.2.5. Température	26
3.1.3. L'avifaune	27
3.1.4. Végétation.....	42
3.1.5. Menaces et pressions sur les zones humides.....	45
3.2. Discussion	48
3.2.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	48
3.2.2. L'avifaune	49
3.2.3. La flore.....	49
3.2.4. Pressions et menaces.....	50
CONCLUSION et RECOMMANDATIONS.....	51
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	52
WEBOGRAPHIE.....	59
ANNEXES.....	B
Annexe 1 : Résultats du dénombrement de l'avifaune par site avec les effectifs maximaux	B
Annexe 2 : Coordonnées GPS des placettes d'inventaires.....	D

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Zonage d'une Réserve de Biosphère	8
Figure 2: Localisation de la zone d'étude dans la région et le département de Saint-Louis	9
Figure 3: Localisation des zones humides dans le site de l'étude	10
Figure 4: Réseau hydrographique du Bas-Delta (Source : KABO, 2020).....	11
Figure 5: Evolution de la pluviométrie moyenne à Saint-Louis (ANACIM 2020).....	11
Figure 6: Evolution de la température moyenne à Saint-Louis	12
Figure 7: Kit PCE-PHD1	13
Figure 8: Télescope à longue vue (A) et Jumelles Adultes (B).....	14
Figure 9: Placettes d'inventaire de la mangrove RNC Gandon (A), Sor Diagne (B) et Bango-Khor (C)	16
Figure 10 : Carte de l'occupation du sol de la zone d'étude.....	20
Figure 11 : Zone humide de la Lagune de Saint-Louis	21
Figure 12: Carte de la zone humide de Sinko	22
Figure 13: Carte de la zone humide de la RNC Gandon	22
Figure 14: Carte de la zone humide de Bango-Khor	23
Figure 15: Carte de la zone humide de Sor Diagne.....	24
Figure 16 : Variation de la salinité en fonction des sites	24
Figure 17 : Variation du Ph en fonction des sites.....	25
Figure 18: Variation de l'oxygène dissous en fonction des sites.....	25
Figure 19: Variation de la conductivité électrique en fonction des sites	26
Figure 20: Variation de la température en fonction des sites	26
Figure 21 : Données des paramètres de l'eau, représentation des sites et des modalités	27
Figure 22: Répartition des nombres d'espèces par famille.....	28
Figure 23: Moyenne des indices de Shannon	28
Figure 24 : Moyenne Equitabilité de Piéluou.....	29
Figure 25: Pressions/menaces dans les sites de Sinko (a), lagune de Saint-Louis (b), RNC de Gandon (c), Bango-Khor (d) et Sor Diagne (e)	46
Figure 26 : Pondération moyenne des pressions/menaces au niveau des site	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Déroulement chronologique des missions de dénombrement d'oiseaux.....	14
Tableau 2 : Echantillonnage des sites pour l'inventaire floristique	17
Tableau 3 : Pondération des Pressions/Menaces avec leurs niveaux de gravité	17
Tableau 4 : Table de correspondance des codes d'abondance-dominance et de recouvrement.....	19
Tableau 5: Distance écologique ou degré de similarité pour l'avifaune	29
Tableau 6: Espèces d'oiseaux recensés dans les sites avec leurs statuts de conservation	39
Tableau 7 : Liste de présence des espèces dans les 3 zones de mangrove	42
Tableau 8 : Richesses spécifiques des sites.....	43
Tableau 9: Analyse des recouvrements moyens et des abondance-dominance des espèces végétales .	43
Tableau 10: distance écologique ou degré de similarité pour la flore	44

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AEWA : Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie Centre

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

BIPRN : Bureau d'Information des Parcs et Réserves du Nord

CE : Conductivité électrique

CITES : Convention Internationale sur le commerce des espèces de faune et de flore

DPN : Direction des Parcs Nationaux

GPS : Global Positioning System

GPX : GPS eXchange Format

IP : intégralement protégée

KML : KeyholeMarkupLanguage

LC : Préoccupation Mineure

NT : Quasi-Menacé

pH : potentiel d'Hydrogène

PLD : Plan Local de développement

PLG : Plan Local de Gestion

PNGZH : Politique Nationale de Gestion des Zones humides

PNLB : Parc National de la Langue de Barbarie

PNOD : Parc National des Oiseaux du Djoudj

PP : Partiellement Protégée

RBTFDS : Réserve de Biosphère Transfrontière du Delta du Fleuve Sénégal

R-METT: Ramsar Site Management Effectiveness Tracking Tool.

RNC : Réserve Naturelle Communautaire

RSAN : Réserve Spéciale d'Avifaune du Ndiaël

RSFG : Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul

SIG : Système d'Information Géographique

SOGED : Société de Gestion et d'Exploitation du Diama

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UNESCO:United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UTM : Universal Transverse Mercator

WGS : World Geodetic System (Système Géodésique Mondial)

ZH : Zones Humides

RÉSUMÉ

Les zones humides jouent un rôle important en fournissant des services écosystémiques. Mais la forte expansion démographique et la pollution généralisée ont entraîné et favorisé la dégradation voire la disparition des ressources des zones humides non protégées. Malgré l'importance de ces zones humides, leurs caractéristiques ne sont pas bien connues des populations locales. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail. Il a pour objectif de faire la caractérisation biophysique des zones humides situées hors des aires protégées. Pour ce faire, une cartographie en utilisant Qgis et Envia été faite pour la localisation et l'estimation des superficies. Pour caractériser les sites, un inventaire de la flore et de la faune et un prélèvement d'échantillon d'eau ont été effectués. Les paramètres de la végétation, de la faune et de l'eau (pH et salinité) ont été déterminés. L'évaluation des menaces/pressions a été faite également. Les résultats de la cartographie ont montré que la zone humide de la RNC de Gandon a la plus grande superficie suivie de la lagune de Saint-Louis et de Bango-Khor avec respectivement 1129,7 ha, 804 ha et 739 ha. Sor Diagne et Sinko sont les moins étendues avec respectivement 30 ha et 20,3 ha. L'étude de la flore de la mangrove a montré qu'elle est constituée de deux espèces de palétuviers (*Rhizophora racemosa* G.F. Mey. et *Avicennia germinans* P. Beauv.) avec une nette dominance de la dernière. L'étude de l'avifaune a permis de recenser au total de 64 espèces d'oiseaux d'eau réparties en 18 familles. La famille des scolopacidés est la plus diversifiée avec 14 espèces suivie de la famille des laridés avec 10 espèces, et des ardéidés avec 08 espèces. Les paramètres de l'eau mesurés ont donné un pH moyen estimé à 7,23, qui est neutre ou légèrement basique, un oxygène dissous supérieure à 5mg/l et une conductivité électrique comprise dans l'intervalle 50 et 1500 μ S/cm. L'évaluation des menaces/pressions a révélé que la pollution particulièrement liée aux ordures, les eaux de drainages ou effluents agricoles, les barrages et modification du réseau hydrologique et la gestion et utilisation de l'eau la surpêche de poissons, nourritures des oiseaux d'eau.

Mots clés : Caractérisation, Zone humide, diversité biologique, menaces

ABSTRACT

Wetlands play an important role in providing ecosystem services. But the strong demographic expansion and generalized pollution have caused and favored the degradation or even the disappearance of unprotected wetland resources. Despite the importance of these wetlands, their characteristics are not well known to local populations. It is in a context that this work aims to make the biophysical characterization of wetlands located outside protected areas. To do this, a mapping using Qgis and Enviwas made for the location and determination of areas. To characterize the biophysical aspects, an inventory of flora and fauna and water sample collection were carried out. The parameters of vegetation, fauna and water (pH and salinity) were determined. Threats / pressures assessment was also done. The results of the mapping showed that the wetland of the RNC of Gandon has the largest area followed by the lagoon of Saint-Louis and Bango-Khor with respectively 1129.7 ha, 804 ha and 739 ha. Sor Diagne and Sinko are the least extensive with respectively 30 ha and 20.3 ha. The study of mangrove flora has shown that it consists of two species of mangroves (*Rhizophora racemosa* and *Avicennia germinans*) with a clear dominance of the latter. The avifauna study identified a total of 64 species of waterbirds divided into 18 families. The scolopacidae family is the most diverse with 14 species followed by the laridae family with 10 species, and ardéidae with 08 species. The measured water parameters show waters with an average pH estimated at 7.23, which is neutral or slightly basic, with dissolved oxygen greater than 5mg / l, and with an electrical conductivity between 50 and 1500 $\mu\text{S} / \text{cm}$. The threat / pressure assessment noted that pollution particularly related to garbage, drainage water or agricultural effluents, dams and hydraulic modification and the management and use of water overfishing of fish, food for water birds.

Keywords: Characterization Wetlands, habitat, biological diversity, threat

INTRODUCTION

Les zones humides sont des écosystèmes de transition entre les environnements terrestres et aquatiques permanents (mer lacs rivières...) et de ce fait elles sont considérées comme une classe distincte d'écosystèmes (Khattbi, 1999). En Afrique, les zones humides couvrent une superficie de plus de 131 millions d'hectares et varient du type de lagunes côtières salines vers les lacs d'eaux douces et saumâtres (Hughes et Hughes, 1992). Les écosystèmes humides étaient considérés comme des zones incultes et insalubres mais aujourd'hui avec la multiplication des études menées dans ces zones, on leur reconnaît d'être des sources d'un grand nombre de biens. Ces écosystèmes sont également source de subsistance surtout pour les populations riveraines (Ambus et Lowrance, 1991), en plus de l'esthétique du paysage favorisant l'écotourisme (Khattbi, 1999). Ainsi les zones humides sont des systèmes physiques et biologiques purificateurs des eaux usées et attirant des installations industrielles (Clough et *al.*, 1983 ; Harbinson, 1986 ; Conley et *al.*, 1991). En Afrique de l'Ouest et plus particulièrement dans les régions sahéniennes qui sont souvent qualifiées d'arides ou de semi-arides, les zones humides y remplissent des fonctions importantes pour l'environnement (Dia, 2003 ; Sène et *al.*, 2006). Le bas-delta du fleuve Sénégal, qui est érigé en Réserve de Biosphère Transfrontalière (RBTDS) entre la Mauritanie et le Sénégal, abrite ces écosystèmes relativement bien protégés qui bénéficient de ce statut de conservation. La RBTDS est importante pour la conservation de la biodiversité biologique pour diverses raisons, parmi lesquelles on peut citer : l'importance de l'avifaune notamment des oiseaux migrateurs paléarctiques, l'existence de milieux rares comme les formations de mangrove qui sont les plus septentrionales sur la côte ouest africaine et enfin des seuls pâturages verts en milieux arides, du fait de la présence de nombreuses zones humides (UNESCO, 2005).

Malgré leur importance, ces zones humides sont fortement menacées par les facteurs anthropiques et naturels. Cette situation engendre un déséquilibre écologique qui se traduit par la disparition d'espèces inféodées à certaines zones humides et une régression des zones humides naturelles (plages de sable, eaux permanentes d'estuaires, marais intertidaux, vasières...) au profit de zones humides artificielles (zones de stockage des eaux, bassins de pisciculture, traitements des eaux usées : terrains d'épandage, terres irriguées et canaux d'irrigation) (SOGED, 2017). De plus Junk et *al.* (2013) estime que l'ampleur de la perte en zones humides naturelles varie entre 30 et 90% selon la région considérée. Face aux menaces des zones humides, des stratégies de conservation et protection basées la convention de Ramsar ont été développées. Le Sénégal à l'instar de beaucoup de pays sahéniens où les écosystèmes

subissent une forte dégradation en raison de la péjoration des conditions climatiques et l'anthropisation croissante (Grouzis et Albergel, 1989), compte énormément sur ses zones humides pour conserver sa biodiversité. Pour matérialiser cette option, le Sénégal fut le premier pays de l'Afrique de l'ouest à adhérer à la convention de Ramsar (Smart, 1988), relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau. Depuis cette adhésion en 1977, le Sénégal a défini quatre (4) sites de zones humides d'importance internationale (UICN, 1999 et UNESCO, 1997) ; il s'agit du Parc National des Oiseaux du Djoudj (PNOD), de la Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul, (RSFG), de la Réserve Spéciale d'Avifaune du Ndiaël (RSAN) et de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS). Auxquels s'ajoutent aujourd'hui quatre (4) autres sites Ramsar (La Réserve naturelle communautaire de Palmarin, la Réserve naturelle Communautaire de Tocc-Tocc, la Réserve naturelle d'Intérêt Communautaire de la Somone et la Réserve Ornithologique de Kalissaye) depuis 2017.

Malgré les efforts politiques et les stratégies, les zones humides du bas-delta sont victimes de mauvaises gestions, non par manque de volonté mais une connaissance assez limitée de leur fonctionnement à laquelle s'ajoute leur surexploitation et leur pollution. En effet, hormis les zones humides situées dans les milieux protégés, toutes les autres sont mal connues parce qu'elles ne font pas l'objet de suivi.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a comme objectif de contribuer à l'amélioration des connaissances sur les zones humides du bas-delta du fleuve Sénégal pour leur conservation et utilisation durable et aussi au renforcement de la RBDS. Il s'agit spécifiquement de faire la caractérisation biophysique des zones humides hors zones protégées et évaluer les menaces et les pressions.

Cette étude s'articule autour de trois chapitres : après une introduction, vient le premier chapitre sur la synthèse bibliographique, le second chapitre présente le matériel et les méthodes et le dernier chapitre présente les résultats et la discussion suivie la conclusion, des recommandations et des perspectives.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur les zones humides

1.1.1. Définition et typologie des zones humides

Les zones humides sont des terres de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, la nappe phréatique étant habituellement soit à la surface, soit à proximité ou alors le terrain étant couvert d'une couche d'eau peu profonde (Cowardin et *al.*, 1979).

Selon l'**article 1er de la convention de Ramsar** en 1971 « *les zones humides sont des étendues des 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* ». Tous les milieux où la nappe d'eau se situe au niveau de la surface du sol ou à proximité sont considérés comme zones humides (Touffet, 1982). Ainsi le terme de « zones humides » recouvre donc des types d'habitats extrêmement variés, y compris les rivières, les eaux côtières peu profondes et même les récifs coralliens (Barbier et *al.*, 1997). Véritables lisières dans l'espace et dans le temps, en position intermédiaire dans un continuum allant de conditions purement aquatiques à terrestres, leurs frontières sont souvent imprécises, certaines zones humides rivulaires étant considérées comme des écotones (Hansen et *al.*, 1988). Ces milieux sont ainsi saturés d'eau courante ou stagnante, douce, saumâtres, ou salée et ceci de façon permanente ou temporaire. L'eau est la clé du fonctionnement des zones humides et sa source principale est la pluie, ce qui explique que le climat joue un rôle essentiel dans leur formation (Skinner, et *al.*, 1994). Cependant, une fois la pluie tombée, divers paramètres exercent une influence sur le devenir de cette eau, en particulier la topographie, le type de sol et la végétation.

Cinq grands types de zones humides peuvent être distingués selon Scott (1980) :

- Les estuaires où les fleuves se jettent dans la mer et où les eaux saumâtres (deltas, vasières, pré salés) ;
- Le milieu marin, zone qui n'est pas soumise à l'influence fluviale (littoraux, récifs coralliens) ;
- Le milieu riverain où les sols sont périodiquement inondés par les crues des cours d'eau (les prairies humides, les forêts inondées et les lacs de méandres) ;
- Le milieu palustre où l'on trouve des eaux plus ou moins permanentes (les marécages à papyrus, les marais, les fagnes) ;
- Le milieu lacustre où les eaux sont quasi-permanentes (les mares, les lacs de cuvettes, les lacs de cratères volcaniques) ;

- A cet ensemble, s'ajoute les zones humides artificielles créées ou modifiées par l'homme.

1.1.2. Fonctions et valeurs des zones humides

Ces notions de fonctions et valeurs ont été clarifiées au cours des années soixante-dix par les équipes scientifiques et administratives américaines poussées par l'évolution des législations touchant à la gestion de l'eau et aux études d'impact (Larson, 1982). Si certaines fonctions étaient admises (productivité primaire, habitat pour de nombreuses espèces, nurseries pour les poissons et crustacés en zones humides littorales), d'autres méritaient des analyses plus poussées. Parmi ces dernières, citons la régulation des régimes hydrologiques (écrêtage des crues, recharge de nappe) et la capacité d'épuration. Le développement de recherches sur ces sujets a servi à améliorer les méthodologies d'études d'impact spécifiques aux zones humides. Selon Adamus, (1986) on peut distinguer neuf fonctions découlant de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques, ou de processus vitaux (recharge-drainage de nappe, contrôle des inondations, stabilisation-rétention de sédiments, recyclage de nutriments, exportation de matière organique, diversité d'espèces oiseaux, poissons, invertébrés) et deux valeurs intéressantes pour la société (loisirs, caractère patrimonial).

1.1.2.1. Fonctions

Les fonctions écosystémiques ont été définies comme « la capacité des processus et des composantes écosystémiques de fournir des biens et services pour satisfaire, directement ou indirectement, les besoins des êtres humains » (De Groot, 1992 cité par De Groot *et al.*, 2002). Du point de vue fonctionnel, les zones humides participent à l'équilibre physique et écologique de l'ensemble des écosystèmes (Oudihat, 2011). Ces milieux, en plus d'abriter une biodiversité singulière, remplissent de nombreuses fonctions (filtration, rétention des crues, etc.), rendant autant de services écologiques à la société (Bazoge *et al.*, 2014).

✓ Fonctions hydrologiques

Les zones humides fonctionnent comme un filtre épurateur (physique et biologique) qui favorise le dépôt des sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques (les métaux lourds) et l'absorption de substances indésirables ou polluantes par les végétaux (nitrates et phosphates), contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau (Fustec *et al.*, 1996).

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant pourrait être assimilé à celui d'une éponge. Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles

vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles « absorbent » momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse (Fustec et *al.*, 1996).

✓ **Fonctions biologiques et d'alimentation**

Les zones humides constituent un réservoir de biodiversité et une source de nourriture pour divers organismes. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une capacité très élevée à produire de la matière vivante, elles se caractérisent par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux (Fustec et *al.*, 1996). La richesse et la concentration en éléments nutritifs dans les zones humides, assurent les disponibilités de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales telles que : les poissons, les crustacés, les mollusques et les oiseaux d'eau. (Fustec et *al.*, 1996).

✓ **Fonction écologique**

Les fonctions écologiques fondamentales des zones humides doivent être considérées comme des régulateurs du régime hydraulique et comme des habitats permettant le développement d'une flore et d'une faune caractéristique, notamment les oiseaux d'eau (Convention Ramsar, 1971). Elles peuvent ainsi tamponner les effets des sécheresses, au bénéfice de certaines activités agricoles, les Niayes au Sénégal. Ironiquement, l'augmentation de la production alimentaire de ces cinquante dernières années a entraîné d'importantes pertes de zones humides (Ndao, 2012). Elles jouent aussi le rôle de refuge climatique lors des grands froids. Cette fonction s'exerce en deux temps. Le premier est le repli des oiseaux vers des milieux non gelés. Le deuxième quand toutes les zones humides sont gelées, la fuite vers des régions méridionales s'impose (Fustec et Lefeuvre, 2000).

✓ **Fonctions climatiques**

Les zones humides participent à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau, et de la végétation par le phénomène d'évapotranspiration. Elles peuvent ainsi jouer un rôle tampon contre les effets de sécheresse au bénéfice de certaines activités agricoles, donc elles jouent un rôle dans la stabilité du climat (Skinner et Zalewski, 1995).

1.1.2.2. Valeurs socio-économiques des zones humides

La valeur économique totale des zones humides restant dans le monde s'élèverait à environ 200 milliards/an de dollars américains, une estimation prudente car la valeur de nombreux services n'a pas pu être déterminée (Schuijt et Brander, 2004). Cependant l'étude de Costanza et *al.* (1997) est parvenue à un chiffre de 940 milliards, qui résulte surtout d'estimations plus élevées pour plusieurs services (notamment la maîtrise des crues (4539 USD/ha/an), le traitement de l'eau (4 177 USD/ha/an) et l'approvisionnement en eau (3800 USD/ha/an).

