

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	viii
INTRODUCTION	9
1.1. Contexte international.....	9
1.2. Contexte biologique.....	11
1.3. Contexte béninois	15
1.4. Contexte de l'étude	18
MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	20
2.1. Milieu d'étude.....	20
2.2. Localisation géographique	20
2.2.1. Données climatiques	21
a. <i>Températures et précipitations</i>	22
b. <i>Vents</i>	23
c. <i>Insolation</i>	23
d. <i>Humidité relative</i>	24
2.2.2. Hydrographie et types de sols.....	25
2.2.3. Végétation et faune	26
a. <i>Végétation</i>	26
b. <i>Faune</i>	27
2.2.4. Populations riveraines.....	29
2.3. Sites d'échantillonnage	30
2.3.1. Mares dans la zone parc.....	31
a. <i>Mare 25</i>	31
b. <i>Mare Bossaibangou</i>	33
c. <i>Mare Barabon</i>	33
d. <i>Mare des Chutes de Koudou</i>	33
e. <i>Mare Sapiengou</i>	34
2.3.2. Mares dans les zones cynégétiques.....	34
a. <i>Mare 24</i>	34
b. <i>Mare du Site aux Éléphants</i>	34
c. <i>Mare aux lions</i>	35
d. <i>Mare Deux Baobabs</i>	35
2.3.3. Mares dans la zone tampon.....	35
a. <i>Mare aux crocodiles</i>	35
b. <i>Mare Bonwalou</i>	36
2.4. Méthodes d'échantillonnage	36
2.5. Méthodes d'analyse des données.....	39
2.5.1. Communautés aviennes	39

2.5.2. Communautés végétales	42
2.5.3. Relations entre l'habitat et les communautés aviennes des mares.....	42
RESULTATS.....	45
3.1. Communautés aviennes et végétales des mares permanentes du Complexe PNW.	45
3.1.1. Communautés aviennes des mares permanentes	45
<i>a. Composition spécifique des communautés aviennes</i>	45
<i>b. Diversité spécifique des communautés aviennes</i>	50
3.1.2. Communautés végétales inventoriées dans la zone des mares permanentes	53
<i>a. Composition spécifique des communautés végétales</i>	53
<i>b. Diversité spécifique des communautés végétales</i>	54
3.2. Relations entre l'habitat et la communauté avienne des mares permanentes par zone d'échantillonnage	54
3.2.1. Corrélations entre les paramètres de diversité et ceux de l'habitat.....	54
3.2.2. Structuration des mares échantillonnées.....	56
<i>a. Structure des mares suivant les paramètres de diversité et de l'habitat</i>	56
<i>b. Structure des mares suivant les observations d'oiseaux</i>	59
<i>c. Discrimination des zones échantillonnées</i>	61
DISCUSSION	64
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	68
ANNEXES	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Treize variables de l'habitat mesurées et calculées pour chacune des 11 mares permanentes du Complexe Parc W sélectionnées et les codes qui seront utilisés dans les analyses statistiques	43
Tableau 2 : Abondance absolue des dix premières espèces aviennes les plus abondantes pour l'ensemble des 11 mares permanentes du PNW et par zone	46
Tableau 3 : Occurrence (%) des dix premières espèces aviennes les plus communes en fonction du nombre de visites pour les 11 mares permanentes du PNW et par zone. ...	48
Tableau 4 : Espèces aviennes peu fréquentes par zone (Tampon, Cynégétiques et Parc) au cours des observations sur les 11 mares permanentes du PNW	49
Tableau 5 : Valeurs moyennes des indices de diversité avienne α par zone	51
Tableau 6 : Valeurs moyennes des indices de diversité végétale α par zone	55
Tableau 7 : Valeurs propres des variables et pourcentage de variabilité expliqué par les trois premiers axes principaux de l'analyse en composantes principales	56
Tableau 8 : Valeurs de p issues d'un t -test des variables étudiées sur les mares de la zone parc et des zones cynégétiques	62
Tableau 9 : Coefficients des fonctions de classification issues de l'analyse discriminante de sept paramètres pour les trois zones échantillonnées	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation des aires protégées et forêts classées du Bénin	17
Figure 2 : Diagramme ombro - thermique de Gaussen, Kandi (Bénin).....	22
Figure 3 : Durée d'insolation journalière moyenne par mois, Kandi (Bénin)	24
Figure 4 : Variations mensuelles moyennes de l'humidité relative maximale (HR) et de l'humidité relative minimale (hr), Kandi (Bénin).....	25
Figure 5 : Carte de localisation des 11 mares sélectionnées et des villages riverains du Complexe Parc W, Bénin.....	32
Figure 6 : Situation des secteurs d'observation d'oiseaux et de la bande de bordure de 100 m délimitée autour d'une mare	38
Figure 7 : Courbes de découverte des taxons (familles, genres et espèces) par zone. Nombre cumulatif de taxons en fonction du nombre d'individus par séquences de temps d'observation	52
Figure 8 : Analyse en composantes principales montrant la répartition de 11 mares permanentes du Complexe PNW en fonction de paramètres de diversité et de paramètres de l'habitat.....	58
Figure 9 : Analyse de groupement à lien complet de Bray – Curtis montrant la similarité entre les observations d'oiseaux par visite sur 11 mares permanentes du Complexe PNW.....	60

LISTE DES ABRÉVIATIONS

1/C :	Réciproque de l'indice de Simpson
1/d :	Réciproque de l'indice de Berger-Parker
ASECNA :	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne
C :	Indice de dominance de Simpson
CEDA :	Centre pour l'environnement et le développement en Afrique, Bénin
CENAGREF :	Centre National de Gestion des Réserves de Faune, Bénin
d :	Indice de Berger-Parker
D :	Indice de Margalef
DPNW :	Direction du Parc National du W, Bénin
ECOPAS :	Écosystèmes Protégés en Afrique Soudano-Sahélienne
EPA :	Environmental Protection Agency
H' :	Indice de diversité spécifique de Shannon-Wiener
INSAE :	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique, Bénin
MAB-UNESCO :	Man And Biosphere - UNESCO
MEHU :	Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme, Bénin
N :	Nombre total d'individus
PCBF :	Programme Canadien de Bourses de la Francophonie
PNW :	Parc National du W, Bénin
PRPW-ECOPAS :	Programme Régional Parc W-ECOPAS
R :	Indice d'équitabilité de Pielou
RBP :	Réserve de Biosphère de la Pendjari, Bénin
RTBW :	Réserve Transfrontalière de Biosphère du W (Bénin, Burkina-Faso et Niger)
S :	Nombre total d'espèces (richesse)
ZC :	Zones cynégétiques
ZP :	Zone Parc
ZT :	Zone Tampon

INTRODUCTION

1.1. Contexte international

La biodiversité mondiale tend à être concentrée sur quelques aires définies comme étant des foyers de biodiversité. Ces foyers couvrent seulement 1.4 % de la surface terrestre et sont confinés au niveau de la ceinture tropicale (Myers *et al.*, 2000). Ils abritent par ailleurs 44 % de la richesse des plantes vasculaires, 35 % des espèces de vertébrés (Cincotta *et al.*, 2000) et constituent aussi des foyers de haute densité humaine et des pôles de développement.

Depuis l'aube de la civilisation, les êtres humains sont attirés par les zones humides du fait des ressources (e.g., sol riche, bois de chauffe et d'œuvre, poissons, eau potable) et services (e.g., transport, stockage de l'eau, maîtrise de l'érosion, épuration de l'eau, rétention de l'eau, activités de loisirs) qu'elles offrent (Barbier *et al.*, 1997). Néanmoins, ces zones ont été pendant longtemps considérées comme insalubres et improductives. D'énormes efforts ont été de ce fait consentis pour permettre une exploitation agricole ou piscicole intensive, ou pour combler les zones humides dans un but de développement industriel ou urbain (Dugan, 1992; Scott et Jones, 1995). Actuellement, la communauté scientifique internationale reconnaît de plus en plus que de nombreuses zones humides ont plus de valeur à l'état naturel ou quasi naturel, que si elles étaient drainées. La dégradation des milieux humides et de ses ressources est donc devenue une inquiétude internationale (Dugan, 1992 ; Manuel de la Convention de RAMSAR, 2004).

Les régions à forte densité humaine sont considérées comme étant les premiers secteurs à risque de dégradation mais il importe de mentionner que les zones humides

enclavées connaissent aussi des dégradations (Karr, 1991). L'accroissement démographique ainsi que l'évolution technologique qui l'accompagne exercent une pression de plus en plus forte sur ces écosystèmes aquatiques et menacent ainsi leur intégrité biologique (Karr *et al.*, 1986 ; Allan et Flecker, 1993). La prise de conscience de ces problèmes de menaces de l'intégrité biologique des écosystèmes a conduit à l'émergence de diverses méthodes d'aide à l'évaluation des impacts d'activités anthropiques sur la santé des écosystèmes aquatiques (Barbour *et al.*, 1999 ; Voelstad *et al.*, 2003).

Le suivi de l'état de santé des écosystèmes aquatiques inclut un inventaire systématique et une évaluation de la qualité chimique, physique et biologique des composantes environnementales. Ce suivi inclut également la prise en compte de la manière dont les changements externes, qu'ils soient naturels ou anthropiques, affectent la qualité des composantes environnementales (Cooley, 1976). Cependant, la simple reconnaissance et la classification de tels changements sont insuffisantes pour développer des stratégies visant à diminuer et à gérer les activités nuisibles.

Jusqu'à tout récemment, la plupart des méthodes de suivi de l'état de santé des écosystèmes aquatiques étaient basées uniquement sur l'utilisation de mesures physico-chimiques telle que la mesure de la concentration en polluants des cours d'eau (Karr, 1991). Un tel suivi donne simplement des informations sur la qualité de l'eau et ne permet donc pas de mesurer la capacité de l'écosystème à se maintenir en équilibre fonctionnel (Karr *et al.*, 1986#; Karr, 1991). Quant aux indicateurs biologiques, ils ont un plus grand pouvoir d'intégration mais ne peuvent totalement remplacer les indicateurs physico-chimiques (Noss, 1990). En effet, l'état biologique et écologique des communautés résidentes d'un

écosystème est le reflet de l'ensemble des caractéristiques (chimiques, physiques et biologiques) du milieu, autant passées que présentes (Davis et Simon, 1995#; Olden, 2003).



1.2. Contexte biologique

Les zones humides définies comme étant «des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée», regroupent toute une variété de biotopes terrestres, côtiers et marins (Manuel de la Convention de RAMSAR, 2004). Ces zones ont été décrites à la fois comme les « reins du paysage » pour les fonctions qu'elles remplissent dans les cycles hydrologiques et chimiques et comme des « supermarchés biologiques » en raison des chaînes trophiques complexes et de la riche diversité biologique qu'elles entretiennent (Mitsch et Gosselink, 1993 ; Elmberg *et al.*, 1994 ; Weller, 1999). Les oiseaux figurent parmi les nombreux occupants visibles de cette riche biodiversité des zones humides (Skinner *et al.*, 1994). Ces vertébrés, intégrateurs des effets cumulatifs d'influences écologiques multiples constituent des indicateurs biologiques (O'Dea *et al.*, 2004) et pourraient donc aider dans les prises de décision, de gestion et de conservation des écosystèmes humides. Les différents processus qui régulent les populations d'oiseaux et qui finalement structurent leurs communautés incluent plusieurs facteurs biotiques et abiotiques qui sont interdépendants (Halse *et al.*, 1993 ; Maron *et al.*, 2005).

1.2.1. Facteurs biotiques

Les communautés aviennes sont influencées par l'étendue, la composition et la structure de la végétation terrestre (Finch, 1991). La fragmentation et la perte d'habitat sont des facteurs clés du déclin des populations d'oiseaux surtout des oiseaux forestiers (Ford *et al.*, 2001). Skowno et Bond (2003) ont montré que l'extrême dynamique de la mosaïque des savanes africaines, la forte influence des mammifères herbivores et des feux sur cette mosaïque pourraient engendrer des changements concomitants dans la composition des communautés aviennes qui sont plus sensibles à la structure de la végétation (MacArthur et MacArthur, 1961) qu'à la composition floristique (Ralph, 1985).

Par ailleurs, la prédation ou le parasitisme des nichées constituent des paramètres qui agissent sur la structure des communautés aviennes (Reijnen *et al.*, 1995). Quant à la perturbation anthropique, ses impacts sont assez diverses (Craig et Barclay, 1992). On note le dérangement durant le repos et la saison de nidification par le tourisme cynégétique et le tourisme de vision (Silveira, 1998). De manière plus indirecte, une forte anthropisation autour des milieux aquatiques engendre souvent une eutrophisation du milieu ayant comme corollaires une faible transparence de l'eau avec un faible taux d'oxygène dissous (Chari *et al.*, 2003). L'équilibre fonctionnel du cours d'eau étant mauvais, les communautés aviennes en sont affectées (Chari *et al.*, 2003).

Enfin, la compétition pour des ressources limitées (Finch, 1989) soit les ressources alimentaires mais aussi les ressources de l'habitat pourraient structurer les communautés aviennes. Dans le cas d'une limitation en ressources alimentaires, il s'agit surtout d'un épuisement des ressources halieutiques (Maheswaran et Rahmani, 2001 ; Chari *et al.*, 2003)

qui affecterait en premier lieu les oiseaux piscivores. Une limitation des ressources de l'habitat se traduit surtout par un manque d'habitats adéquats pour la reproduction ayant plusieurs causes dont le pâturage surtout celui du bétail domestique mais aussi la déforestation (Chari *et al.*, 2003).

1.2.2. Facteurs abiotiques

La structure des communautés aviennes d'un écosystème peut être due à une variété de facteurs abiotiques (Karr et Roth, 1971 ; Adamus et Brandt, 1990). Tout dépendant de la géologie, de la pédologie, de la topographie, de l'hydrologie, de l'hydropériode et du climat (Holland et Jain, 1988 ; Holland et Dains, 1990), il existe divers types de milieux humides. Par conséquent, les paysages autour de ces milieux sont utilisés par diverses espèces aviennes à cause des traits distinctifs de l'habitat tels que la superficie de l'eau de surface, la profondeur de l'eau, la période d'inondation et la proximité d'un complexe de zones humides (Silveira, 1998).

La variation de la superficie de l'habitat peut être le résultat de l'empiètement des habitats par l'agriculture et l'urbanisation (Chari *et al.*, 2003). La fragmentation de l'habitat est associée avec les changements dans la composition des communautés aviennes de divers types de végétation (Benoit et Askins, 2002). L'hydropériode de la zone humide constitue également un facteur qui a une influence sur la superficie de la surface de l'eau (Wakeley et Roberts, 1994) mais également sur la disponibilité des proies (Maheswaran et Rahmani, 2001). Or, les milieux humides en particulier les mares avec une grande superficie sont connus pour recevoir un nombre d'oiseaux aquatiques plus important que

les plus petites mares (Baker *et al.*, 1992). De plus, une hypopériode relativement courte a pour résultat une terre marécageuse extrêmement productive pour la faune invertébrée et des mares relativement peu profondes. Il en résulte alors des profondeurs optimales pour la recherche de nourriture pour une variété d'oiseaux aquatiques (Silveira, 1992 ; Wakeley et Roberts, 1994).

Quant aux facteurs physico-chimiques des milieux humides, ils varient énormément sous l'influence du régime hydrologique, de la profondeur, du type de sédiment, de la végétation terrestre et aquatique, et des apports du bassin versant (Hart *et al.*, 1990). La salinité ou la conductivité, la température, le pH et l'oxygène dissous de l'eau pouvant varier quotidiennement affectent le statut trophique du milieu humide et donc les ressources végétales et animales pour la faune avienne aquatique (Hart *et al.*, 1990 ; Halse *et al.*, 1993 ; Rushton *et al.*, 1994). Hoyer et Canfield (1994) ont montré que les paramètres tels que les concentrations en phosphore total, en azote total, en chlorophylle α ainsi que la transparence de l'eau sont positivement corrélés à l'abondance et à la richesse spécifique de la faune avienne.

Les changements d'autres facteurs tels que la température ambiante et le climat (Rotenberry et Wiens, 1980) peuvent également contribuer à la structure des communautés aviennes. Finch (1989) a montré que la composition des communautés d'oiseaux est en relation avec la répartition des espèces dans les zones d'altitudes différentes.

1.3. Contexte béninois

De nos jours, l'explosion démographique globale et surtout dans les pays en développement engendre une pression inquiétante sur les écosystèmes. En République du Bénin, la monographie nationale sur la diversité biologique rend compte que le pays est marqué du Nord au Sud par des potentialités halieutiques, pastorales, édaphiques, forestières, animales, écotouristiques et agricoles pour soutenir son développement économique (Sinsin et Owolabi, 2001). Au Sud du Bénin, on note deux sites d'importance internationale ou sites RAMSAR reconnus en l'an 2000 : (1) la Basse Vallée du Couffo, Lagune Côtière, Chenal Aho, Lac Ahémé et (2) la Basse Vallée de l'Ouémé, Lagune de Porto-Novo, Lac Nokoué. Au Nord, le pays dispose de deux Réserves de Biosphère (Figure 1) : la Réserve de Biosphère de la Pendjari (RBP) reconnue en 1986 et la Réserve Transfrontalière de Biosphère du W (RTBW) reconnue en 2003.

Le MAB-UNESCO en novembre 2003 a pris acte de l'importance patrimoniale du "W" en lui donnant le statut de Réserve Transfrontalière de Biosphère, la toute première du continent africain (MAB-UNESCO, 2003). La RTBW, l'un des plus grands ensembles d'aires protégées en Afrique de l'Ouest, constitue en Afrique soudano-sahélienne, un réservoir exceptionnel de biodiversité (Bouché *et al.*, 2003). On y rencontre quelques-uns des derniers grands mammifères terrestres emblématiques : éléphants, lions, guépards, antilopes et girafes. Cet écosystème fragile est menacé par des pressions anthropiques d'origines diverses telles que l'agriculture de rente, la transhumance et le braconnage (Dulieu *et al.*, 2003). La superficie que couvre l'aire centrale de la réserve est de plus de 10000 km² répartis entre le Bénin (563280 ha), le Burkina Faso (235000 ha) et le Niger

(226000 ha). Aux 563280 ha de la partie béninoise, il faut ajouter diverses réserves ou forêts classées plus ou moins adjacentes : la Zone Cynégétique de la Djona (115200 ha), la Zone Cynégétique de l'Atacora (125640 ha), la forêt classée de Goun Goun (73476 ha) et la forêt classée de l'Alibori Supérieur (251592 ha) (Botokou *et al.*, 2004).

