

N° 000248

Dakar, le 31 JAN. 2018

Le Directeur

Objet : transmission rapports

Madame,

Je vous envoie ci-joint, pour attribution, le rapport d'activités du suivi écologique au Parc National du Niokolo Koba (année 2017) le rapport sur l'Etat de conservation dudit parc (année 2017), le rapport de formation ainsi que les publications.

Je vous souhaite bonne réception de la présente et vous prie de croire, **Madame,** en l'assurance de ma franche collaboration.

A Madame Nana THIAM

Email : n.thiam@unesco.org

Colonel Abdoulaye DIOP



REPUBLIQUE DU SENEGAL

**MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT
DURABLE**

DIRECTION DES PARCS NATIONAUX

PARC NATIONAL DU NIOKOLO-KOBA



**RAPPORT SUR L'ETAT DE CONSERVATION DES BIENS DU
PATRIMOINE MONDIAL PAR LES ETATS PARTIES**



Janvier 2018

SOMMAIRE

Liste des Sigles et Acronymes	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures	iv
Liste des photos.....	iv
Résumé analytique du rapport	5
Introduction	6
I. Mise en œuvre des recommandations de la 41 ^e session du Comité du Patrimoine Mondial	6
1. Lutte anti braconnage.....	6
a) Renforcement des équipes de surveillance.....	6
b) Renforcement des moyens logistiques et équipements	8
c) Système de patrouille	8
d) Efforts de patrouilles	9
2. Projet aurifère de Mako (PMC).....	12
a) Suivi des impacts du projet PMC sur le parc.....	12
b) Suivi hydrologique de la qualité physico chimique des eaux	13
c) Création de zones de conservation en dehors du Bien	15
II. Etat de Mise en œuvre des recommandations en vue du retrait du Bien de la Liste en Péril	16
1. Tendence d'évolution des populations des espèces emblématiques (lion, Eland de Derby, éléphant, lycaon)	16
2. Evaluation du niveau de rencontre des espèces emblématiques (Eland de Derby, Lion, Lycaon)	18
3. Situation sur le braconnage	18
4. Situation des mares	19
5. Maitrise des espèces envahissantes au niveau des mares.....	20
6. Gestion des pâturages	21
7. Système de suivi écologique	22
7.1. Protocole de suivi-écologique.....	22
7.2. Système de collecte de données de suivi.....	25
8. Gestion du trafic routier à l'intérieur du Parc sur la RN7	25
III. Etat de mise en œuvre des mesures correctives de la mission de 2015	i
1. Renforcement du dispositif de lutte anti-braconnage	i
2. Renforcement des capacités du personnel du Bien.....	i
3. Réhabilitation des pistes.....	ii
4. Marquage des limites du Bien	iii
5. Lutte contre l'orpaillage.....	iv
IV. Etat de Mise en œuvre des recommandations additionnelles de 2015	iv
1. Plan de gestion du Bien.....	iv

2. Projet de barrage de Sambangalou	iv
3. Implication des communautés dans la gestion du Bien	v
4. Etat du Partenariat Public Privé (PPP).....	vi
Conclusion	vi
Pièces jointes	vii

Liste des Sigles et Acronymes

CDD	Comité Départementale de Développement
DEEC	Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés
DGPRES	Direction de la Gestion et de la Planification de Ressources en Eau du Sénégal
DPN	Direction des Parcs Nationaux
GIE	Groupement d'Intérêt Economique
GPS	Global Position System
IDEV-ic	Bureau d'Etude Conseil et de Maîtrise d'œuvre
IEF	Inspection d'Education et de Formation
IKA	Indice Kilométrique d'Abondance
NCD	Nature Communauté Développement
OMVG	Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Gambie
PDC	Plan de Développement Communale
PGES	Plan de Gestion Environnemental et Social
PIE	Picture Information Extractor
PINKK	Projet Intégré de Nutrition dans les régions de Kolda et de Kédougou
PMC	Petowal Mining Company
PNNK	Parc National de Niokolo Koba
POAS	Plan d'Occupation et D'Affectation des Sols
P2RS	Programme de Renforcement et de la Résilience au Sahel
PUDC	Programme d'Urgence de Développement Communautaire
SMART	Self Monitoring Analysis & Reporting Technology
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des ressources
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education la Science et la Culture
VUE	Valeur Universelle Exceptionnelle

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau récapitulatif du matériel acquis	8
Tableau 2 : Tableau récapitulatif de l'effort de patrouille (Distance parcourue en km)/mois et par équipe).....	10
Tableau 5 : Tableau de synthèse des indicateurs.....	24
Tableau 6 : Dépenses effectuées dans le cadre des aménagements.....	v

Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation des nouveaux postes	7
Figure 2: Carte des tracés des brigades.....	9
Figure 3: Effort de patrouille des brigades du Mois d'Aout (Version SMART)	10
Figure 4: Effort de patrouille des brigades du Mois de Septembre (Version SMART)	11
Figure 5: Effort de patrouille des brigades du Mois d'Octobre (Version SMART)	11
Figure 6: Effort de patrouille des brigades du Mois de Novembre (Version SMART)	12
Figure 7: Distribution Spatiale des Espèces emblématiques du PNNK en 2017	17
Figure 8: Distribution spatiale des espèces emblématiques du PNNK en 2016	17
Figure 9: Carte des mares avec eau en saison sèche.....	20
Figure 10 : Carte de localisation des points de forage.....	22
Figure 11: Carte des pistes ouvertes au sud du PNNK.....	iii

Liste des photos

Photo 1: lutte active contre le mimosa par les agents du PNNK (Crédit : Bureau Aménagement et Cartographie	20
Photo 2 : Décompte en véhicule (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017)	23
Photo 3 : Décompte en points fixes (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017).....	23
Photo 4 : Images des pièges photographiques (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017)	24
Photo 5: Formation Suivi Ecologique (Crédit : Bureau Suivi Evaluation 2017)	ii
Photo 6 : Réhabilitation de pistes en 2017(Crédit : Bureau Aménagement et Cartographie)	iii

Nom du BIEN : **Parc National du Niokolo Koba**

Pays : **Sénégal**

Numéro d'identification : **N°153**

Résumé analytique du rapport

Le rapport s'articule autour quatre (04) grandes parties représentées par les recommandations de la 41^{ème} session, les indicateurs pour le retrait du Bien, les mesures correctives et celles additionnelles de 2015.

La première partie relative aux recommandations de la 41^{ème} session du comité du patrimoine de l'UNESCO met l'accent sur les efforts consentis par l'Etat partie en matière de lutte anti braconnage et la gestion des potentiels impacts de la société aurifère de Mako.

Pour ce qui concerne la lutte anti braconnage, des avancées considérables sont faites par l'Etat partie en termes de renforcement des équipes de surveillance, des moyens matériels et logistiques ainsi que les systèmes et efforts de patrouilles.

La gestion des potentiels impacts de la société aurifère de Mako repose sur le dispositif de suivi des impacts de la société sur le parc, notamment les impacts physico-chimiques. A cela, s'ajoute la mise en œuvre de mesures correctives et d'accompagnement axées sur la création de zone de conservation hors du Bien, la participation à la surveillance par l'aménagement de nouveaux postes de gardes, le renforcement des équipements etc.

La seconde partie du document renseigne sur les huit (08) indicateurs en vue du retrait du Bien des sites en péril. A ce titre, la viabilité des espèces emblématiques de la VUE est démontrée à travers l'évolution des tendances de ces populations et le niveau de rencontre de ces espèces. Il s'y ajoute la maîtrise des entraves à la gestion du Bien relatives à la situation des mares en ce qui concerne leur capacité de stockage en eau et la maîtrise des espèces envahissantes, la gestion des pâturages et du trafic routier sur la RN7 dans le Bien.

Le système de suivi écologique marqué par des innovations majeurs en termes d'utilisation de logiciels appropriés (SMART, PIE, Cybertracker ...Etc.) dans la collecte, le traitement et la gestion des données y est aussi développé.

Dans la troisième partie du document sont traités les aspects liés aux mesures correctives de 2015 en ce qui concerne le renforcement des capacités du personnel, la réhabilitation des pistes, l'amélioration des marquages des limites du Bien et des efforts de lutte contre l'orpaillage.

En fin, la dernière partie du rapport, résume à la fois l'état d'avancement de l'actualisation du Plan de gestion du Bien déjà enclenchée et le projet de barrage de Sambangalou dont la partie Sénégalaise n'a fait l'objet d'aucun financement à nos jours.

Dans ce même sillage, l'implication des communautés à travers la mise en œuvre de projets de développements en direction des populations locales et l'avènement d'un processus pour un partenariat public privé sont de mises.

Introduction

Le Parc National du Niokolo Koba (PNNK) est créé en 1954 par le décret 6009 du 19 Août 1954 suite à plusieurs mutations statutaires à partir de 1926. Situé au Sud Est du Sénégal avec une superficie de 913 000 ha, il est à cheval entre trois régions administratives : Tambacounda, Kolda et Kédougou.

Le PNNK est inscrit sur la liste des sites du Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1981 à partir du critère X relatif à la richesse faunique, les formations naturelles et le réseau hydrographique représentatif puis réserve de biosphère la même année.

Cependant, certaines perturbations écosystémiques ont occasionné l'inscription du PNNK en 2007 sur la liste des sites en péril lors de la 31^{ème} session du Patrimoine Mondial de l'UNESCO de Christchurch (nouvelle Zélande).

La 41^{ème} session (whc/17/41.COM/7A) de Cracovie (Pologne) du Comité du Patrimoine Mondial de l'UNESCO a maintenu le PNNK dans les sites en péril en émettant des recommandations en vue du retrait du Bien de cette liste.

C'est dans cette perspective que rentre l'élaboration du dit rapport relatif à l'état de la conservation du Bien à la date du 31 Décembre 2017 en rapport avec les mesures correctives pour l'échéance du 1^{er} Février 2018.

Ce document s'articule autour de l'état de mise en œuvre des recommandations de la 41^{ème} session, des recommandations (indicateurs) en vue du retrait du Bien des sites en péril, des mesures correctives de 2015 et des recommandations additionnelles de 2015.

I. Mise en œuvre des recommandations de la 41^é session du Comité du Patrimoine Mondial

Conformément aux orientations du Comité du Patrimoine Mondial de l'UNESCO, des efforts considérables ont été apportés en réponse aux recommandations de sa 41^{ème} session en relation avec la lutte anti braconnage et les activités de la société minière Petowal Mining Company SA (PMC) de Mako.

1. Lutte anti braconnage

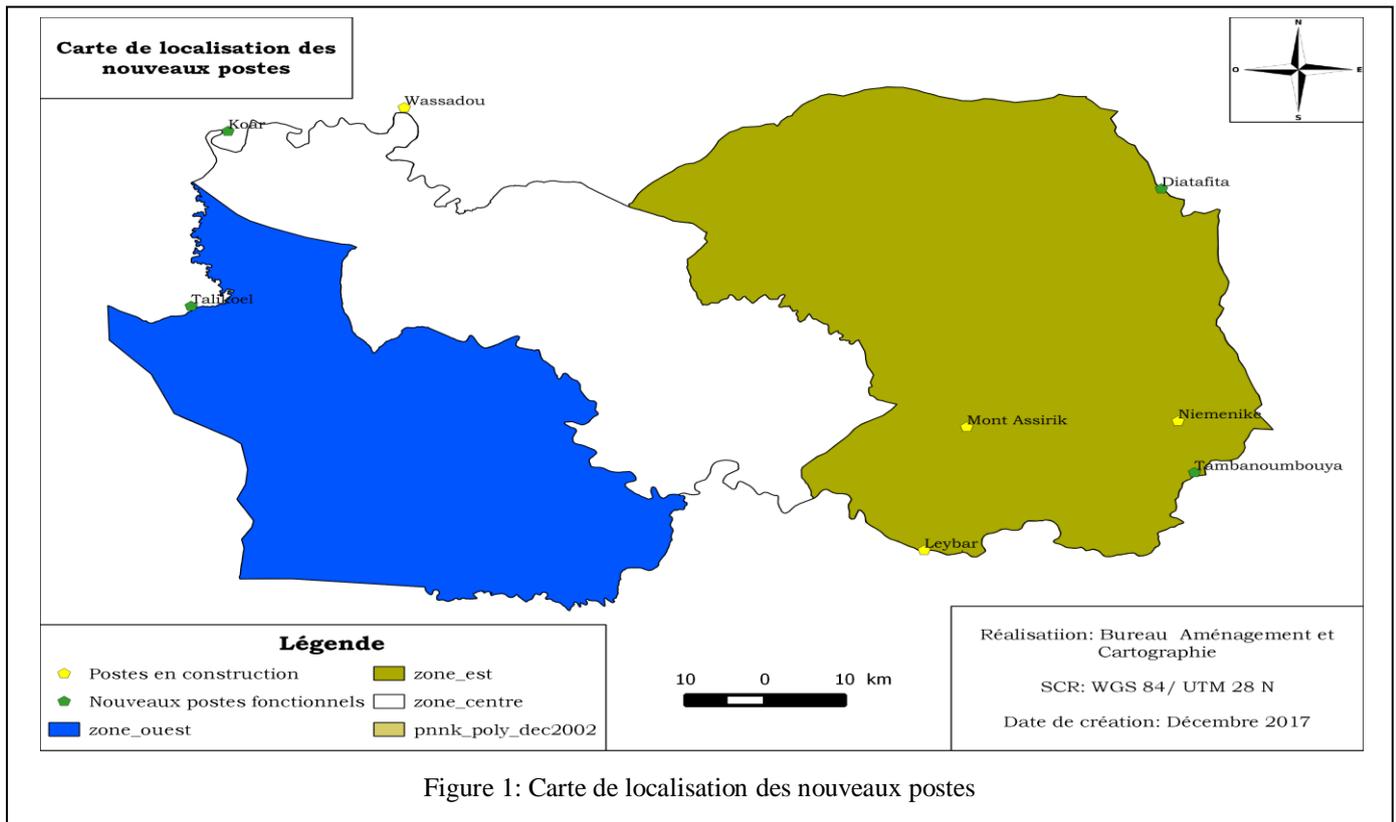
Les actions réalisées en matière de lutte anti braconnage sont essentiellement concentrées sur le renforcement des effectifs et celui des moyens logistiques et équipements.

a) Renforcement des équipes de surveillance

Pour plus d'efficacité dans la surveillance et la sécurisation du Parc, le dispositif est renforcé au courant de l'année 2017 à travers la création de nouveaux postes de garde et l'augmentation des effectifs et équipes de surveillance du Parc.