Ces écosystèmes participent à l'image de marque des régions où se trouve la zone humide. Leurs paysages de qualités et leurs richesses font d'elles un pôle d'attraction où se développent diverses activités récréatives et pédagogiques susceptibles de favoriser le développement local. Elles représentent un fantastique atout touristique (Fustec et *al.*, 2000).

Outre leur aspect patrimonial et écologique, les zones humides sont également des zones très productives ayant permis le développement de nombreuses activités professionnelles : saliculture, la pêche, la conchyliculture, et une importante production agricole : herbages, pâturage, élevage, maraichage, rizières ... (Fustec et Lefeuvre, 2000).

1.2. Les zones humides du bas delta du fleuve Sénégal

S'étendant depuis les sources amont du Fouta Djallon jusque l'océan, la vallée du fleuve Sénégal présente des zones humides d'une grande diversité. Parmi ces zones humides, on peut citer les zones humides du bas delta du fleuve Sénégal. Elles sont par ailleurs perturbées par les aménagements hydro-agricoles et l'impact de la brèche ouverte en 2003 à Saint-Louis au niveau de la Langue de Barbarie qui, en perturbant les processus naturels ont créé des nouvelles conditions d'inondations et par la même occasion de nouveaux types de zones humides.

Si on reprend le système de classification défini par la Convention de Ramsar (*Annexe 2B à la recommandation C.4.7*), vingt types de zones humides y ont été caractérisés dans trois types de zones humides RAMSAR (zones humides littorales, zones humides continentales et zones humides artificielles) (Peeters, 1998).

1.3. Quelques définitions

1.3.1. Mangrove

Le terme « mangrove », d'origine malaise mangui introduit par la langue anglaise et néerlandaise, désigne une forêt plus ou moins dense, constituée de palétuviers poussant dans les vases côtières des pays tropicaux (Cabanis et *al.*, 1969). Le mot palétuviers était ici longtemps utilisé par les Français pour désigner la forêt de mangrove. La mangrove est une association végétale halophile ayant les pieds périodiquement dans l'eau de mer ou l'eau

saumâtre (Kiener, 1972). Marius, (1985) définit la mangrove comme un ensemble des formations végétales arborescentes ou buissonnantes qui colonisent les atterrissements intertidaux marins ou fluviaux des côtes tropicales. De même, Tomlinson (1986) considère aussi la mangrove comme une formation forestière tropicale des zones inondées et Blasco (1991) parle d'une forêt de palétuviers se développant dans les zones de balancement des marées. Selon Betouille, (1992) et Conand (1994), la mangrove désigne la formation végétale de palétuviers. Elle forme un écosystème avec l'ensemble de ses compartiments : sol, eau, flore et faune. Iltis, (1994) indique que la mangrove peut être considérée comme un écosystème englobant la forêt halophile des palétuviers des côtes tropicales, la faune, le sol et les eaux propres à ces littoraux. Elles jouent un rôle dans la réduction des inondations, elles contribuent à éviter l'érosion des bords des rivières, et permettent également d'atténuer les effets des vagues ainsi que, en une moindre mesure, ceux des vents forts (UICN, 2000).

1.3.2. Écologie des oiseaux d'eau

La convention de Ramsar définit un oiseau d'eau comme une espèce d'oiseaux qui est écologiquement dépendante des zones humides. Les oiseaux d'eau sont un « ensemble incluant des familles taxonomiques dont les membres sont principalement des oiseaux qui dépendent des zones humides pendant au moins une partie de leur cycle de vie » (Rose et Scott, 1994). L'écologie des populations est une étude de la distribution et de l'abondance des populations. Elle concerne les dynamiques des espèces et de leurs populations et comment celles-ci réagissent face à l'environnement. Les changements de population à long terme sont causés par le rapport entre les taux de survie et de naissance, qui pourraient être dus à la qualité de l'habitat, la densité-dépendance, l'exploitation et d'autres facteurs de mortalité. Compte-tenu de l'importance des oiseaux dans le fonctionnement des écosystèmes (Ma et *al.*, 2010) et de la relative simplicité des protocoles d'échantillonnage de l'avifaune, ils sont utilisés à plusieurs reprises comme outils pour le suivi des milieux auxquels ils sont associés (O'connell et *al.*, 2000 ; Niemi et McDonald, 2004). En effet, la large distribution géographique d'espèces d'oiseaux communs permet une comparaison standardisée des tendances entre différents habitats et zones géographiques (Owino et *al.*, 2001). Finalement, la connaissance approfondie de leur écologie facilite l'interprétation des changements mesurés (De Luca et *al.*, 2004).

1.3.3. Notion de Réserve de Biosphère

Une réserve de biosphère est une aire portant sur des écosystèmes terrestres et/ou côtiers/marins, qui vise à promouvoir des approches et des moyens pour réconcilier la conservation de la diversité biologique avec son utilisation durable. Ainsi, une répartition par zones et une gestion appropriée sont combinées avec l'utilisation des ressources naturelles au

profit des communautés locales. Ceci inclut la recherche, la surveillance, l'éducation et la formation. Ces éléments sont des outils pour mettre en application l'Agenda 21 de la Convention sur la diversité biologique, ainsi que d'autres accords internationaux. (UNESCO, 1996)

Une réserve de biosphère est organisée en trois types de zones (Figure 2), où se répartissent les objectifs de protection, d'entretien et de développement :

- une ou plusieurs « aires centrales », ayant comme fonction la protection de la nature et devant être protégée(s) par la législation nationale (classées aires protégées) ;
- des « zones tampon », qui entourent ou jouxtent les aires centrales. Ce sont des zones de développement durable où les activités de production doivent rester compatibles avec les principes écologiques, dont l'éducation environnementale, la récréation et la recherche scientifique ;
- une « zone de transition » (également appelée « zone de coopération ») qui se prête aux diverses activités. (UNESCO, 2008).

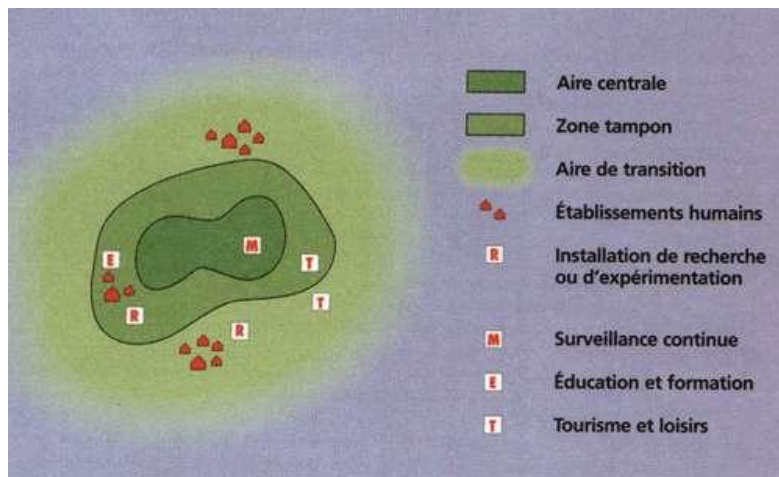


Figure 1: Zonage d'une Réserve de Biosphère

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Localisation

La zone d'étude se situe au niveau du département de Saint-Louis du Sénégal du même nom de région, au sud du bas-delta plus précisément au niveau des communes de Saint-Louis, Gandon et Ndiébène-Gandiol (Figure 2).

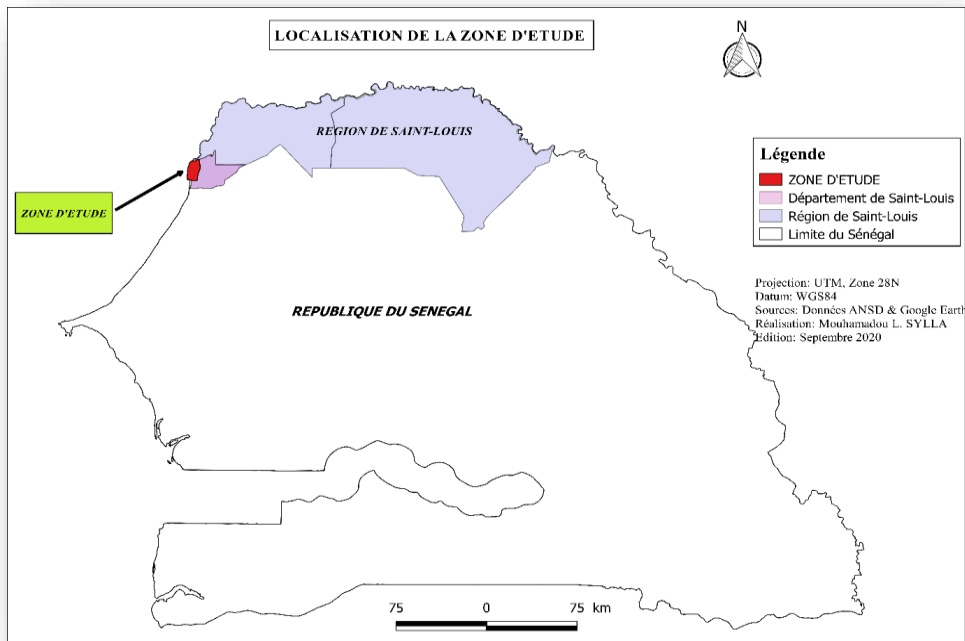


Figure 2: Localisation de la zone d'étude dans la région et le département de Saint-Louis

Cette zone est située entre ($15^{\circ}44'$ - $16^{\circ}38'$ Nord, $15^{\circ}35'$ - $16^{\circ}30'$ Ouest) où ont été localisés les cinq sites de l'étude. Il s'agit de la lagune de Saint-Louis, de la mangrove de Sor Diagne, de la mangrove Bango-Khor, de la Réserve Naturelle Communautaire (RNC) de Gandon et de la station d'épuration de Sinko (Figure 4). Le choix porté sur cette zone d'étude se justifie du fait de son importance en nombre de zones humides mais aussi de la proximité avec la Réserve de Biosphère Transfrontalière du Bas Delta du Fleuve Sénégal.

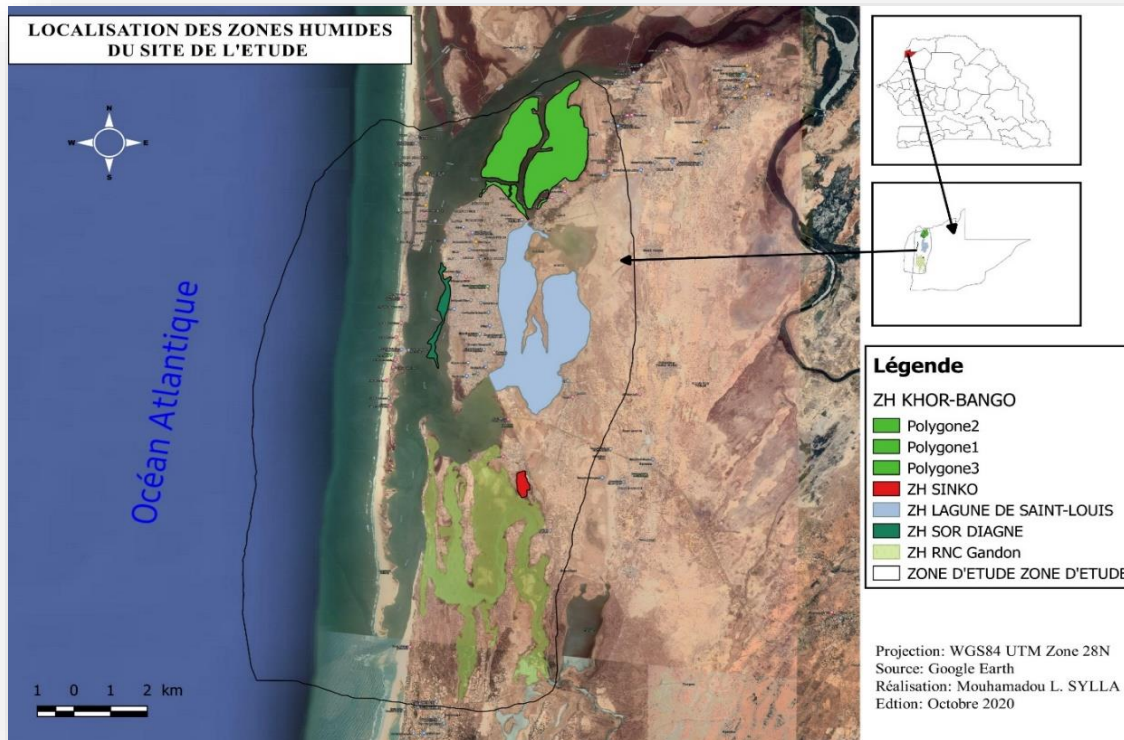


Figure 3: Localisation des zones humides dans le site de l'étude

Hydrographie

. Le bas delta est drainé par un réseau hydrographique complexe (Van Lavieren *et al.*, 1990), est une plaine alluvionnaire s'étendant sur 320 000 ha de l'océan Atlantique à Rosso (165 km en amont de l'estuaire) et d'altitude moyenne inférieure à 2 m (Figure 5). L'extrémité de la longue flèche sableuse de la Langue de Barbarie, fragile et instable, détermine la position de l'embouchure du fleuve Sénégal. L'embouchure du fleuve se déplace constamment vers le sud (Saos *et al.*, 1993). Son maintien et son façonnement soit à l'extrémité, soit le plus souvent au travers du cordon sableux est dû à la dynamique des courants littoraux (Tricart, 1961 ; Gac *et al.*, 1982) et fluviaux. Suivant la dérive littorale sud, l'embouchure a subi au cours du siècle dernier, une translation fréquente entraînant dans sa progression la flèche littorale vers le sud (Gac *et al.*, 1982 ; Kane, 1985).

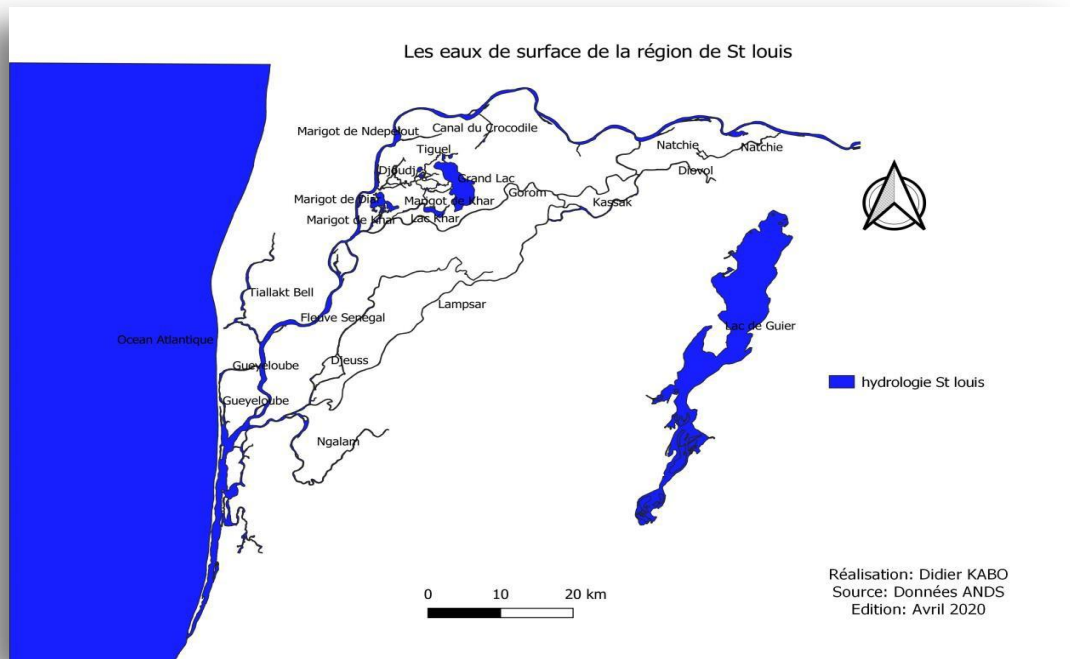


Figure 4: Réseau hydrographique du Bas-Delta (Source : KABO, 2020)

Climat

Le climat du bas delta du Fleuve Sénégal est de type sahélo-soudanien avec une pluviométrie qui oscille entre 200 à 300 mm en moyenne par an, même si l'année 2010 on a enregistré une pluviométrie de près 600 mm (Figure 6). Le climat est caractérisé par une longue saison sèche qui dure 8 à 9 mois et une saison des pluies qui dure entre 3 à 4 mois. Quant aux températures, elles sont de nature clémente avec une moyenne de 26°C sur les 20 dernières années, cependant elles oscillent en moyenne entre 21°C et 24°C de décembre à mai et de 25°C à 29°C juin à novembre. Les amplitudes thermiques faibles et les températures clémentes tout au long de l'année sont une conséquence de l'influence océanique (Figure 7).

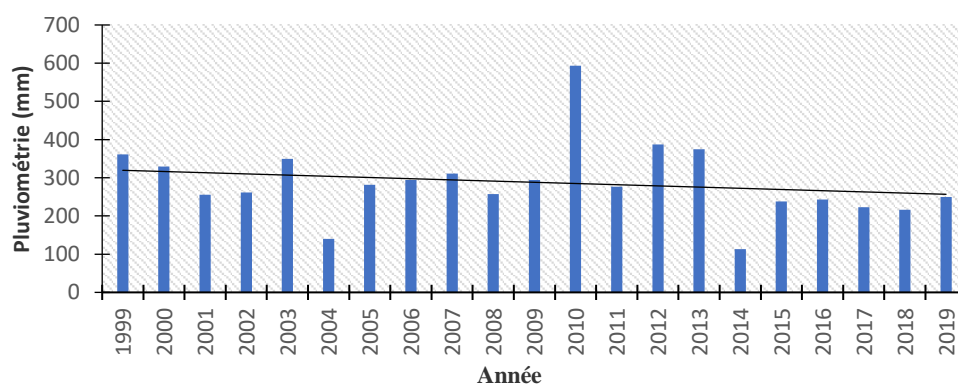


Figure 5: Evolution de la pluviométrie moyenne à Saint-Louis (ANACIM 2020)

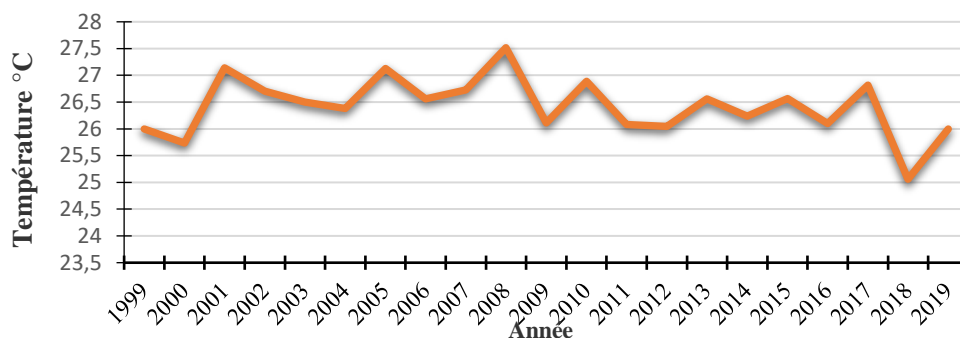


Figure 6: Evolution de la température moyenne à Saint-Louis

2.2. Collecte de données

2.2.1. Caractérisation des habitats

2.2.2.1. Cartographie des habitats

Le choix des sites d'étude était basé sur plusieurs critères qui sont la localisation du site (le site doit être localisé hors des aires protégées), la superficie (la superficie doit être supérieure ou égale à cinq hectares), le régime hydrologique (temporaire ou permanent), la particularité écologique (le site doit être représentatif ou avoir un caractère unique) et l'intérêt botanique ou ornithologique (le site doit avoir une avifaune d'eau et une flore aquatique). Au total, cinq zones humides réparties dans trois communes (Saint-Louis, Gandon et Ndiébène-Gandioul) ont été choisies. Ensuite un travail de délimitation et de digitalisation cartographique a été opéré à l'aide de Google Earth et la sauvegarde en fichiers KML a été effectuée. Des images satellites ont été utilisées pour faire la classification des différentes occupations du sol à l'aide du logiciel Envi 4.7. Les données de classification ont été traitées avec le logiciel QGIS 2.18.10 pour faire les cartes thématiques et déterminer les superficies.