Au nombre des réformes intervenues au début des années 1990 dans le domaine de l'environnement au Bénin, de nouvelles politiques de conservation et de gestion des Aires Protégées ont été élaborées et adoptées. Il s'agit en particulier de la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique en 1994, l'élaboration de l'agenda 21 national en 1997 et la définition d'une stratégie nationale de conservation de la diversité biologique assortie d'un plan d'action (Sinsin et Owolabi, 2001 ; MEHU, 2002). Dans le cadre de la mise en œuvre de ces nouvelles politiques nationales, le CENAGREF a été créé avec pour mission la gestion rationnelle des parcs nationaux, des zones cynégétiques et des zones tampons en liaison avec les populations riveraines et la société civile. Le centre s'applique donc à la conservation des écosystèmes de la partie béninoise de la RTBW avec l'aide internationale.

Les efforts consentis à cette conservation du Complexe PNW ont débuté en 2001 par un état des lieux avec l'aide du programme régional Parc W-ECOPAS (PRPW-ECOPAS) financé par l'Union Européenne. Cet état des lieux a été suivi en 2002 par une sécurisation du complexe tels que le recrutement des gardes-faune et le renvoi des populations villageoises installées dans le parc. En 2003, les gestionnaires du parc ont procédé à la réinstallation de ces populations villageoises en périphérie dans des zones dites "zones tampons" mises en place pour la circonstance.

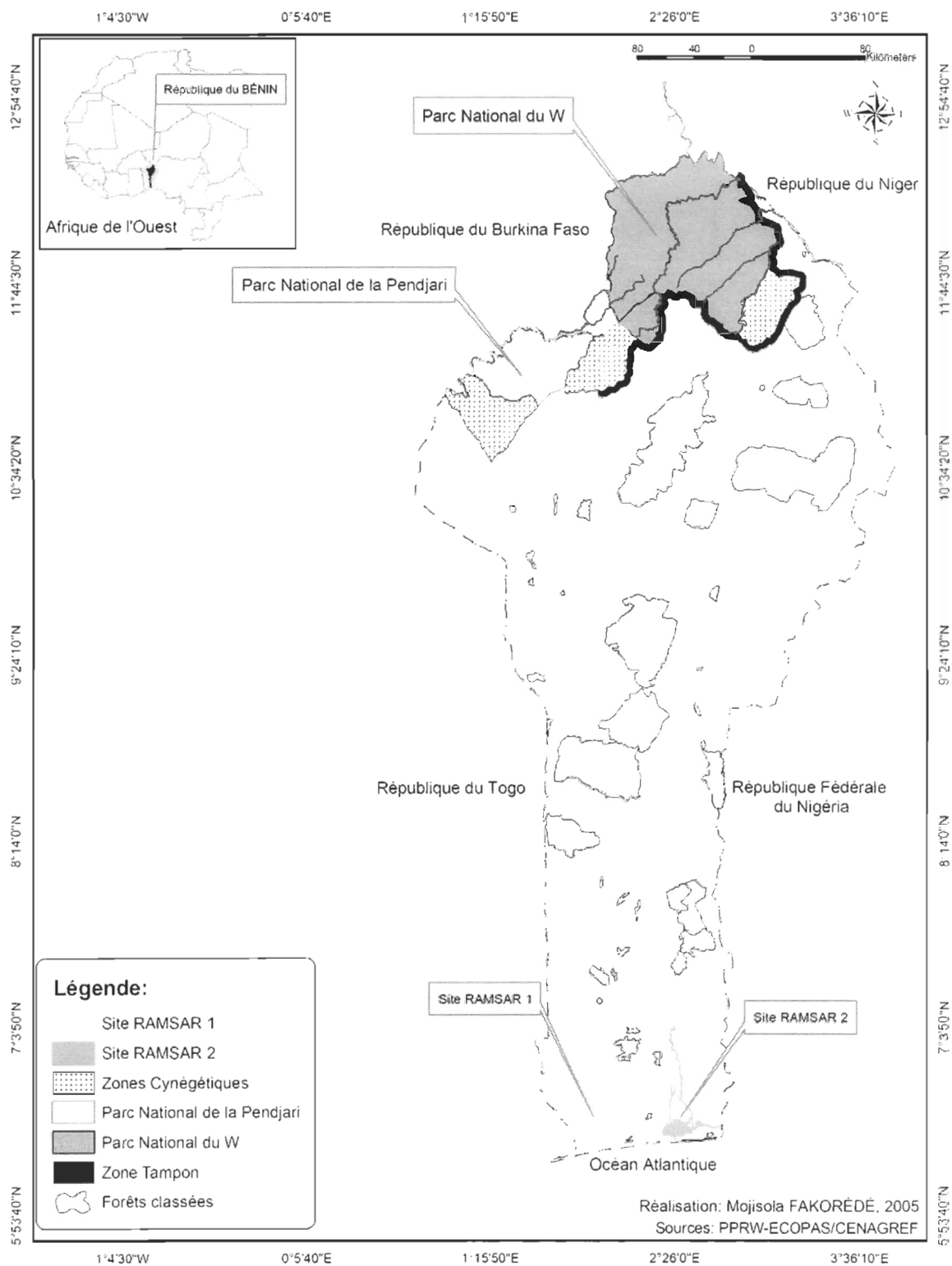


Figure 1 : Carte de localisation des aires protégées et forêts classées du Bénin.

Actuellement, l'accent est mis sur le développement du tourisme de vision et l'éducation environnementale des populations riveraines dans le cadre du programme régional.

1.4. Contexte de l'étude

Les plus récentes études biologiques menées dans le complexe PNW ont porté sur la cartographie du couvert végétal (Arbonnier *et al.*, 2002), l'inventaire des mares et des salines (DPNW, 2002), le dénombrement terrestre et aérien de la faune sauvage (Rouamba et Hien, 2002 ; DPNW, 2003), l'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surface et substrats) (CENAGREF, 2003a), l'inventaire de la faune avienne (CENAGREF, 2003b) et l'écologie alimentaire de quelques espèces de mammifères (Alfa Gambari Imorou, 2002 ; Ayeyon, 2002).

De l'inventaire des mares et salines, il ressort un total de 44 mares soit 18 dans la zone parc, 22 dans les zones cynégétiques et quatre dans la zone tampon (DPNW, 2002). Quant aux salines, un total de 34 à raison de trois salines aménagées dans le parc et 31 dans les zones cynégétiques. Le complexe PNW est riche en points d'eau mais la presque totalité est temporaire. Les gestionnaires ont alors entrepris l'aménagement de certaines mares afin d'accroître la disponibilité permanente de l'eau à l'intérieur du complexe.

L'inventaire de la faune avienne de la partie béninoise du Complexe W et de la Vallée du fleuve Niger, révèle 370 espèces d'oiseaux (CENAGREF, 2003b ; Lamarque, 2004).

De cet inventaire publié en 2003, il ressort que la Vallée du Niger constitue une zone humide importante pour les communautés d'oiseaux d'eau migrateurs et afrotropicaux.

Il convient de noter que très peu d'études menées dans le Complexe PNW prennent en compte simultanément plusieurs composantes des écosystèmes du parc pour parvenir à des prises de décision de conservation et de gestion. La présente étude se veut être un palliatif en faisant ressortir les relations qui existeraient entre les caractéristiques des communautés aviennes et les caractéristiques biologiques de certaines mares permanentes du complexe PNW telles que la structure de la végétation environnante, la qualité de l'eau et d'autres paramètres environnementaux.

Afin d'établir les relations potentielles entre les diverses composantes du milieu tels que l'habitat et les communautés aviennes, la présente étude vise trois principaux objectifs. Le premier objectif est de décrire les patrons de diversité avienne de 11 mares permanentes du PNW. Le deuxième objectif vise à mettre en évidence les relations entre la structure de ces mares permanentes, la structure de la végétation et la structure de la faune avienne du PNW. Enfin, le troisième objectif consiste à mettre en évidence les paramètres qui discriminent les trois zones de conservation à savoir la zone parc, les zones cynégétiques et la zone tampon.

MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

2.1. Milieu d'étude

Avec une superficie de 112 622 km² et une population d'environ 6 millions d'habitants (INSAE, 2003), la République du Bénin est un pays côtier d'Afrique occidentale ouvert sur le Golfe de Guinée. Le pays est entièrement situé dans la zone intertropicale entre les parallèles 6°10' et 12°30' de latitude Nord et entre les méridiens 0°40' et 3°50' de longitude Est. Il est limité au Nord par le Fleuve Niger, au Nord-Ouest par le Burkina Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigeria et au Sud par l'Océan Atlantique. Trois zones biogéographiques se succèdent sur l'axe Nord - Sud : la savane soudanienne du Nord du Bénin, la savane guinéenne du Centre du Bénin et les régions d'anciennes forêts du Bas du Bénin. De plus, cet axe Nord-Sud croise trois zones climatiques : la zone soudanienne sèche au Nord, la zone soudano-guinéenne au centre et la zone subéquatoriale au Sud (Texier *et al.*, 1979 ; CEDA, 1998). Avec son relief peu accidenté, on distingue également au Bénin quatre ensembles géomorphologiques (MEHU, 2002) : la zone montagneuse située dans le Nord-Ouest du pays, la zone côtière le long du littoral au sud, les régions de plateau au Sud-Ouest, au Sud-Est et au Nord-Est (zone d'étude) et la pénéplaine dans le reste du pays. Ce contexte géomorphologique définit deux grands bassins versants : celui du fleuve Niger puis celui de l'Océan Atlantique.

2.2. Localisation géographique

Le Complexe W du fleuve Niger situé au Nord-Ouest du Bénin est formé par le Parc National du W, la zone cynégétique de la Djona, la zone de chasse de Kérékou et la zone

tampon. Il est jouxté à cinq communes à savoir les Communes de Karimama, de Malanville, de Kandi, de Banikoara et de Kérou.

Pénéplaine de 250 m d'altitude, le parc est traversé du Sud-Ouest au Nord-Est par l'extrémité de la chaîne de l'Atacora et drainé par le fleuve Niger et ses affluents. Le massif montagneux qui fait suite à cette chaîne de l'Atacora a imposé au fleuve Niger des méandres très pittoresques en forme de la lettre "W", d'où le nom de Parc National W du fleuve Niger.

2.2.1. Données climatiques

Le Complexe W du fleuve Niger est du domaine climatique soudanien avec quelques influences sahéliennes se traduisant par la présence de beaucoup d'espèces végétales épineuses. On distingue dans ce Complexe deux saisons : une saison des pluies et une saison sèche. La saison des pluies va de la mi-mai à la mi-octobre et peut se prolonger en novembre tandis que la saison sèche est subdivisée en deux périodes : l'une fraîche allant de fin octobre à mi-février correspondant à la période de l'harmattan, un vent sec et froid, chargé de poussière, et l'autre chaude de mi-février à mi-mai dont la durée peut varier d'une saison à l'autre. La présentation des variables climatiques s'appuie sur des données recueillies (de 1961 à 2000) par le service météorologique de Kandi (ASECNA Kandi, 2003).

a. Températures et précipitations

La figure 2 ci-dessous présente le diagramme ombro-thermique de la région de Kandi qui s'applique à la zone d'étude. Hormis la Commune de Karimama qui a une pluviométrie annuelle se situant entre 700 mm et 800 mm, la zone d'étude est comprise entre les isohyètes de 700 et 1000 mm (Adam et Boko, 1993).

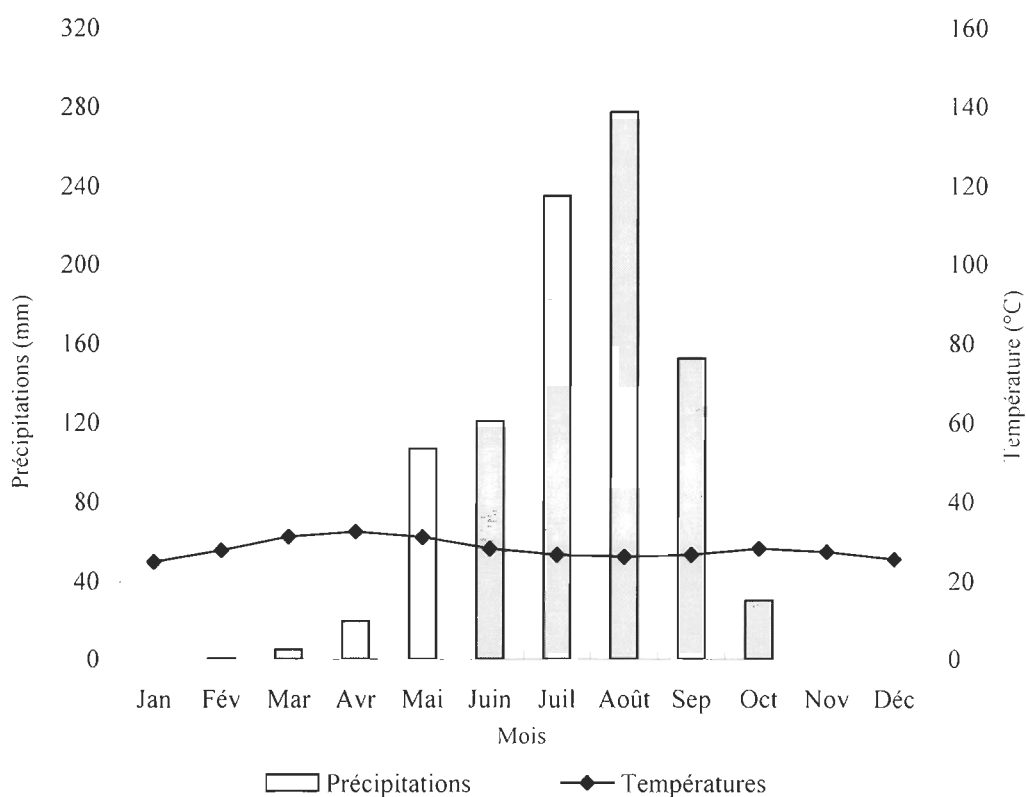


Figure 2 : Diagramme ombro - thermique de Gaussen, Kandi (Bénin).

L'échelle des précipitations étant deux fois celle des températures ($P = 2T$), la période de sécheresse correspond aux mois où la courbe des précipitations est en dessous de celle des températures. Les mois de novembre, décembre et janvier sont complètement

secs. Tandis que les autres mois secs connaissent une pluviométrie allant de 1.8 mm à 38.7 mm. Le mois d'août est le mois le plus arrosé avec 280 mm. Quant à la température, elle est plus basse en décembre (24.9 °C) et la température la plus élevée est observée au mois d'avril (32.5 °C).

b. Vents

Le milieu d'étude est soumis à deux types de vents. L'alizé maritime en provenance de la dépression atmosphérique de l'île de Sainte-Hélène située au sud-ouest de l'Afrique souffle d'avril à novembre. Puis l'harmattan soufflant de décembre à mars provient de l'anticyclone des Açores situé au sud de l'Espagne. Ce vent sec augmente le déficit hygrométrique de l'air entre décembre et janvier accentuant ainsi les conditions d'aridité de la zone en saison sèche.

c. Insolation

L'insolation représente le paramètre essentiel du rayonnement global et joue à ce titre un rôle très important à la fin de l'hivernage en intensifiant le pouvoir évaporant de l'air. La figure 3 présente les variations moyennes mensuelles de l'insolation. La durée d'insolation moyenne maximale est observée en novembre (9.3 heures) et celle minimale en août (6.4 heures). La période la plus ensoleillée va d'octobre à juin et la moins ensoleillée de juillet à septembre.

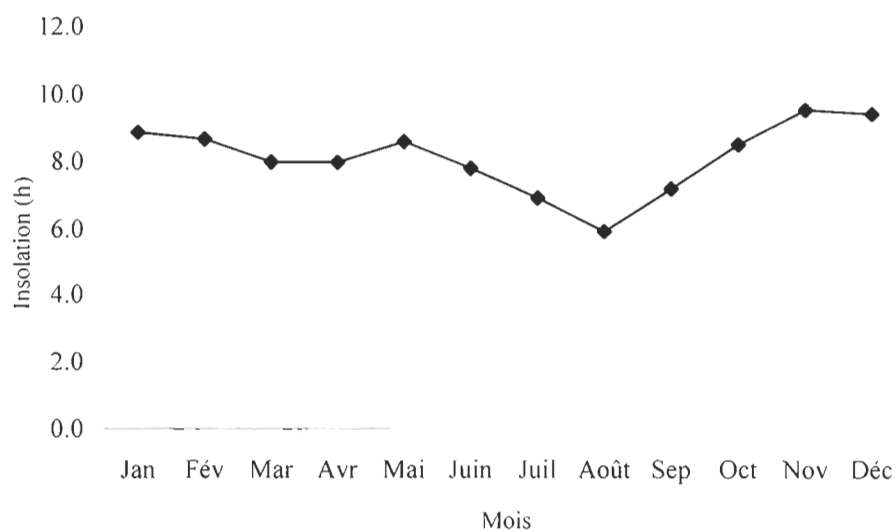


Figure 3 : Durée d'insolation journalière moyenne par mois, Kandi (Bénin).

d. Humidité relative

L'humidité relative joue le rôle atténuateur du déficit hydrique. La figure 4 présente les variations moyennes mensuelles de l'humidité relative maximale et minimale de l'air. Les mois d'avril à novembre ont une humidité relative maximale tandis que du mois de mai au mois d'octobre on observe une humidité relative minimale.