A ce titre, quatre nouveaux postes de garde stratégiques sont opérationnels (Kouar, Talikoel, Tambanoumoua, Diatafita) avec l'appui de PMC pour le poste de Tambanoumouya afin de renforcer le dispositif dans la zone de Mako.

Par ailleurs, dans ce même sillage de consolidation des actions de lutte anti braconnage, quatre autres postes sont en cours de réalisation (Assirik, Lebar, Wassadou, Niéméniké).



C'est dans cette même perspective que l'état parti a engagé un recrutement de gardes, d'agents techniques et d'ingénieurs des travaux des Parcs Nationaux pour l'année 2017 en plus de celui de 2016 ; ce qui va sans doute renforcer les effectifs.

En outre, la sécurisation et la protection de la biodiversité est exacerbée par le renforcement du dispositif dans la partie sud-est du PNNK en lien avec le programme de compensation pour la biodiversité, relatif à la concession d'exploitation minière de la société Petowal Mining Company SA (PMC), jouxtant le PNNK. Ce programme participe à la fois au renforcement de la lutte active anti braconnage et du suivi écologique du PNNK.

A cet effet, trois brigades mobiles dont la prise en charge est assurée par la société PMC se relaient continuellement pour assurer la surveillance du Parc particulièrement, dans cette dans cette zone stratégique à forte concentration faunique. Un encadrement permanent sur les stratégies de patrouilles est apporté aux équipes en relation avec des éléments détachés pour la mise en œuvre des mesures compensatoires.

Par ailleurs, il est prévu pour la troisième phase de ce projet (2022-2027), une expansion de la zone de surveillance à d'autres zones clés du Parc, selon la disponibilité de financements afin d'assurer une bonne protection du Parc.

b) Renforcement des moyens logistiques et équipements

En plus du matériel mis à la disposition du PNNK par l'UNESCO, dans le cadre de l'opérationnalisation des activités du projet de compensation, des moyens matériels, logistiques et technologiques sont acquis pour les patrouilles consignés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Tableau récapitulatif du matériel acquis

Désignation	Nombre	Marque
Véhicule	01	Land Cruiser
GPS	02	Garmin 64S
inReach EXPLORER+	02	Garmin
Appareil numérique	02	FUJIFILM
Sac étanche en plastique	01	
Jumelle	02	USCAMEL et chinoise
CT5	03	CEDAR
Talkie-Walkie	04	MIDLAND
Filtre à eau collectif	02	KATADYN
Filtre à eau individuel	03	MOKO
Chargeur appareil	03	RAVPOWER
Chargeur appareil	01	EASYACC
Chargeur solaire	02	GOALZERO
Chargeur batterie	01	TECHNO BC700
Téléphone satellitaire	02	THURAYA XT-PRO
Camera trap + camouflage	01	V6

La combinaison de ces deux facteurs (humain, équipement et logistique) a permis de mettre en place un système de patrouille méthodique.

c) Système de patrouille

Le système de patrouille repose sur un travail de bureau qui consiste à élaborer un tracking définissant l'itinéraire de patrouille à partir des logiciels de cartographie (Arc Gis et Qgis) et qui prend en compte les zones à potentielle concentration faunique, notamment les mares et celles avec la présence d'indices d'entrées irrégulières de braconniers détectables à partir de la résolution satellitaire.

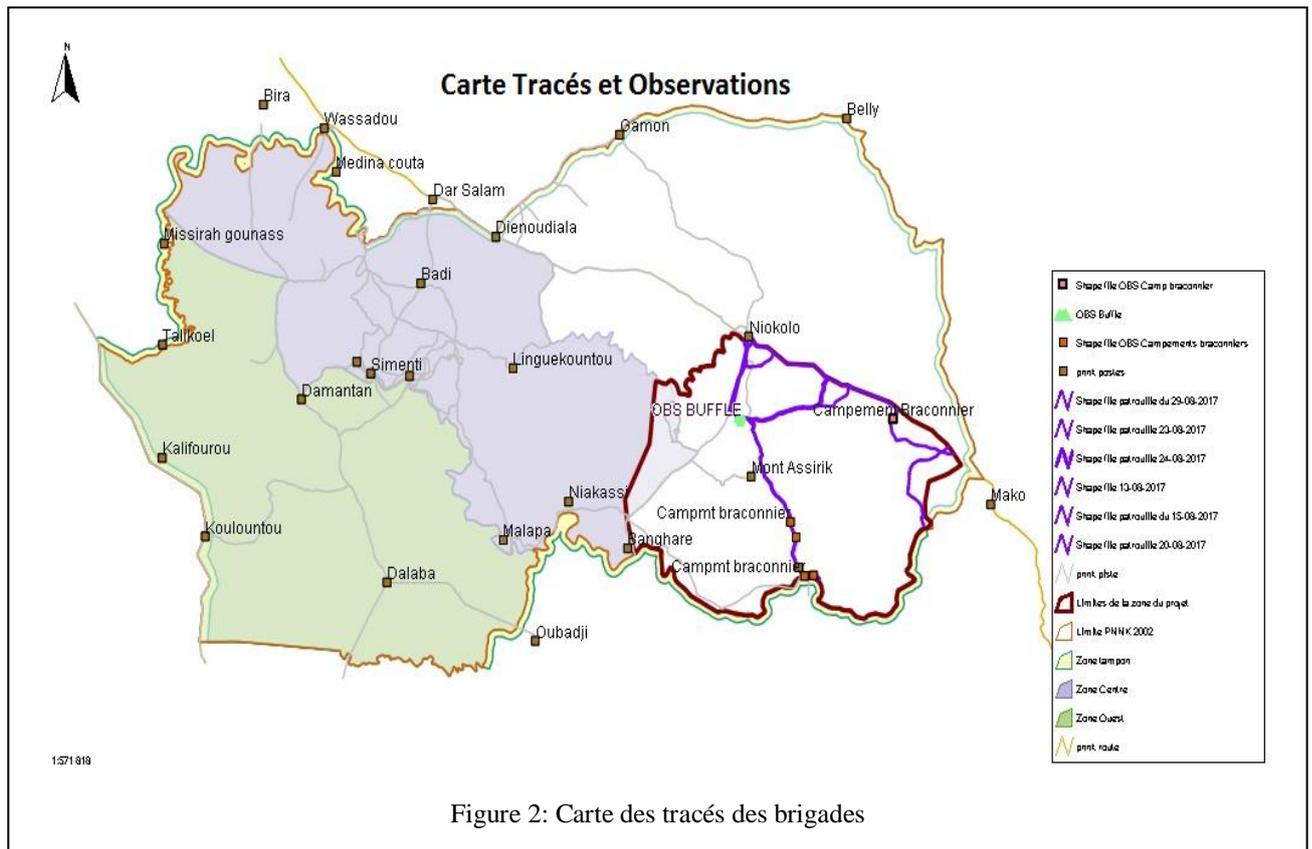


Figure 2: Carte des tracés des brigades

Source : Mission de patrouille de la brigade lycaon Aout 2017

Les coordonnées de l'itinéraire pour les équipes de patrouille sont enregistrées dans un GPS pour guider les éléments sur le terrain. En plus, toutes les observations (directe et indirecte), particulièrement sur les espèces emblématiques sont consignées dans un appareil de type CT5 via la programmation d'un questionnaire électronique avec le logiciel SMART pour le suivi écologique. La mise en œuvre de ce système a donné des résultats appréciables à partir des efforts considérables des patrouilles.

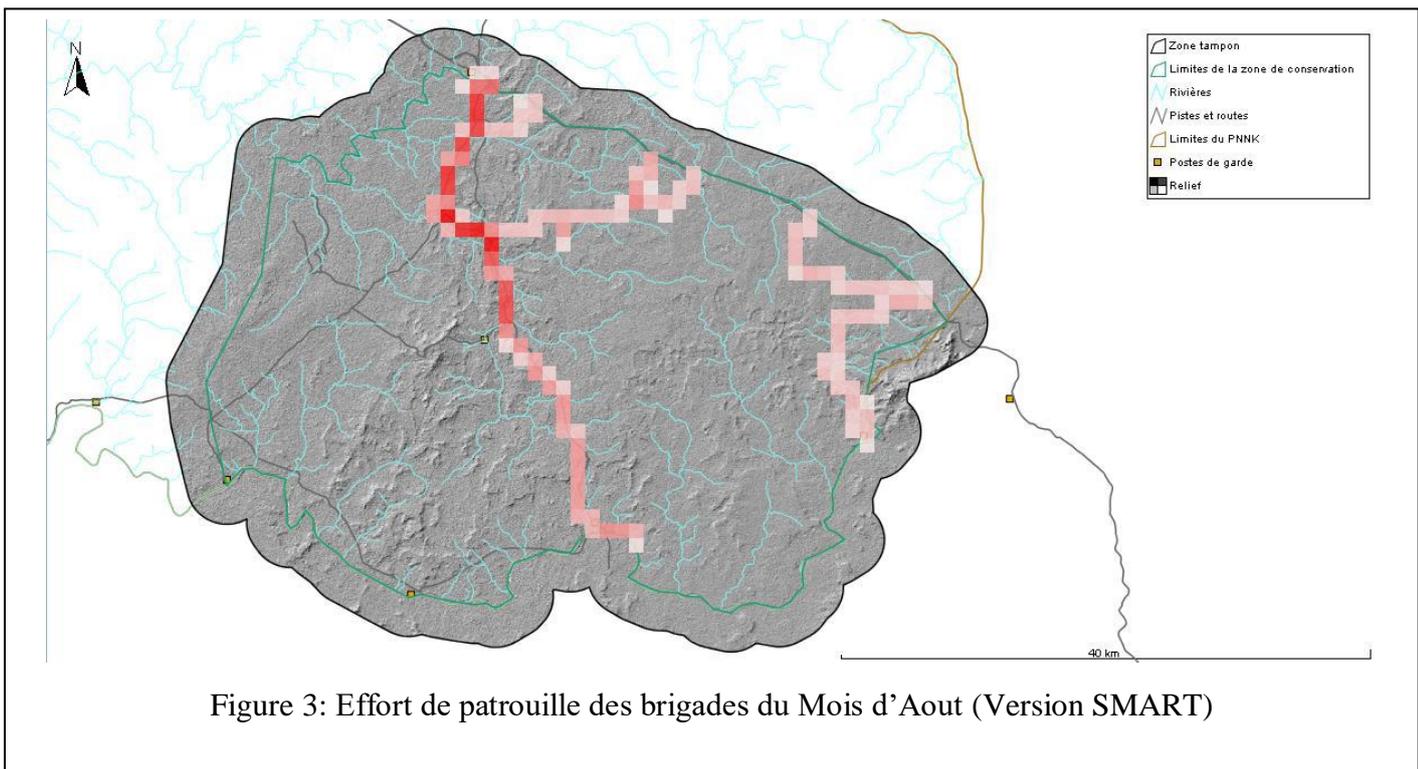
d) Efforts de patrouilles

La mise en application de ce dispositif a donné des résultats satisfaisants à la fois sur la sécurisation de la zone d'intervention et la collecte de données de suivi écologique pour deux brigades pris en exemple. Ainsi, les éléments suivants permettent d'illustrer les efforts des équipes de patrouille du mois Août à Novembre de ces deux brigades.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif de l'effort de patrouille (Distance parcourue en km)/mois et par équipe)

	Distance parcourue en Km			
	Pédestre		Véhicule	
	Brigade Lycaon	Brigade Porc Epic	Brigade Lycaon	Brigade Porc Epic
Août 2017	79		158	
Septembre 2017	-	62	-	240
Octobre 2017	35	46	83	219
Novembre 2017	51	86	116	88

Ces efforts de patrouille sont matérialisés sur les cartes suivantes en fonction des secteurs de surveillance et des périodes de patrouille.