2.2.2.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau

Les mesures des paramètres de l'eau tels que le pH, l'oxygène dissous, la salinité, la conductivité électrique et la température ont été effectuées. Le matériel utilisé est un kit multi-paramètres de type PCE-PHD1 constitué de quatre sondes pour mesurer ces paramètres respectifs (Figure 8). Ainsi pour chaque site 03 points sont marqués suivant leurs coordonnées par GPS dont les valeurs des paramètres ont été prises in situ.



Figure 7: Kit PCE-PHD1

2.2.2.3. Paramètres biologiques

- **Avifaune**

L'opération de dénombrement de l'avifaune s'est déroulée de décembre 2019 à avril 2020 (période de migration des oiseaux vers l'Afrique) (Tableau 1). Elle a nécessité des sorties mensuelles dans chaque site en vue d'identifier les espèces d'oiseaux présentes dans la zone humide et dénombrer leurs effectifs à l'aide de fiches de décompte, de Télescope à longue vue et de Jumelles Adultes 20x50 (Figure 8). Les guides d'identification de Borrow et Demey, (2015) et Dodman et Barlow (2015) ont servi à identifier les différentes espèces présentes sur le terrain. Les noms scientifiques complets sont de Bisby et *al.* (2009). Les décomptes ont été effectués en fonction de la marée (haute et basse) à l'exception des zones humides de Sinko et la lagune de Saint-Louis (pas de marées car l'eau est stagnante), pour apprécier la diversité des oiseaux en fonction du temps et des marées. Les décomptes ont été réalisés soit entre 7 heures et 10 heures du matin ou 11 heures et 15 heures. Les techniques de comptage utilisés sont le comptage au sol (pied, voiture, moto) et le comptage au moyen embarcation (pirogue). Les individus sont dénombrés individuellement ou bien par estimation. Cette dernière se fait par « blocs » où les oiseaux du premier bloc sont généralement comptés un par un, puis l'image mentale de ce premier bloc est reportée sur l'ensemble du groupe pour estimer l'effectif total.

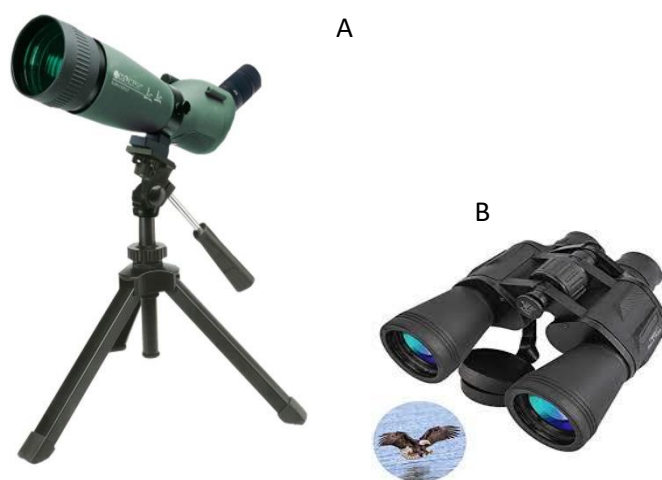


Figure 8: Télescope à longue vue (A) et Jumelles Adultes (B)

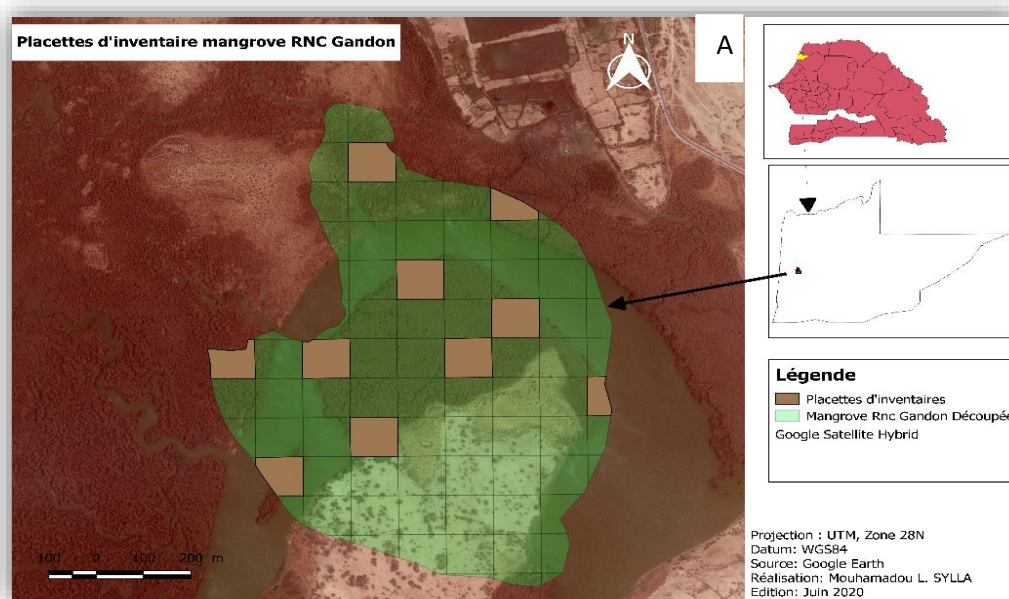
Tableau 1: Déroulement chronologique des missions de dénombrement d’oiseaux

Dates					
Sites	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
RNC Gandon	-	16-janv	16 Févr.	16-mars	16-avr
Lagune de Saint-Louis	-	15-janv	14 Févr.	-	-
Bango-Khor	-	20-janv	20 Févr.	20-mars	20-avr
Sor Diagne	-	18-janv	18 Févr.	18-mars	18-avril
Sinko	-	15-janv	15 Févr.	15-mars	15-avr

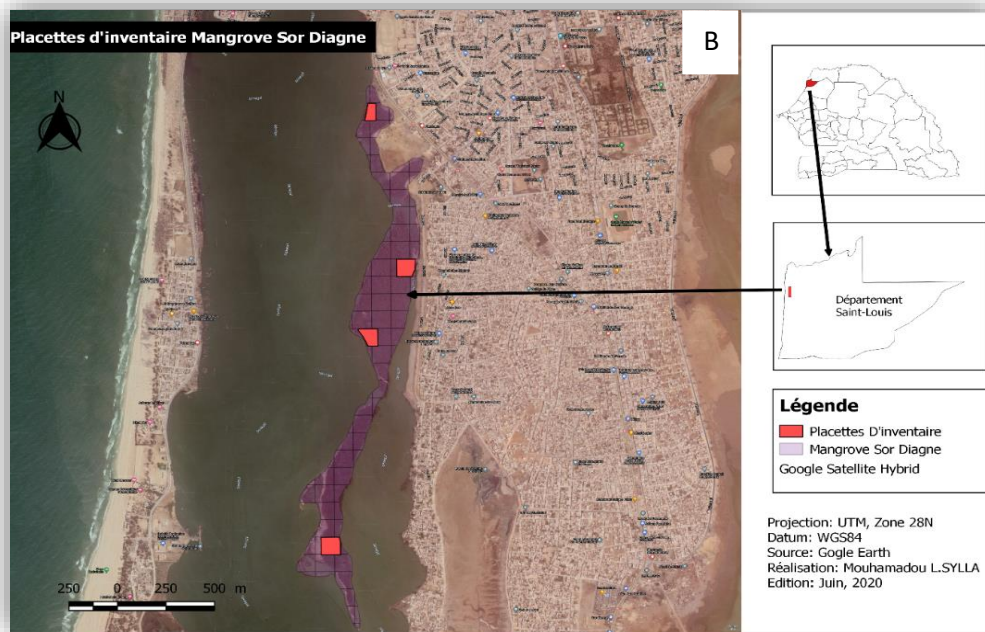
- : mission de reconnaissance

- **Végétation**

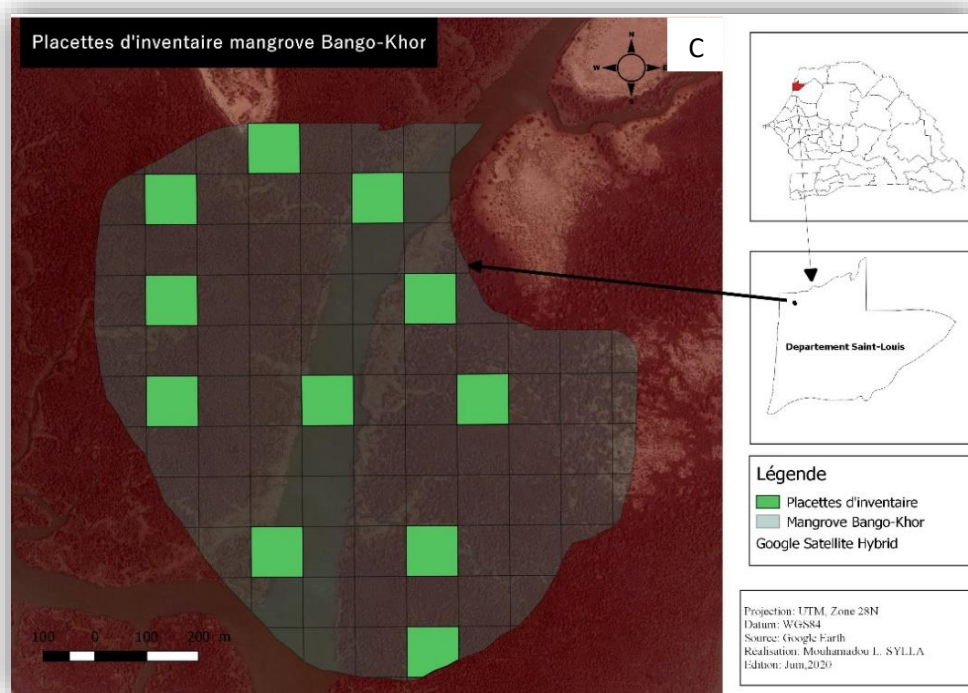
Les superficies totales des zones humides à inventorier ont été déterminées à l'aide de Google Earth et de cartographie. Au total, 460ha, 813,9 ha et 28,9 ha ont été répertoriés respectivement pour les sites de Bango-Khor, de RNC de Gandon et Sor Diagne. Ensuite ces fichiers sauvegardés sous format KML ont été exportés vers Quantum Gis pour leur convertissement en shapefile puis pour l'élaboration des grilles considérées comme les placettes d'inventaire. Une deuxième étape de terrain a consisté à repérer les endroits les plus représentatifs au niveau des sites pour faire des points aléatoires de relevés de végétation. Ainsi les grilles ou placettes (10x10m) qui sont au nombre de 25 sont choisies dans l'espace (Figure 10). Les coordonnées de ces placettes ont été extraites puis converties au format GPX à l'aide du logiciel Quantum Gis 2.18.10. Ces coordonnées ont permis de retrouver les placettes d'inventaire sur le terrain à l'aide d'un GPS. Les relevés de végétation ont été effectués sur les zones de mangrove des sites. La méthode utilisée est celle de Rameau (1987), celle-ci a pour objectif la description et la compréhension de la végétation, l'organisation bidimensionnelle spatiale et temporelle, sur les plans qualitatif et quantitatif des espèces végétales qui la constituent. La flore du Sénégal de Berhaut (1967) a permis l'identification des autres espèces végétales présentes. La superficie inventoriée des unités d'échantillonnage est estimée à 0,25ha et représente 15% de la superficie pré-échantillonnée



A : Placettes d'inventaire mangrove RNC Gandon



B : Placettes d'inventaire mangrove Sor Diagne



C : Placettes d'inventaire mangrove Bango-Khor

Figure 9: Placettes d'inventaire de la mangrove RNC Gandon (A), Sor Diagne (B) et Bango-Khor (C)

Tableau 2 : Echantillonnage des sites pour l'inventaire floristique

	Superficie pré-échantillonnée (Ha)	Superficie inventoriée (m ²)	Surface des placettes (10x10m)	Nombre de placettes
Bango-Khor	77	1100	100m ²	11
RNC Gandon	65,4	1000	100m ²	10
Sor Diagne	28,9	400	100m ²	4

2.2.2. Evaluation des menaces/pressions sur leur niveau de gravité

Pour l'évaluation des menaces et pressions, l'outil R-METT (Ramsar Site Management Effectiveness Tracking Tool) a été utilisé. Ainsi, 60 types de menaces et pressions susceptibles d'être rencontrées dans les zones humides ont été recherchées dans nos sites. Trois facteurs tels que l'étendue, la sévérité et la temporalité sont définis pour évaluer leur niveau de gravité. Chaque pression et/ou menace est pondérée à un point compris entre 0 et 3 pour chacun de ces trois facteurs. Le cumul des points obtenus permettra de déterminer le score (nombre de point total) de la pression et/ou menace à évaluer (Tableau3).

Tableau 3 : Pondération des Pressions/Menaces avec leurs niveaux de gravité

Pression/Menaces	Facteurs			Score	Niveau de Gravité
	<p>Quand</p> <p>3 = maintenant</p> <p>2 = dans un futur proche (c.à.d. dans les quatre ans)</p> <p>1 = dans le long terme (au-delà de 4 ans)</p> <p>0 = dans le passé</p>	<p>Etendue</p> <p>du site ou de la population est affectée,</p> <p>3= tout (> 90%),</p> <p>2= majeur (50-90%)</p> <p>1 = en partie (10-50%)</p> <p>0 = petite (< 10%)</p>	<p>Sévérité</p> <p>3 = détérioration rapide (> 30% sur 10 ans)</p> <p>2 = modérée (10-30%)</p> <p>1 = lent (1-10%)</p> <p>0 = non (< 1%)</p>		<p>[7 ; 9] =Élevé</p> <p>[4 ; 6] =Modéré</p> <p>[1 ; 3] = Faible</p> <p>0 = N'existe pas dans le site</p>
Agriculture	3	3	2	8	
Chasse	1	0	1	2	

2.3 Traitement et analyse des données

Les données d'avifaune collectées ont permis la classification des espèces par rapport aux statuts de conservation des espèces d'avifaunes du Sénégal à travers le code de la chasse, de la liste rouge de l'Union Internationale de la conservation de la nature (UICN), de la Convention sur le commerce des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) et de l'Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (AEWA).

Les données d'inventaire de la végétation ont été analysées avec la méthode de la transformation des notes d'abondance-dominance en valeur ordinal (Gillet, 2000) (Tableau 4). A partir des relevés, l'indice d'abondance dominance moyen (ADM) est calculée par rapport au nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente (Gillet, 2000). Pour le calcul de cet indice, les codes semi quantitatifs d'abondance/dominance (AD code) sont rendus quantitatifs (AD num) (Gillet, 2000). L'échelle de Braun-Blanquet n'étant pas linéaire, chaque code est converti en un recouvrement moyen à l'aide de la table de correspondance. Ainsi, l'échelle d'abondance-dominance (Braun-Blanquet et *al.*, 1952) a été utilisée.

La richesse spécifique a été également utilisée pour l'analyse de la flore et de l'avifaune. Elle se définit selon (Monteiro et al, 1990) le nombre d'espèces recensées dans un écosystème. L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou ont été utilisées pour comparer la diversité entre les sites. L'indice de Sorensen a été calculé pour déterminer la distance écologique ou dissimilarité entre les sites. Pour faire la comparaison des paramètres de l'eau, de la végétation et de l'avifaune, des analyses de variance (ANOVA) et des tests de Tukey au seuil de 0.05 ont été réalisés.

L'abondance : est le nombre total d'individus de chaque espèce dans l'échantillon total.

La dominance : l'aire occupée (en utilisant le recouvrement) par une espèce dans un peuplement, par unité de surface. Quant au recouvrement c'est l'aire occupée par les individus d'une espèce.

L'indice de Shannon, exprimé en Natural bels (Nat), est donné par la formule suivante :

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

P_i = abondance relative de chaque espèce.

Ln : Logarithme népérien

P_i = N_i/N avec N_i = nombres d'individus de l'espèce **i** ;

L'indice d'équitabilité de Pielou est sans unité et est égal au rapport entre la diversité observée, qui correspond à l'indice de Shannon (H') et une distribution de fréquence des espèces complètement égale, c'est-à-dire la valeur de l'équitabilité maximale (H_{max})

$$E = H' / H_{max} \text{ avec } H' = \text{Indice de Shannon ; } H_{max} = \ln S, \text{ où}$$

S étant la richesse spécifique

L'indice de Sorensen mesure la similitude ou dissimilarité en espèce entre deux habitats. Il permet de mesurer les distances écologiques entre deux sites.

$$D_D(j1, j2) = \frac{2a}{b+c+2a}$$

a : nombre d'espèces communes aux deux relevés
 b : nombre d'espèces du relevé 1
 c : nombre d'espèces du relevé 2

Tableau 4 : Table de correspondance des codes d'abondance-dominance et de recouvrement

Abondance-Dominance (AD code)	Recouvrement moyen (%)	Recouvrement maximal (%)	Recouvrement minimal (%)	Valeur ordinale (AD num)
5	90	100	75	5
4	57	75	50	4
3	32	50	25	3
2	14	25	5	2
1	3	5	1	1
+	0,3	1	0,1	0,5
-R	0,03	0,1	0	0,1

-R : Individu rares ou isolés

+: Un seul individu ou individu très peu nombreux avec un recouvrement insignifiant

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Description de la zone d'étude et des sites

La carte thématique de la zone d'étude est constituée de 5 couches : les zones d'habitation couvrent une superficie de 1213,5 ha soit 12,17%, les tannes 313,7 ha soit 3,15%, les zones de mangrove 1005 ha (10,08%), les eaux permanentes 3059,2 ha soit (30,69%) et les autres types d'occupation du sol 4376,2 ha soit 43,90 % (Figure 10).