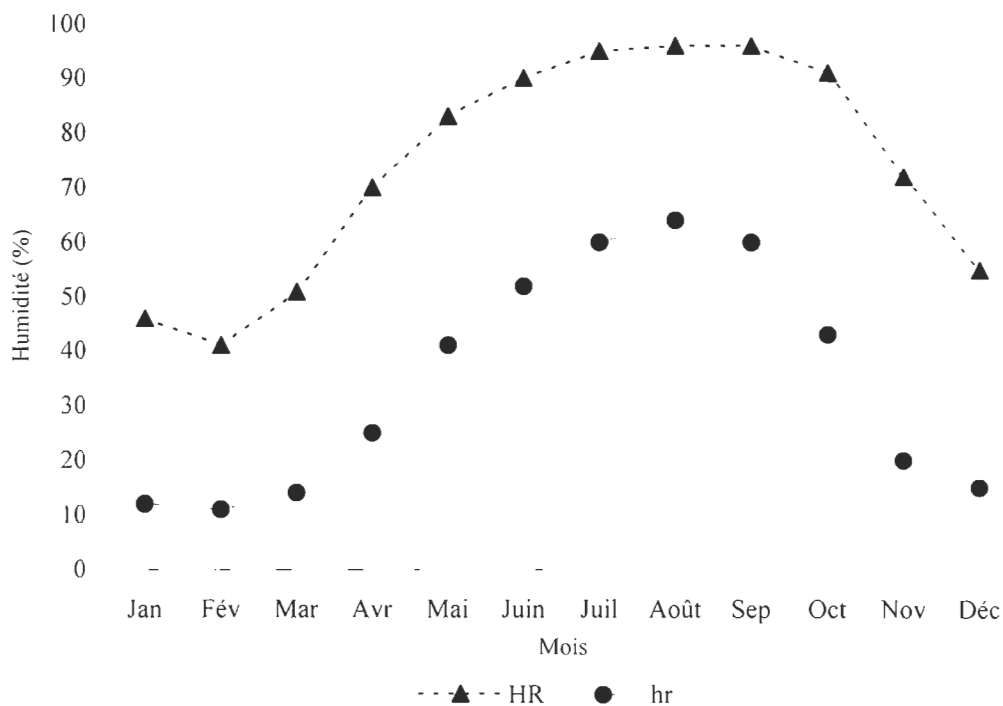


Figure 4 : Variations mensuelles moyennes de l'humidité relative maximale (HR) et de l'humidité relative minimale (hr), Kandi (Bénin).

2.2.2. Hydrographie et types de sols

Le Complexe W est traversé par trois des quatre affluents du Niger. Il s'agit des rivières Alibori (427 km), Kompa Gourou (100 km) et Mékrou (480 km). À ces trois cours d'eau s'ajoutent des cours d'eau secondaires dont les principaux sont : Kpako, Kompa Gorou, Kokodianguou, Bédarou, Djiga et Konékoga. Si les cours d'eau primaires ont un régime irrégulier et un débit d'eau important en saison des pluies, c'est un chapelet de mares où viennent s'abreuver les animaux qu'ils laissent en saison sèche.

Quant aux types de sols, on distingue dans le Complexe W d'une part des sols ferrugineux tropicaux lessivés qui sont soit fortement concrétionnés avec une surface cuirassée et une végétation arbustive et herbacée ou soit faiblement concrétionnés avec une végétation arborée. D'autre part, on retrouve des sols sablo-argileux ou limono-argileux que sont des sols noirs, épais, argileux en profondeur se révélant très fertiles. On rencontre ce dernier type de sol aux bords des mares, des dépressions et des cours d'eau (Adam et Boko, 1993).

2.2.3. Végétation et faune

a. Végétation

Les paysages du Complexe W s'organisent autour d'éléments aquatiques (fleuve, rivières, mares) et terrestres (Arbonnier *et al.*, 2002). La végétation est constituée pour l'essentiel de savanes caractéristiques des zones soudaniennes et soudano-sahéliennes. Ce sont des savanes boisées, arborées, arbustives et herbeuses dont la composition végétale varie en fonction des sols. On rencontre des espèces végétales telles que *Combretum nigricans*, *C. glutinosum*, *C. hypopilinum*, *C. micranthum*, *Crossopteryx febrifuga*, *Piliostigma reticulatum*, *Terminalia avicennioides*, *Guiera senegalensis*, *Andropogon gayanus*, *A. fastigiatus*, *Hyparrhenia involucrata*, *Loudetia togoensis*, *Vitellaria paradoxa*, *Daniellia oliveri*, *Ximenia americana*, *Gardenia sokotensis*, *Securinega virosa*, *Balanites aegyptiaca*.

A ces savanes s'ajoutent quelques forêts (galerie et claire), des formations édaphiques (de dépression ou de sols caillouteux) et des peuplements anthropisés. Les espèces

végétales rencontrées en forêt sont *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Diospyros mespiliformis*, *Tamarindus indica*, *Daniellia oliveri*, *Sclerocarya birrea*, *Crateva religiosa*, *Kigelia africana*, *Khaya senegalensis*, *Mytragina inermiss*, *Cola laurifolia*, *Borassus aethiopum*, *Nauclea latifolia*, *Mimosa pigra*, *Combretum micranthum*, *Acacia ataxacantha* et *A. erythrocalyx*.

Les espèces dominantes des formations sur les sols caillouteux sont *Burkea africana* et *Detarium microcarpum* mélangées à d'autres telles que *Lannea acida*, *Sterculia setigera* et *Combretum glutinosum*.

Une particularité botanique de la Région du W est la présence de très importants peuplements de baobabs (*Adansonia digitata*) qui sont généralement associés à des sites d'anciens villages.

b. Faune

La faune en générale y est particulièrement diversifiée et la fréquence de rencontre des animaux est plus forte dans les zones cynégétiques que dans le parc (CENAGREF, 2003a). En saison sèche, d'immenses espaces secs sont complètement désertés par les animaux qui gagnent le nord de la Mékrou et les pourtours des points d'eau permanents. Lamarque (2004) a dénombré 51 espèces de grands mammifères dans le Complexe W mais on rencontre surtout l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*), l'hippotrague rouan (*Hippotragus equinus*), le buffle d'Afrique (*Syncerus caffer*), le bubale (*Alcelaphus buselaphus*), le cobe de Buffon (*Adenota kob*), le cobe Defassa (*Kobus defassa*), le phacochère (*Phacochoerus eathiopticus*), le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), le

céphalophe de Grimm (*Sylvicapra grimmia*), le céphalophe à flanc roux (*Cephalophus rufilatus*), le patas (*Erythrocebus patas*), le babouin doguera (*Papio anubis*) et le lion (*Panthera leo*).

Les missions ornithologiques effectuées dans le Complexe W ont recensé au total 370 espèces d'oiseaux (Hollyaok et Seddon, 1990 ; Bousquet, 1992 ; Dowsett *et al.*, 1993 ; CENAGREF, 2003b ; Lamarque, 2004). En 2003, huit nouvelles espèces d'oiseaux ont été identifiées dans le Complexe W et la Vallée du Niger. Il s'agit de Butor étoilé (*Botarus stellaris*), Petit Jacana (*Microparra capensis*), Vanneau terne (*Vanellus lugubris*), Bécassine sourde (*Gallinago minima*), Agrobate rubigineux (*Cercotrichas galactotes*), Hypolais polyglotte (*Hippolais polyglotta*), Etourneau roupenne d'Alexander (*Onychognathus morio*) et Combassou du Cameroun (*Vidua camerunensis*) (CENAGREF, 2003b). Les groupes d'espèces les plus représentés dans le Complexe W du fleuve Niger et la Vallée du Niger sont les rapaces, les limicoles, les canards et les passereaux (CENAGREF, 2003b). Le statut phénologique des espèces aviennes du Complexe du W est assez diversifié. On distingue des espèces sédentaires ou résidentes, des espèces migratrices, des espèces d'origine afrotropicale et d'origine paléarctique (Adjakpa, 2000).

Près des cours d'eau, des forêts ripicoles et des galeries forestières, on rencontre l'ibis hagedash (*Bostrychia hagedash*), les martins-pêcheurs (*Ceryle* spp. et *Halcyon* spp.), l'aigle pêcheur (*Haliaeetus vocifer*), le héron à dos vert (*Butorides striatus*), l'ombrette (*Scopus umbretta*), la cigogne épiscopale (*Ciconia episcopus*) mais également des rapaces. Les mares et marécages sont caractérisés par la présence de la grande aigrette (*Egretta alba*), le marabout (*Leptoptilos crumeniferus*), le jabiru du Sénégal (*Ephippiorhynchus*

senegalensis), l'aigle pêcheur (*Haliaeetus vocifer*), le jacana (*Actophilornis africana*), quelques limicoles et de nombreux guêpiers (*Merops* spp.).

Les savanes sont fréquentées par les rolliers (*Coracias* spp. et *Eurystomus* spp.), le francolin commun (*Francolinus bicalcaratus*), la pintade commune (*Numida meleagris*), les tourterelles (*Streptopelia* spp. et *Oena* spp.), le bateleur (*Terathopius ecaudatus*), l'élanion blanc (*Elanus caeruleus*), les calaos (*Tockus* spp.), les vanneaux (*Vanellus* spp.), les engoulevents (*Caprimulgus* spp. et *Macrodipteryx* spp.), les outardes (*Eupodotis* spp. et *Neotis* spp.) et les circaètes (*Circaetus* spp.).

Les plaines d'inondation du fleuve Niger, bien que ne faisant pas partie du Complexe W sont très vitales pour les oiseaux en général et les oiseaux d'eau de la région d'étude en particulier. On y trouve de grandes colonies de canards, de hérons, d'aigrettes, de limicoles et de cigognes.

Près des agglomérations, on rencontre des espèces aviennes telles que la cigogne d'Abdim (*Ciconia abdimii*), les tourterelles, les pigeons, les limicoles cherchant leur nourriture aux abords des bras morts du fleuve Niger non loin des habitations humaines de la région.

2.2.4. Populations riveraines

Les données démographiques de 1997 dans les zones riveraines du Parc National du W ont rapporté une population rurale de 120 000 habitants environ. La densité humaine autour du Complexe W est très variable soit près de 25 habitants/km² à Banikoara, 21.7 habitants/km² à Kandi, 22.3 habitants/km² à Malanville et 4.8 habitants/km² à Karimama

(INSAE, 1994). Cette densité est cependant relativement élevée, avec un taux d'accroissement moyen annuel de 2.5% entre 1972 et 1992 (INSAE, 1994). La population se compose de divers groupes ethniques (Dendi, Bariba, Mokolé, Djerma, Haoussa et Peulh) dont les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et le commerce.



2.3. Sites d'échantillonnage

Les 11 zones humides échantillonnées sont des mares naturelles permanentes situées dans trois zones de conservation différentes : la zone du parc, les zones cynégétiques et la zone tampon. La collecte de données a été réalisée de décembre 2003 à février 2004. Afin de sélectionner les mares, quatre critères ont été appliqués : (1) l'accessibilité à la mare ; (2) une superficie comprise entre 0.1 et 5 ha ; (3) une distance entre les mares supérieure à 500 m et (4) un régime saisonnier permanent. Des 11 mares sélectionnées et suivies, cinq se trouvent dans la zone parc, quatre dans les zones cynégétiques et deux dans la zone tampon (Figure 5).

Après la validation des critères de sélection, un premier inventaire sur chaque mare a permis d'effectuer des relevés aviens ainsi que cinq mesures physico-chimiques de l'eau (la température de l'eau, le pH, l'oxygène dissous, les concentrations d'azote ammoniacal et de phosphate). Un deuxième inventaire a permis de faire des mesures de paramètres environnementaux (le type et les formes de relief, l'altitude, la superficie de la mare, le type de végétation, le type et la couleur du sol) dans un rayon de 100 m autour de la mare. Enfin durant le dernier inventaire, les relevés aviens et les mesures de paramètres physico-

chimiques de l'eau ont été repris. Ces inventaires ont été faites de façon rotatoire afin de minimiser l'effet des variations temporelles (Annexe 1) et ont permis de faire une brève description de chaque mare (Annexe 2).

2.3.1. Mares dans la zone parc

a. Mare 25

Située sur un plateau, la mare 25 est une mare naturelle aménagée d'une superficie de 1.780 ha. La structure de la végétation entourant la mare est caractérisée par une galerie forestière à *Anogeissus leiocarpus* et une savane arborée à *A. leiocarpus* et *Mitragyna inermis*. Le sol est argileux rouge clair. En périphérie se trouve des buttes de terre et une plaine inondable. La surface de la mare est couverte à 15 % par deux espèces végétales aquatiques, *Nymphaea lotus* et *Pistia stratiotes*.

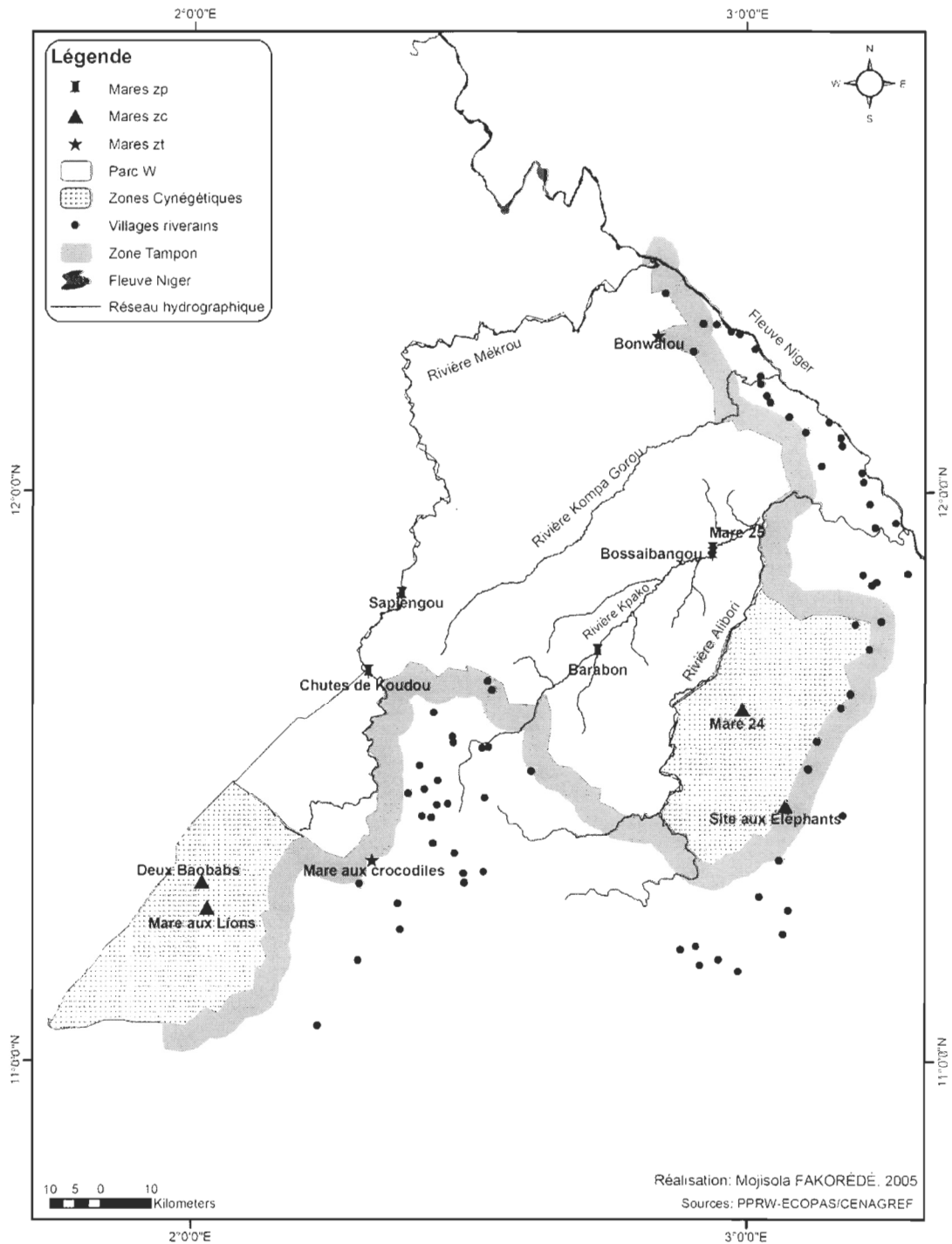


Figure 5 : Carte de localisation des 11 mares sélectionnées et des villages riverains du Complexe Parc W, Bénin.

b. Mare Bossaibangou

D'une superficie de 0.219 ha, la mare Bossaibangou est naturelle, située sur un plateau et dans le lit d'un cours d'eau secondaire tributaire de la rivière Alibori. Elle est bordée par une galerie forestière à *Daniellia oliveri*, *Mitragyna inermis* et *Anogeissus leiocarpus*. Le sol est argilo-limoneux rouge clair et la surface de l'eau n'est pas couverte par des plantes aquatiques.

c. Mare Barabon

Mare naturelle située dans le lit d'un cours d'eau secondaire tributaire de la rivière Alibori, la mare Barabon a une superficie de 0.575 ha. Elle est localisée dans une savane arborée à *Daniellia oliveri* et *Mitragyna inermis*. La mare est sur un plateau avec un sol noir argileux et on y rencontre des vallées et des collines gravillonnaires. *Nymphaea lotus* recouvre à 50 % la surface de la mare.

d. Mare des Chutes de Koudou

Située sur un plateau, la mare naturelle est au bas des chutes de Koudou et se trouve dans le lit de la rivière Mékrou. Durant l'étude, la superficie était de 0.747 ha. Le cours d'eau est bordée d'une galerie forestière à *Borassus aethiopum* et *Mitragyna inermis*. Le sol est limono-argileux et on rencontre des crêtes, des collines et des chutes. La surface de l'eau n'est pas recouverte par des espèces végétales aquatiques.

e. *Mare Sapiengou*

Située sur un plateau, la mare Sapiengou est naturelle avec une superficie de 4.353 ha. Elle est localisée dans une savane arborée à *Daniellia oliveri* et *Terminalia avicennioides*. Le sol est noir argileux et on y rencontre des collines, des buttes de terre et une plaine inondable. La surface de l'eau n'est pas couverte mais *Schizachyrium platyphyllum* est présent.