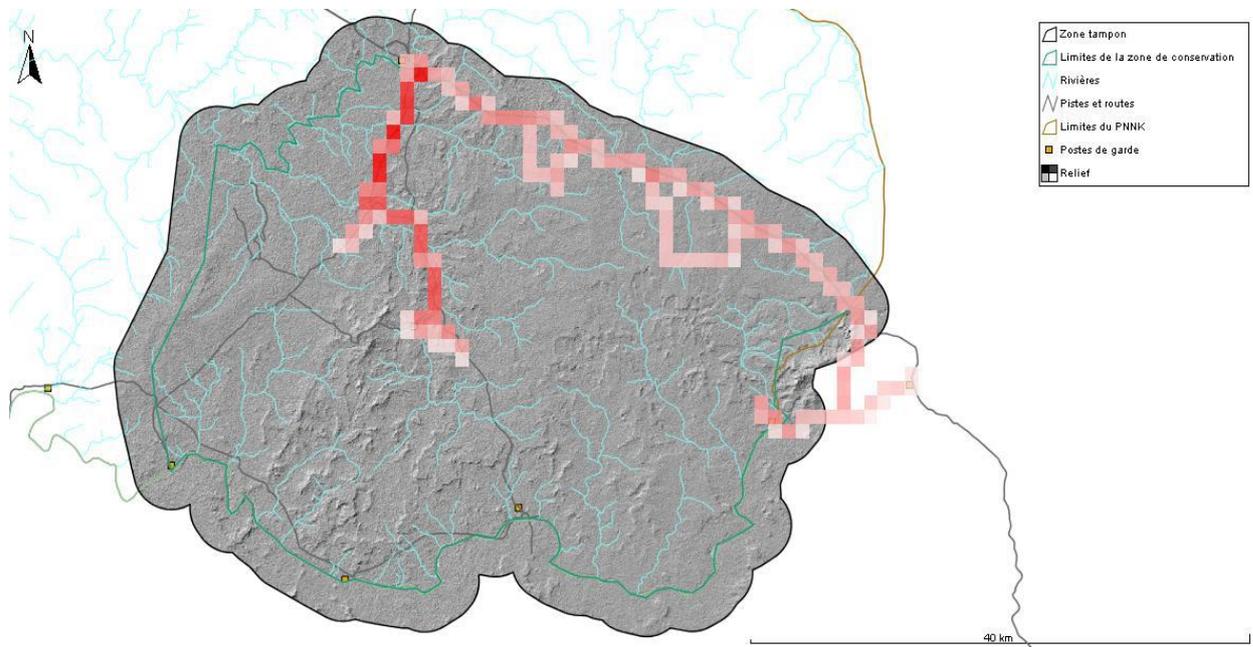


Figure 4: Effort de patrouille des brigades du Mois de Septembre (Version SMART)

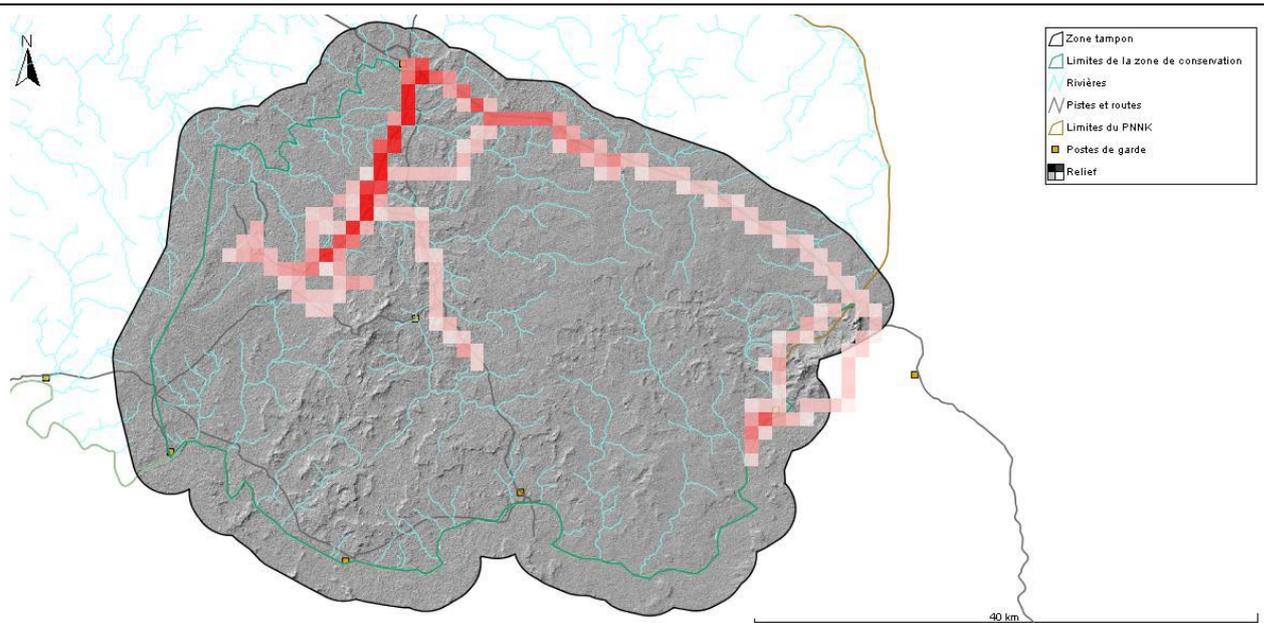


Figure 5: Effort de patrouille des brigades du Mois d'Octobre (Version SMART)

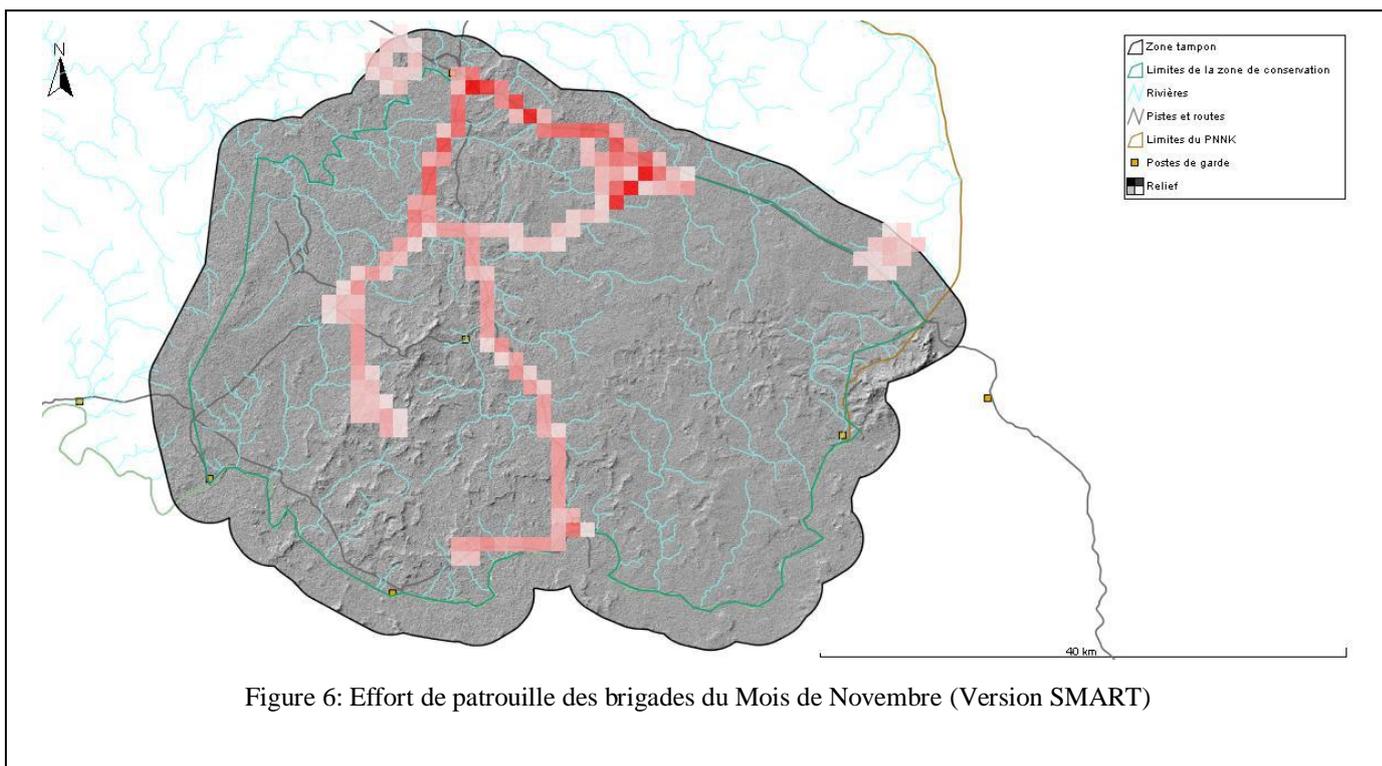


Figure 6: Effort de patrouille des brigades du Mois de Novembre (Version SMART)

2. Projet aurifère de Mako (PMC)

En relation avec les recommandations du projet aurifère de Mako (PMC), d'importantes réalisations sont faites à ce niveau en termes de suivi des impacts du projet, de suivi hydrologique et de la qualité des eaux et de création de zones de conservation en dehors du bien.

a) Suivi des impacts du projet PMC sur le parc

La Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés (DEEC) assure le suivi des impacts du projet de la société PMC à travers essentiellement deux organes que sont le comité de suivi des installations classées et le comité technique environnemental et social.

Le comité de suivi des installations classées assure le suivi de toutes les installations industrielles du projet en rapport avec le respect des procédures et normes dictées par le code de l'environnement du Sénégal. Ce comité procède à la vérification des normes techniques liées aux potentiels impacts sur le Parc et le fleuve Gambie.

Le suivi des impacts des installations de PMC par la DEEC est réalisé sur la base du Plan de Gestion Environnementale et Social (PGES) de la société. Ce suivi des impacts est fait en relation avec plusieurs services techniques pour prendre en compte tous les aspects environnementaux pouvant influencer négativement les écosystèmes, (cf. Rapport de suivi de la mise en œuvre du plan de gestion environnementale et sociale de Toro Gold/Mako exploration compagny).

Tout de même, la DEEC veille sur l'application de l'article L13 du code l'environnement qui stipule que « les installations rangées dans la première classe doivent faire l'objet, avant leur

construction ou leur mise en service, d'une autorisation d'exploitation délivrée par arrêté du Ministre chargé de l'environnement dans les conditions fixées par décret.

Cette autorisation est obligatoirement subordonnée à leur éloignement, sur un rayon de 500m au moins, des habitations, des immeubles habituellement occupés par des tiers, des établissements recevant du public et des zones destinées à l'habitation, d'un cours d'eau, d'un lac, d'une voie de communication, d'un captage d'eau. Les installations rangées dans la seconde classe doivent faire l'objet, avant leur construction ou leur mise en service d'une déclaration adressée au Ministre chargé de l'environnement qui leur délivre un récépissé dans les conditions fixées par décret.

L'exploitant doit renouveler sa demande d'autorisation ou sa déclaration soit en cas de transfert, soit en cas d'extension, ou de modification notable des installations.

En cas de mutation des droits d'installation, le nouvel exploitant est tenu de faire une déclaration adressée au Ministre chargé de l'environnement ».

Par ailleurs des dispositions législatives et réglementaires relatives au code minier favorise le respect et le suivi des impacts des exploitations minières sur l'environnement en générale. En effet, les articles 18, 26 et 30 de la loi N° 88-06 du 26 Août 1988 et du décret N° 89-907 du 05 Août 1989 relative au code minier du Sénégal encadrent et prévoient des normes d'exploitation minières respectueuses de l'environnement et des stratégies de suivi des exploitations en lien avec les potentiels impacts sur l'environnement (cf. code minier).

b) Suivi hydrologique de la qualité physico chimique des eaux

La Direction de la Gestion et de la Planification de Ressources en Eau du Sénégal (DGPRE) assure le suivi permanent des plus importantes ressources en eau dans le Parc National du Niokolo Koba. Le fleuve Gambie qui traverse le parc sur une distance de deux cent (200) kilomètres est suivi à travers un réseau de stations hydrologiques dont la station de référence de Mako. D'autres stations secondaires dans le parc sont aussi suivies dont Simenti, Niokolo, etc.

Dans un souci de mieux maîtriser les affluents de la Gambie (Niokolo et Koulountou pour le PNNK), la (DGPRE) a entrepris un programme d'instrumentation de certaines mares dans le Parc et les affluents principaux.

Ce suivi hydrologique est assuré par des lecteurs qui relèvent les hauteurs d'eau à 08 h, 13 h et 18 h. Les données ainsi collectées sont transmises à la brigade hydrologique de Tambacounda puis acheminées à la DGPRE à Dakar. Ces données permettent de déterminer le régime hydrologique du fleuve Gambie.

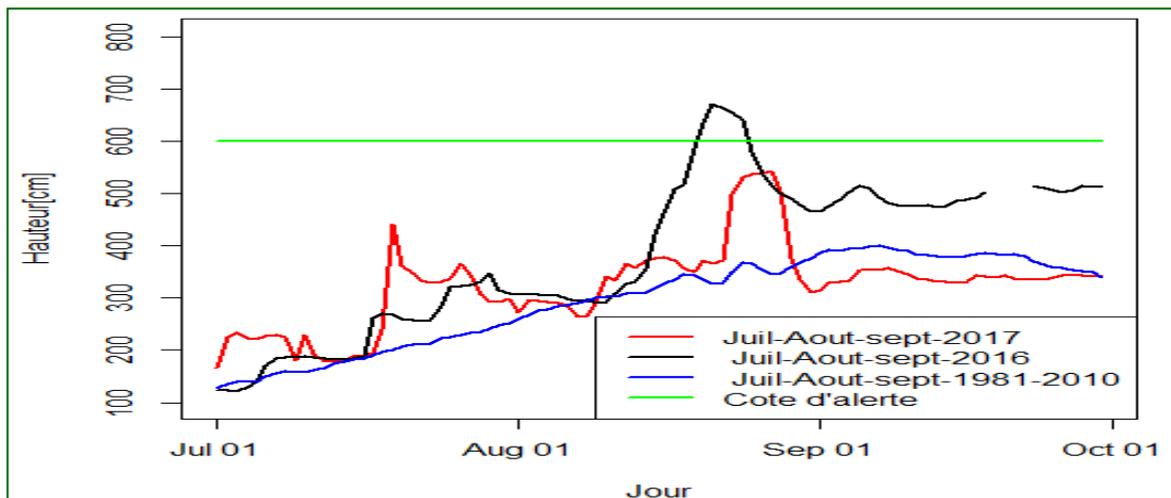


Cet extrait de Note sur le suivi hydrologique du fleuve Gambie à droit des stations de Mako et environs de la DGPRES en décembre 2017 permet de voir les évolutions des eaux

Situation hydrologique sur le fleuve Gambie

Au niveau du fleuve Gambie, à la station de Mako, une importante onde de crue a débuté à la date du 14 juillet 2017. Le pic a été atteint le 19 juillet 2017. A cette date, le plan d'eau se situait à la cote de 559 cm à 18 heures. A la date du 18 juillet 2016, le niveau du plan d'eau se situait à la cote de 270 cm.

L'analyse des côtes pour les mois de **juillet, d'août et septembre 2017** à la station de Mako comparée à la normale 1981-2010 (en bleu sur les figures) montre une évolution normale des côtes jusqu'en juillet. Dès le mois d'août, une baisse est observée suivie d'une remontée par rapport à la normale. Cette tendance a connu un arrêt en septembre pour amorcer une baisse continue des côtes qui se poursuit en octobre.