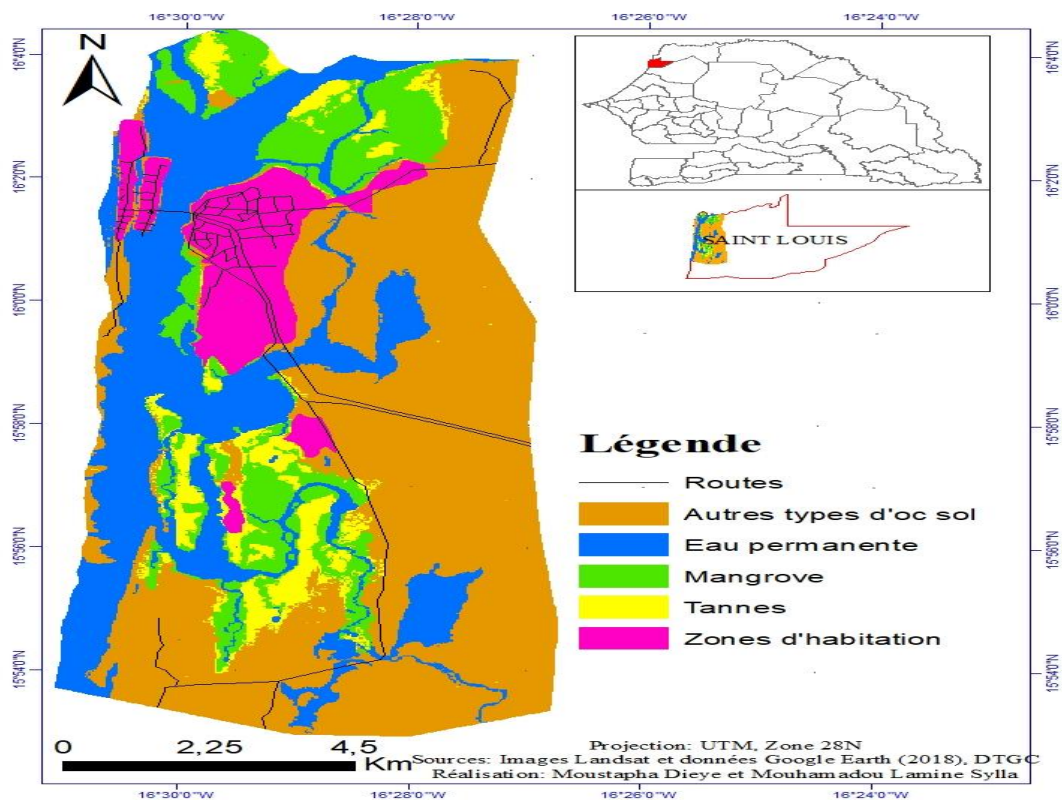


Figure 10 : Carte de l'occupation du sol de la zone d'étude

➤ Caractérisation des sites

Elle sa base sur le régime hydrologique, sa superficie totale et celle de l'eau de la végétation.

La lagune de Saint-Louis a une superficie de 804 hectares (ha). Son régime hydrologique est temporaire et dépend du fleuve Sénégal qui l'alimente par ses crues et des eaux de pluies d'où la saisonnalité des eaux. La végétation couvre 104 ha soit 13% de la surface totale (Figure 11).

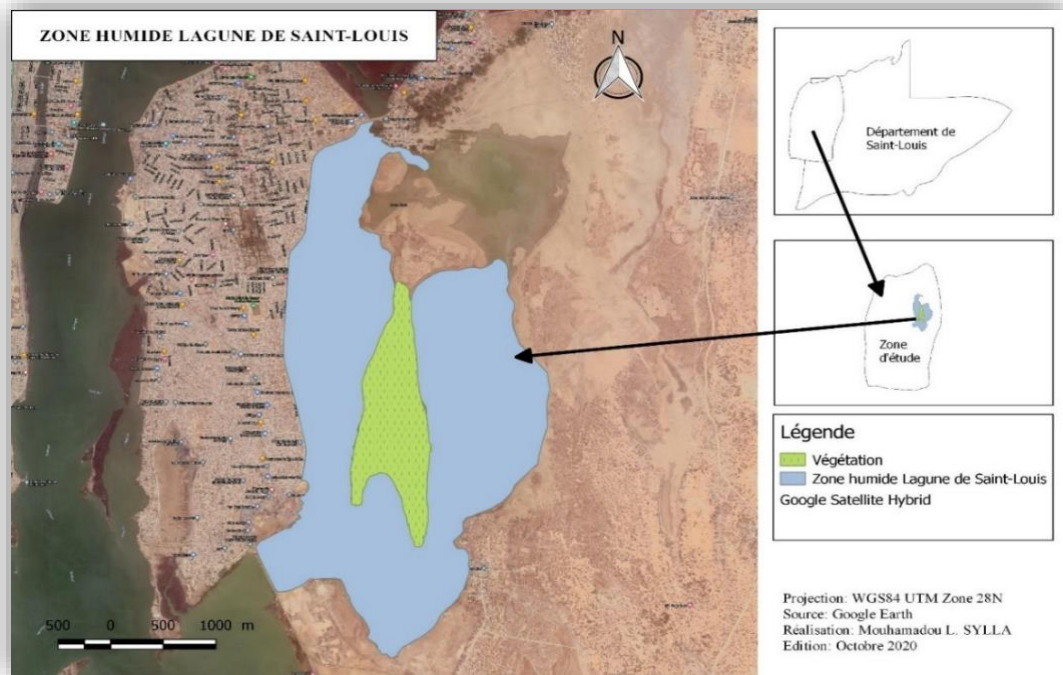


Figure 11 : Zone humide de la Lagune de Saint-Louis

La zone humide de Sinko a une superficie de 20,3 ha. Son régime hydrologique est permanent du fait de l'apport en eau des eaux usées de la ville de Saint-Louis. La végétation est dominée sur son plan d'eau par la prolifération du *Typha domingensis* (Pers.) qui occupe plus de 2 ha de sa surface totale (Figure 12).

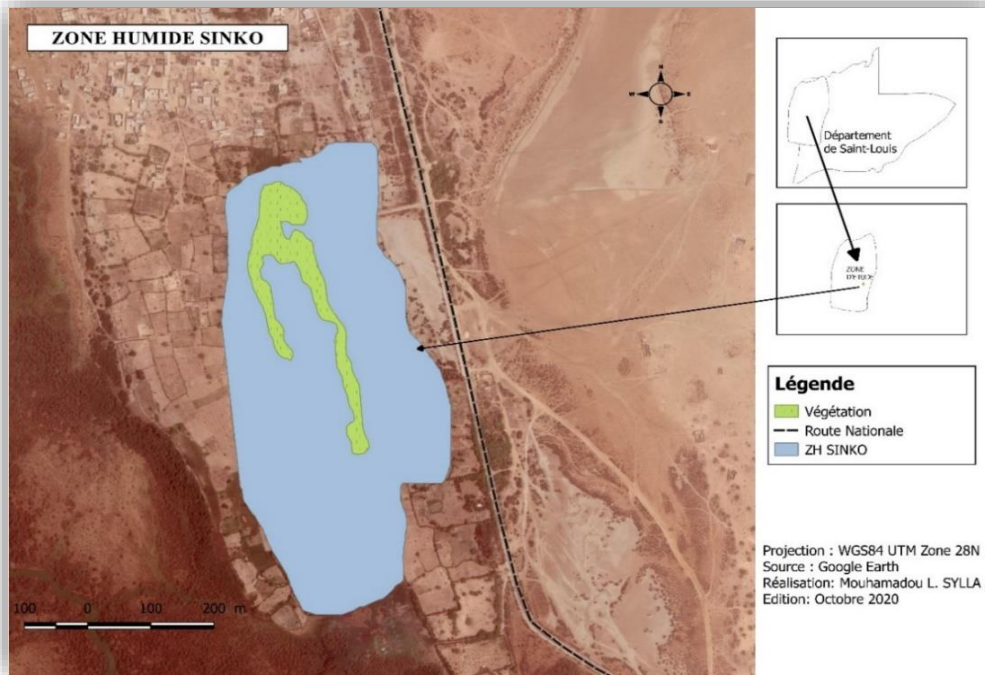


Figure 12: Carte de la zone humide de Sinko

La zone humide de la RNC de Gandon couvre une superficie de 1129,7 ha. Son régime hydrologique est permanent car alimentée par le fleuve Sénégal et les eaux marines depuis l'ouverture de la brèche. La végétation occupe 813,9 ha et l'eau occupe 314 ha de la superficie totale (Figure 13).

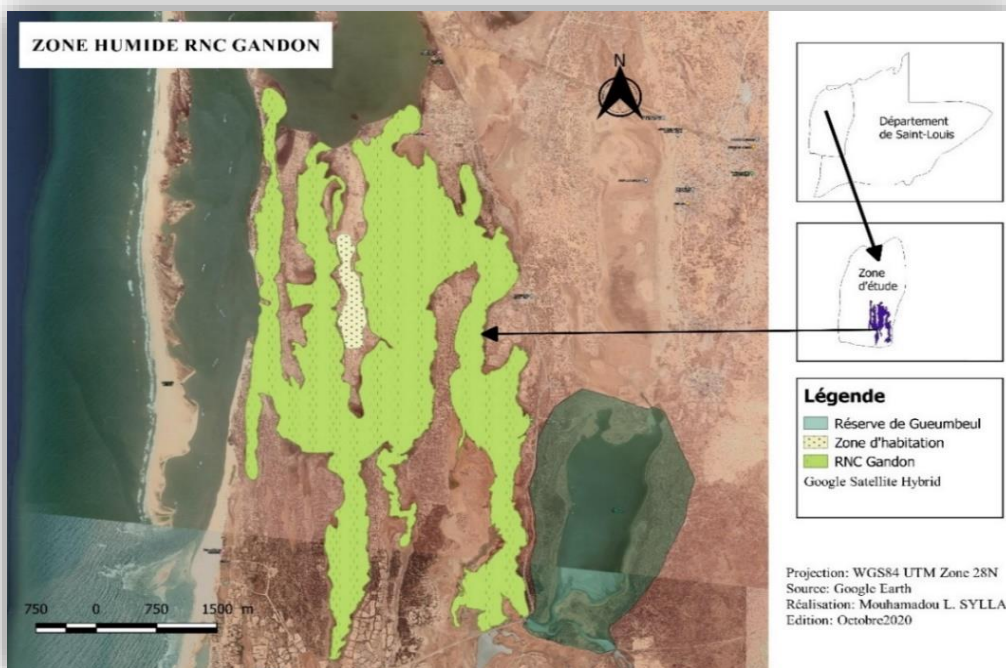


Figure 13: Carte de la zone humide de la RNC Gandon

La zone humide de Bango-Khor couvre une superficie de 739 ha. Son régime hydrologique est permanent et alimenté par le fleuve Sénégal en aval du barrage de Diama et par le Djeuss du côté nord-est. L'eau occupe une superficie de 279 ha soit 37,75 % de la superficie totale et la végétation occupe une superficie de 460 ha (Figure 14).

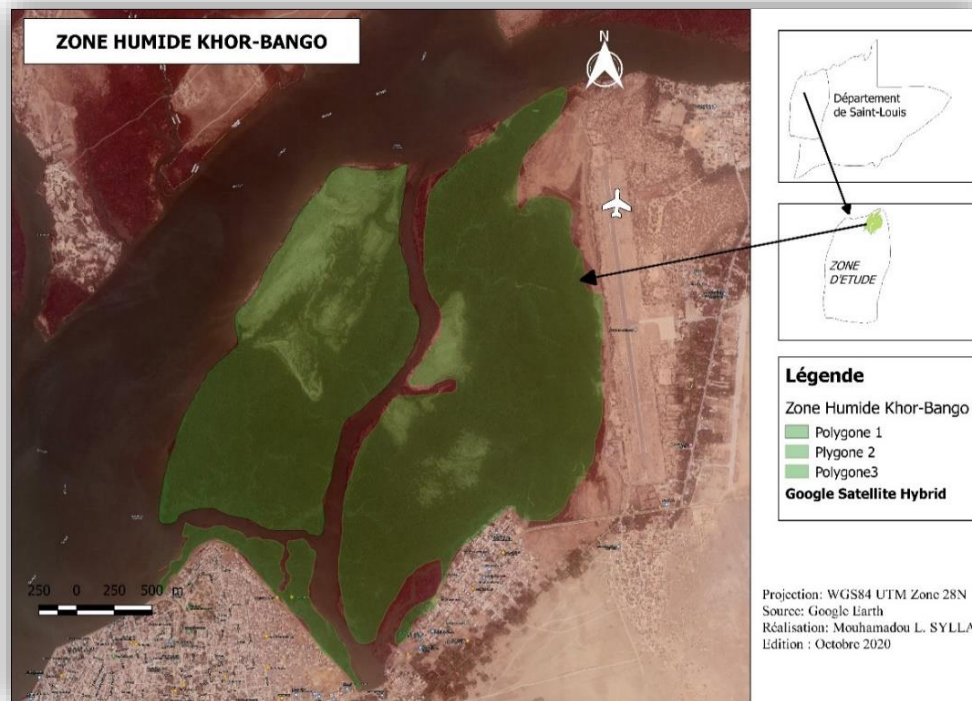


Figure 14: Carte de la zone humide de Bango-Khor

La zone humide de Sor Diagne est une mangrove qui couvre une superficie de 31 ha. Son régime hydrologique est permanent car alimenté par le fleuve Sénégal. L'eau occupe une superficie de 2,09 ha et la végétation 28,9 ha soit 93,25 % de sa superficie totale (Figure 15).

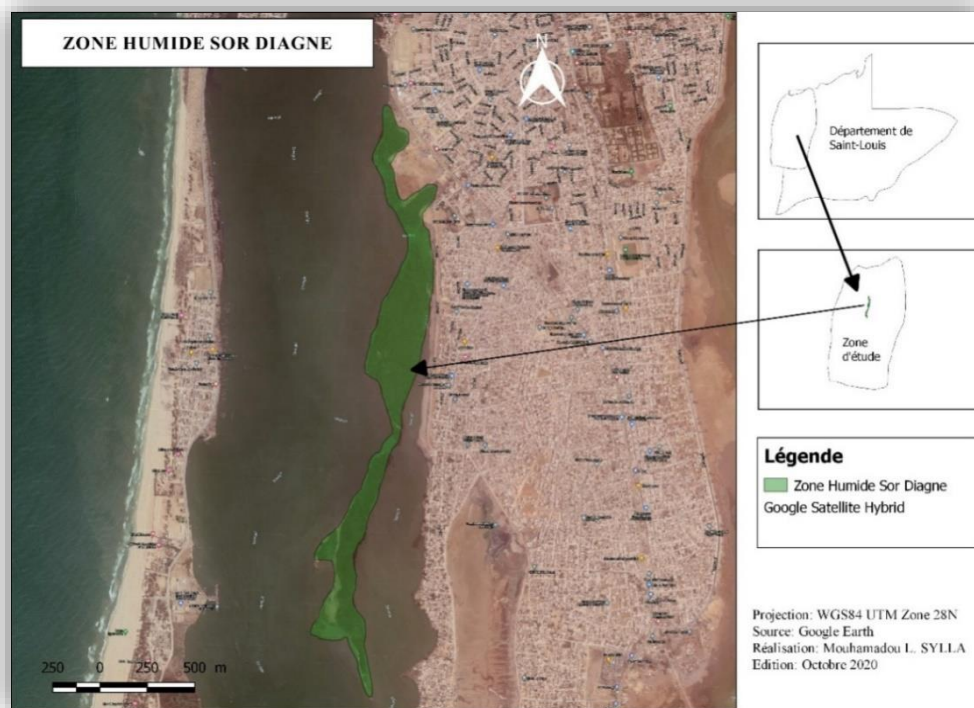


Figure 15: Carte de la zone humide de Sor Diagne

3.1.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau

3.1.2.1. Salinité

L'analyse de variance de la salinité au niveau des sites a montré une différence est significative entre Sinko et les autres sites. La zone humide de Sinko a enregistré la salinité la plus faible (0,25g/L), suivi de Bango-Khor, Sor Diagne et la RNC Gandon avec respectivement (2,16g/L), (2,89g/L) et (3,13g/L). La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la lagune de Saint-Louis (3,3g/L) (Figure 16)

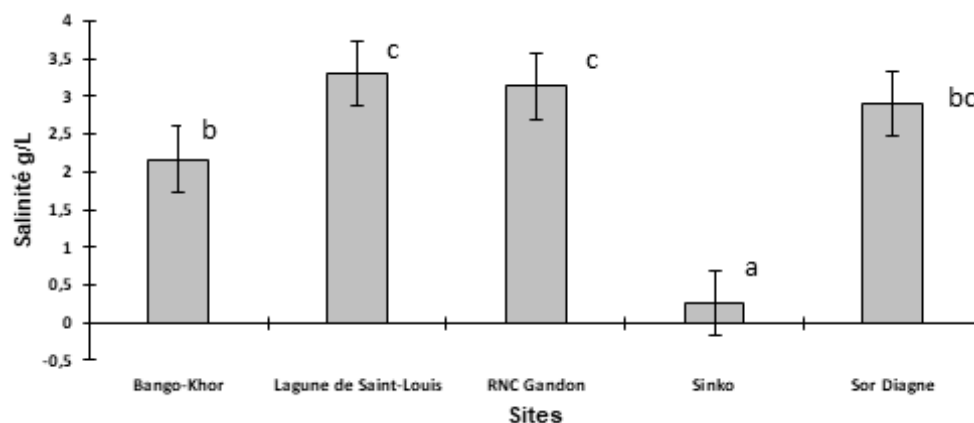


Figure 16: Variation de la salinité en fonction des sites

3.1.2.2. pH

Le pH moyen des eaux est compris entre 8,44 et 6,56. Le test de Tukey a montré une différence significative du pH entre les sites. Les pH sont légèrement basiques à Sinko (8,44) et à la lagune de Saint-Louis (7,75). On a noté des pH qui tendent vers la neutralité pour Khor-Bango (6,56), Sor Diagne (6,75) et RNC de Gandon (6,63) (Figure 17).

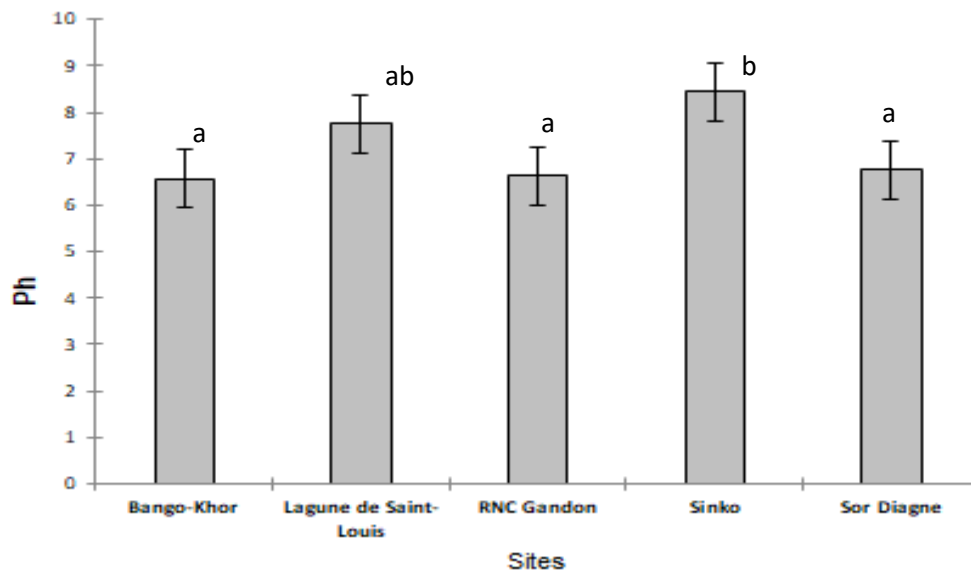


Figure 17: Variation du Ph en fonction des sites

3.1.2.3. Oxygène dissous

Les valeurs moyennes de l'oxygène dissous oscillent entre 33,56 mg/L et 37,78 mg/L. La valeur maximale est enregistrée dans la lagune de Saint-Louis (37,78 mg/L). Cependant, une différence significative a été seulement entre Bango-Khor et la lagune de Saint-Louis.