2.3.2. Mares dans les zones cynégétiques

a. *Mare 24*

Mare naturelle située sur un plateau avec une superficie de 0.346 ha, la mare 24 est entourée par un fourré à *Mitragyna inermis* et *Pterocarpus erinaceus*. Mis à part ce type de végétation, la mare 24 est aussi entourée par une savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* et *Mitragyna inermis*. Le sol est argileux hydromorphe noir et on y rencontre des buttes de terre, un thalweg et du sol graveleux à quelques endroits. *Nymphaea lotus* et *Pistia stratiotes* recouvrent à 80 % la surface de la mare et *Schizachyrium platyphyllum* est aussi présent.

b. *Mare du Site aux Éléphants*

Située sur un plateau, la mare du Site aux Éléphants est naturelle. Elle a une superficie estimée à 0.282 ha et se localise dans une savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Bridelia ferruginea* et *Prosopis africana*. Le sol est argileux hydromorphe noir et on observe des cuirasses latéritiques, des buttes de terre, une plaine inondable et des termitières. *Nymphaea lotus* recouvre à 10 % la surface de la mare.

c. Mare aux lions

La mare aux lions est naturelle avec une superficie de 0.119 ha et se localise dans une savane boisée à *Daniellia oliveri* et *Mitragyna inermis*. Le sol est noir argileux et on rencontre également des buttes de terre, des collines et des termitières. La surface de l'eau n'est pas couverte de végétaux aquatiques.

d. Mare Deux Baobabs

D'une superficie de 0.139 ha, la mare Deux Baobabs est naturelle et se localise dans une savane arborée à *Mitragyna inermis* et *Daniellia oliveri*. Le sol est argileux rouge clair. Des buttes de terre et des termitières s'y observent. Les plantes aquatiques sont absentes.

2.3.3. Mares dans la zone tampon

a. Mare aux crocodiles

Mare naturelle située sur un plateau, la mare aux crocodiles avec une superficie estimée à 0.660 ha est bordée d'une galerie forestière à *Anogeissus leiocarpus*. Elle se localise dans une savane arborée à *Daniellia oliveri* et *Mitragyna inermis*. Le sol est limono-argileux gris sombre et on observe des cuirasses et des vallons. Les plantes aquatiques sont absentes.

b. Mare Bonwalou

Située sur un plateau, la mare Bonwalou avec une superficie de 2.495 ha est naturelle et se trouve dans le lit d'un cours d'eau tributaire de la rivière Kompa Gorou. Elle se localise dans une savane arbustive à *Ficus platyphylla* et *Nauclea latifolia* et on y observe des collines et une plaine inondable. Le sol est limoneux et *Nymphaea lotus* recouvre à 95 % la surface de la mare.

2.4. Méthodes d'échantillonnage

La superficie des mares a été estimée à partir de points GPS (Etrex Garmin) pris autour des mares à tous les 1.50 m environ. Le nombre de points GPS variait de 20 à 75 par mare. La superficie des mares a été calculée à l'aide d'Arcview 8.

Des dosages de phosphate (PO_4 en mg/L) et d'azote ammoniacal (NH_4 en mg/L) ont été faits par colorimétrie in situ à l'aide d'un colorimètre Orion Aquafast II sur trois échantillons d'eau prélevés à environ 0.5 m de profondeur et 1.5 m du bord de l'eau. Pour chacun des éléments trois mesures ont été effectuées pour chaque échantillon d'eau. Le pH a été également mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique (pHTestr™ 3 de Oakton). La température et l'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide d'un oxymètre (Modèle YSI 57) mais malheureusement, ces paramètres n'ont pas pu être utilisés du fait de quelques valeurs incohérentes notées.

La hauteur moyenne et le recouvrement au sol de chaque strate végétale (strates arborée, arbustive et herbacée) ont été estimés visuellement au niveau de chaque mare. Les

différents types de végétation ont été identifiés en s'inspirant de la classification des types physiologiques de la végétation décrits par Arbonnier *et al.* (2002) (Annexe 3).

Les inventaires floristiques ont été effectués dans des parcelles de 50 m x 50 m délimitées dans un rayon de 100 m autour de la mare. La distance entre deux parcelles de comptage devrait être au moins de 300 m et le nombre de parcelles variait suivant la circonférence de la mare. Pour les mares ayant une superficie inférieure à 3 ha soit 614 m de circonférence, une seule parcelle était choisie au hasard. Pour les mares ayant une superficie comprise entre 3 et 5 ha soit une circonférence comprise entre 614 à 793 m, deux parcelles ont été choisies (Wakeley et Roberts, 1994).

L'échantillonnage de la faune avienne est basé sur la méthode de comptages directs (Weller, 1999) appropriées pour les parties de zones humides de n'importe quelle taille où la visibilité n'est pas obstruée. Un point de comptage direct a été choisi au bord de la mare. Dans la bande de 100 m bordant les mares (Weesie, 1996), des points d'observation et d'écoute ont été choisis (Blondel *et al.*, 1970 ; Ralph *et al.*, 1995). Ceci afin de faire un relevé avien assez exhaustif de la mare étant donné que les oiseaux des zones humides sont mieux inventoriés (richesse spécifique et abondance absolue) en utilisant de façon complémentaire la méthode de comptage direct et les points d'écoute (comptage indirect) (Adamus et Brandt, 1990). Ces points de comptage direct et indirect se situent dans les parcelles de 50 m x 50 m définies pour la végétation. Le secteur d'observation des espèces aviennes est défini par un rayon de 100 m et un angle de 180° (Figure 6).

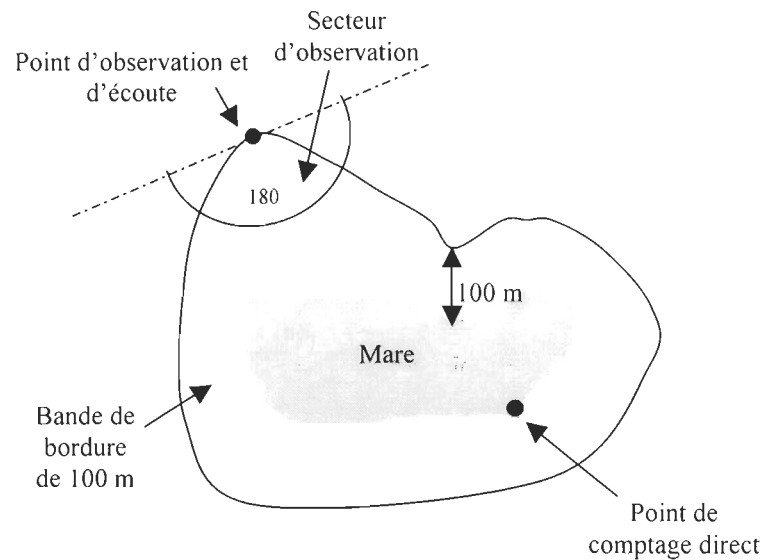


Figure 6 : Situation des secteurs d’observation d’oiseaux et de la bande de bordure de 100 m délimitée autour d’une mare.

Les espèces vues et entendues sont identifiées (Serle et Morel, 1988), comptées et le type d’habitat où ils se trouvent notés. L’identification visuelle s’est faite à l’aide d’un binoculaire (SPORTER I 8x36 DCF de Nikon) dans un rayon de 100 m autour du point de comptage. La détection des oiseaux étant plus grande pendant les premières heures du matin et par temps de bonne visibilité, l’observation et le dénombrement des oiseaux commençaient 15 minutes avant le levé du soleil et prenaient fin deux heures après (Lynch, 1995). Chaque dénombrement au point d’observation durait 24 minutes (Lapointe, 1985). Le nombre d’espèces d’oiseaux était pris en note toutes les trois minutes afin de pouvoir réaliser des courbes de découverte. Ces courbes permettent de prédire la richesse spécifique des sites, de standardiser l’effort d’échantillonnage d’un site à un autre et enfin

d'estimer l'effort minimum requis pour effectuer des inventaires d'espèces complets au niveau du site (Moreno et Halffter, 2000).

2.5. Méthodes d'analyse des données

2.5.1. Communautés aviennes

Afin de caractériser les communautés aviennes des 11 mares permanentes étudiées au niveau de chaque zone du Complexe W, plusieurs indices de diversité α ont été calculés.

La richesse totale d'espèces S évaluée comme étant le total des espèces observées durant les visites par mare et l'abondance absolue N d'une espèce représentant l'effectif le plus élevé relevé durant les visites effectuées. La richesse totale et l'abondance absolue par mare ont été ainsi considérées car les effectifs recensés représentent certainement des minima en raison du sous recensement à l'intérieur des secteurs d'observation et du non comptage des individus présents à l'extérieur des secteurs (Blondel *et al.*, 1970). De plus, l'occurrence des dix premières espèces aviennes les plus communes a été évaluée en faisant un rapport entre le nombre de visites durant lequel une espèce a été rencontrée et le nombre total de visites effectuées. Cette occurrence pour chacune des espèces est exprimée en pourcentage (%) et a été calculée pour l'ensemble des visites effectuées sur le Complexe et par zone de conservation.

L'indice de Margalef D est une mesure de la richesse des espèces d'une communauté.

$$D = \frac{(S - 1)}{\ln N} \quad \text{avec } S \text{ représentant le nombre total}$$

d'espèces et N l'effectif total d'individus. Magurran (1988) a observé que les indices de

Margalef (**D**) et de richesse spécifique (**S**) sont des indices dont la pondération de la richesse spécifique est plus importante et de ce fait sont plus utiles pour déceler les différences entre les sites que les indices accordant davantage d'importance à la dominance ou à la régularité de la diversité. Plus l'indice **D** est élevé, plus la diversité spécifique est grande.

L'indice de diversité de Shannon-Wiener **H'** mesure la diversité spécifique et varie entre 0 (communauté constituée que d'une seule espèce) et $\log_2 S$ (toutes les espèces présentes ont une abondance équivalente).

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \times \log_2 \frac{n_i}{N} \quad \text{avec } S \text{ le nombre total}$$

d'espèces présentes ; n_i l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon et N l'effectif total. Magurran (1988) considère cet indice comme possédant un pouvoir modéré de discrimination entre deux communautés.

L'indice d'équitabilité de Pielou **E** permettant de mesurer l'équitabilité ou la régularité des espèces de la communauté par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Barbault, 1992).

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} \quad \text{avec } H' \text{ représentant l'indice de}$$

Shannon ; H_{\max} correspondant à $\log_2 S$. L'indice d'équitabilité E est maximal (1) quand les espèces ont des abondances identiques dans la communauté et minimal (0) quand une seule espèce domine toute la communauté. Cet indice est insensible à la richesse spécifique et très utile pour comparer les dominances potentielles entre des stations.

L'indice de Simpson C mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce.

$$C = \frac{\sum N_i(N_i-1)}{N(N-1)} \quad \text{avec } N_i \text{ étant le nombre}$$

d'individus de l'espèce donnée et N représentant le nombre total d'individus. L'indice de Simpson aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de dominance et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de dominance. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Plus grande est la valeur de la réciproque $1/C$ plus grande est l'équitabilité.

L'indice de dominance de Berger-Parker d exprime l'importance proportionnelle des espèces les plus abondantes (les espèces dominantes) et est considéré par May (1975) comme l'une des mesures de la diversité la plus satisfaisante.

$$d = \frac{N_{max}}{N} \quad \text{avec } N_{max} \text{ le nombre}$$

d'individus de l'espèce la plus abondante et N le nombre total d'individus de l'échantillon. Lorsque la valeur de la réciproque $1/d$ croît, la diversité aussi croît mais la dominance est réduite.

Les dénombrements effectués par séquence de temps sur chaque site pendant 24 minutes ont servi à calculer les paramètres de diversité α mais aussi à tracer des courbes de découverte à trois niveaux taxonomiques (i.e., espèces, genres et familles) par mare et par zone. Afin de déterminer les valeurs asymptotiques des indices de diversité des courbes de régressions non-linéaires de formule $y = (a - b) \frac{1}{c^x} + b$ ont été tracées. Ces courbes de

découverte permettront de faire une comparaison entre la diversité avienne des mares étudiées au niveau des trois zones.



2.5.2. Communautés végétales

Les indices de diversité α (**S**, **N**, **D**, **H'**, **E**, **C**, **1/C** et **d**) ont été calculés pour les espèces végétales ligneuses afin de caractériser les communautés végétales des parcelles délimitées aux abords des mares permanentes du PNW.

2.5.3. Relations entre l'habitat et les communautés aviennes des mares

Les paramètres de l'habitat regroupent les variables décrivant la structure végétale, la géomorphologie et l'activité anthropique. La structure de la végétation est caractérisée par la richesse végétale totale, le recouvrement arboré, le recouvrement arbustif et le recouvrement herbacé. Outre les paramètres biotiques et abiotiques mesurés sur le terrain, des paramètres de distance ont été déterminés à l'aide des cartes numérisées sur Arcview 8 (Tableau 1).

Les variables géomorphologiques liées à l'habitat sont la superficie de la mare, le type de sol aux abords de la mare, l'altitude et la distance séparant les mares d'un cours d'eau permanent. Les activités anthropiques sont prises en considération d'une part par les distances séparant les mares des localités et des pistes. D'autre part, ces activités anthropiques sont évalués par les taux des résidus de phosphate et d'azote ammoniacal présents dans l'eau des mares du fait de l'utilisation abusive des engrais et pesticides dans l'agriculture par les populations aux alentours du complexe W (Chari et *al.*, 2003).

Tableau 1 : Treize variables de l’habitat mesurées et calculées pour chacune des 11 mares permanentes du Complexe Parc W sélectionnées et les codes qui seront utilisés dans les analyses statistiques.

Variables	Code
Superficie (ha)	Sup
Type de sol	T _{sol}
Altitude (m)	Alt
Phosphate (mg/L)	P
Azote ammoniacal (mg/L)	N
Recouvrement arboré (%)	R _{arb}
Recouvrement arbustif (%)	R _{arbu}
Recouvrement herbacé (%)	R _{gra}
Richesse végétale totale	S _{veg}
Richesse avienne totale	S _{ois}
Distance entre la mare et le cours d’eau permanent le plus proche (km)	D _{Cperm}
Distance entre la mare et la localité la plus proche (km)	D _{Localité}
Distance entre la mare et la piste la plus proche (km)	D _{Piste}

Une matrice de corrélation de Spearman a été réalisée pour révéler les différentes corrélations significatives existant entre les paramètres de diversité avienne et les paramètres de l’habitat. Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur la matrice de corrélation de Pearson pour mettre en évidence les liens qui existent entre la structure des communautés aviennes (richesse avienne totale) et les paramètres de l’habitat et pour décrire les tendances de variation. L’ACP a été précédée de la vérification de la

normalité des données à l'aide d'histogrammes de fréquence et une transformation logarithmique a été faite pour normaliser les données non normales. Les composantes ayant une valeur propre supérieure à 1 seront considérées dans cette ACP. De même, pour connaître les variables à considérer au cours de l'interprétation, une valeur minimale de 0.550 a été fixée comme seuil pour les vecteurs propres.

Une analyse de groupement à lien complet des mares faite à l'aide d'une matrice de similarité de Bray-Curtis sur les observations d'oiseaux avec une transformation racine carrée a permis de regrouper les mares. Les espèces aviennes présentes dans moins de 10% des sites ont été exclues pour minimiser l'effet des espèces rares soit un total de 11 espèces aviennes exclues. La matrice de similarité a été construite en utilisant l'abondance absolue des espèces aviennes.

Un test de t fait uniquement pour les mares de la zone parc et des zones cynégétiques afin de déterminer si les paramètres de diversité avienne qui discriminent les deux zones de conservation présentent des différences significatives. Les mares de la zone tampon n'ont pas été incluses pour ce test à cause de leur effectif se limitant à deux. Une analyse discriminante a permis de déterminer les paramètres biotiques et abiotiques qui discriminent le plus les regroupements de mares.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de SYSTAT 8.0 (SYSTAT, 1998) à l'exception de l'analyse de groupement faite sur PRIMER v5 (Clarke et Gorley, 2001) et du calcul des indices de diversité α fait avec BIODIV (Baev et Penev, 1995).

RESULTATS

3.1. Communautés aviennes et végétales des mares permanentes du Complexe PNW

3.1.1. Communautés aviennes des mares permanentes

a. Composition spécifique des communautés aviennes

Un total de 6707 individus répartis en 116 espèces d'oiseaux a été inventorié sur les 11 mares permanentes sélectionnées (Annexe 4). Les Accipitridae sont les mieux représentés avec 14 espèces suivis par les Columbidae avec 10 espèces, les Ardeidae avec neuf espèces et les Ploceidae avec huit espèces.

Les 10 espèces aviennes les plus abondantes pour toutes les observations faites sur les trois zones sont : *Numida meleagris* - pintade commune avec 912 individus, *Streptopelia vinacea* - tourterelle vineuse avec 418 individus, *Cisticola juncidis* - cisticole des joncs avec 276 individus, *Quelea quelea* - travailleur à bec rouge avec 273 individus, *Lamprotornis caudatus* - merle métallique à longue queue avec 247 individus, *Streptopelia semitorquata* - tourterelle à collier avec 237 individus, *Lamprotornis splendidus* - merle métallique à œil blanc avec 236 individus, *Cisticola ruficeps* - Cisticole à tête rousse avec 230 individus, *Pycnonotus barbatus* - Bulbul commun avec 205 individus et *Scopus umbretta* - Ombrette avec 163 individus. Ces espèces abondantes ne sont pas les mêmes d'une zone à une autre mais seule *Numida meleagris* est une espèce abondante quelque soit la zone considérée (Tableau 2).

Tableau 2 : Abondance absolue des dix premières espèces aviennes les plus abondantes pour l'ensemble des 11 mares permanentes du PNW et par zone. Ensemble du complexe : PNW ; zt : zone tampon ; zc : zones cynégétiques et zp : zone parc. A noter l'abondance de *Numida meleagris* dans les trois zones.

Espèces abondantes	PNW	zt	zc	zp
<i>Ardeola ibis</i>	-	52	-	-
<i>Cisticola juncidis</i>	276	-	223	-
<i>Cisticola ruficeps</i>	230	-	161	69
<i>Francolinus bicalcaratus</i>	-	-	-	112
<i>Lagonosticta senegala</i>	-	-	-	68
<i>Lamprotornis caudatus</i>	247	128	-	98
<i>Lamprotornis chalybaeus</i>	-	60	-	-
<i>Lamprotornis splendidus</i>	236	180	-	-
<i>Numida meleagris</i>	912	80	395	437
<i>Plocepasser superciliosus</i>	-	-	108	-
<i>Ploceus cucullatus</i>	-	-	92	-
<i>Ptilostomus afer</i>	-	37	-	-
<i>Pycnonotus barbatus</i>	205	-	-	166
<i>Quelea erythrops</i>	-	-	-	63
<i>Quelea quelea</i>	273	-	185	88
<i>Scopus umbretta</i>	163	48	-	75
<i>Streptopelia semitorquata</i>	237	58	137	-
<i>Streptopelia senegalensis</i>	-	27	-	-
<i>Streptopelia vinacea</i>	418	-	288	130
<i>Tockus nasutus</i>	-	45	-	-
<i>Turtur abyssinicus</i>	-	-	81	-
<i>Turtur afer</i>	-	-	89	-

Les 10 espèces aviennes les plus communes c'est-à-dire celles les plus rencontrées au cours des 22 visites des mares sur l'ensemble des trois zones du Complexe W sont : *Scopus umbretta* (21 visites), *Ardea cinerea* - Héron cendré (17 visites), *Lamprotornis caudatus* (16 visites), *Streptopelia vinacea* (14 visites), *Poicephalus senegalus* - Youyou (14 visites), *Numida meleagris* (12 visites), *Merops bullocki* - Guêpier à gorge rouge (12 visites), *Centropus senegalensis* - Coucal du Sénégal (12 visites), *Francolinus bicalcaratus* - Francolin commun (10 visites) et *Crinifer piscator* - Touraco gris (10 visites) (Tableau 3). Parmi ces 10 espèces aviennes les plus rencontrées au cours des visites, *Scopus umbretta* et *Ardea cinerea* sont communes indépendamment de la zone (Tableau 3).