L'analyse de la situation hydrologique du mois de septembre se caractérise par la décrue prévalant sur tous les cours d'eau du pays. **Les niveaux atteints sont généralement assez bas par rapport à ceux observés les années précédentes.**

Tableau 1 : Analyse comparative des suivis hydrologiques 2016 et 2017

Cours d'eau	Stations	Années	Hauteurs maximums (cm)	Débit moyen mensuel (m ³ /s)	Volume écoulé (m ³)
Gambie	Mako	2016	518	794	2 058 000 000
		2017	358	303	786 000 000

A la station de Mako, sur le fleuve Gambie : le débit moyen mensuel du mois de septembre 2017 s'élève à 303 m³/s contre 794 m³/s en 2016. Le volume écoulé est de 786 millions de mètre cubes contre 2 milliards 58 millions en septembre 2016 soit un déficit de **62 %**.

Par ailleurs, c'est dans la même logique, que la société PMC en collaboration avec la (DGPRE) qui a en charge entre autre l'interprétation de la qualité des eaux au Sénégal, que sont effectuées des missions mensuellement sur le site de PMC en vue de :

- ✚ Contrôler la qualité des eaux de surface et souterraine du projet ;
- ✚ Etablir un réseau de points d'échantillonnage des eaux de surface y compris en amont et en aval du projet dans la Gambie ;
- ✚ Mettre en place un réseau de piézomètres pour le contrôle des eaux souterraines.

Parallèlement aux interventions de la société PMC citées ci-haut, la société contribue dans une certaine mesure dans la conservation de la biodiversité à travers la création de zones de conservation hors du Bien.

c) Création de zones de conservation en dehors du Bien

Dans le cadre du Plan d'action pour la conservation de la biodiversité de PMC et en relation avec le programme « Offset de la biodiversité de Pétowal », d'autres sites en dehors du PNNK ont été retenus à l'échelle du terroir de la commune de Tomboronkoto (commune limitrophe du PNNK) afin d'améliorer la conservation des espèces prioritaires tel que les chimpanzés. A cet effet, des études de base sur la faune ont été entreprises durant l'année 2017 à l'échelle du paysage de la commune de Tomboronkoto pour établir la situation de référence. L'objectif de cette étude s'articule autour des points suivants :

- Etablir une situation de base sur les espèces prioritaires présentes dans la zone ;
- Evaluer leur abondance relative dans la zone ;
- Identifier l'ensemble des menaces sur les espèces prioritaires et sur leurs habitats ;
- Réfléchir sur un programme de conservation communautaire dans les zones à haute valeur de la biodiversité.

Par ailleurs, il est important de souligner que la société PMC a appuyé la commune de Tomboronkoto pour l'élaboration de ses deux (02) documents de planification stratégiques, à savoir le Plan de Développement Communale (PDC) et le Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS) durant cette année 2017. Le POAS à terme permettra d'identifier les sites importants pour la conservation et de les prendre en compte dans le zonage et la vocation des terres à l'intérieur de la commune de Tomboronkoto. De plus un programme de collecte des échantillons de crottes de chimpanzés est en cours pour des analyses génétiques pour établir une connectivité probable entre les communautés de chimpanzés dans le PNNK (Rive droite du fleuve Gambie et celles hors PNNK (rive gauche de la Gambie).

II. Etat de Mise en œuvre des recommandations en vue du retrait du Bien de la Liste en Péril

L'analyse des recommandations en vue du retrait du Bien sur la liste en péril du patrimoine mondial de l'UNESCO s'est faite suivant les huit (8) indicateurs d'évaluation qui suit :

1. Tendances d'évolution des populations des espèces emblématiques (lion, Eland de Derby, éléphant, lycaon)

Le suivi écologique du PNNK est devenu systématique qu'à partir de 2016 avec une méthodologie basée sur un protocole validé. Cependant, il n'est possible de déterminer la tendance évolutive des espèces prioritaires qu'à partir de 2016 dans la mesure où le suivi appliqué en 2015 n'était pas régulier comparé à ces deux dernières années. Il en est de même pour les méthodologies appliquées qui présentent une certaine différence quant à l'approche.

Le tableau 3 représente l'ensemble des données recueillies lors des décomptes à véhicule et du suivi non systématique entre 2016 et 2017. Il montre que la taille des populations d'Eland de derby, du lion, du lycaon et du chimpanzé ont connu une croissance entre 2016 et 2017.

En ce qui concerne le suivi avec les pièges photographiques, les résultats ont démontré que pour l'ensemble des espèces emblématiques de la VUE, le nombre d'évènements photographiques a considérablement augmenté en 2017 (cf. Rapport Suivi Ecologique 2017).

Les résultats obtenus entre 2016 et 2017 démontrent clairement que nous assistons à une remontée biologique effective des espèces emblématiques de la VUE (Valeur Universelle Exceptionnelle). Ainsi, hormis l'éléphant, toutes les espèces comme le lion, le lycaon, le chimpanzé et l'Eland de Derby ont une population très viable.

Tableau 3 : Comparaison de la taille des populations des espèces emblématiques décomptées entre 2016 et 2017

Espèces	Année 2016		Année 2017	
	Nombre de contacts	Effectif	Nombre de contacts	Effectif
Eland de derby	10	160	8	276
Lion	16	39	30	86
Lycaon	8	47	4	56
Chimpanzé	5	37	59	253

Cette tendance évolutive est visiblement constatée à travers ces deux cartes comparatives de distribution des espèces emblématiques entre 2016 et 2017.

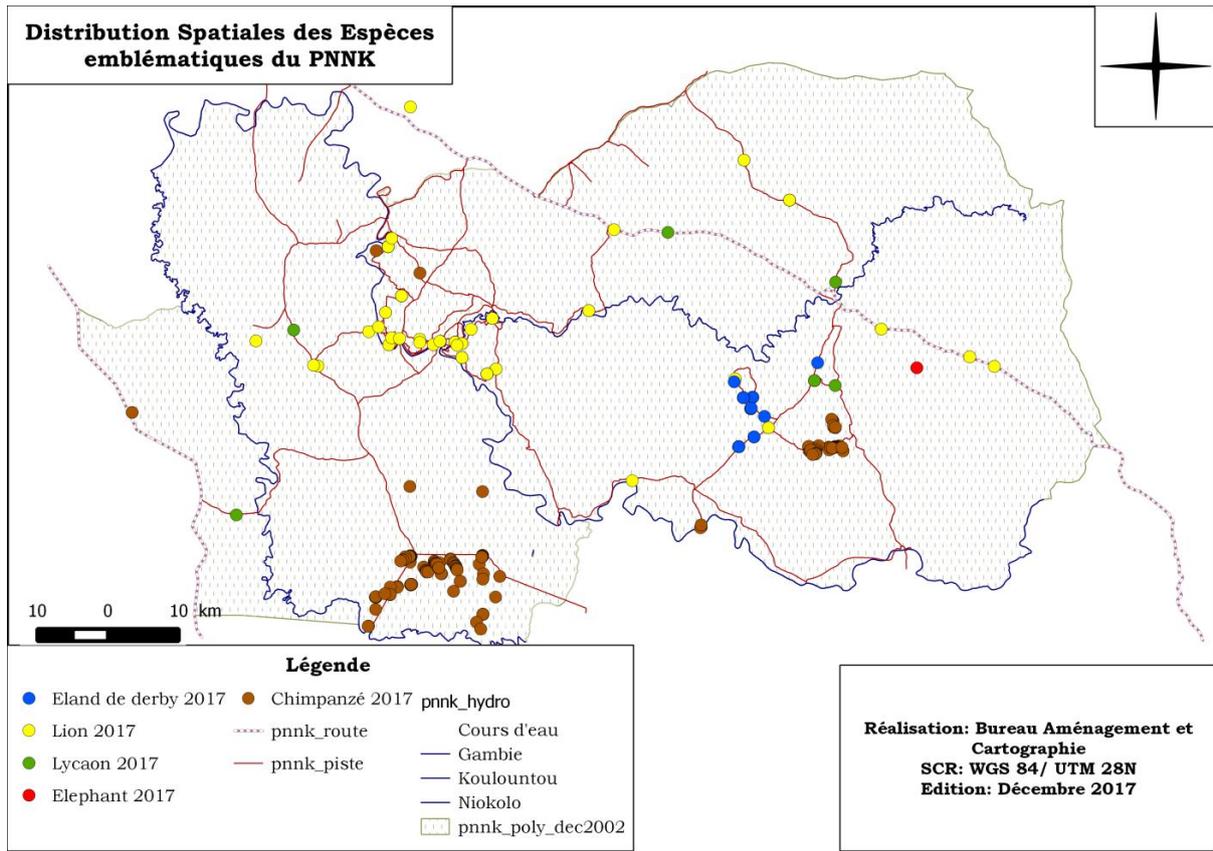


Figure 7: Distribution Spatiale des Espèces emblématiques du PNNK en 2017

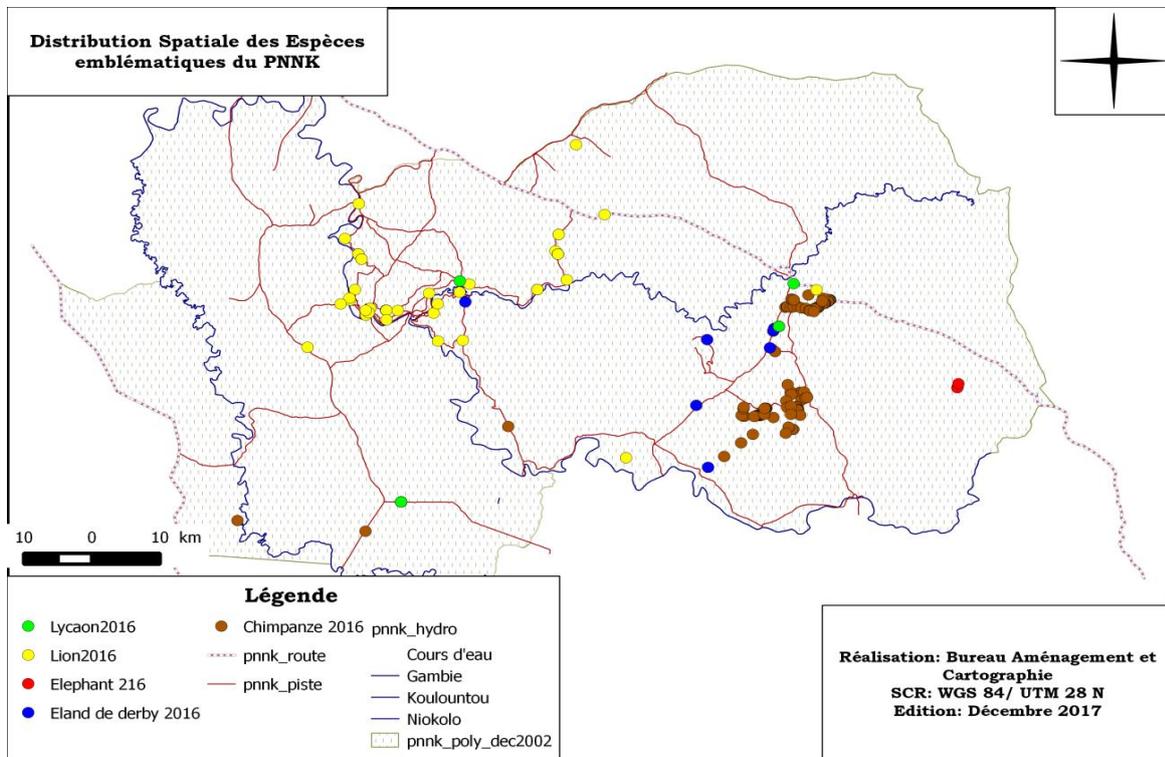


Figure 8: Distribution spatiale des espèces emblématiques du PNNK en 2016

2. Evaluation du niveau de rencontre des espèces emblématiques (Eland de Derby, Lion, Lycaon)

L'évaluation du niveau de rencontre des espèces emblématiques peut se faire à partir des indices d'abondance kilométrique (IKA) des deux dernières années ainsi résumée dans le tableau suivant

Tableau 4 : Indices d'abondance Kilométrique des espèces emblématiques du PNNK

Espèces	IKA	
	2016	2017
Eland de Derby	0,009	0,04
Lion	0,001	0,001
Lycaon	0	0,007

NB : IKA c'est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce rencontrée sur la distance parcourue.

Ce tableau représente les résultats des IKA des espèces emblématiques du bien entre 2016 et 2017.

Globalement, ces IKA rapportées sur une même distance montrent que le taux de rencontre des espèces emblématique (Eland de Derby et Lycaon) a augmenté entre 2016 et 2017.

Ces données démontrent qu'il y a un accroissement du taux de rencontre de ces espèces emblématiques comme l'Eland de derby, le lion et le lycaon entre ces deux années de suivis car tout d'abord le suivi écologique mis en place est systématique et est plus complet que les années précédentes.

3. Situation sur le braconnage

Le braconnage a connu une baisse grâce aux stratégies et les moyens mis en œuvre. En effet, vingt (20) cas d'infraction lié au braconnage sont enregistrés en 2015. En 2016, la direction du PNNK a acquis du matériel comme les armes de type MP9, des motos pour tous les postes de garde, des véhicules et une augmentation des effectifs avec le recrutement de plusieurs agents (garde, agent technique et ingénieur des travaux des Parcs Nationaux) pour faire face au braconnage, ce qui a augmenté à la fois les efforts de patrouilles et les appréhensions grâce à l'augmentation des interventions. Avec la même tendance maintenue, les infractions ont fortement diminuées grâce à une surveillance plus rude et permanente dans le parc. Cette diminution est exacerbée par l'ouverture de plusieurs postes de gardes stratégiques dans le Parc (cf recommandation lutte anti braconnage 41^e session)

Ainsi, le tableau suivant retrace l'évolution des infractions sur les trois dernières années.

Tableau 5: Nombre d'infraction de braconnage entre 2015; 2016 et 2017

Année	2015	2016	2017	Total
Nombre d'infraction de Braconnage	20	35	27	82

4. Situation des mares

Depuis 2016, une douzaine de mares fait l'objet d'un suivi régulier dans le cadre du protocole de suivi écologique.

Cela a permis de noter que les mares comme Simenti, Kountadala, Sitanding, Faldou, Néma et Mansadala gardent l'eau pendant toute la saison sèche (Cf rapport suivi écologique 2017).