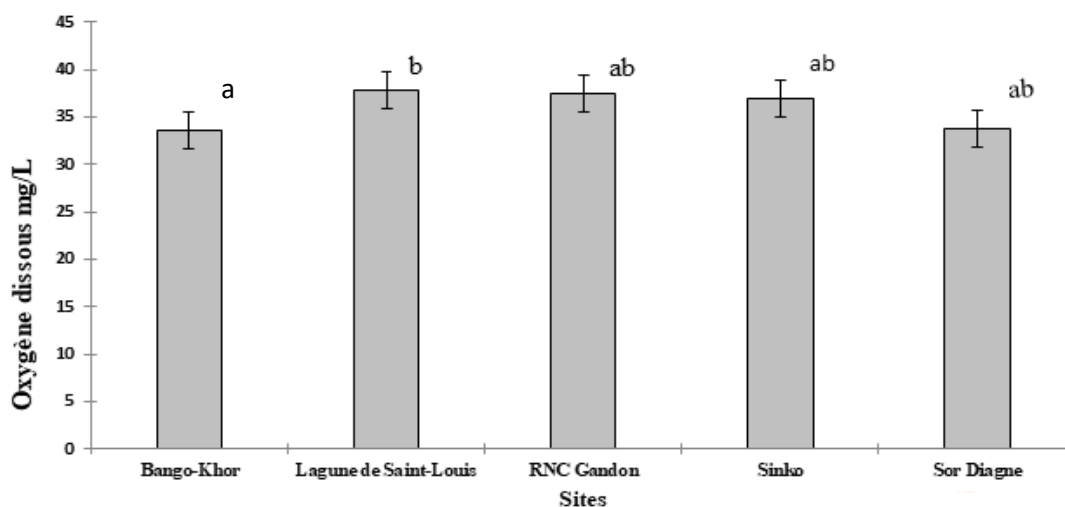


Figure 18: Variation de l'oxygène dissous en fonction des sites

3.1.2.4. Conductivité électrique

L'analyse de variance de la conductivité électrique a montré une différence significative entre les sites. La conductivité électrique est plus élevée dans la lagune de Saint-Louis avec (59,13 μ S/cm). Sa plus petite valeur est enregistrée au niveau de Sinko (4,63 μ S/cm) (Figure 19).

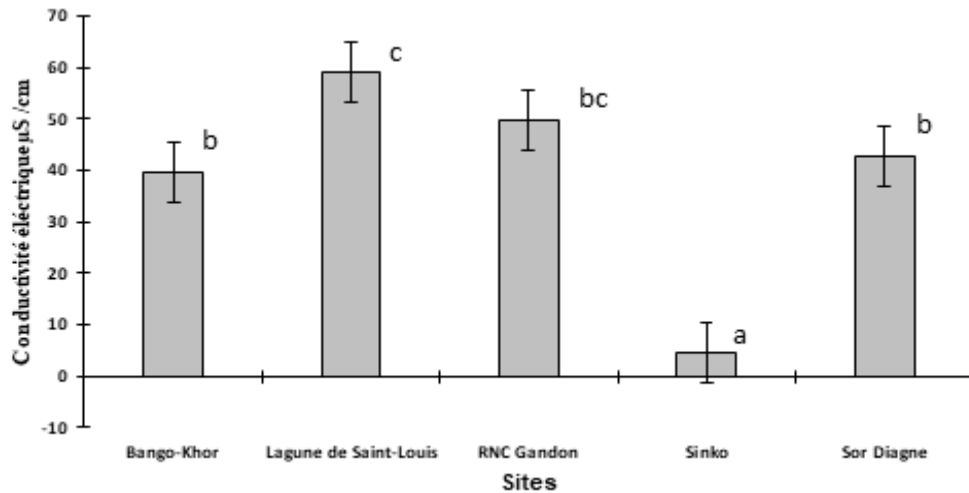


Figure 19: Variation de la conductivité électrique en fonction des sites

3.1.2.5. Température

Pour la température moyenne des eaux, la lagune de Saint-Louis a des eaux plus froides (22,6° C) suivie de de la RNC de Gandon (24,8° C). La température la plus élevée est enregistrée au niveau de Bango-Khor (31,7° C) (Figure 20).

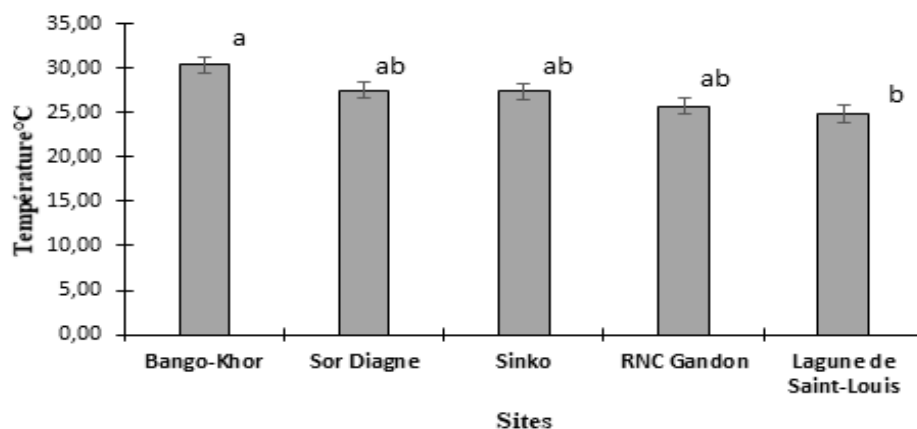


Figure 20: Variation de la température en fonction des sites

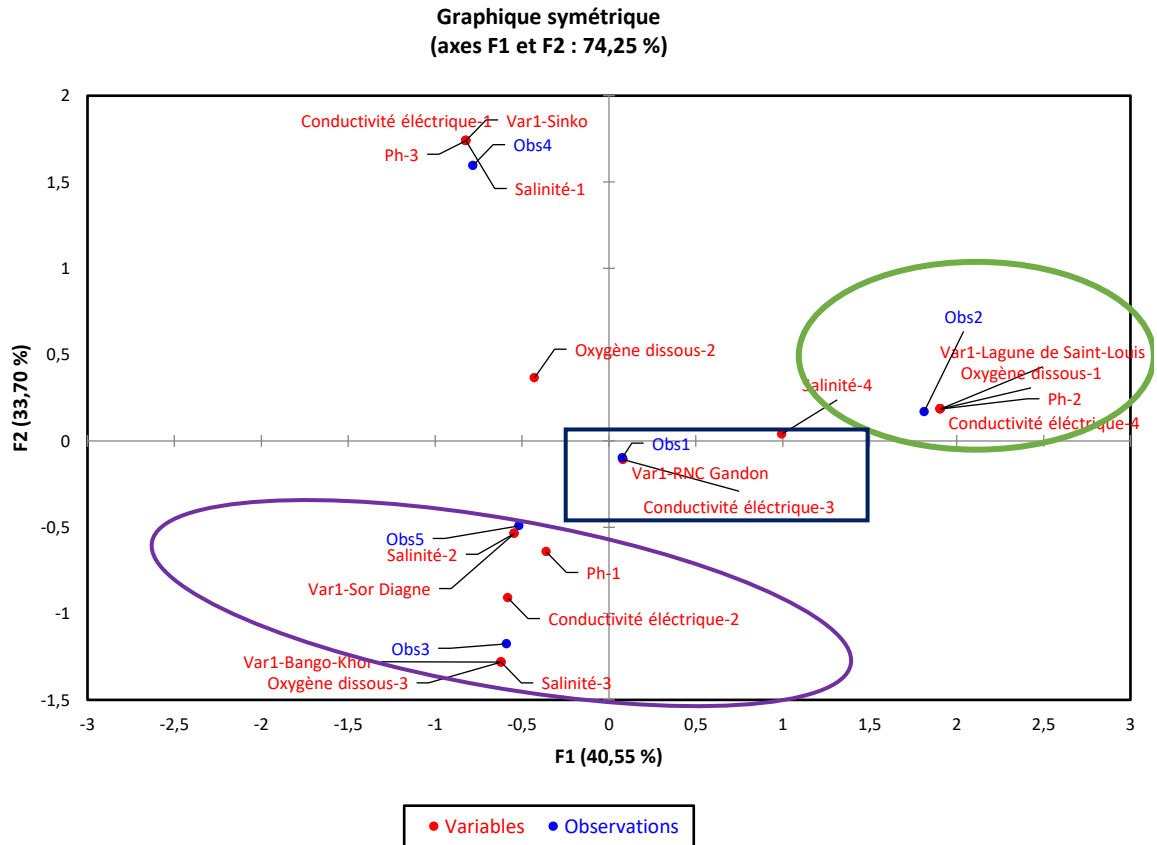


Figure 21 : Données des paramètres de l'eau, représentation avec les sites et modalités

3.1.3. L'avifaune

❖ Répartition des espèces par familles

Les résultats obtenus au terme des dénombrements effectués dans les cinq sites, montrent un total de 64 espèces d'oiseaux d'eau réparties en 18 familles. La famille des scolopacédés est la plus diversifiée avec 14 espèces suivie de la famille des laridés avec 10 espèces, et des ardéidés avec 08 espèces (Figure 22).

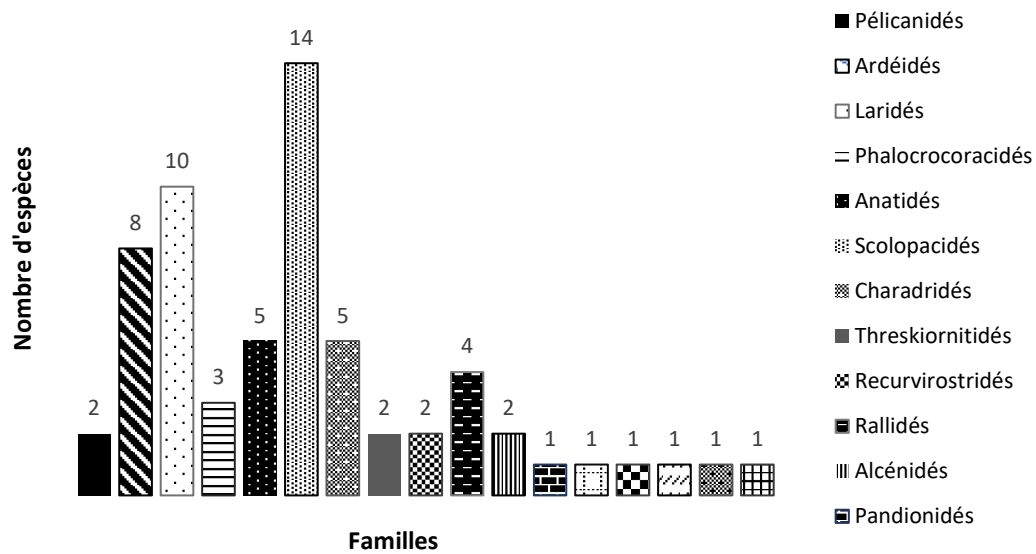


Figure 22: Répartition des nombres d'espèces par famille

❖ Indice de diversité et équitabilité

L'analyse de variance des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou montre que les individus des zones humides de Sor Diagne et de Bango-Khor sont équitablement plus répartis. Tandis que pour les zones humides de Sinko et de la RNC Gandon, elles sont dominées par une ou quelques espèces des familles des anatidés (canards et dendrocygnes) pour Sinko et les laridés (mouettes, goélands et sternes) pour la RNC de Gandon (Figures 23 et 24).

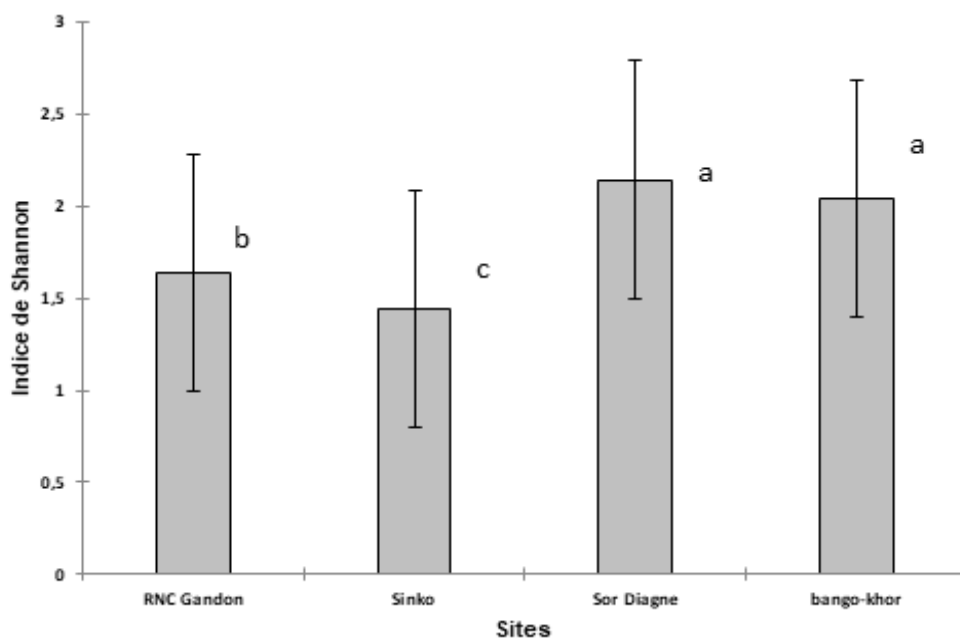


Figure 23: Moyenne des indices de Shannon

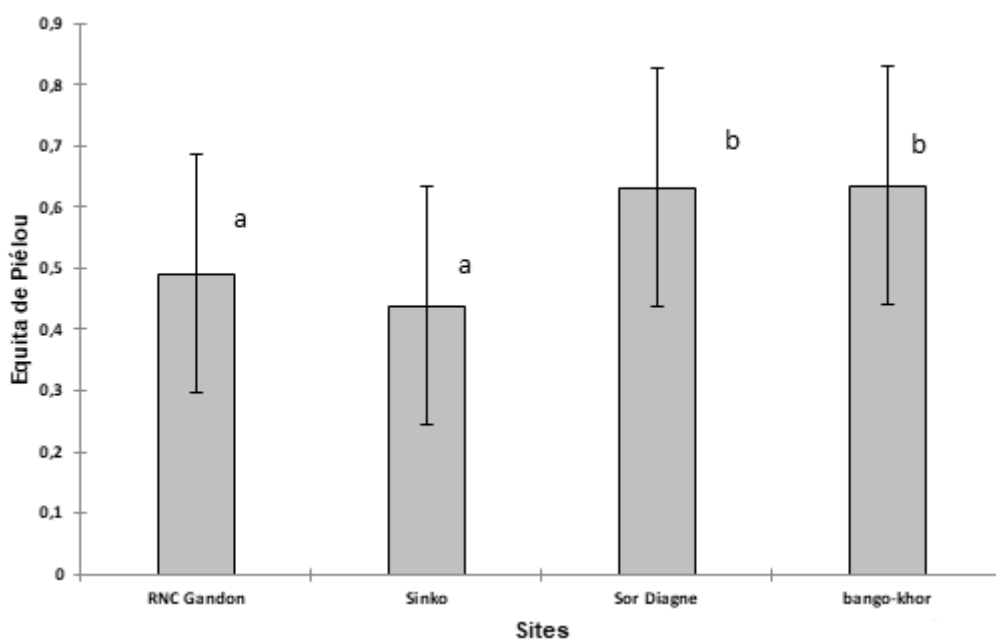


Figure 24 : Moyenne Equitabilité de Piélou

❖ Indice de Sorensen

Dans ce tableau 5 nous remarquons que cet indice est très élevé entre lagune de Saint-Louis et Bango-Khor (0,79) et entre RNC de Gandon et lagune de Saint-Louis (0,75). Il est moins élevé (plus faible par rapport aux sites) entre la zone humide de Sinko et de Bango-Khor (0,51). Ces valeurs multipliées par 100 représentent le pourcentage de coïncidence écologique entre les zones humides. Les valeurs relativement élevées de cet indice entre les zones humides suggèrent que tous les sites ont pratiquement les mêmes espèces, car supérieures tous à 50 %.

Tableau 5: Distance écologique ou degré de similarité pour l'avifaune

	RNC Gandon	Bango-Khor	Lagune de Saint-Louis	Sinko	Sor Diagne
RNC Gandon					
Bango-Khor	0,71				
Lagune de Saint-Louis	0,75	0,79			
Sinko	0,55	0,51	0,58		
Sor Diagne	0,73	0,68	0,71	0,69	

❖ Statuts de conservation de l'avifaune

Le tableau 6 montre que 25 des 64 espèces répertoriées sont intégralement protégées (**IP**) par le code de la chasse du Sénégal. Elles sont essentiellement constituées par les familles des Pélicanidés, des ardéidés, des laridés, des Recurvirostridés et des Alcénidés. Quatre (04) espèces sont partiellement protégées (**PP**), il s'agit du Talève d'Allen (*Porphyrio alleni*), Râle noir à bec jaune (*Amaurornis flavirostra*) et du Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) toutes de la famille des rallidés et l'oie-armée de Gambie (*Plectropterus gambensis*) de la famille des anatidés. Cependant les limicoles à l'image des charadriidés et des scolopacidés ne bénéficient de statut de conservation d'après le code de la chasse. Il en est de même pour les espèces de la famille des phalacrocoracidés (cormorans) et des burhinidés (œdicnème du Sénégal).

Concernant le statut de conservation de l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN), la presque totalité des espèces est classée dans la catégorie **LC** (préoccupation mineure) des espèces largement répandues et abondantes. Il y a cependant, la barge à queue noire (*Limosa limosa*) qui est classée dans la catégorie (**NT**) des espèces quasi menacées c'est-à-dire très abondantes dans la nature mais que sa population est susceptible de décroître dans un proche avenir.

Par rapport à la CITES, les espèces telles que le héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), la grande Aigrette (*Casmerodius albus*), le canard souchet (*Anas clypeata*), le dendrocygne veuf (*Dendrocygna viduata*), le dendrocygne fauve (*Dendrocygna bicolor*), la sarcelle d'été (*Anas querquedula*) et l'ibis sacré (*Threskiornis aethiopicus*) sont classées dans l'annexe III qui (comprend toutes les espèces qu'une partie déclare soumises, dans les limites de sa compétence, à une réglementation ayant pour but d'empêcher ou de restreindre leur exploitation, et nécessitant la coopération des autres parties pour le contrôle du commerce). Les espèces telles que l'œdicnème du Sénégal (*Burhinus senegalensis*), la spatule blanche (*Platalea leucorodia*) et l'ibis sacré (*Threskiornis aethiopicus*), le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), l'échasse blanche (*Himantopus himantopus*) et l'ibis sacré (*Threskiornis aethiopicus*) sont classées dans l'annexe II (les espèces qui, bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement d'extinction, pourraient le devenir si le commerce des spécimens de ces espèces n'était pas soumis à une réglementation stricte ayant pour but d'éviter une exploitation incompatible avec leur survie). Concernant les espèces de l'annexe I rencontrées dans les sites de l'étude, il y a le pélican blanc (*Pelicanus onocratalus*) et l'avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*).