Les espèces aviennes rares ou peu fréquentes définies comme celles observées une seule fois durant toute la période d'échantillonnage ou encore sur un seul site font un total de 28 espèces pour l'ensemble des mares du Complexe W. Six de ces espèces aviennes peu fréquentes se retrouvent dans la zone tampon, huit dans les zones cynégétiques et 14 dans la zone parc (Tableau 4).

Tableau 3 : Occurrence (%) des dix premières espèces aviennes les plus communes en fonction du nombre de visites pour les 11 mares permanentes du PNW et par zone. Ensemble du complexe (PNW) : 22 visites ; zone tampon (zt) : 4 visites; zones cynégétiques (zc) : 8 visites et zone parc (zp) : 10 visites. A noter que *Ardea cinerea* et *Scopus umbretta* sont communes dans les trois zones.

Espèces communes	PNW	zt	zc	zp
<i>Cisticola ruficeps</i>	-	-	83	-
<i>Cisticola juncidis</i>	-	-	50	-
<i>Cisticola galactotes</i>	-	-	50	-
<i>Centropus senegalensis</i>	53	100	67	-
<i>Elanus caeruleus</i>	-	100	-	-
<i>Francolinus bicalcaratus</i>	47	-	-	60
<i>Merops bullocki</i>	53	-	-	60
<i>Ardea cinerea</i>	79	100	67	80
<i>Ardeola ibis</i>	-	100	-	-
<i>Megaceryle maxima</i>	-	-	-	80
<i>Lamprotornis caudatus</i>	74	100	-	90
<i>Lamprotornis chalybaeus</i>	-	100	-	-
<i>Scopus umbretta</i>	95	100	83	100
<i>Ptilostomus afer</i>	-	100	-	-
<i>Numida meleagris</i>	53	-	67	-
<i>Nectarinia superba</i>	-	-	83	-
<i>Crinifer piscator</i>	47	100	67	-
<i>Streptopelia semitorquata</i>	-	-	-	60
<i>Streptopelia vinacea</i>	63	-	83	70
<i>Vanellus tectus</i>	-	-	-	60
<i>Poicephalus senegalus</i>	63	100	-	60

Tableau 4 : Espèces aviennes peu fréquentes par zone (Tampon, Cynégétiques et Parc) au cours des observations sur les 11 mares permanentes du PNW.

Zone	Espèces aviennes peu fréquentes
Tampon (6 espèces)	<i>Egretta garzetta</i> - Aigrette garzette <i>Egretta intermedia</i> - Aigrette intermédiaire <i>Cossypha niveicapilla</i> - Petit cossyphe à tête blanche <i>Campethera permista</i> - Pic à dos vert <i>Treron australis</i> - Pigeon à épaulettes violettes <i>Buphagus africanus</i> - Pique-bœuf à bec jaune
Cynégétiques (8 espèces)	<i>Emberiza forbesi</i> - Bruant à ventre jaune <i>Pterocles quadricinctus</i> - Ganga de Gambie <i>Estrilda melpoda</i> - Joues-oranges <i>Anthoscopus parvulus</i> - Rémiz à ventre jaune <i>Ploceus cucullatus</i> - Tisserin gendarme <i>Streptopelia decipiens</i> - Tourterelle pleureuse <i>Gypohierax angolensis</i> - Vautour palmiste <i>Euplectes afer</i> – Vorabé
Parc (14 espèces)	<i>Kaupifalco monogrammicus</i> - Buse unibande <i>Ixobrychus minutus</i> - Butor blongios <i>Plectropterus gambensis</i> - Canard armé <i>Phalacrocorax africanus</i> - Cormoran africain <i>Bucorvus abyssinicus</i> - Grand Calao d'Abyssinie <i>Gyps bengalensis</i> - Gyps africain <i>Ardeola ralloides</i> - Héron crabier <i>Ephippiorhynchus senegalensis</i> - Jabiru du Sénégal <i>Euplectes hordeaceus</i> – Monseigneur <i>Torgos tracheliotus</i> – Oricou <i>Merops orientalis</i> - Petit guêpier vert <i>Mesopicos goertae</i> - Pic gris <i>Columba guinea</i> - Pigeon de Guinée <i>Treron australis</i> - Pigeon vert à front nu

b. Diversité spécifique des communautés aviennes

Les courbes de découverte pour les 11 mares permanentes regroupées par zone (tampon, cynégétiques ou parc) expriment le nombre cumulatif de taxons (espèces, genres et familles) en fonction du nombre cumulatif d'individus. Les pentes ascendantes sont plus longues à atteindre les valeurs asymptotiques quand on passe des familles aux espèces (Figure 7). De plus, les courbes de découverte de la zone tampon et celles de la zone parc ont une grande similarité et se croisent quelque soit le taxon.

Les valeurs maximales d'indices de diversité issues des courbes de régression non-linéaires sont sensiblement plus élevées dans la zone parc et dans la zone tampon que dans les zones cynégétiques (Tableau 5). La richesse avienne totale est en moyenne de 46 espèces dans la zone parc, 43 espèces dans la zone tampon et 38 espèces dans les zones cynégétiques. L'indice D de Margalef varie selon ce même gradient entre les zones (parc = 7.54 ; tampon = 6.99 et cynégétiques = 5.90).

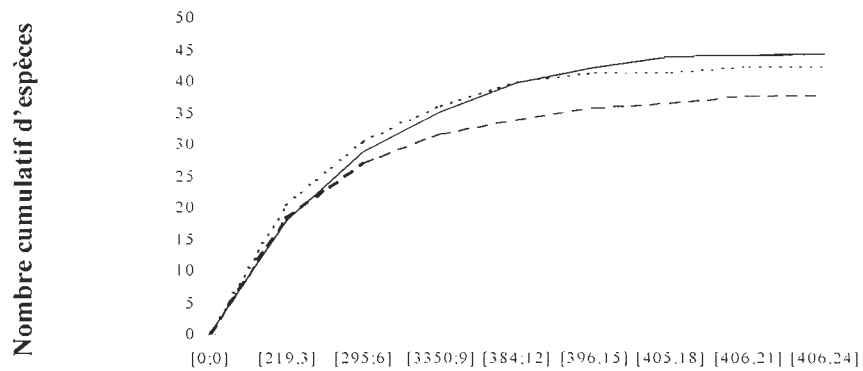
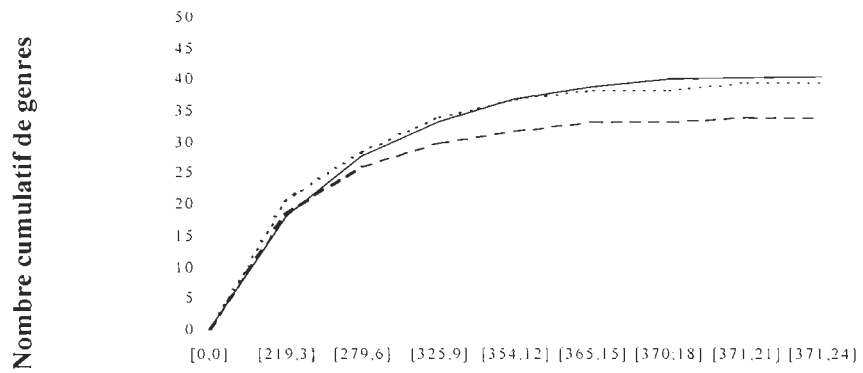
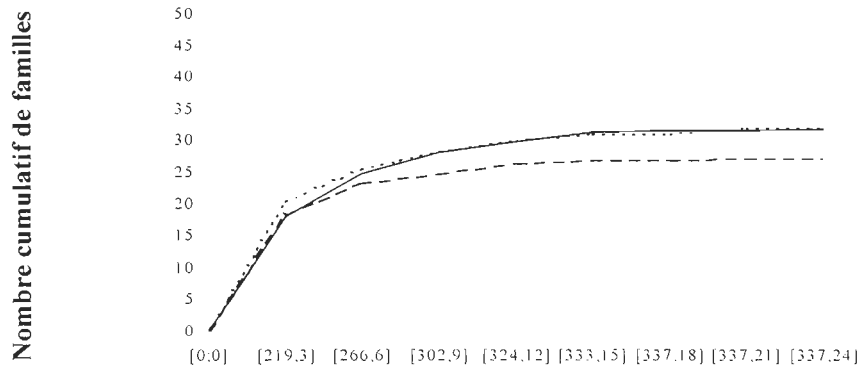
Les indices de diversité de Shannon-Wiener sont moyens en comparaison aux valeurs théoriques. Il est estimé à 3.19 (5.53) dans le parc, dans la zone tampon 3.16 (5.43) et dans les zones cynégétiques 2.71 (5.23). Quant aux indices de Simpson, ils sont proches de zéro pour les trois zones (parc = 0.05 ; tampon = 0.06 et cynégétiques = 0.10) et leurs réciproques sont nettement plus élevées dans la zone parc (19.49) et dans la zone tampon (17.06) que dans les zones cynégétiques (9.76).

Du point de vue de la dominance, les espèces aviennes sont équitablement réparties sur les mares du fait des valeurs proches de 1. L'équitabilité est de 0.85 dans les zones parc et tampon mais elle est de 0.76 dans les zones cynégétiques. Quant aux valeurs de l'indice

d de Berger-Parker, elles sont faibles (entre 0.13 et 0.22). Les espèces dominantes sont donc moins importantes sur les mares de la zone parc que sur les mares des zones tampon et cynégétiques.

Tableau 5 : Valeurs moyennes des indices de diversité avienne α par zone. Zt : zone tampon, zc : zones cynégétiques et zp : zone parc. S : Richesse avienne totale ; D : indice de Margalef ; H' : diversité spécifique de Shannon – Wiener ; $H'_{\text{théorique}}$: diversité spécifique théorique ($H' = \log_2 S$) ; C : indice de Simpson ; $1/C$: indice de diversité de Simpson ; E : Équitabilité de Pielou et **d** : indice de Berger – Parker.

Indices	zt	zc	Zp
S	43	38	46
D	6.99	5.90	7.54
H' ($H'_{\text{théorique}}$)	3.16 (5.43)	2.71 (5.23)	3.19 (5.53)
C	0.06	0.10	0.05
1/C	17.06	9.76	19.49
E	0.85	0.76	0.85
d	0.15	0.22	0.13



Nombre cumulatif d'individus

--- Cynégétique Tampon — Parc

Figure 7 : Courbes de découverte des taxons (familles, genres et espèces) par zone. Nombre cumulatif de taxons en fonction du nombre d'individus par séquences de temps d'observation.

3.1.2. Communautés végétales inventoriées dans la zone des mares permanentes

a. Composition spécifique des communautés végétales

Un total de 76 espèces végétales ligneuses, 13 espèces végétales herbacées et trois espèces végétales aquatiques a été identifié comme étant les espèces végétales les plus présentes d'après l'inventaire sommaire effectué dans les parcelles (Annexe 5).

Les Combretaceae sont les mieux représentés avec 13 espèces suivis par les Mimosaceae avec 10 espèces, les Cesalpiniaceae avec 8 espèces et les Rubiaceae avec 8 espèces. Les cinq espèces végétales ligneuses les plus abondantes sur l'ensemble des parcelles échantillonnées sont : *Anogeissus leiocarpus* avec 181 individus, *Vitellaria paradoxa* avec 127 individus, *Combretum nigricans* avec 122 individus, *Combretum fragrans* avec 121 individus et *Piliostigma thonningii* avec 114 individus. Les espèces végétales ligneuses les plus communes aux environs des 11 mares sont : *Anogeissus leiocarpus* (11 sites), *Vitellaria paradoxa* (11 sites), *Piliostigma thonningii* (10 sites), *Prosopis africana* (10 sites), *Combretum fragrans* (9 sites) et *Terminalia avicennioides* (9 sites). Par contre, *Bridelia ferruginea*, *Combretum ghazalense*, *C. micrantum*, *Azelia africana*, *Lanea microcarpa*, *L. velutina*, *Mangifera indica*, *Acacia ataxancata*, *Parkia biglobosa*, *Ficus ingens*, *F. sycomorus*, *Ostryoderris stuhlmanii*, *Piliostigma reticulata*, *Boscia senegalensis*, *Hymenocardia acida*, *Pericopsis laxiflora* et *Ziziphus* spp. sont quelques espèces peu fréquentes sur l'ensemble des 11 mares permanentes.

b. Diversité spécifique des communautés végétales

Les valeurs des indices de diversité α de la communauté végétale des 11 mares permanentes ne diffèrent pratiquement pas d'une zone à une autre. La richesse totale d'espèces végétales pour des parcelles d'une superficie de 2500 m² est en moyenne de 30 espèces dans le parc, de 27 espèces dans les zones cynégétiques et de 28 espèces dans la zone tampon. L'indice de Margalef est évalué à 5.61 dans la zone parc, 5.29 dans les zones cynégétiques et de 4.65 dans la zone tampon. La diversité spécifique de Shannon-Wiener suit le même gradient que la richesse spécifique (parc = 2.84 ; cynégétiques = 2.85 et tampon = 2.66). Les indices de diversité de Simpson sont relativement faibles ($\cong 0.1$) indépendamment de la zone. Les espèces végétales sont équitablement réparties dans chaque zone avec une valeur d'indice E de Pielou variant entre 0.80 et 0.87 (proche de 1). Quant à la dominance des espèces, les valeurs de l'indice d sont faibles (environ 0.2) sur l'ensemble des zones (Tableau 6).

3.2. Relations entre l'habitat et la communauté avienne des mares permanentes par zone d'échantillonnage

3.2.1. Corrélations entre les paramètres de diversité et ceux de l'habitat

La matrice de corrélation de Spearman réalisée pour les paramètres de diversité avienne et de l'habitat au niveau des mares a révélé quelques corrélations significatives. Le nombre d'espèces aviennes est positivement corrélé avec le nombre d'espèces végétales ($r_s = 0.729$; $p < 0.01$) et la diversité avienne quant à elle est positivement corrélée avec la superficie des mares ($r_s = 0.727$; $p < 0.01$). Par ailleurs, la teneur de l'eau des mares en

azote ammoniacal est négativement corrélée d'une part avec la superficie des mares ($r_s = -0.802$; $p < 0.005$) et d'autre part avec la distance entre les mares et les localités ($r_s = -0.542$; $p < 0.05$). Cette teneur en azote ammoniacal est positivement corrélée avec la teneur en phosphate ($r_s = 0.752$; $p < 0.01$) et l'altitude ($r_s = 0.856$; $p < 0.001$). La teneur de l'eau en phosphate est aussi négativement corrélée avec la distance séparant les mares des localités ($r_s = -0.611$; $p < 0.05$) mais positivement corrélée à l'altitude ($r_s = 0.726$; $p < 0.01$).

Tableau 6 : Valeurs moyennes des indices de diversité végétale α par zone. Zt : zone tampon, zc : zones cynégétiques et zp : zone parc. S : Richesse végétale totale ; D : indice de Margalef ; H' : diversité spécifique de Shannon – Wiener ; H'_{théorique} : diversité spécifique théorique ($H' = \log_2 S$) ; C : indice de Simpson ; 1/C : indice de diversité de Simpson ; E : Équitabilité de Pielou et d : indice de Berger – Parker.

	zt	zc	zp
S	28	27	30
D	4.65	5.29	5.61
H' (<i>H'</i> _{théorique})	2.66 (4.81)	2.85 (4.77)	2.84 (4.92)
C	0.10	0.08	0.09
1/C	9.68	12.69	12.67
E	0.80	0.87	0.84
d	0.23	0.17	0.17

3.2.2. Structuration des mares échantillonnées

a. Structure des mares suivant les paramètres de diversité et de l'habitat

L'analyse en composantes principales a permis de structurer les différentes variables de l'habitat et celles de la diversité avienne en mettant en évidence le regroupement des mares selon des combinaisons de variables. Au total, 77.05 % de la variabilité sont expliqués par les trois premiers axes (Tableau 7).

Tableau 7 : Valeurs propres des variables et pourcentage de variabilité expliqué par les trois premiers axes principaux de l'analyse en composantes principales

Variables	1^{er} axe	2^{ème} axe	3^{ème} axe
Pourcentage de variabilité expliquée	41.113	20.553	15.385
Superficie	+0.679	-0.337	-0.332
Altitude	-0.776	+0.338	+0.324
Type de sol	-0.539	-0.652	+0.451
Recouvrement arboré	+0.651	+0.293	+0.596
Recouvrement arbustif	+0.606	+0.648	-0.352
Recouvrement herbacé	-0.583	-0.700	-0.094
Taux d'azote ammoniacal	-0.717	+0.520	+0.305
Taux de phosphate	-0.702	+0.447	+0.242
Richesse avienne totale	+0.687	+0.038	+0.303
Richesse végétale totale	+0.633	+0.057	+0.601
Distance mare et cours d'eau permanent	-0.549	+0.011	-0.590
Distance mare et localité	+0.634	-0.715	+0.277
Distance mare et piste	+0.666	+0.188	-0.252

Le premier axe qui explique 41.11 % de la variabilité totale reflète une forte corrélation entre la richesse avienne totale et la richesse végétale totale. Une grande richesse avienne est associée à un recouvrement arboré et arbustif élevé ainsi qu'à une grande superficie des mares, une grande distance entre mares et localités et une grande distance séparant les mares des pistes. Par ailleurs, la richesse avienne élevée est inversement corrélée avec des taux d'azote ammoniacal et de phosphate élevés, une altitude élevée et une grande distance entre une mare et un cours d'eau permanent. Le deuxième axe qui explique 20.53 % de la variabilité totale exprime un contraste entre le recouvrement arbustif et l'ensemble formé par le type de sol, le recouvrement herbacé, la distance entre les mares et les localités. Enfin le troisième axe avec 15.39 % de la variabilité totale reflète que la distance entre une mare et un cours d'eau permanent est opposée au recouvrement arboré et à la richesse végétale totale.