En plus, en collaboration avec la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau du Sénégal (DGPRE), des échelles limnimétriques sont installées au niveau de sept (07) mares (Simenti, Kountadala, Nianaka, Woeni, Dalafourounté, Kandi- Kandi, Sitanding) afin de suivre l'évolution de l'eau.

Par ailleurs, dans un souci de pérenniser les mares du PNNK, des études sont menées par le cabinet canadien AECOM en relation l'OMVG. A cet effet, deux missions sont organisées au courant de l'année au niveau des mares de Simenti, Kountadala, Nianaka et Oudassi avec la participation de :

- Commandant Malla GUEYE Conservateur du PNNK ;
- Lieutenant Maniang DIOP Chef Bureau Suivi Ecologique du PNNK ;
- Lamine KONATE Expert Hydrologue (OMVG) ;
- Mamadou Lamine GASSAMA Hydrologue (DGPRE) ;
- Joanna Eyquem, Géomorphologue fluvial, chargée du milieu physique (AECOM) ;
- Joseph-Tonino Nzakimuena, Hydrologue (AECOM) ;
- Georges Forest, Hydrogéologue (AECOM) ;
- Sylvie Sougavinski, Biologiste, spécialiste en biodiversité, chargée du milieu biologique (AECOM) ;
- Guy Parent, Ingénieur forestier, spécialiste en interprétation des images satellitaires (AECOM) ;
- Amadou Diouf, Agronome (IDEV).

L'objectif de cette mission était de voir l'inter connectivité du fleuve Gambie et les mares afin de pouvoir réguler les quantités d'eaux au niveau des mares du PNNK et favoriser en même temps le franchissement de la faune à partir de la Gambie.

La carte suivante montre le réseau des mares du PNNK avec celles qui conservent l'eau jusqu'en saison sèche.

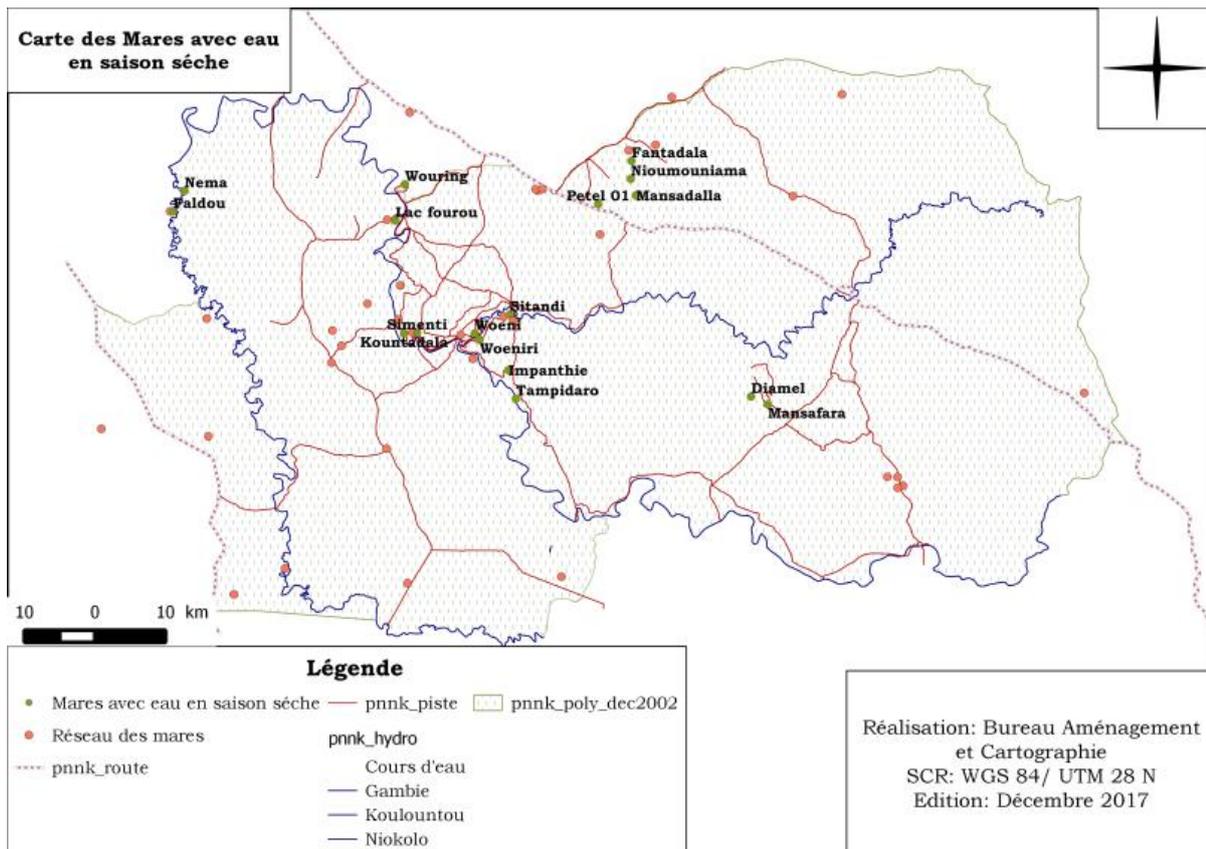


Figure 9: Carte des mares avec eau en saison sèche

5. Maitrise des espèces envahissantes au niveau des mares

Des efforts considérables sont entrains d’être menés dans le cadre de la restauration des habitats dégradés. A ce titre, des opérations de curage des mares et de lutte contre les espèces envahissantes, particulièrement le *Mimosa pigra* sont menées avec le concours des agents du PNNK. C’est dans ce cadre que des opérations sont effectuées au niveau des mares les plus affectéstels que la mare de Kountadala et Simenti.



Photo 1: lutte active contre le mimosa par les agents du PNNK (Crédit : Bureau Aménagement et Cartographie)

Le suivi effectué au niveau des mares en 2017, nous a permis de constater que la couverture par le *Mimosa pigra* est relativement faible pour les certaines mares importantes en termes de capacité de stockage et de fréquentation de la faune. Il s'agit des mares de Simenti, Kountadala, Dalafouroumté, Nianaka, Sitanding et Woeni.

Par ailleurs, les mares comme Faldou, Néma, Sitanding et Mansadala sont totalement dépourvues de *Mimosa pigra* (cf rapport suivi écologique 2017).

En plus, des recherches sont en cours de réalisation dont l'objectif est d'arriver à des recommandations pouvant aider à une éradication complète du *Mimosa pigra* dans le parc. C'est dans ce contexte que trois publications sont faites dans ce sens. Il s'agit de :

- Etude pédologique phytosociologique de deux mares dans le PNNK (simenti et Kountadala) dans un contexte d'invasion biologique ;
- Gestion des plantes invasives : Cas de *Mimosa pigra* dans le PNNK ;
- Dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans un contexte de variabilité du régime hydrologique au Sénégal ;
- Invasive plants of west Africa: concepts, over views and sustainable management.

Dans cette perspective, il convient aussi de mentionner qu'un projet intitulé : « Renforcement des Capacités d'Adaptation du Réseau des Parcs et Réserves du Sénégal aux Changements Climatiques » sur l'initiative du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable est en cours d'étude. L'objectif de ce projet est entre autres, la restauration des écosystèmes dégradés à travers le renforcement de la planification, de l'aménagement et de la gestion intégrée des habitats et des aires protégées qui va sans doute améliorer le réseau des mares en termes de disponibilité et de capacité de stockage en eau.

6. Gestion des pâturages

Il convient de noter que le code forestier et le règlement intérieur du PNNK prévoient des dispositions réglementaires sur le pâturage effectivement mis en application dans le cadre de la gestion du Parc. Il s'agit notamment, de l'article R59, Décret 98-164 du 20 février 1998 portant application de la loi N°98/03 du 08 janvier 1998 du code forestier, le pâturage et le passage des animaux sont interdits dans les parcs nationaux.

En plus de cela, plusieurs actions sont mises en œuvre pour limiter le pâturage dans le parc. Ainsi, afin de répondre aux préoccupations des éleveurs, il est prévu en 2018 en relation avec l'AGEROUTE, la création d'un mini forage et de bassins d'abreuvement du bétail dans les villages limitrophes du parc, particulièrement à Diénoudiala pour permettre un accès à l'eau des éleveurs en lieu et place des mares du parc

A cela s'ajoute le Programme d'Urgence de Développement Communautaire (PUDC) du gouvernement du Sénégal qui réalise depuis 2016 des ouvrages multi-villages sur l'étendue du territoire national. Ces aménagements présents dans l'essentiel des villages périphériques du parc sont constitués de réseaux d'adduction d'eau avec des points d'abreuvement du bétail, des superficies irriguées, de bassins piscicoles qui ont réduit considérablement l'incursion du bétail dans le Parc.

Cela est renforcé par des séances de sensibilisation avec l'appui du bureau chargé de la périphérie et du partenariat du PNNK et des postes de garde au niveau des villages . Ces activités sont organisées au niveau des villages périphériques de façon récurrente. De même, les secteurs fréquentés par les éleveurs sont régulièrement surveillés par les éléments des postes concernés.

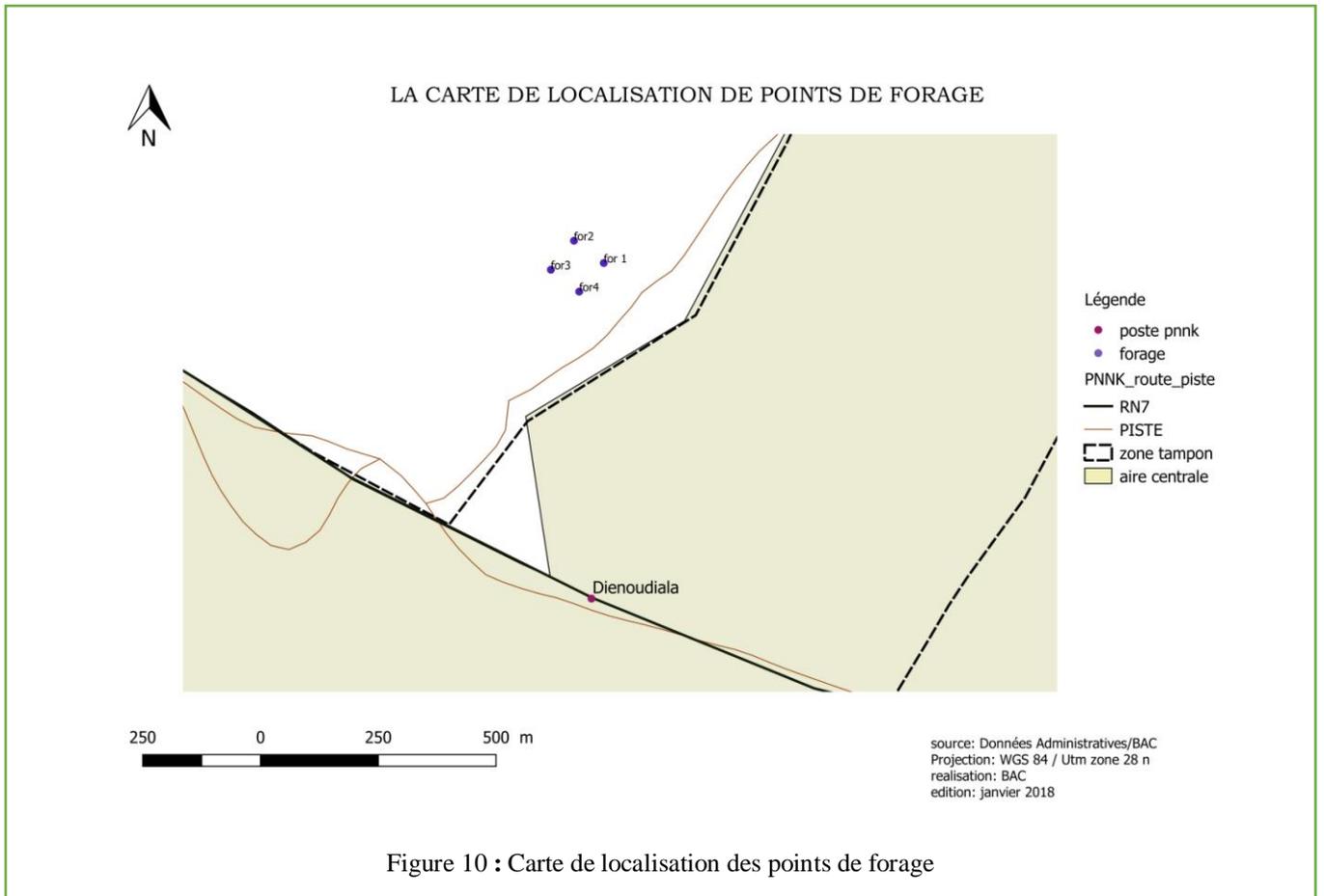


Figure 10 : Carte de localisation des points de forage

7. Système de suivi écologique

Des innovations majeures et progressives ont été apportées dans le système de suivi écologique du PNNK depuis 2016 marquées par la mise en place d'un protocole de suivi écologique avec une diversité des stratégies et une méthodologie informatisées combinant plusieurs logiciels.

7.1. Protocole de suivi-écologique

Suites aux recommandations émises par le comité du Patrimoine Mondial, relatives aux mesures correctives pour inverser la tendance, la stratégie de conservation est orientée vers une planification plus stricte, à travers un protocole de suivi écologique bien élaboré. C'est ainsi que quatre (04) types de suivis sont en train d'être mis en œuvre depuis 2016.

Il s'agit entre autre du :

1. Décompte en véhicule des mammifères et oiseaux de savanes

Ce type de suivi consiste à décompter mensuellement, à bord d'un véhicule roulant entre 20 et 25 km/h, tous les individus rencontrés sur les circuits prédéfinis qui sont passés de trois (03) en 2016 soit trois cent quatre-vingt-neuf (389) kilomètres à cinq (05) circuits en 2017 soit cinq cent quatre-vingt-dix-huit ((598) kilomètres.