Tableau 6: Espèces d'oiseaux recensés dans les sites avec leurs statuts de conservation

<i>Familles</i>	<i>ESPECES</i>	<i>Nom Scientifique</i>	<i>Statut Sénégal</i>	<i>Statut UICN</i>	<i>Statut CITES</i>	<i>Statut AWEA</i>	<i>SINKO</i>	<i>SOR DIAGNE</i>	<i>KHOR-BANGO</i>	<i>LAGUNE SAINT-LOUIS</i>	<i>RNC GANDON</i>	
Pélicanidés	Pélican blanc	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	IP	LC	I	Oui	+	+	+	+	+	
	Pélican gris	<i>Pelecanus rufescens</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+	
Ardéidés	Héron Cendré	<i>Ardea cinerea</i>		LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Héron Garde-bœuf	<i>Bubulcus ibis</i>	IP	LC	III	Oui	+	+	+	-	+	
	Héron Crabier	<i>Ardea laralioides</i>		LC		Oui	+	+	-	-	+	
	Héron strié	<i>Butorides striata</i>		LC		Oui	-	+	-	+	+	
	Aigrette dimorphe	<i>Egretta gularis</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Grande aigrette	<i>Egretta alba</i>	IP	LC	III	Oui	-	+	+	+	+	
	Héron intermédiaire	<i>Ardea intermedia</i>		LC		Oui	-	-	+	+	-	
Laridés	Mouette à tête grise	<i>Larus cirrocephalus</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Goéland railleur	<i>Larus genei</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	IP	LC		Oui	-	+	+	-	+	
	Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>	IP	LC		Oui	+	-	-	-	+	
	Guifette leucoptère	<i>Chlidonias leucopterus</i>	IP	LC		Oui	-	-	-	+	-	
		Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	IP	LC		Oui	-	+	+	-	+
		Sterne hansel	<i>Gelochelidon nilotica</i>	IP	LC		Oui	+	+	+	+	+
		Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	IP	LC		Oui	-		-	+	-
		Sterne caspienne	<i>Sterna caspia</i>	IP	LC		Oui	-	+	+	+	+
		Sterne royal	<i>Thalasseus maximus</i>	IP	LC		Oui	+	+	-	-	+
Phalacrocoracidés	Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>		LC		Oui	+	+	+	+	+	
	Cormoran africain	<i>Microcarbo africanus</i>		LC		Oui	+	+	+	-	+	
Anatidés	Dendrocygne veuf	<i>Dendrocygna viduata</i>		LC	III	Oui	+	+	-	-	+	

	Dendrocygne fauve	<i>Dendrocygna bicolor</i>		LC	III	Oui	+	-	-	-	-
	Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>	IP	LC	III	Oui	+	-	-	-	-
	Oie de Gambie	<i>Plectropterus gambensis</i>	PP	LC		Oui	-	-	-	-	+
	Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>		LC	III	Oui	+	-	-	-	-
Scolopacidés	Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>		LC		Oui	+	+	+	+	-
	Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i>		LC		Oui	-	+	-	+	+
	Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>		LC		Oui	+	+	+	+	-
	Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i>		LC		Oui	+	+	-		-
	Chevalier cul blanc	<i>Tringa ochropus</i>		LC		Oui	-	+	-	+	-
	Chevalier combattant	<i>Philomachus pugnax</i>		LC		Oui	+	+	-	-	-
	Courlis courlieu	<i>Numenius phaeopus</i>		LC		Oui	+	+	+	-	+
	Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>		LC		Non	-	-	+	-	-
	Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>		LC		Oui	+	+	+	+	-
	Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i>		LC		Non	-	-	+	-	-
	Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>		LC		Oui	-	-	+	+	+
	Bécasseau variable	<i>Calidri salpina</i>		LC		Oui	-	+	-	-	-
	Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>		NT		Oui	+	-	-	+	+
Tournepierrre à collier	<i>Arenaria interpres</i>		LC		Oui	-	+	+	+	-	
Charadriidés	Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>		LC		Oui	+	+	+	+	-
	Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>		LC		Oui	+	+	-	+	+
	Gravelot à collier inter.	<i>Charadrius alexandrinus</i>		LC		Oui	+	+	-	+	+
	Pluvier argenté	<i>Pluvias squatarola</i>		LC		Oui	-	-	-	-	+
	Vanneau éperonné	<i>Vanellus spinosus</i>		LC		Oui	+	+	+	+	+
Threskiornitidés	Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>		LC	II	Oui	-	+	+	+	+
	Ibis sacré	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	IP	LC	II et III	Oui	+	+	+	-	-
Recurvirostridés	Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	IP	LC	I	Oui	-	+	-	-	-

	Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	IP	LC	II	Oui	+	+	-	+	-
Rallidés	Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>		LC		Oui	+	-	-	-	-
	Talève d'Allen	<i>Porphyrio alleni</i>	PP	LC		Oui	+	-	-	-	-
	Râle noir à bec jaune	<i>Amaurornis flavirostra</i>		NT		Oui	+	-	-	-	-
	Poule sultane	<i>Porphyrio porphyrio</i>	PP	LC		Non	+	-	-	-	-
Alcénidés	Martin pêcheur pie	<i>Ceryl rudis</i>	IP	LC		Non	+	+	+	+	+
	Martin pêcheur géant	<i>Megaceryle maxima</i>	IP	LC		Non	-	-	-	-	+
Pandionidés	Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	IP	LC	II	Non	-	-	+	+	+
Acipitridés	Pygargue vocifère	<i>Haliaeetus vocifer</i>	IP	LC		Non	-	-	+	+	-
Burhinidés	Édicnème du Sénégal	<i>Burhinus senegalensis</i>		LC	II	Oui	-	+	-	-	-
Rostratulidés	Rhynchée peinte	<i>Rostratula benghalensis</i>		LC			-	-	-	-	-
Ciconidés	Tantale ibis	<i>Mycteria ibis</i>	IP	LC		Oui	-	-	-	-	+
Jacanidés	Jacana à poitrine d'orée	<i>Actophilornis africana</i>		LC		Non	+	-	-	-	-
Anhingidés	Anhinga d'Afrique	<i>Anhinga rufa</i>		NT		Non	-	-	-	-	+

+ : Présent

- : Absent

3.1.4. Végétation

✚ Composition floristique

L'inventaire dans les trois (03) zones de mangrove a permis d'identifier 16 espèces. Elles sont réparties en 12 familles et en 15 genres. Les espèces telles que *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*, *Tamarix senegalensis* (DC.), *Phragmites vulgaris* (Adans.), *Sesuvium portulacastrum* (L.), *Salicornia fruticosa* (L.) et *Sporobolus robustus* (Kunth) sont présentes dans tous les sites. *Acacia raddiana* (Kyal. & Boatwr.), *Balanites aegyptiaca* (Delile), *Faidherbia albida* (A. Chev.) et *Salvadora persica* (L.) sont exclusivement présentes dans la RNC de Gandon (Tableau 7).

Tableau 7 : Liste de présence des espèces dans les 3 zones de mangrove

Familles	Genres	Espèces	RNC GANDON	BANGO- KHOR	SOR DIAGNE
Rhizophoracées	Rhizophora	<i>Rhizophora racemosa</i>	+	+	+
Verbénacées	Avicennia	<i>Avicennia germinans</i>	+	+	+
Fabacées	Acacia	<i>Acacia raddiana</i>	+	-	-
Mimosacées	Prosopis	<i>Prosopis juliflora</i>	+	+	-
Mimosacées	Acacia	<i>Acacia nilotica</i>	-	+	-
Tamaricacées	Tamarix	<i>Tamarix senegalensis</i>	+	+	+
Zygophyllacées	Balanites	<i>Balanites aegyptiaca</i>	+	-	-
Salvadoracées	Salvadora	<i>Salvadora persica</i>	+	-	-
Aizoacées	Sesuvium	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	+	+	+
Amarantacées	Salicornia	<i>Salicornia fruticosa</i>	+	+	+
Poacées	Sporobolus	<i>Sporobolus robustus</i>	+	+	+
Poacées	Phragmites	<i>Phragmites vulgaris</i>	+	+	+
Cypéracées	Cyperus	<i>Cyperus articulatus</i>	+	+	-
Nymphéacées	Nymphaea	<i>Nymphaea lotus</i>	-	+	-
Fabacées	Faidherbia	<i>Faidherbia albida</i>	+	-	-
Poacées	Paspalum	<i>Paspalum vaginatum</i>	-	+	-

+ : Présent

- : Absent

✚ La richesse spécifique

Elle est constante pour les palétuviers : 02 espèces dans tous les sites. Pour les autres essences, celle de la RNC de Gandon est plus importante avec 11 espèces suivie de Bango-Khor 10 espèces et Sor Diagne 05 espèces (Tableau 8).

Tableau 8 : Richesses spécifiques des sites

	RNC GANDON	BANGO-KHOR	SOR DIAGNE
Richesse spécifique totale	13	12	7
Richesse spécifique palétuviers	2	2	2

✚ Abondance-dominance et recouvrement moyen

Avicennia germinans est l'espèce de palétuvier dominante face à *Rhizophora racemosa* dans l'ensemble des 3 zones de mangroves étudiées. Dans la RNC de Gandon elle recouvre 57% des surfaces prospectées alors que *Rhizophora racemosa* beaucoup moins répandue a un taux de recouvrement de 32%. Les espèces telles que *Sporobolus robustus*, *Phragmites vulgaris* recouvrent 3 % et *Tamarix senegalensis* (0,3%) et *Salicornia fructucosa* (0,3%). *Acacia raddiana*, *Prosopis juliflora*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica* et *Faidherbia albida* ont un recouvrement faible de 0,3%. Au niveau de Sor Diagne l'espèce d'*Avicennia* domine pratiquement la mangrove avec un recouvrement de 90% alors que *Rhizophora* n'occupe que 3%. Au niveau des herbacées l'espèce dominante est *Phragmites vulgaris* qui recouvre 3%. Dans la mangrove de Bango-Khor, *Avicennia germinans* est dominante avec un recouvrement de 57%, *Rhizophora racemosa* moins abondante recouvre en moyenne 14%. Pour les autres essences, *Phragmites vulgaris* est dominante avec un recouvrement moyen de 3% (Tableau 9).

Tableau 9: Analyse des recouvrements moyens et des abondance-dominance des espèces végétales

Familles	Espèces	RNC GANDON		BANGO-KHOR		SOR DIAGNE	
		Recouvrement (%)	AD	Recouvrement (%)	AD	Recouvrement (%)	AD
Rhizophoracées	<i>Rhizophora racemosa</i>	32%	3	14%	2	3%	1
Verbénacées	<i>Avicennia germinans</i>	57%	4	57%	4	90%	5
Fabacées	<i>Acacia raddiana</i>	0,03%	-R	0,03%	-R		

Fabacées	<i>Prosopis juliflora</i>	0,03%	-R				
Fabacées	<i>Acacia nilotica</i>			0,03%	-R		
Tamaricacées	<i>Tamarix senegalensis</i>	0,3%	+	0,3%	+	0,03%	-R
Zygophyllacées	<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,03%	-R				
Salvadoracées	<i>Salvadora persica</i>	0,03%	-R				
Aizoacées	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	0,03%	-R	0,3%	+	0,03%	-R
Amarantacées	<i>Salicornia fruticosa</i>	0,3%	+	0,3%	+	0,03%	-R
Poacées	<i>Sporobolus robustus</i>	3%	1	0,3%	+	0,03%	-R
Poacées	<i>Phragmites vulgaris</i>	3%	1	3%	1	0,3%	-R
Cypéracées	<i>Cyperus articulatus</i>	0,03%	-R	0,03%	-R		
Nymphéacées	<i>Nymphaea lotus</i>			0,03%	-R		
Fabacées	<i>Faidherbia albida</i>	0 03%	-R				
Poacées	<i>Paspalum vaginatum</i>			0,3%	+		

Indice de Sorensen

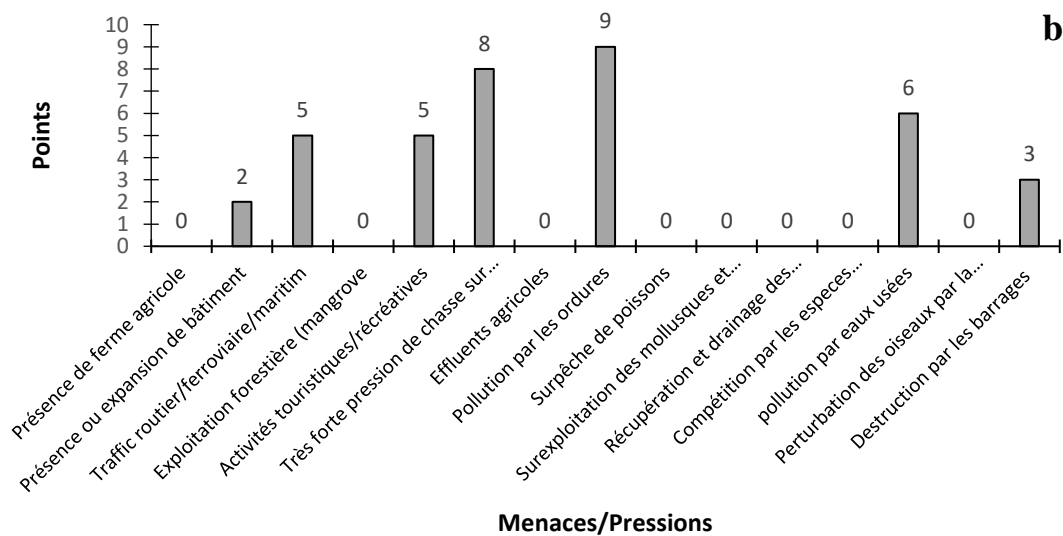
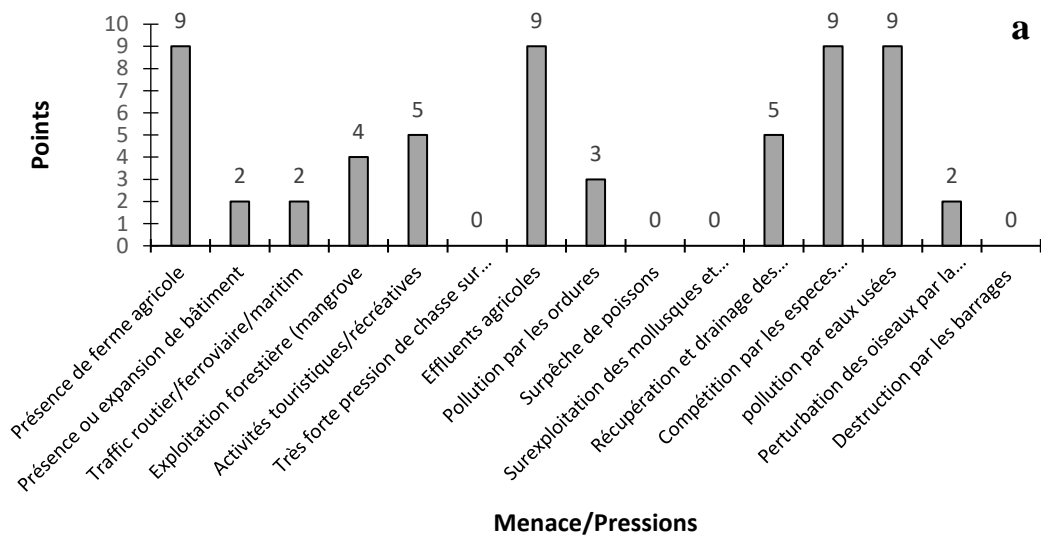
L'analyse de la matrice montre que la similarité est élevée entre les sites avec un pourcentage de coïncidence qui varie entre 70 et 74%. Les sites partagent pratiquement les mêmes espèces car les valeurs de l'indice tendent vers 1. (Tableau 10).

Tableau 10: distance écologique ou degré de similarité pour la flore

	RNC Gandon	Bango-Khor	Sor Diagne
RNC Gandon			
Bango-Khor	0,72		
Sor Diagne	0,7	0,74	

3.1.5. Menaces et pressions sur les zones humides

Au niveau des sites, quinze (15) menaces/pressions ont été rencontrées (figure 25). Globalement, les plus élevées et les plus fréquentes sont le changement d'habitat ou problèmes directs de santé liés aux ordures avec une pondération moyenne de 7,6 puis le changement d'habitat ou problèmes directs de santé par les eaux usées urbaines (5,2), le changement d'habitat ou problèmes directs de santé par les effluents agricoles 4,2 et la destruction ou détérioration d'habitat à travers les barrages et autres infrastructures de gestion d'eau. Pour les pressions on peut noter la surexploitation des mollusques et crustacés (nourritures) des oiseaux d'eau et la Surpêche de poissons, nourritures des oiseaux d'eau avec une pondération de 4,4. La moins importante est la perturbation des oiseaux d'eau par la chasse des autres espèces avec une pondération moyenne de 0,4(Figure 26).



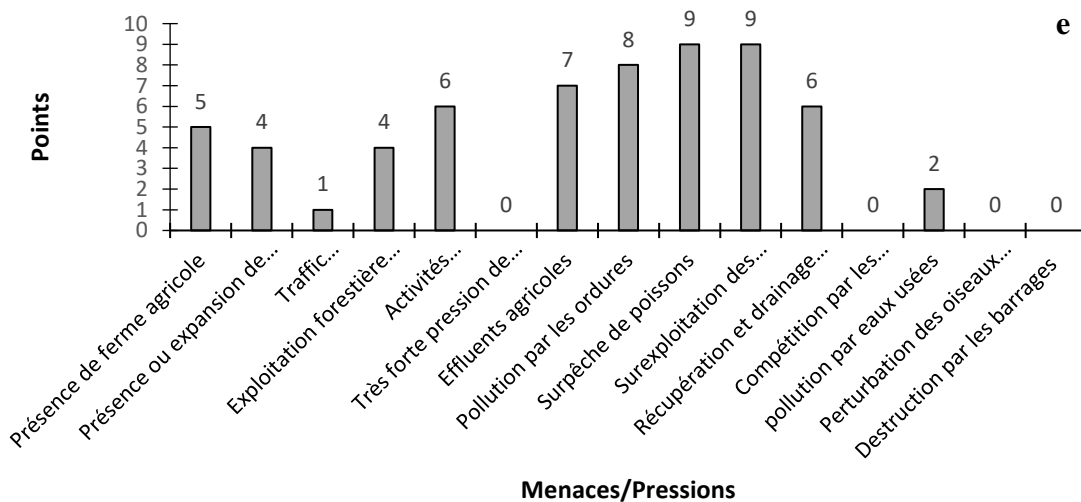
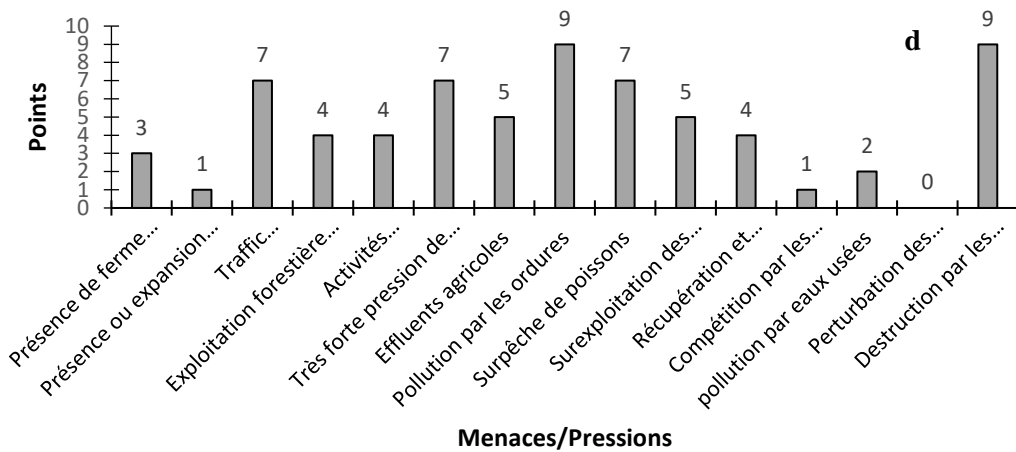
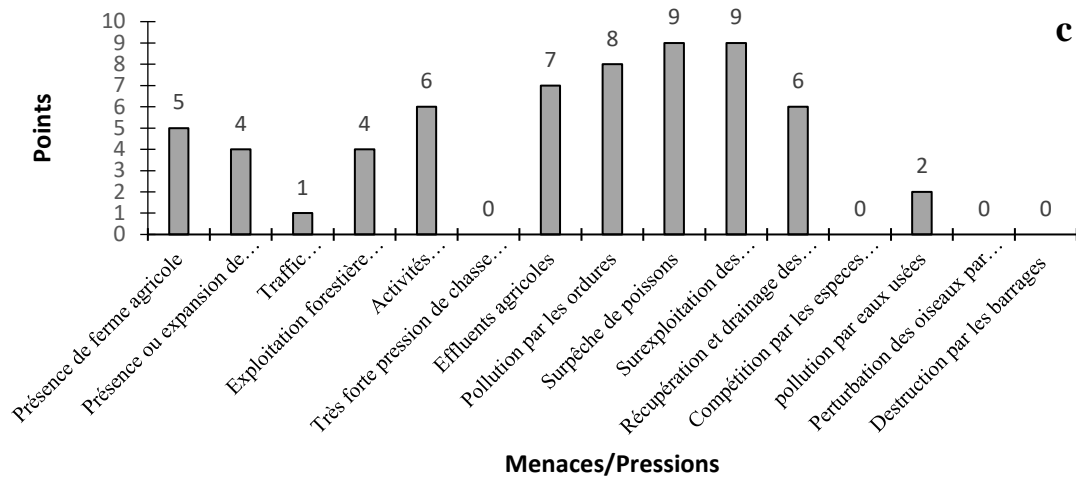