La représentation graphique (Figure 8) montre une opposition des mares de la zone parc (mare aux chutes de Koudou, mare Bossaibangou, mare 25, mare Sapiengou et mare Barabon) avec les mares des zones cynégétiques (mare aux lions, mare "Deux Baobabs", mare du Site aux Éléphants et mare 24).

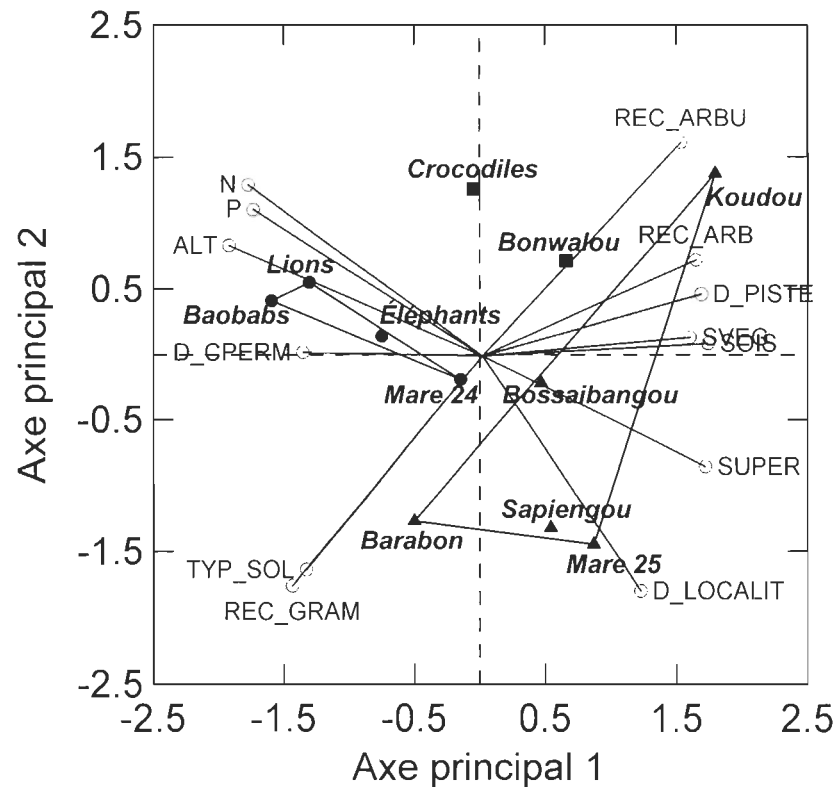


Figure 8 : Analyse en composantes principales montrant la répartition de 11 mares permanentes du Complexe PNW en fonction de paramètres de diversité et de paramètres de l'habitat. Mares de la zone parc (\blacktriangle); mares des zones cynégétiques (\bullet) et mares de la zone tampon (\blacksquare). *SOIS* : richesse avienne ; *SVEG* : richesse végétale ; *REC_ARB* : recouvrement arboré ; *REC_ARBU* : recouvrement arbustif ; *REC_GRAM* : recouvrement des graminées ; *SUPER* : Superficie des mares ; *TYP_SOL* : Type de sol ; *ALT* : Altitude ; *P* : teneur en phosphate ; *N* : teneur en azote ammoniacal ; *D_CPERM* : Distance entre une mare et un cours d'eau permanent ; *D_LOCALIT* : Distance entre une mare et une localité et *D_PISTE* : Distance entre une mare et une piste. 1^{er} axe expliquant 40.61% de la variabilité et le 2^{ème} axe 21.35%.

Les mares de la zone parc sont caractérisées par la diversité avienne élevée, la structure de la végétation arborée et arbustive importante et la grande distance entre les mares et les localités. Les mares des zones cynégétiques avec une plus faible diversité sont quant à elles caractérisées par des taux d'azote ammoniacal et phosphate élevés et des mares situées en haute altitude. Les mares de la zone tampon (mare Bonwalou et mare aux crocodiles) présentent des caractéristiques intermédiaires entre les mares de la zone parc et les mares des zones cynégétiques. Les mares de la zone du parc forment un ensemble plus varié et orienté principalement le long du deuxième axe tandis que les mares des zones cynégétiques semblent plus homogènes avec la petite taille du polygone et elles sont surtout orienté dans le sens du premier axe.

b. Structure des mares suivant les observations d'oiseaux

L'analyse de groupement à lien complet des mares montre avec de faibles valeurs de similarité deux grands assemblages (A et B) des communautés aviennes (Figure 9).

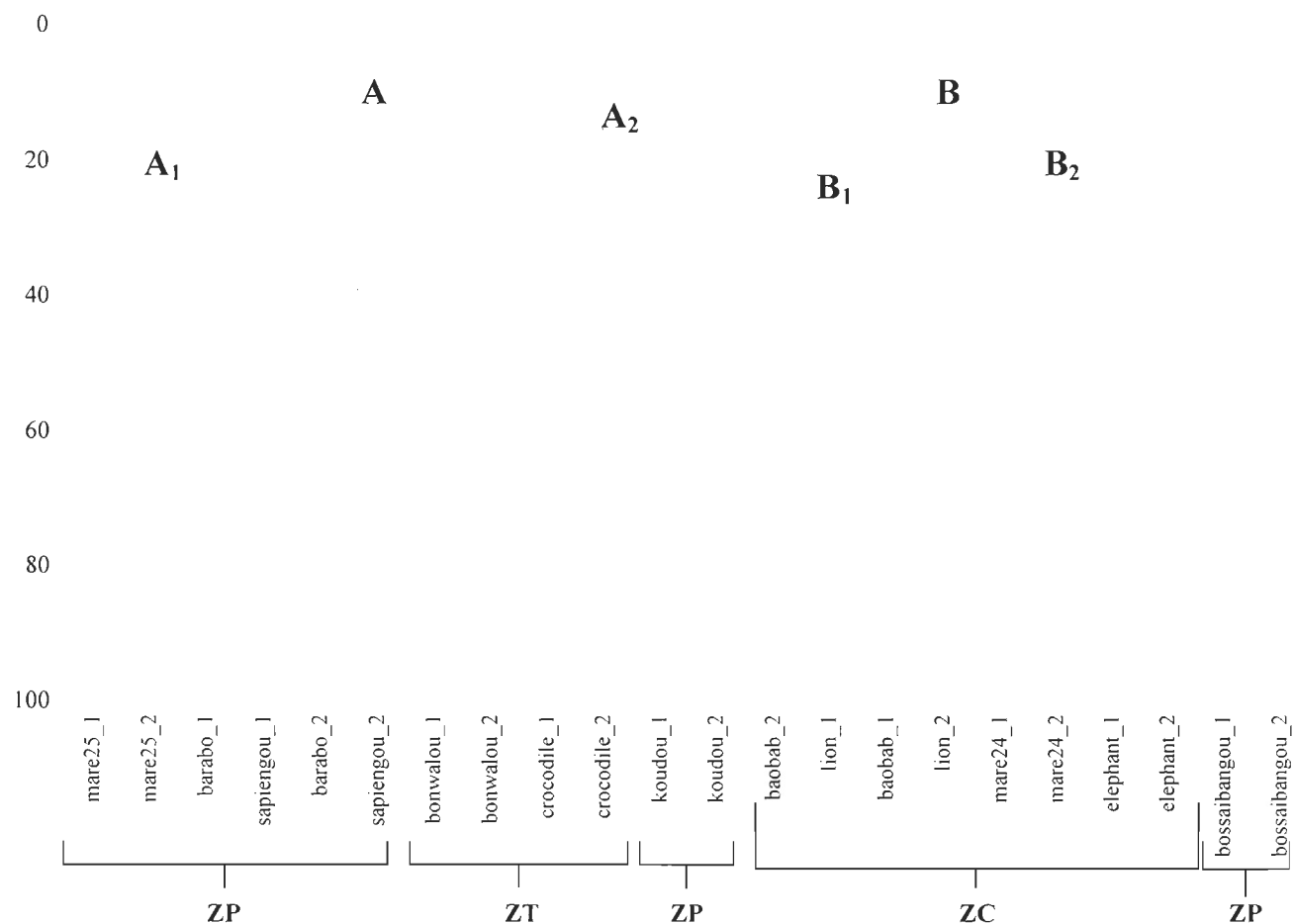


Figure 9 : Analyse de groupement à lien complet de Bray – Curtis montrant la similarité entre les observations d’oiseaux par visite sur 11 mares permanentes du Complexe PNW. Assemblages A = 14.3%, A₁ = 27.62% et A₂ = 19.44%. Assemblages B = 13.39%, B₁ = 29.27% et B₂ = 25.88%. 1 = première visite et 2 = deuxième visite. ZP : zone parc ; ZC : zones cynégétiques et ZT : zone tampon.

L'assemblage A regroupe les observations des mares de la zone parc et des mares de la zone tampon. Il s'agit d'une part de la mare Sapiengou (parc), de la mare Barabon (parc) et de la mare 25 (parc) et d'autre part on a la mare Bonwalou (tampon), la mare aux Crocodiles (tampon) et la mare aux Chutes de Koudou (parc). Quant à l'assemblage B, il regroupe les mares des zones cynégétiques et une mare de la zone parc. On note d'une part la mare aux Lions (cynégétique) et mare Deux Baobabs (cynégétique) et d'autre part la mare du Site aux Éléphants (cynégétique), la Mare 24 (cynégétique) et la mare Bossaibangou (parc).

Dans l'ensemble, il existe une similarité entre la communauté avienne observée durant les deux visites effectuées par mare. On note une similarité entre les communautés aviennes des premières visites effectuées au niveau de la mare Sapiengou et de la mare Barabon avec 42.3%. Il en est de même entre les communautés aviennes des deuxièmes visites de ces deux mares avec 39.07%. De même, il existe une similarité entre les communautés aviennes des premières visites faites sur la mare Deux Baobabs et la mare aux Lions.

c. Discrimination des zones échantillonnées

Les paramètres de diversité avienne (i.e., la richesse totale et l'indice de Shannon – Wiener) ne diffèrent pas significativement entre les zones. Par contre l'altitude ($p = 0.050$), la superficie ($p = 0.036$), le taux d'azote ammoniacal ($p = 0.001$) et la distance séparant les mares des localités ($p = 0.008$) constituent des paramètres significativement différents entre les zones pour les mares étudiées (Tableau 8).

Tableau 8 : Valeurs de p issues d'un t -test des variables étudiées sur les mares de la zone parc et des zones cynégétiques.

Variable	p
Richesse avienne totale	0.270
Indice de Shannon – Wiener (oiseaux)	0.123
Richesse végétale totale	0.443
Indice de Shannon – Wiener (végétaux)	0.948
Recouvrement arboré	0.087
Recouvrement arbustif	0.543
Recouvrement herbacé	0.600
Phosphate	0.084
Altitude	0.050
Superficie	0.036
Azote ammoniacal	0.001
Distance entre les mares et les localités	0.008

L'analyse discriminante entre les trois zones de sept paramètres montre les paramètres tels que le recouvrement végétatif au sol, la richesse avienne totale, le taux de phosphate et le type de sol (Tableau 9).

Tableau 9 : Coefficients des fonctions de classification issues de l'analyse discriminante de sept paramètres pour les trois zones échantillonnées (zt : zone tampon, zc : zone cynégétique et zp : zone parc).

	zt	zc	zp
Constance	-286.150	-204.594	-250.848
Superficie	-69.136	-53.078	-62.859
Type de sol	-266.191	-92.586	-174.045
Recouvrement arboré	48.259	12.624	34.661
Recouvrement arbustif	-5.883	30.770	13.007
Recouvrement herbacé	742.197	460.788	607.165
Azote ammoniacal	-45.982	-31.261	-45.734
Richesse avienne totale	7.408	5.815	6.713

La matrice de classification de Jackknife donne une efficacité des fonctions de classification de 55%. La variable statistique F permettant de tester l'égalité entre les moyennes de chaque zone montre que de part leurs caractéristiques, les mares de la zone tampon sont plus proches des mares de la zone parc ($F = 2.196$) que des mares des zones cynégétiques ($F = 5.371$).

DISCUSSION

Les communautés aviennes des mares permanentes étudiées dans le parc du W au Bénin sont influencées par la structure de la végétation telle que Finch (1991) l'a démontré pour les oiseaux de forêt. De plus, même si l'un des critères de sélection des mares était relatif à leur superficie et que l'effectif des mares est limité, la superficie des mares s'est révélée positivement corrélée avec leur diversité avienne ($r_s = 0.727$). De similaires relations entre la richesse spécifique et la superficie ont été prouvées pour la faune avienne (Hoyer et Canfield, 1994 ; Weller, 1999 ; He et Legendre, 2002). Cette relation positive entre la diversité avienne et la superficie des mares notée dans nos résultats s'expliquerait par le fait que la disponibilité de ressources trophiques et la présence d'eau modèlent qualitativement et quantitativement la composition et la distribution de l'avifaune (Baker *et al.*, 1992 ; Weller, 1999). Un exemple de mouvements de la faune avienne liés aux pluies dans les régions sahéliennes, est celui de la tourterelle pleureuse, *Streptopelia decipiens*, qui quitte les bords du fleuve Sénégal avec les premières pluies et y retourne avec l'assèchement plus ou moins tardif des dernières mares (Morel et Morel, 1992). Des échanges d'oiseaux peuvent donc s'effectuer entre les mares du Complexe Parc National du W du fait de leur assèchement vers les plaines d'inondation du fleuve Niger (Mullié et Brouwer, 1994).

Par ailleurs, la richesse avienne des mares et les teneurs de l'eau en azote ammoniacal et en phosphate bien qu'ils n'aient pas été significativement corrélées à partir des données collectées telle que prouvées par Hoyer et Canfield (1994), on note que plus les mares sont éloignées des localités, plus les teneurs en azote ammoniacal et en phosphate dans l'eau de

surface des mares diminuent. L'activité anthropique aurait donc un effet sur la qualité de l'eau des mares sans pour autant en affecter leur richesse avienne (Chari et *al.*, 2003). En effet, diverses observations faites dans les Réserves de Biosphère du Nord-Bénin montrent des taux élevés de sels azotés et phosphatés dans l'ensemble des plans d'eau du complexe W en particulier dans les zones cynégétiques proches des bandes de tolérance agricole (CENAGREF, 2003a). Ce qui laisse penser à des sources d'apports exogènes, notamment l'utilisation d'engrais chimiques dans les exploitations agricoles (Chari et *al.*, 2003). De plus, les teneurs des eaux en sels nutritifs sont plus fortes en saison pluvieuse qu'en saison sèche (CENAGREF, 2003a).

La structuration des mares permanentes dans les trois zones de conservation échantillonnées en se basant sur les paramètres environnementaux et de diversité montre que les mares de la zone parc sont caractérisées par une richesse avienne et végétale totale élevées, un important recouvrement arboré et arbustif environnant et elles sont plus éloignées des localités. Les mares des zones cynégétiques quant à elles sont caractérisées par les teneurs de l'eau en azote ammoniacal et phosphate élevées et elles sont relativement plus proches des cours d'eau permanent.

Les courbes de découverte des espèces aviennes sont similaires pour les trois zones échantillonnées. La longue pente ascendante des courbes s'explique par la présence d'une importante proportion d'espèces rares (30 % d'espèces rares dans le parc sur la moyenne de 46 espèces) et la nécessité d'un plus grand effort d'échantillonnage pour dénombrer un nombre d'espèces aviennes suffisant pour atteindre l'asymptote (Thompson et Withers, 2003). La similarité des courbes de découverte de la zone parc et de la zone tampon

s'expliquerait par le fait que ces deux zones ont des indices de diversité similaires (Parc : $H' = 3.19$; $C = 0.05$; $E = 0.85$ et Tampon : $H' = 3.16$; $C = 0.06$; $E = 0.85$). D'après Lande *et al.* (2000), les courbes de découverte se croisent lorsque la communauté ayant la plus faible richesse spécifique a l'indice de Simpson le plus élevé mais aussi lorsque l'un des sites a une forte proportion d'espèces rares et abondantes comparée à un autre site ayant une distribution d'abondance des espèces plus régulière. Cette différence n'est souvent pas reflétée dans les indices de diversité ou de régularité (Thompson et Withers, 2003). Il importe de noter aussi que le faible effectif des mares de la zone tampon pourrait expliquer le croisement de la courbe de découverte de ladite zone avec celle de la zone du parc. Les similarités entre les communautés aviennes des mares par zone de conservation sont plus fortes entre les communautés aviennes observées durant les deux séries de visites par mare. Même si les paramètres de diversité ne discriminent pas fortement les trois zones de conservation (parc, zones cynégétiques et tampon) du Complexe Parc W du Bénin, Sinsin *et al.* (2002) ont montré que la diversité et la densité de la grande faune mammalienne dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin augmentent lorsqu'on passe de la zone de conservation totale (zone parc) vers les zones de conservation partielle (zones cynégétiques et zone tampon). Bruner *et al.* (2001) ont quant à eux aussi démontré que la majorité des parcs dans les pays tropicaux permettent une protection efficace de la biodiversité tropicale.