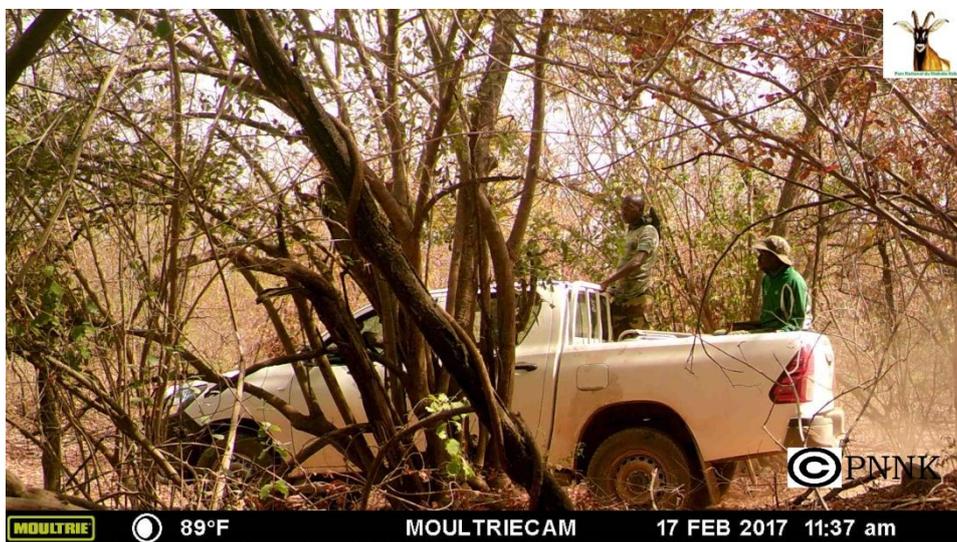


Photo 2 : Décompte en véhicule (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017)

2. Décompte en points fixes des mammifères et oiseaux d'eau

Ce type de suivi se fait au niveau des mares par les éléments des différents postes. Il consiste à se présenter au niveau de chaque mare, sur un mirador ou un endroit stratégique permettant de faire des observations sans pour autant perturber la quiétude des mammifères. Ce type de décompte se fait de 7h00mn à 13h00mn. Il consiste à noter les observations directes de tous les mammifères aperçus autour de la mare, ainsi que les observations indirectes (crottes, empreintes, nids, vocalisation etc....).

En 2016 neuf (09) mares étaient ciblées mais en 2017, douze (12) mares sont actuellement suivi mensuellement (cf rapport suivi écologique).



Photo 3 : Décompte en points fixes (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017)

3. Suivi avec les pièges photographiques

La stratégie repose sur un quadrillage suivant des grilles de deux (02) km de côté avec des centroïdes bien déterminés puis réparti en quinze stations appelées secteurs (Cf Rapport suivi écologique).

Au niveau de chaque secteur, nous avons procédé à un échantillonnage des grilles destinées à recevoir des photo-pièges. Ainsi, en 2016, vu que nous ne disposions que d'une trentaine d'appareils ; quinze (15) cellules ont été choisies en tenant compte de plusieurs paramètres comme entre autres l'accessibilité, la proximité des pistes et des cours d'eau.

Mais en 2017, nous avons hérité de la Direction des Parcs Nationaux et de l'UNESCO soixante-dix (70) pièges photographiques ; ce qui nous fait un total de cent (100) appareils.

C'est la raison pour laquelle pour l'année 2017, vingt (20) cellules en moyenne sont choisies par secteur pour recevoir les appareils. Ces appareils ont permis de collecter d'importantes informations sur non seulement la représentativité des espèces notamment emblématiques mais aussi leur répartition spatiale et temporelle qu'on peut illustrer à travers ces quelques images des pièges photographiques.



Photo 4 : Images des pièges photographiques (Crédit : Bureau Suivi Ecologique 2017)

4. Le suivi non systématique

Au-delà des activités de suivi planifiées, toutes les autres observations de faune faites par les agents lors des patrouilles de surveillance, les guides touristiques et les visiteurs sont aussi collectées et traitées par le bureau suivi écologique.

7.2. Système de collecte de données de suivi

Les suivis sont faits sur la base d'un système informatisé à travers l'utilisation d'outil de collecte via le logiciel cybertracker. Ce logiciel est installé sur des tablettes muni d'un système de localisation (GPS) afin de pouvoir répertorier et localiser la faune.

L'ensemble des données collectées suivant tous les types de suivi sont consignés dans une base de données Excel, qui est actualisée en permanence.

Cependant, les données issues des pièges photographiques sont dépouillées à partir du logiciel Picture Information Extractor (PIE) et sont traitées avec le logiciel ZCL.

Cette stratégie a permis d'avoir la répartition dans le temporelle et spatiale des espèces. A cet effet, des indicateurs de suivi seront élaborés pour 2018 en ce qui concerne les espèces prioritaires dont le lion, l'Eland de Derby, chimpanzé et lycaon pour mieux accentuer le suivi de ces mammifères.

Il aussi important de signaler qu'avec l'appui de l'UNESCO, l'actualisation du plan de gestion est en cours et doit prendre en charge les préoccupations en matière de suivi écologique à travers un plan bien structuré.

8. Gestion du trafic routier à l'intérieur du Parc sur la RN7

Avec le corridor routier traversant le Parc d'énormes initiatives sont prises visant à réduire considérablement les éventuels accidents sur la faune. Dans ce sens, en relation avec le bureau chargé de la communication et du tourisme, des panneaux de signalisation sont installés sur l'axe routier visant à informer les usagers de la présence du Parc pour une limitation des vitesses.

A cela s'ajoute la mise en place de ralentisseurs en collaboration avec l'AGEROUTE.

Ce dispositif de limitation des vitesses dans le parc est renforcé par les sensibilisations faites par les éléments des postes (Diénoudiala et Niokolo) situés sur l'axe. En effet, au niveau de ces deux postes les agents procèdent quotidiennement à la vérification de tous les véhicules qui passent sur cette route pour s'assurer qu'aucune infraction n'est commise sur la faune. A ce titre, les sanctions prévues par le code de la chasse et le règlement intérieur du parc sont systématiquement appliquées. De même, une sensibilisation est faite à l'endroit des usagers sur les potentiels risques liés à la vitesse sur la faune.

En outre, dans le cadre de la réhabilitation de la route nationale n°7 depuis 2016, il est prévu l'aménagement d'une aire de destréssage à l'entrée du parc, notamment dans le village de Diénoudiala. L'identification de la zone d'aménagement de cet ouvrage est déjà réalisée. Par conséquent, il a pour objectif de permettre aux chauffeurs particulièrement les gros porteurs d'avoir un endroit de stationnement visant à la fois à réduire la circulation de nuit et permettre aux chauffeurs de se reposer ; ce qui va sans doute réduire les accidents sur la faune.

Par ailleurs, l'administration du PNNK en collaboration avec des institutions universitaires permettent à des étudiants chercheurs de travailler sur la problématique de l'impact de ce corridor sur la faune et les habitats afin d'avoir une gamme de solutions appropriées pour la réduction des accidents. A cet effet, deux études sur cette problématique sont en cours depuis 2017.

Le tableau suivant est la synthèse des indicateurs ci-haut

Tableau 3 : Tableau de synthèse des indicateurs

N° de l'indicateur	Intitulé de l'indicateur	Synthétique Etat de mis en œuvre indicateur	Méthodes de vérification
1	En 2018, la taille des populations des espèces emblématiques, essentielles pour la préservation de la valeur universelle exceptionnelle du bien (lion, Eland de Derby, éléphant, lycaon) permet leur viabilisation.	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la taille des populations d'Eland de Derby, Lion, Lycaon, Chimpanzé entre 2016 et 2017 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau n°1 comparaison de la taille des espèces emblématiques entre 2016 et 2017 (voir rapport 2017) • Carte de distribution spatiale des espèces emblématiques
2	Sur trois années consécutives, l'accroissement du taux de rencontre des espèces emblématiques est démontré sur la base des observations (directes et/ou indirectes) faites lors du suivi écologique du bien.	<ul style="list-style-type: none"> • Les indices Kilométrique d'Abondance (IKA) des espèces emblématiques (Lion, Lycaon, Eland de Derby) ont augmenté 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau des IKA
3	Sur trois années consécutives, le braconnage est en baisse significative avec l'augmentation de l'effort de patrouille.	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse des infractions de braconnage au courant des trois dernières années 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau statistique des infractions de braconnage • Carte des efforts de patrouille
4	En 2018, en plus de la mare de Simenti, plusieurs mares et/ou points d'eau alternatifs gardent l'eau pendant toute la saison sèche.	<ul style="list-style-type: none"> • Au moins seize (16) mares gardent l'eau en toute saison 	<ul style="list-style-type: none"> • Carte de distribution des mares fonctionnelles en toute saison
5	En 2018, l'envahissement des mares et des plaines herbeuses par les espèces ligneuses et/ou exotiques est maîtrisé, en appliquant une gestion du feu et autres	<ul style="list-style-type: none"> • Des travaux de curage importants en lutte contre le <i>Mimosa pigra</i> réalisés • Au moins quatre publication visant à 	<ul style="list-style-type: none"> • Photos travaux de curage • Référence publication sur le <i>Mimosa pigra</i>

	mesures appropriées à ce type d'habitat.	proposer des stratégies de maîtrise du <i>Mimosa pigra</i> disponibles	
6	En 2018, incursion du bétail dans le bien limitée à une ceinture périphérique de 1 km au maximum et solutions alternatives fournies aux éleveurs par rapport aux points d'eau et à la qualité des pâturages à l'extérieur du bien, à l'issue d'une concertation nationale sur la transhumance.	<ul style="list-style-type: none"> • Réglementation en matière de pâturage dans le parc effectivement appliquée • Aménagement de points d'eau en partenariat avec AGEROUT en cours • Programme d'urgence de développement communautaire (PUDC) de l'Etat du Sénégal procède à des aménagements de point d'eau pour le bétail et autres activités de développement touche des communes limitrophes du Parc • Sensibilisation récurrente auprès des éleveurs par les postes et le bureau chargé de la périphérie pour limiter le phénomène 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport annuel Suivi Evaluation
7	A partir de 2016, un programme de suivi écologique informatisé, basé sur l'ensemble des indicateurs 1 et 2 et supporté par des statistiques fiables est élaboré et est fonctionnel.	<ul style="list-style-type: none"> • Base données de suivi écologique fonctionnelle, actualisée permanemment et alimentée à partir de logiciels de collectes et de traitement de données dont Cybertraker, SMART, PIE et ZCL 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport annuel suivi-écologique 2017 Formation sur l'utilisation des logiciels Cybertraker, SMART, PIE et ZCL
8	En 2018, le dispositif de contrôle de trafic sur la Route Nationale 7 à l'intérieur du bien permet de réduire de	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de signalisation indiquant la présence du Parc pour une 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport suivi-évaluation 2017

	<p>façon significative les accidents avec des animaux sauvages.</p>	<p>limitation des vitesses sur initiative du PNNK installés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisation et contrôle auprès des usagers de la route effectués par les éléments des postes situés sur l'axe (poste de Diénoudiala et Niokolo) • Aménagement d'aires de destressage en cours à l'entrée du Parc (Diénoudiala) pour réduire la circulation de nuit et permettre aux chauffeurs de se reposer pour ne pas rouler étant fatigué • Aménagement de ralentisseurs sur la route • Des recherches en cours pour d'éventuelles alternatives favorables à la réduction des accidents sur la faune 	
--	---------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Conclusion sur l'atteinte des indicateurs

Globalement, des avancées substantielles sont notées et se poursuivent dans la mise en œuvre des recommandations en vue du retrait du bien de la liste en péril. Avec un système de suivi informatisé, opérationnel et basé sur l'utilisation de logiciels (Cybertraker, SMART, PIE et ZCL), la remontée biologique est démontrée. Il est important de souligner que cette remontée biologique est effective au niveau du PNNK particulièrement pour des espèces emblématiques comme l'Eland de Derby, le Lion, Lycaon et le chimpanzé avec une population viable démontré à partir des contacts, des effectifs, de l'indice kilométrique d'abondance et de la répartition spatiale de ces espèces. Cela est consolidé par la mise en place d'un dispositif opérationnel de lutte anti braconnage à travers un renforcement des moyens humains, matériels, logistiques et du coup des efforts de patrouille.

Par ailleurs, la politique de maîtrise de l'eau reste une priorité pour l'administration du Parc au regard à la fois du système de suivi de l'évolution des eaux au niveau des mares, les recherches effectuées sur le *Mimosa pigra* et les projets en perspectives visant la réhabilitation des écosystèmes dégradés. L'Etat partie à travers sa politique de développement, notamment le PUDC et l'AGEROUTE, des aménagements structurants sont en cours de réalisation dans certaines zones périphériques du Parc en ce qui concerne la maîtrise de l'eau (réalisation de forage et bassins pour le bétails), l'aménagement d'aires de destressage, de buvac et de ralentisseurs, ce qui favorise la réduction des incursions de bétails dans le Parc et les accidents sur la faune sauvage.

III. Etat de mise en œuvre des mesures correctives de la mission de 2015

En lien avec les mesures correctives liées à la mission de 2015 (n°39 COM 7A.13) du Comité du Patrimoine Mondiale, plusieurs actions ont été effectuées relativement aux points suivants.

1. Renforcement du dispositif de lutte anti-braconnage

Le dispositif de lutte anti braconnage du PNNK basé sur la mise en place de vingt-deux (22) postes de garde fonctionnels qui assurent la surveillance de leur secteur respectif, trois brigades mobiles qui interviennent dans tout le parc et trois brigades zonales constituées à partir de la deuxième quinzaine de chaque mois regroupant les éléments de chaque zone du parc.

Cependant, l'usage de moyens aérien n'est pas pour l'instant envisagé car le dispositif terrestre permet bien une surveillance adéquate avec l'ouverture et la réhabilitation de postes stratégiques. (Cf recommandation sur la lutte anti braconnage 41^{ème} session)

2. Renforcement des capacités du personnel du Bien

Avec l'appui du bureau UNESCO Dakar les capacités techniques et opérationnelles du personnel ont été renforcées dans le domaine du suivi écologique. Une première formation a été réalisée avec vingt-quatre (24) participants sur les outils appropriés aux recommandations du comité à savoir le logiciel Cybertracker et les pièges photographiques en octobre 2016. Suite à cette formation, des résultats satisfaisants dans le domaine du suivi écologique ont été

obtenus. Dans la continuité de renforcer le dispositif de suivi écologique s'est organisée encore en 2017 aussi avec l'appui de l'UNESCO une autre formation avec vingt-sept (27) participants visant à la fois à traiter les images des pièges photographiques via le logiciel Picture Information Extractor, sur l'utilisation de SMART et du logiciel CTAT.