Figure 25: Pressions/menaces dans les sites de Sinko (a), lagune de Saint-Louis (b), RNC de Gandon (c), Bango-Khor (d) et Sor Diagne (e)

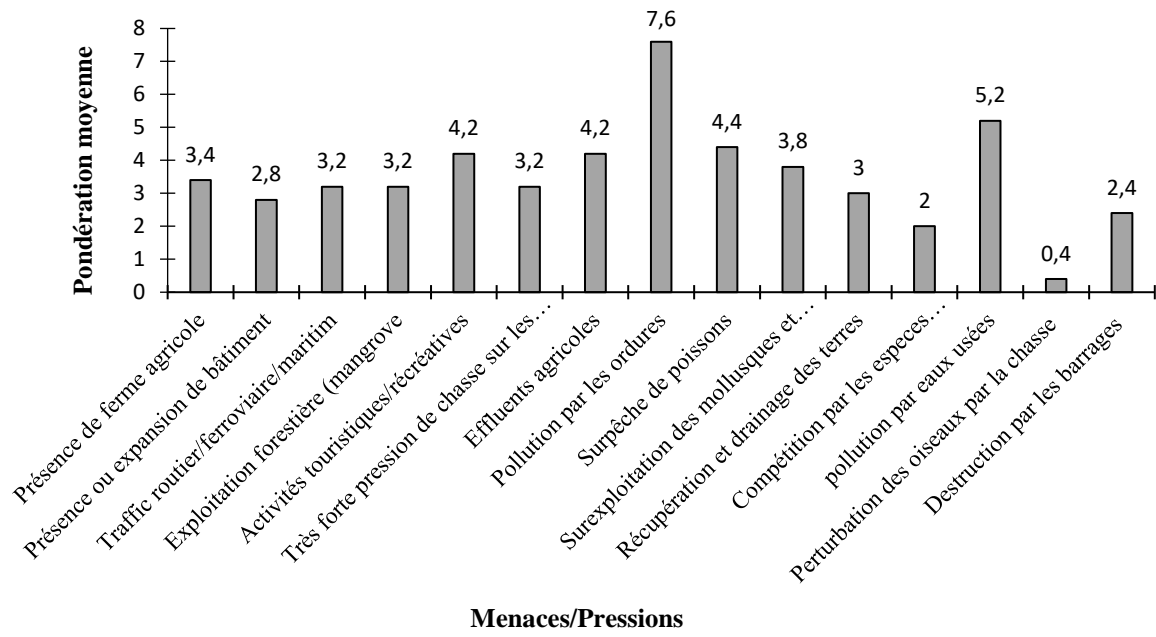


Figure 26 : Pondération moyenne des pressions/menaces au niveau des site

3.2. Discussion

3.2.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

Le pH moyen des eaux mesuré au niveau des sites étudiés est compris dans l'intervalle 6,56 et 8,44, propice pour la vie d'espèces aquatiques. Ces résultats corroborent ceux de (Kabo, 2020) qui sont dans l'intervalle (6,64 et 8,73), dans les communes de Diama, Ronkh et Ross-Béthio. Ainsi selon Diop, (1995), dans l'ensemble du Delta, les cours d'eau présentent un pH moyen de 7,8 favorable à la vie des principales espèces aquatiques ainsi qu'aux divers usages. Cette thèse est renforcée par IBGE (2005) et par Tendeng *et al.* (2016). Selon ces auteurs un pH qui varie entre 6,5 et 8,5 dans un étang est favorable à la vie aquatique.

La salinité moyenne des eaux au niveau des 5 sites à l'exception de Sinko est comprise entre 2,16 g/L et 3,33 g/L ce qui les caractérise comme des eaux saumâtres. Les barrages anti sel à l'image de celui de Diama qui est présent dans la zone du bas delta contribuent fortement à adoucir les eaux via les lâchers d'eau douce. Ceci s'accorde avec Cecchi (1992) qui affirme que la salinité au niveau de Saint-Louis a atteint 35,9g/L en mai 1992 quand le Diama a été fermé. Des faits similaires ont été notés en Casamance, au marigot d'Affiniam où Keita (2004) cités par Tendeng *et al.*, (2016) montrent qu'en 1988, la salinité était de 39g/l avant la construction du barrage et de 9,3g/l après son installation à Affiniam.

L'oxygène dissous moyen enregistré au niveau des sites de l'étude se situe dans l'intervalle 33,56 mg/L et 37,78 mg/L. Des résultats similaires ont été trouvés dans les cours d'eau du PNOD par (Pouye, 2018) où les valeurs de l'oxygène dissous enregistrées au mois de mai sont comprises entre 39 mg/L et 32,9 mg/L. Selon la norme définie par (Chapman 1996), lorsque la quantité d'oxygène dissous est inférieure ou égale à 5 mg/L, cela peut nuire au fonctionnement et à la survie des communautés biologiques. Or au niveau des sites de l'étude, elle est supérieure à la norme établie par cet auteur.

Sur l'ensemble des sites étudiés, la conductivité électrique moyenne se situe entre 4,63μS/cm pour la plus faible valeur et 59,13μS/cm pour la valeur la plus élevée. Cet intervalle ne dépasse pas la valeur maximale recommandée (1000μS/cm) par la directive européenne (75/440/CEE) du 16 juin 1975. Par ailleurs la plus faible valeur a été enregistrée au niveau de Sinko (4,63), ceci confirme la faiblesse du taux de salinité dans cette station d'épuration d'eau douce. La lagune de Saint-Louis où on a enregistré la plus grande valeur (59,13μS /cm) du fait que c'est une plaine d'inondation. Le plan d'eau est intermittent et exposé à une évaporation graduelle vers la saison sèche d'où la remontée du sel. Cette explication s'accorde avec celle de Pouye, (2018) au niveau du PNOD qui révèle que le Grand lac et le lac Khar dont leurs conductivités

sont très élevées respectivement (162400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et (83500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sont des milieux très étendus et peu profonds, ce sont des cuvettes d'évaporation où la salinité augmente progressivement au cours de la période d'assèchement.

Les eaux de surface étudiées au niveau des sites ont une température comprise entre 22,6°C pour la valeur la plus faible et 31,7°C pour la valeur la plus élevée. A l'exception de Bango-Khor qui enregistre la valeur la plus élevée (31,7° C), la température des autres sites est dans la norme sénégalaise de rejet (NS 05-061 de Juillet 2001) qui mentionne que les températures des eaux de rejet doivent être inférieures à 30°C. Même si à l'exception de Sinko nos sites d'études ne sont des eaux de rejet. Cependant selon Bartram et Ballance (1996) les eaux de surface ont généralement des températures comprises entre 0 et 30°C.

3.2.2. L'avifaune

Les résultats montrent que la famille des scolopacidés (limicoles) est la plus représentée au niveau des sites de l'étude avec 14 espèces suivies des laridés 10 espèces et des ardéidés qui sont au nombre de 08 espèces. Ces résultats reflètent celui de Triplet & Yésou, (1998) qui montrent que les limicoles dominent dans la zone avec trente-deux espèces migratrices paléarctiques dénombrées dans le bas delta dont 20 sont assez régulièrement recensées depuis 1993. Cette dominance constante peut s'expliquer par le fait que les dénombrements ont eu lieu généralement entre les mois de janvier et avril correspondant à la période de tarissement des zones humides à l'instar de la lagune de Saint-Louis. Ce phénomène est en faveur des limicoles et des échassiers qui aiment les eaux peu profondes. Mais aussi par la présence d'héronnières pour les ardéidés au niveau de la Réserve Spéciale de Faune de Guembeul, de zones de nidification des goélands et mouettes à tête grise au niveau du PNLB et sa périphérie dont au voisinage de la RNC de Gandon (Sow, 2015).

3.2.3. La flore

La richesse spécifique dans les mangroves de Saint-Louis est (02 espèces) de palétuviers en comparaison avec celle de la Casamance où on compte 06 espèces (Marius, 1985). Ces résultats confirment ceux de Badiane (1982) qui affirme qu'au nord du Sénégal, dans le Delta du fleuve Sénégal, on ne rencontre que des *Avicennia* isolés et rabougris, accompagnés de *Rhizophora racemosa*. Du point de vue de l'abondance-dominance et du recouvrement moyen nos résultats ont montré que l'espèce *R. racemosa* est dominée par *Avicennia germinans*. Ceci s'explique par une irrégularité interannuelle de la pluviométrie dans la région de Saint-Louis qui fait partie des zones les plus arides du Sénégal. Cela impacte sur le terrain par une reprise d'*Avicennia* au

détriment de *Rhizophora racemosa* car cette dernière est beaucoup moins résistante à la sécheresse (Diagne, 1998). La mangrove s'est ainsi fortement réduite partout, et souvent lorsqu'elle subsiste, les peuplements d'*Avicennia africana* ont supplantés *Rhizophora racemosa* (Duvail, 2001).

3.2.4. Pressions et menaces

Les menaces les plus élevées sont liées de manière générale à la pollution et particulièrement par les ordures avec un score moyen de 7,6 qui est le plus élevé suivie par les eaux usées (5,2) et les effluents agricoles (4,2). Les études de Iandritiana (2009) ont montré que les ordures constituent la principale source de pollution dans les zones humides de mangrove et engendrent la production de lixiviat qui est toxique pour le milieu et la biocénose aquatique. A cela s'ajoutent les eaux de drainages ou effluents agricoles. Certains sites comme Sinko, la RNC de Gandon et Bango-Khor sont au voisinage d'exploitations agricoles de ce fait ils servent d'exutoire aux eaux de drainage des périmètres agricoles. Dans ce cas ces sites reçoivent des eaux chargées d'engrais notamment le DAP (18-46) et l'Urée (Urée en perle) utilisés pour booster le volume de la production des rizières et certains herbicides et pesticides. Selon Le Gal et Dia (1991), les eaux de drainage rejetées sont très chargées en résidus de pesticides et d'engrais chimiques utilisés dans les activités agricoles. Enfin le barrage anti-sel de Diama a un impact négatif sur les mangroves de Saint-Louis en particulier celle de Bango-Khor. CSE (2010), a souligné que la perturbation des régimes hydriques, de submersion constitue une cause de dégradation des formations végétales des écosystèmes côtiers.

La pression la plus importante évaluée au niveau des sites est la surpêche des poissons (4,4) et autres ressources halieutiques, nourriture pour les oiseaux d'eau. Selon CRODT/ISRA (2017), à Saint-Louis on a une forte colonie de pêcheurs (7751 pêcheurs, 1543 pirogues opérationnelles) avec une grande diversité d'unités de pêche se concentrant sur un espace géographique étroit.

CONCLUSION et RECOMMANDATIONS

Les zones humides du département de Saint-Louis sont constituées d'un habitat caractérisé d'une diversité paysagère à savoir mangrove, tannes, eau et habitation. Les paramètres de l'eau tels que le ph, la salinité, l'oxygène dissous et la conductivité électrique sont propices à la vie aquatique. Les conditions de l'habitat terrestre et aquatique de ces zones humides sont favorables au développement de la diversité biologique. Pour l'avifaune, les zones humides de Sor Diagne et Sinko étaient plus diversifiées. Les familles les plus fréquemment trouvées dans la zone sont les scolopacidés (limicoles) et les laridés (goélands, mouettes et sternes). Pour la flore, l'étude a révélé que deux espèces de palétuviers (*Avicennia germinans* et *Rhizophora racemosa*) seulement peuplent la zone de mangrove de ces zones humides. Elle a montré aussi que ces mangroves sont dominées par *Avicennia germinans*. Malgré leur diversité paysagère et biologique, ces zones humides sont menacées par la pollution par les ordures, les effluents agricoles, la détérioration d'habitat par le barrage et la surpêche des poissons et mollusques. Face à cette situation, des actions sont nécessaires pour protéger et conserver les zones humides. Pour ce faire, il faut :

- Actualiser le document de la Politique Nationale de Gestion des Zones Humides (PNGZH) du Sénégal afin d'y inscrire les sites identifiés dans l'étude ;
- Renforcer les connaissances sur la dynamique évolutive des mangroves de Saint-Louis ;
- Faire un plaidoyer pour amener les pouvoirs publics à préparer et faire adopter une loi spécifique sur les zones humides

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamus P., 1986.** Use and proposed revisions for the Adamus assessment methodology. Pages 73-77, in Proceedings of the national Wetlands Assessment Symposium, KUSLER JA and RIEXINGER P. (eds). Portland, Maine, June 17-20 1985, Association of State Wetlands Managers, Technical Report 1.
- Ambus P. and Lowrance R., 1991.** Comparaison of denitrification in two Riparian Soils. *Soil And Sci. Soc. AmJ.55*: 918-994.
- Badiane, S. 1984.** Contribution à l'étude de l'écosystème mangrove en Basse Casamance, Dakar, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (mémoire de confirmation CNRE), Janvier 1984.
- Bartram, J. and Ballance, R. [Eds] 1996.** Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Fresh water Quality Studies and Monitoring Programmes. Chapman and Hall, Londres.
- Barbier E.B., Acreaman M. et Knowler D., 1997.** Evaluation économique des zones Humides (Guide à l'usage des planificateurs et des décideurs de la convention de Ramsar). Gland. Suisse 144 p.
- Barnaud G., 1992.** Conservation des zones humides ; Concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation – Muséum national d'Histoire Naturelle, Institut d'Ecologie et de gestion de la Biodiversité, Service du Patrimoine Naturel, 451 p.
- Barlow, C. & Dodman, T. (2015).** - Guide des oiseaux d'eau de la voie de migration Est-Atlantique en Afrique-Guide photographique des oiseaux d'eau et des oiseaux marins des côtes atlantiques de l'Afrique. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Allemagne ; BirdLife International, Cambridge, Royaume-Uni ; Programme Rich Wadden Sea, Leeuwarden, PaysBas
- Bazoze, Lachance A., Villeneuve C., Bérubé D., Ducruc J. P. et Lavoie G., 2014.** Québec (Province), et de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. « Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional. » 64p.
- Blasco F., 1991.** Les mangroves, La recherche 22 : 443-453.
- Berhaut J., 1967.** La flore du Sénégal, 2 -ème édition complète avec les forêts humides de la Casamance, Clair Afrique Dakar, 485p.
- Betouille J.L., 1992.** Etude de l'écosystème mangrove et de ses possibilités d'aménagement. Mémoire bibliographique. Université de Paris Val de Marne, 44p.

- Bisby F.A., Roskov Y.R., Orrell T.M., Nicolson D., Paglinawan L.E., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., Baillargeon G., 2009.** Species 2000 et ITIS Catalogue of Life : 2009. Guide d'identification des oiseaux d'Afrique de l'Ouest.
- Borrow N. and Demey R., 2001.** Birds of western Africa. Christopher Helm, London, England.832p.
- Braun-Blanquet J., 1952.** La phytosociologie appliquée *SIGMA* 116 : 157-161.
- Cabanis V., Chabouis L., et Chabouis F., 1969.** Végétaux et groupement végétaux de Madagascar et des Mascareignes. BDPA-T. I ; 331p.
- Cecchi P., 1992.** Phytoplancton et conditions de milieu dans l'estuaire du fleuve Sénégal : Effets du barrage de Diama. Thèse, Université de Montpellier II, Travaux et Documents de l'ORSTOM Microédités, n°94, 437 p.
- Chapman, D., 1996.** Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Second edition. London, UNESCO, WHO, UNEP, 612 p. (ISBN 0-419-21590-5).
- Conand C., 1994.** Les mangroves : répartition, éléments et fonctionnement du Sénégal. Communication Université, 1993. Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, 7p.
- Conley L.M., Dick R. I. and Cion W., 1991.** An assessment of the root zone method of Wastewater treatment. Res. J. Wat. Pollution.Cont. Fed. 63(3):239-247.
- Costanza R., d'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., 1997.** « The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital », Nature, vol. 387, 1997, p. 253 à 260. doi :10.1038/387253a.
- Convention Ramsar, 1971** sur les zones humides d'importance internationale -Ramsar, Iran, 1971-.
- Clough B. F., Boto K. G. and Attiwill P. M., 1983.** Mangroves and Servage: a re-evaluation. In Teas H.J. (ed.), Biology of mangroves. Tasks for vegetation Science series. Vol.8, Dr. W. Junk Publishers Lancaster: 151-162
- Cowardin L. M. & Golet F. C., 1979.** US Fish and Wildlife Service wetland classification: A review.
- CSE. 2010.** Centre de Suivi Ecologique. Evaluation des conditions et tendance des Ecosystèmes Forestiers et de leurs Services au Sénégal, Rapport final PASEF_CSE Octobre 2010, 244p.
- CRODT/ISRA, 2005.** Recensement national de la pêche artisanale maritime. Sénégal,

Rapport généré le 28 Décembre 2017, 10 pages.

- De Groot R. S., 1992.** Functions of nature : evaluation of nature in environmental planning, management, and decisionmaking. (Wolters-Noordhoff, Groningen, 1992)
- De Groot R.S., Wilson, M., et Bouman R., 2002.** A typology for the description, classification and value of Ecosystem function goods and services (pp.393-408). *In the Dynamics and of Ecosystems services: Integrating Economic and Ecological Perspectives. Ecological Economics.* 41(3): 367-567
- De Luca W. V., Studds C. E., Rockwood L. L., and Marra P. P., 2004.** Influence of land use on the integrity of marsh bird communities of Chesapeake Bay, USA, *Wetlands*, 24: 837-847.
- Dia I. M. N., 2003.** Elaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion intégrée : la Réserve De Biosphère du Delta du Saloum. Sénégal, UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, xiv + 130p.
- Diagne A. P., 1998.** Cartographie d'évolution de la mangrove de Saint-Louis (effets de la sécheresse et impacts potentiels du barrage de Diama. Mémoire de Maîtrise, Université G. Berger, U.F.R. Lettres et Sciences Humaines, section Géographie, Option : Environnement, 96 p.
- Diop M.D., Peeters J., Faye B. et Diop R. 1998.** « Typologie et problématique environnementale des zones humides de la rive gauche du bassin du fleuve Sénégal ». Commission Fleuve Sénégal, Réseau national Zones humides. Rapport de Mission non publié. UICN, avril. 120 Pp.
- Diop S. E., 2012.** Les écosystèmes marins et côtiers de l'Afrique de l'ouest : enjeux de leur gestion à long terme et de leur développement durable - Exemple du Sénégal- 15p.
- Dunbabin J. S. and Bowner K. H., 1992.** Potential use of contracted wetland for treatment of industrial waste waters containing metals. *The Sci. Tot. Environ.* 111 : 151-168.
- Duvails., 2001.** Scénarios hydrologiques et modèle de développement en aval d'un grand barrage. Les usages de l'eau et le partage des ressources dans le delta mauritanien du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat de géographie, Université Louis Pasteur Strasbourg I, 313p.
- Fustec E., Frochot B., Bendjoudi H., Thibert S., 1996.** Les fonctions des zones humides : *Revue Bibliographique*, Paris : Agence de l'Eau Seine - Normandie, Université Paris 6, 144p
- Fustec E. et Lefeuvre J. C., 2000.** Fonctions et valeurs des zones humides, Paris : Dunod, 426p.