La présente étude, bien que tous les paramètres escomptés n'ont pu être mesurés et que le nombre de mares échantillonnées soit faible, nous a permis d'obtenir des résultats révélant certaines tendances. L'étude démontre l'importance de maintenir les efforts consentis dans la conservation et l'aménagement des points d'eau dans le Parc National du

W du Bénin pour favoriser la conservation d'une biodiversité maximale. Par conséquent, il serait important d'approfondir cette étude en prolongeant dans un premier temps la durée de collecte des données à la période humide, ensuite en prenant en compte d'autres paramètres environnementaux tels que l'oxygène dissous, la température, les résidus de pesticides organochlorés et enfin en augmentant le nombre de mares par la prospection de la partie du Niger et du Burkina-Faso. Ainsi, des conclusions applicables à l'ensemble de l'écosystème du Complexe Parc National du W du fleuve Niger pourront être tirées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, K.S. et M. Boko. 1993. Le Bénin. Paris. Flamboyant EDICEF. 93 p.
- Adamus, P. R. et K. Brandt. 1990. Impacts on Quality of Inland Wetlands of the United States : A Survey of Indicators, Techniques, and Applications of Community-Level Biomonitoring Data. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis, OR. EPA/600/3-90/073.
- Adjakpa, J. B. 2000. The Breeding Biology of Abdimii's Stork *Ciconia abdimii* in the Far North of Benin. Ostrich 71 (1&2) : 61-63.
- Alfa Gambari Imorou, S. 2002. Suivi écologique des troupeaux d'éléphants d'Alfakoara (Zone Cynégétique de la Djona). Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux. CPU/UAC, Bénin. 88p.
- Allan, J. D. et A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters. BioScience 43 : 32-43.
- Arbonnier, M., N. Barbier, G. De Wispelaere, D. Dulieu, J. Lejoly, A. Mahamane, J. M. Oudba et M. Saadou. 2002. Cartographie du couvert végétal du complexe du «W». Rapport définitif. Programme Régional Parc – W (ECOPAS), 7 ACP RPR 742. Ouagadougou (Burkina Faso).
- ASECNA 2003. Fiches de données météorologiques de Kandi de 1961 à 2003. ASECNA, Kandi, Bénin. 4 p.
- Ayeyon, D. T. 2002. Contribution à l'étude préliminaire de l'écologie alimentaire de quelques ongulés de la Zone de Chasse de la Mékrou et de la partie Sud-Ouest du Parc du W. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux. CPU/UAC, Bénin. 65p.
- Baev, P. V. et L. D. Penev. 1995. BIODIV Software, a program for calculating biological diversity indices, niche overlap and cluster analysis. Sofia-Moscow, 45p.
- Baker, W. S., F. E. Hayes et L. W. Lathrop. 1992. Avian use of vernal pools at the Santa Rosa Plateau Preserve, Santa Ana Mountains, California. The Southwestern Naturalist 37 : 392-403.
- Barbault, R. 1992. Ecologie des peuplements : Structure, dynamique et évolution. Masson, Paris. 200p.
- Barbier, E. B., M. Acreman et D. Knowler. 1997. Évaluation économique des zones humides : Guide à l'usage des planificateurs et des décideurs de la convention de RAMSAR. Gland, Suisse. 144p.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder et J. B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Benoit, L. K. et R. A. Askins. 2002. Relationship between habitat area and the distribution of tidal marsh birds. Wilson Bulletin 114(3) : 314-323.
- Blondel, J., C. Ferry et B. Frochot. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». Alauda 38 : 55-71.

- Botokou, N. N. Agossa et H. Diedrich. 2004. Projet Restauration des Ressources Forestières de Bassila : Recueil de Cartes. GFA Terra Systems GmbH. Bénin. 226p.
- Bouché, P., C. G. Lungren, B. Hien et P. Omondi. 2003. Recensement aérien total de l'écosystème « W »- Arli – Pendjari – Oti – Mandori – Kéran (WAPOK). Mike, ECOPAS, Paucof. Ouagadougou, Burkina – Faso. 118 pages.
- Bousquet, B. 1992. Guide des parcs nationaux d'Afrique de l'Ouest. Paris. 361p.
- Bruner A.G., R.E. Gullison, R.E Rice et G.A.B. da Fonseca. 2001. Effectiveness Parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291 : 125-128.
- CEDA. 1998. Profil de la zone côtière du Bénin. MEHU/ONUDI/PNUD. Bénin. 67p.
- CENAGREF. 2003a. Étude d'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surface, substrats des réserves de faune) dans les complexes des aires protégées de la Pendjari et du W. Rapport. Bénin. 47p.
- _____. 2003b. Inventaire de l'avifaune du Complexe du W et de la Vallée du Niger (Bénin). Rapport définitif. Bénin. 43 p.
- Chari K. B., S. A. Abbasi et S. Ganapathy. 2003. Ecology, habitat and bird community structure at Oussudu lake: towards a strategy for conservation and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 373-386.
- Cincotta, R.P., J. Wisniewski et R. Engelman. 2000. Human populations in the biodiversity hotspots. *Nature* 404 : 990-992.
- Clarke, K. R. et R. N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-R: Plymouth. United Kingdom. 91 p.
- Cooley, J.L. 1976. Nonpoint pollution and water quality monitoring. *Journal of Soil and Water Conservation*, March-April: 42-43.
- Craig, R. J. et J. S. Barclay. 1992. Seasonal dynamics of bird populations in small New England wetlands. *Wilson Bulletin* 104 : 148-155.
- Davis, W. S. et T. P. Simon. 1995. *Biological Assessment and Criteria. Tools for Resource Planning and Decision Making.* Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 415 p.
- Dowsett, R., F. Forbes et A. A. Waston. 1993. Afrotropical avifaunas: annotated country checklists. *Touraco Research Reported n°5.* Liège, Belgique.
- DPNW. 2002. Inventaire des mares et salines du complexe parc national du W. Rapport d'étude. CENAGREF. Cotonou, Bénin. 10p.
- _____. 2003. Dénombrement terrestre de la faune dans le complexe parc national du W au Bénin. CENAGREF. Cotonou, Bénin. 22p.
- Dugan, J. P. 1992. La conservation des zones humides : Problèmes actuels et mesures à prendre. UICN. 100p.
- Dulieu, D., C. Vermeulen, M. Ouedraogo et J.-B. So. 2003. Suivi quantitatif de la pression villageoise sur les produits forestiers non ligneux en zone de savane nord soudanienne : le cas du village de Pampanli, périphérie nord du parc du W (Burkina Faso). Rapport de colloque. Ouagadougou, Burkina-Faso. 42-52.
- Elmberg, J., K. Sjöberg, P. Nummi, et H. Pöysä. 1994. Patterns of lake acidity and waterfowl communities. *Hydrobiologia* 279/280: 201-206.

- Finch, D. M. 1989. Habitat use and habitat overlap of riparian birds in three elevational zones. *Ecology* 70: 866–880.
- _____. 1991. Positive associations among riparian bird species correspond to elevational changes in plant communities. *Canadian Journal of Zoology* 69: 951–963.
- Ford, H.A., G. W. Barrett, D. A. Saunders et H. F. Recher. 2001. Why have birds in the woodlands of southern Australia declined? *Biological Conservation* 97: 71–88.
- Halse, S. A., M. R. Williams, R. P. Jaensch et J. A. K. Lane. 1993. Wetland characteristics and waterbird use of wetlands in southwestern Australia. *Wildlife Research* 20: 103–126.
- Hart, B. T., P. Bailey, R. Edwards, K. Hortle, K. James, A. McMahon, C. Meredith, K. Swadling. 1990. Effects of salinity on river, stream and wetland ecosystems in Victoria, Australia. *Water Research* 24 (9): 1103–1117.
- He, F.L. et P., Legendre. (2002). Species diversity patterns derived from species–area models. *Ecology* 83: 1185–1198.
- Holland, R. F. et S. Jain. 1988. Vernal pools. Pp. 515–533 *in*: Barbour, M. G. et J. Major (Editors). *Terrestrial Vegetation of California*. Special Publication n° 9. California Native Plant Society, Sacramento, CA.
- _____. et V. I. Dains. 1990. The edaphic factor in vernal pool vegetation. Pp 31–48 *in*: Ikeda, D. H. et R. A. Schlising (Editors). *Vernal pool plants – Their habitat and biology*. Studies from the herbarium n° 8. California State University, Chico, CA.
- Hollyaok D. T. et M. B. Seddon. 1990. Distributional notes on the birds of Benin. *Malimbus* 11: 128–134.
- Hoyer, M. V. et D. E. Canfield. 1994. Bird abundance and species richness on Florida lakes: influence of trophic status, lake morphology, and aquatic macrophytes. *Hydrobiologia* 297/280 : 107–119.
- INSAE. 1994. Deuxième Recensement Général de la Population et de l’Habitation : février 1992. Volume II. Analyse des résultats : Évaluation des données. Cotonou, Bénin.
- _____. 2003. Troisième Recensement Général de la Population et de l’Habitation : février 2002. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin.
- Karr, J. R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1 (1): 66–84.
- _____. et R. R. Roth. 1971. Vegetation structure and avian diversity in several new world areas. *American Naturalist* 105: 423–435.
- _____, K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant, et I. J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Special Publication n° 5, Illinois, Natural History Survey, Champaign.
- Lamarque F. 2004. Les grands mammifères du Complexe WAP. CIRAD ; Union Européenne, Parc Régional ECOPAS ; UICN-Paris. 40p. + 51 fiches illustrées.
- Lande, R., P. J. DeVries et T. R. Walla. 2000. When species accumulation curves intersect: Implications for ranking diversity using small samples. *Oikos* 89 : 601 – 604.

- Lapointe, D. 1985. Modèle a priori d'estimation d'abondance d'organismes terrestres : Application en ornithologie. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Montréal. 106 pages + annexes.
- Lynch, J. F. 1995. Effects of point count duration, time-of-day, and aural stimuli on detectability of migratory and resident bird species in Quintana Roo, Mexico. Pp 1 - 6 in Ralph, C. J., J. R. Sauer et S. Droege (eds). Monitoring Bird Populations by Point Counts. General Technical Report PSW-GTR-149. USDA Forest Service, Albany, CA.
- MAB – UNESCO. 2003. List of Biosphere Reserves. SC/ECO/JULY 2003. UNESCO, Paris.
- MacArthur R. H. et J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. Ecology 42: 594–598.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Maheswaran, G. et A. R. Rahmani. 2001. Effects of water level changes and wading bird abundance on the foraging behaviour of blacknecked storks *Ephippiorhynchus asiaticus* in Dudwa National Park, India. Journal of Biosciences 26 (3): 373–382.
- Manuel de la Convention de RAMSAR : Guide de la Convention sur les zones humides (RAMSAR, Iran, 1971). 2004. 3^{ème} éd. Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention de RAMSAR.
- Maron, M., A. Lill, D. M. Watson et R. Mac Nally. 2005. Temporal Variation In Bird Assemblages: How Representative Is A One-Year Snapshot? Austral Ecology 30: 383–394.
- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. pp. 81-120. In M.L. Cody et J.M. Diamond (éd.). Patterns of Species Abundance and Diversity. Harvard University Press, MA.
- MEHU. 2002. Stratégie nationale et plan d'action pour la conservation de la diversité biologique. Projet BEN/97/G 31. Rapport. République du Bénin. 83 p + annexes.
- Mitsch, W. J. et J. G. Gosselink. 1993. Wetlands. Second Edition. Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 722 p.
- Morel M.-Y. et J. M. Morel. 1992. Instabilité climatique et communautés aviennes dans une région semi-aride de l'Ouest africain. In: L'aridité, une contrainte au développement. Coll. I.D.T. ORSTOM Paris.
- Moreno, C. E. et G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. Journal of Applied Ecology 37: 149–158.
- Mullié, W.C. et J. Brouwer. 1994. L'importance des zones humides au Niger pour les oiseaux d'eau afrotropicaux et paléarctiques. pp. 57-74. In: Atelier sur les zones humides du Niger. Proceedings of a workshop. La Tapoa/Parc du W, Niger. P.Kristensen (ed.). IUCN-Niger.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Da Fonseca et J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4 (4) : 355-364.

- O'Dea, N., J. E. M. Watson et R. J. Whittaker. 2004. Rapid assessment in conservation research: a critique of avifaunal assessment techniques illustrated by Ecuadorian and Madagascan case study data. *Diversity & Distributions* 10 (1): 55-63.
- Olden, J. D. 2003. A Species-Specific Approach to Modeling Biological Communities and its Potential for Conservation. *Conservation Biology* 17 (3) : 854-863.
- Ralph, C. J. 1985. Habitat association patterns of forest and steppe birds of northern Patagonia, Argentina. *The Condor* 87: 471–483.
- _____, J. R. Sauer et S. Droege. 1995. Monitoring Bird Populations by Point Counts. General Technical Report PSW-GTR-149. USDA Forest Service, Albany, CA.
- Reijnen, R., R. Foppen, C. ter Braak et J. Thissen. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology* 32:187-202.
- Rotenberry, J. T. et J. A. Wiens. 1980. Habitat structure, patchiness, and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate analysis. *Ecology* 61 : 1228 – 1250.
- Rouamba, P et B. Hien. 2002. Recensement aérien de la faune sauvage dans l'Écosystème le Parc Transfrontalier du « W ». République du Bénin, République du Burkina-Faso, République du Niger. Programme Régional Parc – W (ECOPAS). FED. Ouagadougou, Burkina Faso. 69p.
- Rushton, S. P., D. Hill et S. P. Carter. 1994. The abundance of river corridor birds in relation to their habitats: a modelling approach. *Journal of Applied Ecology* 31: 313-328.
- Scott, D. A. et T. A. Jones. 1995. Classification and inventory of wetlands: a global overview. *Vegetatio*, 118: 3-16.
- Serle, W. et G. J. Morel. 1988. Les oiseaux de l'Ouest africain. Delachaux et Niestlé. Suisse, 331 p.
- Silveira, J. G. 1992. Environmental Assessment – Proposed Management Plan for the Llano Seco Unit of the Sacramento National Wildlife Refuge, Butte and Glenn Counties, California. U. S. Fish and Wildlife Service, Sacramento NWR Complex, Willows, CA. 68 p.
- _____. 1998. Avian Uses of Vernal Pools and Implications for Conservation Practice. pp 92-106 *in*: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr., and R. Ornduff (Editors). *Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems – Proceedings from a 1996 Conference*. California Native Plant Society, Sacramento, CA.
- Sinsin, B., A. C. Tèhou, I. Daouda et A. Saïdou. 2002. Abundance and species richness of larger mammals in Pendjari National Park in Benin. *Mammalia* 66(3) : 369-380.
- _____, et Owolabi, L. 2001. Monographie de la Diversité Biologique du Bénin. Rapport. MEHU. République du Bénin. 42 p.
- Skinner, J., N. Beaumont et J.-Y. Pirot. 1994. Manuel de formation à la gestion des zones humides tropicales. UICN. Gland. Suisse. 272 p.
- Skowno, A. L. et W. J. Bond. 2003. Bird community composition in an actively managed savanna reserve, importance of vegetation structure and vegetation composition. *Biodiversity and conservation* 12: 2279-2294.

- SYSTAT. 1998. Systat 8.0 for Windows: Statistics. SPSS Inc. Chicago.
- Texier, H., C. Dossou et B. Colleuil. 1979. Étude de l'environnement lagunaire du domaine margino-littoral sud-béninois. Étude hydrologique préliminaire du Lac Nokoué. Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine n° 25 : 149-166.
- Thompson, G. G. et P. C. Withers. 2003. Effect of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecology* 28: 355-360.
- Voelstad, J. H., N. E. Roth, G. Mercurio, M. T. Southerland et D. E. Strebel. 2003. Using environmental stressor information to predict the ecological status of Maryland non-tidal streams as measured by biological indicators. *Environmental Monitoring Assessment* 84 (3) : 219-242.
- Wakeley, J. S., T. H. Roberts. 1994. Avian distribution patterns across the Cache River floodplain, Arkansas. Technical report WRP-CP-5, U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Weesie, P. D. M. 1996. Les oiseaux d'eau du Sahel Burkinabe : Peuplement d'hiver, capacité de charge des sites. *Alauda* 64 (3) : 307-332.
- Weller, M. W. 1999. *Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications*. Cambridge University Press. 271p.

ANNEXES

Annexe 1 : Chronologique des visites de mares effectuées dans le Complexe Parc National du W de décembre 2003 à février 2004.