Photo 5: Formation Suivi Ecologique (Crédit : Bureau Suivi Evaluation 2017)

Cet appui de l'UNESCO est accompagné d'équipement constitué de tablettes (06), d'ordinateurs (02), GPS, d'appareils photo numériques, d'imprimante, de guides pour oiseaux et Guides pour mammifères qui ont facilité d'avantage la constitution de données de suivi.

Cependant, force est de constater que tous ces outils sont mis en application dans le cadre des activités de suivi à travers la collecte et le traitement de données avec des résultats encourageants (cf. tableau sur les indicateurs 1 et 2 sur l'état de Mise en œuvre des recommandations en vue du retrait du bien de la Liste en Péril)

3. Réhabilitation des pistes

L'aménagement étant une priorité pour une gestion efficace du PNNK en lien notamment avec l'accessibilité des zones, entre 2016 et 2017 plusieurs pistes non fonctionnelles depuis des années sont réhabilitées de même que d'ouvrages de franchissements surtout dans la partie sud du Parc.

Pour élargir la surveillance sur toute l'étendue du Parc, en plus des pistes habituellement réhabilitées chaque année avant 2015, d'autres menant dans des zones stratégiques en termes de concentration de la biodiversité sont réhabilitées. Il s'agit des circuits de la partie sud (Niokolo-Wouroli-Banghar-Massafara-Mont Assirik) de 150km, de la piste Missirah Gounass-Damantan de trente-cinq (35) km, Sinthiansili-Gué Bafoulabe quinze (15) km et Belly-Diattafita vingt-six (26) soit un total de cent vingt-deux (226) km. La carte suivante illustre les pistes réhabilitées dans la partie Sud.

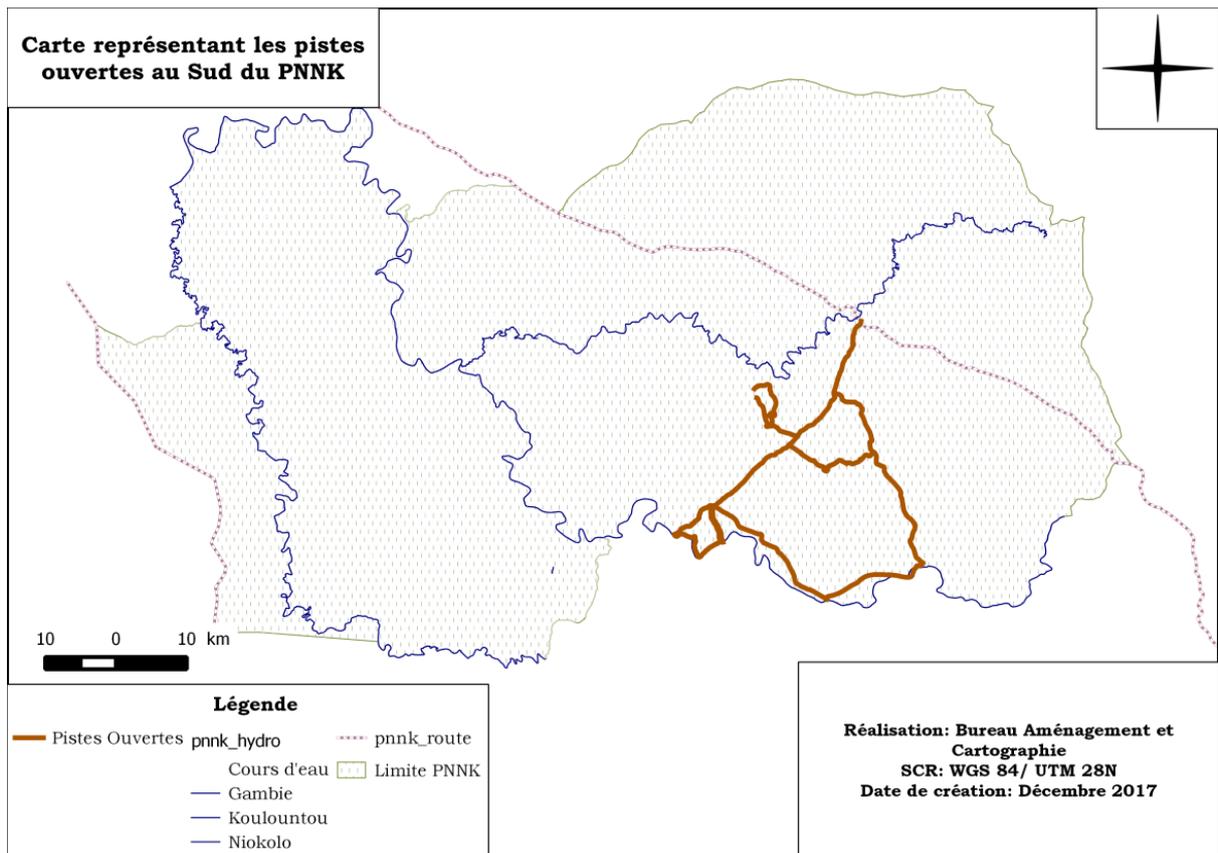


Figure 11: Carte des pistes ouvertes au sud du PNNK



Photo 6 : Réhabilitation de pistes en 2017(Crédit : Bureau Aménagement et Cartographie)

4. Marquage des limites du Bien

Dans l'objectif d'assurer une meilleure visibilité et de connaissance des limites du parc, notamment sur la corniche qui est la partie la moins dense par rapport au marquage (bornes), l'administration du PNNK a adapté une stratégie de communication pour mieux éclairer les communautés à la périphérie. Ainsi, les comités départementaux de développement (CDD) regroupant l'ensemble des services techniques, les élus locaux (maires, conseils départementaux, les chefs de village) sont saisis pour sensibiliser les communautés sur le respect des limites du parc. A ce titre un CDD spécialement dédié

aux limites du PNNK s'est tenu à Oubadji en 2016 avec la participation de tous les acteurs locaux et les populations concernées. Cela a permis entre autres d'éclairer et de sensibiliser les communautés sur les limites exactes du PNNK.

5. Lutte contre l'orpillage

Il n'existe aucune activité extractive industrielle à l'intérieur du parc. Cependant, les activités d'orpillage illégales à l'intérieur du parc sont réprimées grâce à un dispositif de surveillance très efficace mis en place. Cela s'est traduit par l'augmentation des postes de garde dans la zone d'influence relative à cette activité. Ainsi, la zone de Mako accueille actuellement deux postes de garde dont Mako et Tambanoumouya avec le renforcement des effectifs et de la mobilité des agents par la mise à leur disposition de motos afin d'élargir le secteur de surveillance.

IV. Etat de Mise en œuvre des recommandations additionnelles de 2015

Conformément aux recommandations additionnelles relatives à la mission de 2015 des efforts sont faites sur plusieurs plans. Il s'agit de :

1. Plan de gestion du Bien

Avec l'appui de l'UNESCO, la direction des Parcs Nationaux a obtenu une subvention destinée à l'actualisation du plan de gestion du Parc National du Niokolo Koba. Ce plan de gestion doit intégrer à la fois un plan de gestion des risques et un plan de suivi écologique. Le processus d'actualisation de ce plan est enclenché et deux consultants national et international sont recrutés pour réaliser ces documents. Les termes de références sont élaborés, partagés et validés avec les consultants.

Le programme d'exécution des travaux est défini et l'atelier préparatoire, d'information de tous les acteurs clés est organisé au courant du mois de janvier.

2. Projet de barrage de Sambangalou

Le projet de construction du barrage de Sambangalou est divisé en deux composantes que sont :

- ✓ Composante 1 : Réseau interconnecté de transfert d'énergie
- ✓ Composante 2 : Barrage hydroélectrique pour la production d'énergie sur le fleuve Gambie à Sambangalou (Sénégal)

Pour la deuxième composante qui a un lien avec le Parc et relative à la production d'énergie à partir de Sambangalou, des études techniques et environnementales sont réalisées et aucun financement n'est fait à ce niveau à nos jours. Cependant, des études complémentaires visant à déterminer l'inter connectivité et les fluctuations des eaux entre le fleuve Gambie et les cuvettes situées dans le parc constituées essentiellement de mares (Simenti, Nianaka, kountadala, Oudassi) sont en cours de réalisation afin d'éviter tous potentiels risques liés à la maîtrise des eaux dans le Parc.

Il est aussi prévu en 2018 en collaboration avec l'OMVG de mettre en place des appareils d'enregistrement automatique des niveaux d'eaux des mares du parc.

3. Implication des communautés dans la gestion du Bien

La gestion du Parc National du Niokolo Koba est orientée progressivement vers une approche participative avec une démarche inclusive accordant aux communautés riveraines une place importante dans les activités de gestion, notamment l'aménagement, le suivi écologique, l'intervention à la périphérie et le tourisme.

Ainsi, comme chaque année, la main d'œuvre utilisée pour les activités d'aménagement du Parc National du Niokolo Koba provient des communautés riveraines, ce qui contribue considérablement à l'économie locale et favorise davantage les relations entre les populations et les acteurs de la conservation. Le tableau suivant montre les dépenses exécutées dans le cadre des aménagements du PNNK des trois dernières années relative au recrutement de la main d'œuvre locale des communautés riveraines.

Tableau 4 : Dépenses effectuées dans le cadre des aménagements

Année	2015	2016	2017
Montant en (F cfa)		6 785 280	4 442 140

En ce qui concerne le suivi-écologique, un projet communément appelé « Science citoyenne à l'appui de la recherche et du développement durable pour le Parc National du Niokolo-Koba (PNNK) » est mise en œuvre au courant de l'année 2017 suite au protocole d'accord entre la Direction des Parcs Nationaux (DPN) et l'association Nature-Communautés-Développement (NCD) pour participer au développement de capacités nationales, en particulier pour le suivi et la conservation des oiseaux et des lions. L'objectif de ce projet est entre autres de sensibiliser et mobiliser les acteurs locaux à participer activement à la collecte et à la diffusion des informations renforçant le rôle du milieu naturel dans le développement durable. Dans ce contexte, les guides touristiques issus des villages riverains du parc, organisés en groupement d'intérêt économique (GIE) sont des partenaires privilégiés de ce projet. En effet, ils sont impliqués dans les activités de décompte réalisées par l'association en partenariat avec le PNNK qui les permettent d'acquérir des revenus et de se sentir comme acteurs clés dans la conservation de la biodiversité du parc.

Dans un cadre beaucoup plus globale, des actions sont à la fois en cours et en perspectives de réalisation visant à autonomiser les communautés riveraines du parc à travers le développement d'activités génératrices de revenus et favoriser une prise de conscience favorable à la conservation de la biodiversité du PNNK. C'est dans ce contexte, qu'un projet d'élevage de pintades et d'éducation environnementale en partenariat avec le programme de renforcement de la résilience au sahel (P2RS) est exécuté depuis janvier 2017 et qui va se poursuivre jusqu'en 2019. Ce projet intervient dans quatre villages limitrophes du parc et met à la disposition des populations les plus vulnérables de chaque village un lot de 160 pintades ainsi que des aliments et un appui technique. Un programme d'éducation environnement en direction des écoles des villages cibles est aussi exécuté en relation avec les inspections d'éducation et de formation (IEF) des villages concernés.

Dans la même logique, plusieurs projets visant les mêmes objectifs sont élaborés et soumis en étude au courant de l'année 2017. Il s'agit de :

- « Projet intégré de production maraichère et d'aviculture locale dans la périphérie du PNNK » en relation avec le Projet Intégré de Nutrition dans les régions de Kolda et de Kédougou (**PINKK**) ;
- « Projet d'appui au développement de la périphérie des aires protégées du Sénégal (PADAPS) sur initiative du ministère de l'environnement et du développement durable du Sénégal ;
- « Projet de Renforcement des Capacités d'Adaptation du Réseau des Parcs et Réserves du Sénégal aux Changements Climatiques » sur initiative du ministère de l'environnement et du développement durable du Sénégal.

En fin, l'implication des populations riveraines du parc s'est illustrée à travers le développement des activités touristiques. Le GIE des guides du PNNK dispose d'un campement au niveau du poste de garde du camp du lion dont la gestion et les recettes sont exclusivement dévolues aux membres du GIE. Tout de même, le poste de garde de Dar Salam situé à l'entrée principale du parc abrite le siège de ce GIE. Ce modèle d'implication a fortement contribué à l'appropriation du Bien par les communautés.

4. Etat du Partenariat Public Privé (PPP)

La dynamique d'ouverture vers un partenariat public privé est en bonne voie. Pour cela, une fondation est mise en place depuis 2016 dont Gérard SENAG (président EIFFAGE Sénégal) a été nommé à la tête de cette fondation. Dans le cadre de ce partenariat technique et financier est organisée une série de rencontre avec les acteurs du PNNK. C'est dans ce contexte, qu'une réunion de mise à niveau a été organisée avec les partenaires et des visites de site au niveau de la périphérie pour prendre en compte l'aspect développement communautaire dans la démarche de mise en œuvre.

Conclusion

Malgré les difficultés inhérentes à la gestion du Parc National du Niokolo Koba, des efforts considérables sont faits par l'Etat partie et les partenaires stratégiques comme l'UNESCO et l'UICN pour renverser la tendance. Cela s'est traduit essentiellement par une orientation des méthodes de gestion articulées sur un renforcement effectif du dispositif de surveillance, un système de collecte de données et de suivi écologique plus rigoureux et l'application des mesures préventives des potentiels risques dommageables à une gestion durable des ressources du Parc. Ainsi, force est de constater que les tendances de la remontée biologique particulièrement, des espèces emblématiques laisse croire que la viabilité de ces populations est une réalité.