- Gac J. Y., Kane A., Monteillet J., 1982.** Migration de l'embouchure du fleuve Sénégal depuis 1850. *Cash OSTROM, Sèr, Géol, Vol XII, n°1, P 61-64.*
- Gillet F., 2000** - La phytosociologie synoviales intégrée : Gide méthodologique, Université de Neuchâtel-Institut de Botanique. *Docu. Labo. Ecol. Vég.* 68p.
- Grouzis M. et Albergel J., 1989.** Du risque climatique à la contrainte écologique. Indice de la sécheresse sur les populations végétales et le milieu au Burkina Faso. In Eldin M., Milleville P. Ed. : *Le risque en agriculture*, ORSTOM, Paris, Coll. à travers champs, 243-254
- Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell, et P. Stone, 1988.** Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies tridimensional model. *J. Géophys. Rés.*, **93**, 9341-9364, doi:10.1029/JD093iD08p09341.
- Harbinson P., 1986.** Mangrove Muds a sick and source for trace metals. *Mar. Pollut. Bullet.* 17(6): 246-250.
- Hughes R. H. et Hughes J. S., 1992.** A director of Africa Wetlands, International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/ United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya/ World Conservation Monitoring Center, Cambridge, UK, xxxiv+82p
- Iandritiana D. A. C., 2009.** Les valeurs directes et indirectes des mangroves. Mémoire de Maitrise de Recherche, Faculté des Sciences, Option- Valorisation de la Biodiversité Végétale, Université de Mahajanga, Madagascar, 22 p.
- IBGE., 2005.** Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, Qualité physico-chimique des eaux de surface ; cadre général, données de l'IGBE : l'eau à Bruxelles, 16p.
- Itlis J., 1994.** Compte rendu du séminaire CNRE-ORSTOM. Hommes et mangroves dans le Menabe-Morondova du 27 au 30 juin 1984 13p.
- Junk, W. J., An, S., Finlayson, C. M., Gopal, B., Kvet, J., Mitchell, S. A., Mitsch, W. J., & Robarts, R. D., 2013.** Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences*, 75(1), 151–167.
- Kabo D., 2020.** Identification et Caractérisation des zones humides hors aires protégées du Bas-Delta du Fleuve Sénégal. Mémoire de Master II. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture. 90 p.
- Kane A., 1985.** Le Bassin du Fleuve Sénégal à l'embouchure. Flux continentaux dissous et

- particulaires. Invasion marine de la basse vallée du Fleuve Sénégal. Contribution à l'hydrologie fluviale et à la dynamique estuarienne en milieu sahélien. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Nancy II 230p.
- Keita B. 2004.** Rapport d'activités du barrage d'Affiniam, 24p.
- Khattbi A., 1999.** La problématique des zones humides et les perspectives de leur gestion. Terre et vie 35. 4p. <http://terrevie.ovh.org/a175htm>.
- Kierner A., 1972.** Ecologie, Biologie et possibilités de mise en valeur des mangroves malgaches. Bulletin de Madagascar n° 308. Publication mensuelle du service général de l'information, 49-84.
- Larson J.S., 1982.** Wetlands value assessment – state of the art. Pages 417-424 in wetlands ecology and management, Gopal et al. (eds.). Proceeding of the first International Conference New Delhi, 1980. Nat.Inst.Ecol. and Internat. Scientific Publ, UNESCO, Paris.
- Le Gal P. Y.&Dia I., 1991.** La vallée du fleuve Sénégal : Evaluation et perspectives d'une décennie d'aménagements (1980-1990) (pp. 160-174). Chapter : 7. Publisher : Khartala. Editors : B. Crousse, P. Mathieu, S.M. Seck
- Ma Z., Cai Y., Li B., et Chen J., 2010.** Managing wetlands habitats for waterbirds : an international perspectives. Wetlands, 30 : 15-27.
- Marius C., 1985.** Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement. Ed OSTROM, collection Travaux et documents 193. 357 p.
- Monteiro C., Lasserre G., LamHoai T., 1990.** Organisation spatiale des communautés ichtyologiques de la lagune de Ria Formosa (Portugal). *OceanologicaActa*, 1990. 13, 1, 79-96.
- Ndao, M., 2012.** Dynamiques et gestion environnementale de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal: Etude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès) et Saint-Louis. PhD Thèse, Université de Toulouse, Toulouse.
- Niemi G. T. and Mc Donald M.E., 2004.** Application of Ecological indicators. *Ann Rev. Ecol., Evol., Syst.*, 35 :89-111.
- Norme sénégalaise NS 05-061 Juillet, 2001.** Eaux usées : normes de rejet. Institut Sénégalais de Normalisation (ISN). Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, 27 p.

- Rameau J. C., 1987.** Contribution phytoécologique et dynamique à l'étude des écosystèmes Forestiers : application aux forêts nord-est de la France, Doctorat d'état, sciences naturelles, Besançon 1987, 1 vol (300 p.) : ill. ; 30 cm.
- Rose P. M. and Scott, D.A., 1994.** Water fowl Population Estimates, IWRB publication. No 29. Cambridge, UK.
- O'connell J. T., Jackson, L.E. and Brooks R. P., 2000.** Bird guilds as indicators of Ecological conditions in the central. Appalachians. *Ecol. Applic.*, 10 :1706-1721
- Oudihat K., 2011.** Ecologie et structure des Anatidés de la zone humide de Dayet El Ferd (Tlemcen). *Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Magister*. Département d'Ecologie et Environnement faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, Tlemcen, 92p
- Owino A. O., Oyugi J O., Nasirwa O. O. and Bennun L. A., 2001.** Patterns of variations in waterbirds numbers on four rift valley lakes in Kenya, 1991-1999. *Hydrobiologia*, 458 : 45-53.
- Peeters J., 1998.** Etat des lieux de la conservation des zones humides au Sénégal. Deuxième conférence internationale sur les zones humides et le développement, Novembre 1998, Dakar, Sénégal.
- Pouye A. B., 2018.** « Evaluation de la qualité des eaux du Parc National des Oiseaux du Djoudj (PNOD) et de sa périphérie, suite aux rejets d'effluents agricoles dans le contexte de l'intensification de la riziculture ». Mémoire de diplôme de MASTER en Biologie Animale. Spécialité : Ecologie et gestion des écosystèmes. Faculté des Sciences et Techniques/UCAD. 67p.
- Saos J. L., Diagama A., Thiebaut J. P., Sall M. M., Kane A. et Diop N., 1993.** Tome 4, Chapitre 7 : Relations eaux de surfaces/ eaux souterraines dans la vallée alluviale ; Chapitre 8 : hydrobiologie estuarienne (Diamas) ; apports fluviaux de matières en suspensions et en solution à l'embouchure du fleuve Sénégal ; façonnement des paysages dans la basse vallée et du Delta du Fleuve Sénégal. In Gac J. Y. (ed). EQUASEN : rapport de synthèse. 80p
- Schuijt K. and Brander L., 2004.** The economic value of the world's wetlands. WWF living waters : Conserving the source of life. Gland, Switzerland 31pp
- Scott D. A., 1980.** A preliminary inventory of wetlands of international importance for water fowl in West Europa and North Africa. Doc. IWRB, 127p.

- Sène E. H. M., Thiaw I. et Lamizana-Diallo B., 2006.** Gestion des zones humides en Milieux arides : leçons d'expérience, UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, Service de publication de l'UICN xviii +86p
- Skinner J., Baumond N. & Piort J. Y., 1994.** Manuel de formation à la gestion des zones humides. Programmes des Zones humides de l'UICN 272p.
- Skinner J. et Zalewski S., 1995.** Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Publication MedWet/ tour du Valat 2, 78 pp.
- Smart M., 1988.** Procédure de surveillance continue des zones humides d'importance Internationale. Mission consultative Ramsar. Rapport n° 8, Djoudj, Sénégal, 5p.
- SOGED, 2017.** Etude pour la Restauration du Réseau Hydraulique du Bassin du Fleuve Sénégal. Contexte et bilan-diagnostic – Rapport final – Volume 3.
- Sow D., 2015.** Caractérisation de l'avifaune urbaine et périurbaine de la ville de Saint-Louis du Sénégal. *Mémoire de master ENSA.* 62p
- Tendeng M., Ndour N., Sambou B., Diatta M. et Aouta A., 2016.** Dynamique de la mangrove du marigot de Bignona autour du barrage d'Affiniam (Casamance, Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(2) : 666-680, 2016
- Tricart J., 1961.** Note explicative de la carte géomorphologique du Delta du Fleuve Sénégal. Mem. BGM., 8,137p.
- Triplet, P. and Yésou, P. 1998.** Midwintercounts of waders in the Senegal delta, West Africa, 1993- 1997. Wader Study Group Bulletin 85 : 66-73. Triplet, P. and Yésou, P. 1998. Midwintercounts of waders in the Senegal delta, West Africa, 1993- 1997. Wader Study Group Bulletin 85 : 66-73.
- Tomlinson P. B., 1986.** The botany of mangroves. Cambridge tropical biology Series. Cambridge University Press, U.K. 413p.r
- Touffet J., 1982.** Dictionnaire Essentiel d'écologie. 112p.
- UICN, 1992.** Protected areas of the world: a review of national systems. Volume 3: Afrotropical. Prepared by World Conservation Monitoring Center. UICN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK 360p.
- UICN, 1999.** Plan Quinquennal de Gestion Intégrée du Parc National des oiseaux du Djoudj (PQGI/PNOD). Rapport de la mission d'évaluation interne à mi-parcours UICN, Sénégal 35p.
- UICN, 2000.** Programme quadriennal de l'UICN 2001-2004. Congrès mondial de la nature. Jordanie 119-194.

UNESCO, 2005. Formulaire de proposition de la Réserve de Biosphère Transfrontière du Delta du fleuve Sénégal. *Entre la République Islamique de Mauritanie et la République du Sénégal* Avril 2005. 139 pages

UNESCO, 1997. Gestion des ressources naturelles de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum. Rapport intermédiaire. UCAD/UNESCO. Division des Sciences écologiques, Programmes MAB, 48p.

Van Lavieran B., Van Wetten J. C., 1990. Profil de l'environnement de la vallée du Fleuve Sénégal. Euro Consult-Arnhem, RIN Texel 30p.

WEBOGRAPHIE

Directive n°75/440/CEE du 16 juin 1975 [en ligne]. Disponible sur : https://aida.ineris.fr/consultation_document/1119 (consulté le 05 juillet 2020).

<http://www.unfccc.de/portfranc/> Convention de Ramsar (consulté 15 Décembre 2019).

<http://www.ramsar.org/> Convention sur la diversité biologique (consulté 18 novembre 2019).

<http://www.cites.org/CITES/fra/index.shtml> Convention sur les espèces migratrices (consulté le 08 Mars 2020).

<http://www.cites.org/fra/disc/what.shtml> (consulté le 08 Mars 2020).

<http://www.wcmc.org.uk/cms/MAB> (2008) Plan d'action de Madrid pour les réserves de biosphère (2008-2013). 37 p. (Consulté le 12 Novembre 2019).

<http://whc.unesco.org/fr/apropos/> (Consulté le 12 Novembre 2019).

<http://wetlands.free.fr/index2.htm>

http://www.ramsar.org/ris/key_ris_index.htm Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR)- version 2006-2008. 41p. (Consulté le 10 Octobre 2019).

www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria. UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) 2012. 50p. (Consulté le 11 Octobre 2019).

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats du dénombrement de l'avifaune par site avec les effectifs maximaux

LAGUNE DE SAINT-LOUIS	
NOM VERNACULAIRE	EFFECTIF Maximal
Aigle pêcheur	2
Aigrette à gorge blanche	79
Aigrette garzette	31
Aigrette intermédiaire	11
Balbusard pêcheur	2
Barge à queue noire	22
Bécasseau minute	40
Bécasseau sanderling	21
Chevalier aboyeur	3
Chevalier cul-blanc	58
Chevalier gambette	1
Chevalier guignette	10
Cormoran africain	441
Echasse blanche	112
Goéland brun	48
Goéland railleur	380
Grand Gravelot	13
Grande aigrette	3
Gravelot à collier interrompu	1
Guifette leucoptère	24
Héron cendré	77
Héron garde-bœuf	160
Martin pêcheur pie	3
Mouette à tête grise	319
Pélican blanc	70
Pélican roussâtre	23
Petit Gravelot	84
Spatule blanche	206
Sterne caspienne	10
Sterne hansel	38
Sterne naine	50
Tournepièce à collier	4
Vanneau du Sénégal	3
Vanneau éperonné	40

SOR DIAGNE	
NON VERNACULAIRE	Effectif Max
Aigrette dimorphe	109
Aigrette garzette	7
Avocette élégante	11
Bécasseau minute	53
Bécasseau variable	3
Chevalier aboyeur	2
Chevalier combattant	3
Chevalier culblanc	9
Chevalier gambette	1
Chevalier guignette	15
Chevalier sylvain	1
Cormoran africain	35
Courlis courlieu	2
Dendrocygne veuf	64
Échasse blanche	10
Goéland brun	10
Goéland railleur	173
Grand cormoran	38
Grand gravelot	3
Grande aigrette	6
Gravelot à collier interrompu	9
Héron cendré	116
Héron crabier	1
Héron garde-bœuf	439
Héron vert	1
Ibis sacré	2
Martin pêcheur pie	2
Mouette à tête grise	168
œdicnème du Sénégal	10
Pélican blanc	10
Pélican gris	20
Petit Gravelot	2
Spatule blanche	1
Sterne caspienne	9
Sterne caugek	42

SINKO	
Espèce	Effectif maximal
Aigrette dimorphe	3
Aigrette garzette	3
Barge à queue noire	10
Bécasseau cocorli	2
Bécasseau minute	14
Bécasseau variable	1
Canard souchet	83
Chevalier aboyeur	3
Chevalier combattant	28
Chevalier gambette	2
Chevalier guignette	5
Chevalier sylvain	9
Cormoran africain	2
Dendrocygne fauve	9
Dendrocygne veuf	1704
Echasse blanche	101
Gallinule Poule d'eau	45
Goéland railleur	2
Grand cormoran	3
Grand Gravelot	8
Gravelot à collier interrompu	1
Guifette noire	5
Héron cendré	1
Héron crabier	3
Héron garde bœuf	105
Ibis sacré	1
Jacana à poitrine d'orée	1
Martin pêcheur pie	1
Mouette à tête grise	36
Pélican blanc	56
Pélican roussâtre	1
Petit Gravelot	3
Poule sultane	3
Râle noire à bec jaune	6
Rhynchée peinte	1
Sarcelle d'été	373
Talève d'Allen	3
Tournepièce à collier	1
Vanneau à éperon	124

Sterne Hansel	3
Sterne royal	307
Tournepieuvre à collier	2
Vanneau éperonné	5

BANGO-KHOR	
Espèces	Effectif maximal
Aigrette dimorphe	16
Aigrette garzette	51
Aigrette intermédiaire	1
Balbuzard pêcheur	14
Bécasseau cocorli	1
Bécasseau minute	4
Bécasseau sanderling	2
Chevalier gambette	1
Chevalier guignette	7
Cormoran africain	45
Courlis cendré	1
Courlis courlieu	14
Goéland brun	49
Goéland railleur	95
Grand cormoran	270
Grande aigrette	29
Héron cendré	180
Héron garde-bœuf	1
Ibis sacré	2
Martin pie pêcheur	23
Mouette à tête grise	20
Pélican blanc	615
Pélican gris	8
Petit gravelot	2
Pygargue vocifère	1
Spatule blanche	66
Sterne caspienne	45
Sterne caugek	455
Sterne Hansel	21
Sterne naine	2
Tournepieuvre à collier	2
Vanneau éperonné	16

RNC GANDON	
NOM VERNACULAIRE	Effectif max
Aigrette dimorphe	26
Aigrette garzette	16
Aigrette intermédiaire	1
Anhinga roux	1
Balbuzard pêcheur	1
Barge à queue noire	2
Bécasseau minute	1
Bécasseau sanderling	4
Chevalier aboyeur	2
Chevalier gambette	6
Chevalier guignette	1
Cormoran africain	28
Courlis corlieu	10
Dendrocygne veuf	8705
Goéland brun	9
Goéland railleur	482
Grand cormoran	499
Grand gravelot	3
Grande aigrette	22
Gravelot à collier interrompu	1
Guifette noire	6
Héron à dos vert	1
Héron cendré	58
Martin pêcheur géant	2
Martin pêcheur pie	2
Mouette à tête grise	1040
Pélican blanc	109
Pélican gris	28
Pluvier argenté	1
Spatule blanche	144
Sterne caspienne	14
Sterne caugek	27
Sterne hansel	19
Sterne naine	1
Sterne royal	141
Tantale ibis	6
Tournepieuvre à collier	1
Vanneau éperonné	3

Annexe 2 : Coordonnées GPS des placettes d'inventaires

X	Y	Placettes
339273,231	1768524,12	1
339372,528	1768523,8	1
339373,167	1768598,19	1
339364,866	1768623,42	1
339272,593	1768623,74	1
339572,933	1769723,67	2
339572,933	1769723,67	2
339472,397	1769816,3	2
339473,244	1769823,36	2
339572,651	1769823,08	2
339673,187	1770123,84	3
339751,131	1770123,56	3
339766,381	1770160,84	3
339766,381	1770160,84	3
339766,381	1770160,84	3
339515,04	1771023,3	4
339572,368	1771122,71	4
339515,322	1771023,3	4
339572,651	1771023,58	4

X	Y	Placettes
341389,511	1764248,15	1
341689,307	1764048,78	1
341488,307	1764220,26	1
341488,307	1764149,28	1
341488,307	1764149,28	1
341690,159	1764131,26	2
341689,023	1764048,07	2
341788,671	1764049,21	2
341788,671	1764071,35	2
341489,244	1763948,05	3
341489,244	1763848,79	3
341588,696	1763848,79	3
341587,745	1763948,24	3
341689,249	1763847,64	4
341689,003	1763749,11	4
341788,762	1763748,87	4
341788,27	1763848,14	4
341589,162	1763748,39	5
341588,764	1763648,78	5
341688,78	1763648,97	5
341688,581	1763748,19	5
341289,532	1763742,75	6
341289,532	1763742,75	6
341312,543	1763748,29	6
341388,562	1763748,09	6
341389,178	1763649,06	6
341289,121	1763648,85	6
341090,116	1763723,56	7
341169,889	1763723,32	7
341176,969	1763748,57	7
341188,298	1763748,1	7
341188,534	1763648,74	7
341096,252	1763648,74	7
341889,748	1763648,14	8
341889,177	1763548,75	8
341937,922	1763548,75	8
341940,778	1763563,79	8
341926,117	1763628,15	8
341928,021	1763647,95	8
341389,62	1763548,39	9
341389,375	1763449,21	9
341488,801	1763448,72	9
341488,065	1763548,39	9
341189,168	1763448,62	10
341189,168	1763426,97	10
341233,882	1763348,96	10
341288,109	1763348,96	10

X	Y	Placettes
341631,13	1774505,21	1
341630,882	1774405,62	1
341729,733	1774405,62	1
341730,479	1774503,97	1
341430,696	1774405,12	2
341430,696	1774306,02	2
341530,292	1774305,03	2
341530,292	1774405,12	2
341830,613	1774404,8	3
341830,613	1774305,11	3
341930,114	1774305,9	3
341930,312	1774405,4	3
341430,456	1774205,07	4
341430,274	1774105,5	4
341530,565	1774105,5	4
341530,383	1774205,07	4
341930,459	1774205,19	5
341930,654	1774105,34	5
342030,111	1774105,34	5
342030,111	1774205	5
341430,528	1774005,16	6
341430,528	1773905,26	6
341530,053	1773905,45	6
341530,24	1774004,6	6
341730,663	1774004,9	7
341730,663	1773905,31	7
341730,663	1773905,31	7
341830,059	1774004,9	7
342030,738	1774004,71	8
342030,738	1773905,31	8
342130,323	1773905,12	8
342130,323	1774005,09	8
341630,731	1773705,19	9
341630,544	1773605,43	9
341730,296	1773605,62	9
341730,11	1773705,19	9
341930,349	1773705,01	10
341930,721	1773605,61	10
342030,116	1773605,43	10
342030,116	1773705,01	10
341930,263	1773504,99	11
341930,857	1773405,51	11
341960,385	1773405,51	11
342030,141	1773439,4	11
342030,141	1773504,8	11