Phase	Visites	Zone	Date
Visite de reconnaissance	Mare Bonwalou / Mare Kanderou / Mare Monsey / Mare aux crocodiles (Kérérou) / Mare Batran	Tampon	Du 03 au 15-déc-03
	Mare 12 / Mare 24 / Site aux éléphants/ Canyon aux cynocéphales / 2 ^{ème} Marigot de Konkombri / Mare Deux Baobabs / Mare aux lions / Mare aux crocodiles (Mékrou) / Mare Hectare	Cynégétique	
	Mare 25 / Mare Bossaibangou / Mare Barabon / Mare Siobaga / Mare Tatabouba / Mare aux hippopotames / Mare aux Chutes de Koudou / Mare Sapingu / Mare au point triple / Mare Barboti	Parc	
Visite de relevés aviens et mesures physico-chimiques	Mare Bonwalou	Tampon	11-janv-04
	Mare 25	Parc	12-janv-04
	Mare Barabon	Parc	13-janv-04
	Mare Bossaibangou	Parc	14-janv-04
	Site aux éléphants	Cynégétique	15-janv-04
	Mare 24	Cynégétique	16-janv-04
	Chutes de Koudou	Parc	23-janv-04
	Mare Sapingu	Parc	24-janv-04
	Mare aux crocodiles (kérérou)	Tampon	26-janv-04
	Mare aux lions	Cynégétique	27-janv-04
Mare Deux Baobabs	Cynégétique	28-janv-04	
Visite de relevés de la végétation	Mare 24	Cynégétique	04-févr-04
	Site aux éléphants	Cynégétique	04-févr-04
	Mare Bonwalou	Tampon	04-févr-04
	Mare 25	Parc	05-févr-04
	Mare Bossaibangou	Parc	05-févr-04
	Mare Barabon	Parc	05-févr-04
	Mare aux Chutes de Koudou	Parc	06-févr-04
	Mare Sapingu	Parc	06-févr-04
	Mare aux crocodiles (kérérou)	Tampon	07-févr-04
	Mare aux lions	Cynégétique	07-févr-04
Mare Deux baobabs	Cynégétique	07-févr-04	

Phase	Visites	Zone	Date
Visite de relevés aviens et mesures physico- chimiques	Mare aux lions	Cynégétique	14-févr-04
	Mare Deux baobabs	Cynégétique	15-févr-04
	Mare aux crocodiles (kérérou)	Tampon	16-févr-04
	Mare aux Chutes de Koudou	Parc	17-févr-04
	Mare Sapingou	Parc	18-févr-04
	Mare Barabon	Parc	19-févr-04
	Mare Bossaibangou	Parc	20-févr-04
	Mare 25	Parc	21-févr-04
	Mare Bonwalou	Tampon	22-févr-04
	Site aux Éléphants	Cynégétique	23-févr-04
Mare 24	Cynégétique	24-févr-04	

Annexe 2 : Description sommaire de 11 mares permanentes du Complexe Parc National du W du Fleuve Niger (A : Zone tampon ; B : Zones cynégétiques et C : Zone Parc)

A : Zone tampon		
Mare	Mare aux crocodiles	Bonwalou
Latitude Nord (°)	2°19'0,29"	2°52'0,41"
Longitude Est (°)	11°2'14,14"	12°14'34,93"
Superficie (ha)	0,660	2,495
Type de relief	Plateau	Plateau
Formes de relief	Cuirasses et Vallons	Collines et Plaine inondable
Altitude (m)	260	200
Type de sol	Limono argileux gris sombre	Limoneux
Type de végétation	Savane arborée à <i>Daniellia oliveri</i> et <i>Mitragyna inermis</i> + Galerie forestière à <i>Anogeissus leiocarpus</i>	Savane arbustive à <i>Ficus platyphylla</i> et <i>Nauclea latifolia</i>
Végétaux aquatiques	Absence	<i>Nymphaea lotus</i>
Surface de l'eau couverte par les végétaux (S_{couverte}) (%)	0	95
Hauteur moyenne des arbres (H_{arbres}) (m)	25	15
Recouvrement arboré (R_{arboré}) (%)	50	5
Hauteur moyenne des arbustes (H_{arbustes}) (m)	6	7
Recouvrement arbustif (R_{arbustif}) (%)	30	50
Hauteur moyenne des graminées (H_{graminées}) (m)	1	2
Recouvrement des graminées (R_{graminées}) (%)	50	50

B : Zones cynégétiques				
Mare	Mare aux Lions	Deux baobabs	Mare 24	Site des Éléphants
Latitude Nord (°)	2°1'0,59"	2°1'0,01"	2°59'0,49"	3°4'0,09"
Longitude Est (°)	11°16'5,53"	11°18'46,24"	11°37'3,54"	11°26'54,94"
Superficie (ha)	0,119	0,139	0,346	0,282
Type de relief	Plateau	Plateau	Plateau	Plateau
Formes de relief	Buttes de terre, Collines et Termitières	Buttes de terre et Termitières	Buttes de terre, Thalweg et Versants	Cuirasses, Dalles latéritiques, Buttes de terre, Plaine inondable et Termitières
Altitude (m)	320	320	240	260
Type de sol	Argileux noir	Argileux rouge clair	Argileux hydromorphe noir	Argileux hydromorphe noir
Type de végétation	Savane boisée à <i>Daniellia oliveri</i> et <i>Mitragyna inermis</i>	Savane arborée à <i>Mitragyna inermis</i> et <i>Daniellia oliveri</i>	Savane arborée à <i>Anogeissus leiocarpus</i> et <i>Mitragyna inermis</i> + Fourré à <i>Mitragyna inermis</i> et <i>Pterocarpus erinaceus</i>	Savane arborée à <i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Bridelia ferruginea</i> et <i>Prosopis africana</i>
Végétaux aquatiques	Absence	Absence	<i>Nymphaea lotus</i> , <i>Pistia stratiotes</i> et <i>Schizachyrium platyphyllum</i>	<i>Nymphaea lotus</i>
S_{couverte} (%)	0	0	80	10
H_{arbres} (m)	25	25	20	25
R_{arboré} (%)	20	15	25	10
H_{arbustes} (m)	6	6	6	10
R_{arbustif} (%)	15	20	30	15
H_{graminées} (m)	1,5	2	2	1,5
R_{graminées} (%)	60	70	60	60

C : Zone Parc					
Mare	Mare 25	Bossaibangou	Barabon	Chutes de Koudou	Sapingou
Latitude Nord (°)	2°56'0,28"	2°56'0,29"	2°43'0,88"	2°18'0,87"	2°22'0,50"
Longitude Est (°)	11°53'50,37"	11°53'16,80"	11°42'59,98"	11°40'47,11"	11°48'58,40"
Superficie (ha)	1,780	0,219	0,575	0,747	4,353
Type de relief	Plateau	Plateau	Plateau	Plateau	Plateau
Formes de relief	Buttes de terre et Plaine inondable	Vallons	Vallées et Collines gravillonnaires	Crêtes, Collines et Chutes	Buttes de terre, Collines et Plaine inondable
Altitude (m)	200	200	240	240	240
Type de sol	Argileux rouge clair	Argilo – limoneux rouge clair	Argileux noir	Limono –argileux gris clair	Argileux noir
Type de végétation	Savane boisée à <i>Anogeissus leiocarpus</i> et <i>Mitragyna inermis</i> + Galerie forestière à <i>Anogeissus leiocarpus</i>	Galerie forestière à <i>Daniellia oliveri</i> , <i>Mitragyna inermis</i> et <i>Anogeissus leiocarpus</i>	Savane arborée à <i>Daniellia oliveri</i> et <i>Mitragyna inermis</i>	Galerie forestière à <i>Borassus aethiopum</i> et <i>Mitragyna inermis</i>	Savane arborée à <i>Daniellia oliveri</i> et <i>Terminalia avicenniodes</i>
Végétaux aquatiques	<i>Nymphaea lotus</i> et <i>Pistia stratiotes</i>	Absence	<i>Nymphaea lotus</i>	Absence	<i>Schizachyrium platyphyllum</i>
S_{couverte} (%)	15	0	50	0	0
H_{arbres} (m)	25	25	20	25	25
R_{arboré} (%)	40	50	15	75	25
H_{arbustes} (m)	6	8	8	7	8
R_{arbustif} (%)	15	30	15	50	15
H_{graminées} (m)	1,5	1	1,5	2	2
R_{graminées} (%)	60	50	70	25	80

Annexe 3 : Caractéristiques des types physionomiques de la végétation dans le Complexe PNW du Fleuve Niger (*Tiré de Arbonnier et al., 2002*)

Type de végétation	Définitions	Caractéristiques
Savane herbeuse	Pas (ou peu) de ligneux dans un rayon inférieur à 30 m.	Recouvrement ligneux inférieur à 2%.
Savane herbeuse +/- arbustive	Présence d'arbustes bas épars dans un rayon supérieur à 30 m	Recouvrement des arbustes compris entre 2 et 7%.
Savane herbeuse +/- arborée	Présence d'arbustes bas et d'arbres épars dans un rayon supérieur à 30 m.	Recouvrement des ligneux de 7 à 15%
Savane arbustive claire	Couvert herbacé à base de vivaces où les arbustes dominant dans un rayon inférieur à 30 m, arbres rares	Recouvrement ligneux de 15 à 30%
Savane arbustive dense	Couvert herbacé à base de vivaces où les arbustes dominant dans un rayon supérieur à 30 m	Recouvrement ligneux de 30 à 60%, dont moins de 10% pour les arbres.
Fourré	Ensemble dense d'arbres et arbustes sarmenteux, généralement épineux et situés sur et autour des termitières ou dans une dépression sur cuirasse	
Savane arbustive +/- arborée	Dominance de la strate arbustive avec quelques arbres espacés de 15-30 m	Recouvrement ligneux compris entre 15 et 30%
Savane arborée +/- arbustive	Dominance de la strate arborée avec de nombreux arbustes (écart entre les cimes de 2 à 15 m)	Recouvrement ligneux de 30 à 60%
Savane arborée ou boisée	Dominance de la strate arborée avec peu d'arbustes (écart entre les cimes de 2 à 15 m)	Recouvrement ligneux de 30 à 60%
Forêt claire	Couvert arboré assez dense, avec peu d'arbustes	Recouvrement ligneux compris entre 60 et 80%, couvert herbacé réduit.
Forêt dense sèche	Couvert arboré à cimes jointives ou presque	Recouvrement des ligneux de 60 à 90% , sous-bois clairsemé, couvert herbacé réduit à rare
Galerie forestière	Forêt, constituée d'arbres à cimes jointives ou presque, dont les hauteurs sont en grande majorité supérieures à 12 – 20 m.	Recouvrement des ligneux de 90 à 100% , sous-bois dense ou « en tunnel » avec présence de lianes.
Forêt rivulaire ou cordon ripicole	Forêt temporairement inondée plus ou moins dense, constituée d'espèces exclusivement ripicoles et généralement sempervirentes, ou végétation aquatique dont l'extension est soumise aux crues.	

Annexe 4 : Liste des espèces d'oiseaux observées durant l'étude

Phalacrocoracidae

Phalacrocorax africanus / Cormoran africain

Ardeidae

Ixobrychus minutus / Butor blongios

Nycticorax nycticorax / Héron Bihoreau

Ardeola ralloides / Héron crabier

A. ibis / Héron garde-bœuf

Butorides striatus / Héron à dos vert

Egretta intermedia / Aigrette intermédiaire

E. garzetta / Aigrette garzette

Ardea cinerea / Héron cendré

A. purpurea / Héron pourpré

Scopidae

Scopus umbretta / Ombrette

Ciconiidae

Ciconia episcopus / Cigogne épiscopale

Ephippiorhynchus senegalensis / Jabiru du Sénégal

Leptoptilos crumeniferus / Marabout

Threskiornithidae

Bostrychia hagedash / Ibis hagedash

Plegadis falcinellus / Ibis falcinelle

Anatidae

Plectropterus gambensis / Canard armé

Accipitidae

Torgos tracheliotus / Oricou

Accipitidae (suite)

Gyps bengalensis / Gyps africain

Necrosyrtes monachus / Percnoptère brun

Gypohierax angolensis / Vautour palmiste

Circus aeruginosus / Busard des roseaux

Terathopius ecaudatus / Bateleur

Circaetus gallicus / Circaète Jean-le-blanc

C. cinerius / Circaète brun

Accipiter erythropus / Autour minulle

Kaupifalco monogrammicus / Buse unibande

Buteo auguralis / Buse à queue rousse

Haliaeetus vocifer / Aigle pêcheur

Milvus migrans / Milan noir

Elanus caeruleus / Elanion blanc

Falconidae

Falco cuvieri / Hobereau africain

F. ardosiaceus / Faucon ardoisé

F. tinnunculus / Crécerelle

Phasianidae

Francolinus bicalcaratus / Francolin commun

Ptilopachus petrosus / Poule de rocher

Numida meleagris / Pintade commune

Charadriidae

Vanellus tectus / Vanneau à tête noire

V. senegallus / Vanneau caronculé

Scolopacidae

Tringa glareola / Chevalier sylvain
T. ochropus / Chevalier cul blanc
T. hypoleucos / Chevalier guignette

Pteroclididae

Pterocles quadricinctus / Ganga de Gambie

Colombidae

Columba guinea / Pigeon de Guinée
Streptopelia semitorquata / Tourterelle à collier
S. decipiens / Tourterelle pleureuse
S. vinacea / Tourterelle vineuse
S. senegalensis / Tourterelle maillée
Oena capensis / Tourterelle du cap
Turtur afer / Emerauldine à bec rouge
T. abyssinicus / Emerauldine à bec noir
Treron australis / Pigeon vert à front nu
T. waalia / Pigeon à épauettes violettes

Psittacidae

Poicephalus senegalus / Youyou

Musophagidae

Musophaga violacea / Touraco violet
Crinifer piscator / Touraco gris

Cuculidae

Centropus senegalensis / Coucal du Sénégal

Apodidae

Apus caffer / Martinet à croupion blanc

Apodidae (suite)

A. affinis / Martinet à dos blanc
Cypsiurus parvus / Martinet des palmiers

Alcedinidae

Megaceryle maxima / Martin-pêcheur géant
Ceryle rudis / Martin-pêcheur pie
Alcedo cristata / Martin-pêcheur huppé
Halcyon senegalensis / Martin-chasseur du Sénégal

Meropidae

Merops nubicus / Guêpier écarlate
M. bullocki / Guêpier à gorge rouge
M. orientalis / Petit guêpier vert
Melittophagus pusillus / Guêpier nain

Coraciidae

Coracias abyssinica / Rollier d'Abyssinie

Upupidae

Phoeniculus purpureus / Moqueur

Bucerotidae

Tockus nasutus / Petit calao à bec noir
T. erythrorhynchus / Petit calao à bec rouge
Bucorvus abyssinicus / Grand Calao d'Abyssinie
Pycnonotus barbatus / Bulbul commun

Capitonidae

Lybius dubius / Barbican à poitrine rouge

Picidae

Campethera permista / Pic à dos vert

Picidae (suite)

Mesopicos goertae / Pic gris

Alaudidae

Eremopterix leucotis / Alouette moineau à oreillons blancs

Hirundinidae

Hirundo rustica / Hirondelle de cheminée

H. leucosoma / Hirondelle à ailes tachetées

Motacillidae

Macronyx croceus / Alouette sentinelle

Laniidae

Laniarius barbarus / Gonolek de barbarie

Corvinella corniva / Corvinelle

Sturnidae

Lamprotornis splendidus / Merle métallique à œil blanc

L. chalybaeus / Merle métallique commun

L. caudatus / Merle métallique à longue queue

Buphagus africanus / Pique-bœuf à bec jaune

Corvidae

Ptilostomus afer / Piac-piac

Corvus albus / Corbeau pie

Pycnonotidae

Pycnonotus barbatus / Bulbul commun

Chlorocichla simplex / Bulbul modeste

Turdidae

Cossypha albicapilla / Grand cossyphé à tête blanche

C. niveicapilla / Petit cossyphé à tête blanche

Turdidae (suite)

Turdus pelios / Grive kurrichane

Sylviidae

Cisticola galactotes / Cisticole roussâtre

C. ruficeps / Cisticole à tête rousse

C. juncidis / Cisticole des joncs

Muscicapidae

Muscicapa striata / Gobe-mouche gris

Remizidae

Anthoscopus parvulus / Rémiz à ventre jaune

Nectariniidae

Nectarinia senegalensis / Soui-manga à poitrine rouge

N. superba / Soui-manga superbe

Zosteropidae

Zosterops senegalensis / Oiseau-lunettes jaunes

Emberizidae

Emberiza forbesi / Bruant à ventre jaune

Fringillaria tahapis / Bruant cannelle

Fringillidae

Serinus mozambicus / Serin du Mozambique

Ploceidae

Ploceus cucullatus / Tisserin gendarme

Quelea quelea / Travailleur à bec rouge

Q. erythrops / Travailleur à tête rouge

Euplectes afer / Vorabé

E. hordeaceus / Monseigneur

Ploceidae (suite)

Plocepasser superciliosus / Moineau-tisserin

Passer griseus / Moineau gris

Vidua macroura / Veuve dominicaine

Estrildidae

Pypilia melba / Beaumarquet

Estrilda melpoda / Joues-oranges

E. bengala / Cordon bleu

Lagonosticta senegala / Amarante commune

Lonchura cucullata Spermète nonnette

Annexe 5 : Liste des espèces végétales inventoriées durant l'étude

Espèces végétales**Espèces végétales ligneuses**

<i>Acacia ataxancata</i>	<i>Combretum glutinosum</i>	<i>Grewia mollis</i>	<i>Piliostigma thonningii</i>
<i>Acacia hockii</i>	<i>Combretum micranthum</i>	<i>Guiera senegalensis</i>	<i>Prosopis africana</i>
<i>Acacia macrostachia</i>	<i>Combretum molle</i>	<i>Hexalobus monopetalus</i>	<i>Pseudocedrela kotschy</i>
<i>Acacia nilotica</i>	<i>Combretum nigricans</i>	<i>Hymenocardia acida</i>	<i>Pteleopsis suberosa</i>
<i>Acacia raddiana</i>	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	<i>Isoberlinia doka</i>	<i>Pterocarpus erinaceus</i>
<i>Acacia sieberiana</i>	<i>Daniellia oliveri</i>	<i>Lannea acida</i>	<i>Sclerocarya birrea</i>
<i>Adansonia digitata</i>	<i>Dichrostachys cinerea</i>	<i>Lannea microcarpa</i>	<i>Securidaca longepedunculata</i>
<i>Azelia africana</i>	<i>Diospyros mespiliformis</i>	<i>Lannea velutina</i>	<i>Sterculia setigera</i>
<i>Annona senegalensis</i>	<i>Entada africana</i>	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	<i>Stereospermum kunthianum</i>
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	<i>Detarium microcarpum</i>	<i>Mangifera indica</i>	<i>Strychnos spinosa</i>
<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Feretia apodanthera</i>	<i>Maytenus senegalensis</i>	<i>Tamarindus indica</i>
<i>Bombax costatum</i>	<i>Ficus ingens</i>	<i>Mitragyna inermis</i>	<i>Terminalia avicennioides</i>
<i>Borassus aethiopum</i>	<i>Ficus platyphylla</i>	<i>Morelia senegalensis</i>	<i>Terminalia laxiflora</i>
<i>Boscia senegalensis</i>	<i>Ficus sycomorus</i>	<i>Nauclea latifolia</i>	<i>Terminalia mollis</i>
<i>Bridelia ferruginea</i>	<i>Flueggea virosa</i>	<i>Opilia celtidifolia</i>	<i>Trichilia emetica</i>
<i>Bridelia scleroneura</i>	<i>Gardenia aqualla</i>	<i>Ostryoderris stuhlmanii</i>	<i>Vitellaria paradoxa</i>
<i>Burkea africana</i>	<i>Gardenia erubescens</i>	<i>Parkia biglobosa</i>	<i>Ximenia americana</i>
<i>Combretum collinum</i>	<i>Gardenia ternifolia</i>	<i>Pericopsis laxiflora</i>	<i>Ziziphus abyssinica</i>
<i>Combretum fragrans</i>	<i>Grewia bicolor</i>	<i>Piliostigma reticulata</i>	<i>Ziziphus mucronata</i>

Espèces végétales herbacées ou non

<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Cochlospermum planchonii</i>	<i>Indigofera bracteolata</i>	<i>Pennisetum pedicellatum</i>
<i>Andropogon pseudapricus</i>	<i>Hibiscus asper</i>	<i>Loxodera ledermanii</i>	<i>Pennisetum polystachion</i>
<i>Cassia obtusifolia</i>	<i>Hyptis spicigera</i>	<i>Loudetia simplex</i>	<i>Waltheria indica</i>

Espèces végétales aquatiques

<i>Nymphaea lotus</i>	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Schizachyrium platyphyllum</i>
-----------------------	--------------------------	-----------------------------------