Le Conservateur

Commandant Mallé GUEYE

Pièces jointes

- Rapport suivi Ecologique 2017
- Publication sur « l'Etude pédologique phytosociologique de deux mares dans le PNNK (Simenti et Kountadala) dans un contexte d'invasion biologique » ;
- Publication sur la « Gestion des plantes invasives : Cas de *Mimosa pigra* dans le PNNK » ;
- Publication sur la « Dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans un contexte de variabilité du régime hydrologique au Sénégal » ;
- Publication “Invasive plants of west Africa: concepts, over views and sustainable management”.



REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un peuple - Un but - Une foi

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

Direction des Parcs Nationaux

.....
Parc National du Niokolo Koba

Rapport d'activités de suivi écologique au Parc National du Niokolo Koba Année 2017



Décembre 2017

Sommaire

Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iii
I. INTRODUCTION.....	3
I. OBJECTIFS	4
II. METHODOLOGIE DE COLLECTE DE DONNEES	4
3.1. Suivi de la faune	4
3.1.1. Décompte en véhicule des mammifères et des oiseaux	4
3.1.2. Décompte des mammifères et des oiseaux d'eau en point fixe.....	5
3.1.3. Décompte avec les pièges photographiques	6
3.1.4. Suivi non systématique.....	8
3.2. Suivi des paramètres climatologiques	8
III. RESULTATS	9
4.1. Décompte en véhicule des mammifères	9
4.2. Décompte en véhicule de l'avifaune	12
4.3. Décompte en point fixe des mammifères	14
4.4. Décompte en point fixe des oiseaux d'eau	16
4.5. Décompte avec les pièges photographiques	21
4.5.1. La performance des caméras	21
4.5.2. La richesse faunique	21
4.5.3 Nombre d'évènements fauniques par espèce et par secteur	22
4.5.4. Modèles d'activités des espèces emblématiques.....	28
4.6. Suivi non systématique.....	33
4.7. Suivi des paramètres climatologiques	38
4.7.1. Données pluviométriques	38
4.7.2. Données de l'humidité relative et de la température.....	39
4.7.3. Suivi des mares.....	40
CONCLUSION	42
Annexes	43

Liste des tableaux

Tableau 1: Cumul des effectifs de mammifères décomptés en véhicule sur les cinq circuits ...	9
Tableau 2: Effectifs des espèces décomptés par circuit en véhicule	11
Tableau 3: Résultats du décompte en véhicule de l'avifaune	12
Tableau 4: Cumul effectifs de mammifères décomptés par site de février à juin 2017	15
Tableau 5: Cumul des effectifs d'oiseaux d'eau décomptés par mare et par mois	17
Tableau 6: Cumul effectifs d'oiseaux d'eau décomptés par mare de Janvier à Juin 2017.....	18
Tableau 7: Richesse spécifique des secteurs	22
Tableau 8 : Répartition des évènements fauniques par espèce et par secteur	23
Tableau 9 : Comparaison du nombre d'évènements fauniques indépendants des espèces emblématiques entre 2016 et 2017	27
Tableau 10 : Autres contacts directs des espèces prioritaires rapportées par les agents, guides et touristes	33
Tableau 11: Comparaison du nombre d'évènements fauniques indépendants par secteur entre 2016 et 2017	43
Tableau 12: contacts directs de toutes les espèces rapportées par les agents, guides et touristes	44

Liste des figures

Figure 1 Les circuits du décompte à véhicule	5
Figure 2 : Distribution spatiale des mares ciblées par le décompte en point fixe	6
Figure 3 : Distribution spatiale des secteurs et des stations des pièges photographique.....	7
Figure 4 : Variation mensuelle des effectifs de mammifères décomptés par mare.....	16
Figure 5: Heures d'activités de l'Eland de derby	28
Figure 6 : Heures d'activités bu Bubale major	29
Figure 7 : Heures d'activités du Chimpanzé.....	29
Figure 8 : Heures d'activités de l'hippotrague	30
Figure 9: Heures d'activités du Lycaon	30
Figure 10: Heures d'activités de la panthère.....	31
Figure 11: Heures d'activités du Lion	31
Figure 12: Heures d'activités du Buffle.....	32
Figure 13 : Distribution spatiale du Bubale	33
Figure 14: Distribution spatiale du buffle de savane.....	34
Figure 15: Distribution spatiale du Chimpanzé.....	34
Figure 16: Distribution spatiale de l'Elan de derby	35
Figure 17: Distribution Spatiale de l'Eléphant	35
Figure 18: Distribution Spatiale de l'Hippotrague.....	36
Figure 19: Distribution spatiale du Lion	36
Figure 20: Distribution spatiale du Lycaon.....	37
Figure 21: Distribution spatiale de la panthère	37
Figure 22 : Données pluviométriques des postes de garde	38
Figure 23 : Relevés hygrométrique et Température de Kalifourou et Niokolo	39
Figure 24 : Relevés hygrométrique et Température de Mako et Belly	40
Figure 25: Relevés hygrométrique et Température d'Oubadji et Simenti	40
Figure 26: Degré de couverture des mares du <i>Mimosa pigra</i>	41
Figure 27 : Degré de couverture des mares en eau.....	41

I. INTRODUCTION

Le Parc National du Niokolo Koba (PNNK), avec ses **913 000 ha** de superficie, est l'une des plus grandes aires protégées d'Afrique de l'Ouest. Il se situe dans le domaine soudano guinéen avec une pluviométrie moyenne comprise entre 900 à 1200 mm. Il présente différents types de végétations allant des savanes herbeuses aux forêts claires en passant par les savanes arbustives, les savanes boisées et les galeries forestières associées à une faune diversifiée. On y rencontre des espèces particulièrement remarquables telles que le lion, le chimpanzé, l'éléphant, le lycaon, l'élan de Derby, le buffle ainsi que d'autres espèces retrouvées dans les savanes boisées de l'Afrique de l'Ouest.

Cependant, il a été constaté, depuis quelques années, une réduction des effectifs de certaines populations fauniques du fait d'un certain nombre de facteurs, entre autres, liées au braconnage, à la divagation du bétail, et à la dégradation des habitats. Ainsi, certaines espèces, fréquemment rencontrées dans le parc, sont aujourd'hui en nombre très réduit. C'est l'exemple de l'éléphant devenu rare, de l'élan de Derby avec moins de 200 individus et du bubale major estimé à 150 bubales..., selon le décompte de 2006. Cette situation combinée à la menace du projet de barrage de Sambagalou sur la VUE du bien est à l'origine du classement du parc sur la liste du patrimoine mondial en péril lors de la 31^e session du Comité du patrimoine mondial en juillet 2007.

Depuis cette date, plusieurs mesures correctives, recommandées par le Comité du Patrimoine Mondial, sont en train d'être apportées pour améliorer la gestion du BIEN. Ainsi sur la base des mesures correctives actualisées lors de la 39^e session du Comité du Patrimoine Mondial, un système de suivi écologique a été élaboré et mis en œuvre depuis l'année 2016 afin de renseigner les indicateurs de l'état de conservation souhaité en vue du retrait du BIEN de la liste du Patrimoine Mondial en péril. Ces indicateurs ont été proposés par la mission de suivi réactif de l'UICN en mai 2015 au niveau du parc.

Ce présent rapport revient sur les objectifs, la méthodologie et les résultats du programme de suivi écologique mis en œuvre durant l'année 2017.

I. OBJECTIFS

L'objectif général de ce suivi-écologique est de maîtriser la dynamique spatio-temporelle des populations fauniques, de la végétation, du réseau hydrographique et du climat dans le parc afin d'orienter les actions de gestion. De manière spécifique, il s'agira de :

- Suivre l'évolution du taux de rencontre de la faune sur des axes accessibles et représentatifs en termes d'écosystèmes traversés dans le parc ;
- Suivre la fréquentation des mares par la faune ;
- Cartographier la distribution spatiale des populations d'espèces emblématiques ou menacées clé pour la valeur universelle exceptionnelle (lion, éléphant, éland de Derby, lycaon, chimpanzé, buffle, bubale, hippotrague, panthère) ;
- Suivre l'évolution de la pluviométrie et des hauteurs d'eau sur le fleuve Gambie et ses affluents ;
- Suivre l'évolution des plantes envahissantes au niveau des mares et des plaines herbeuses.

II. METHODOLOGIE DE COLLECTE DE DONNEES

3.1. Suivi de la faune

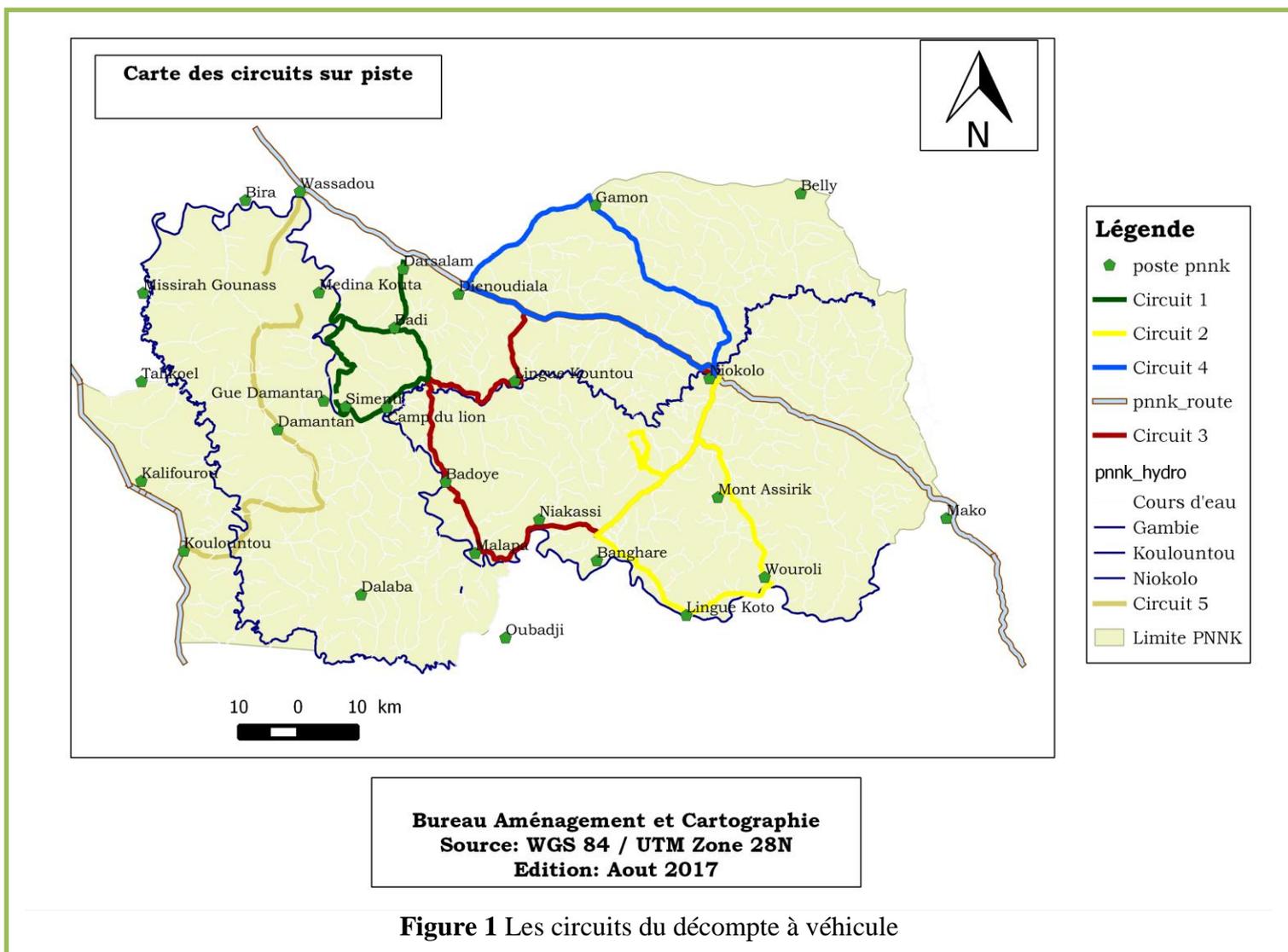
3.1.1. Décompte en véhicule des mammifères et des oiseaux

Ce type de suivi consiste à décompter mensuellement, à bord d'un véhicule roulant entre **20 et 25 km/h**, tous les individus rencontrés sur cinq circuits prédéfinis (**Figure 1**). Il est consacré une journée entière pour le décompte d'un circuit, soit un total de **cinq (05) jours** pour les cinq (05) circuits. Le décompte se fait de **07h00mn à 18h00mn** avec une pause de 90 mn entre 13h et 14h30.

Pour ce qui concerne le décompte de l'avifaune, il se fait uniquement sur le circuit 1.

Ainsi, les cinq circuits prédéfinis pour le décompte en véhicule sont les suivants :

- **Circuit1** (81km) : Darsalam Badi Guénoto Grand mirador Nianaka Simenti Camp du Lion Woeni Grande patte d'oie Badi;
- **Circuit2** (134km) : Niokolo Wouroli Linguékoto Banghare Croisement Banghare Croisement cote 311 Circuit Mansafara Niokolo ;
- **Circuit3** (172km) : Niokolo Croisement Banghare Niakassi Malapa Badoye Passage koba Patte d'oie Linguékountou RN7 Niokolo.
- **Circuit4** (115km) : Nokolo Gamon Dienoudiala RN7 Niokolo.
- **Circuit5** (96km) : Wassadou Damantan Croisement Barkibadiel Koulountou



3.1.2. Décompte des mammifères et des oiseaux d'eau en point fixe

Ce suivi mensuel concerne **douze (12)** principales mares permanentes ou semi permanentes de la zone centre, est et ouest du PNNK (**Figure 2**), à savoir : *Kountadala, Dalafourounté, Woéni, Woénéri, Nianaka, Sitanding, Kandi Kandi, Oudassi, Simenti, Mansadala, Faldou et Néma*. Il consiste à décompter de **07h00mn à 13h00mn** tous les mammifères fréquentant ces mares. Chaque mois, trois (03) jours de décompte sont consacrés pour ce type de suivi.

Au même moment, on estime le degré de couverture de la mare par les herbacées, le *Mimosa pigra* et l'eau.

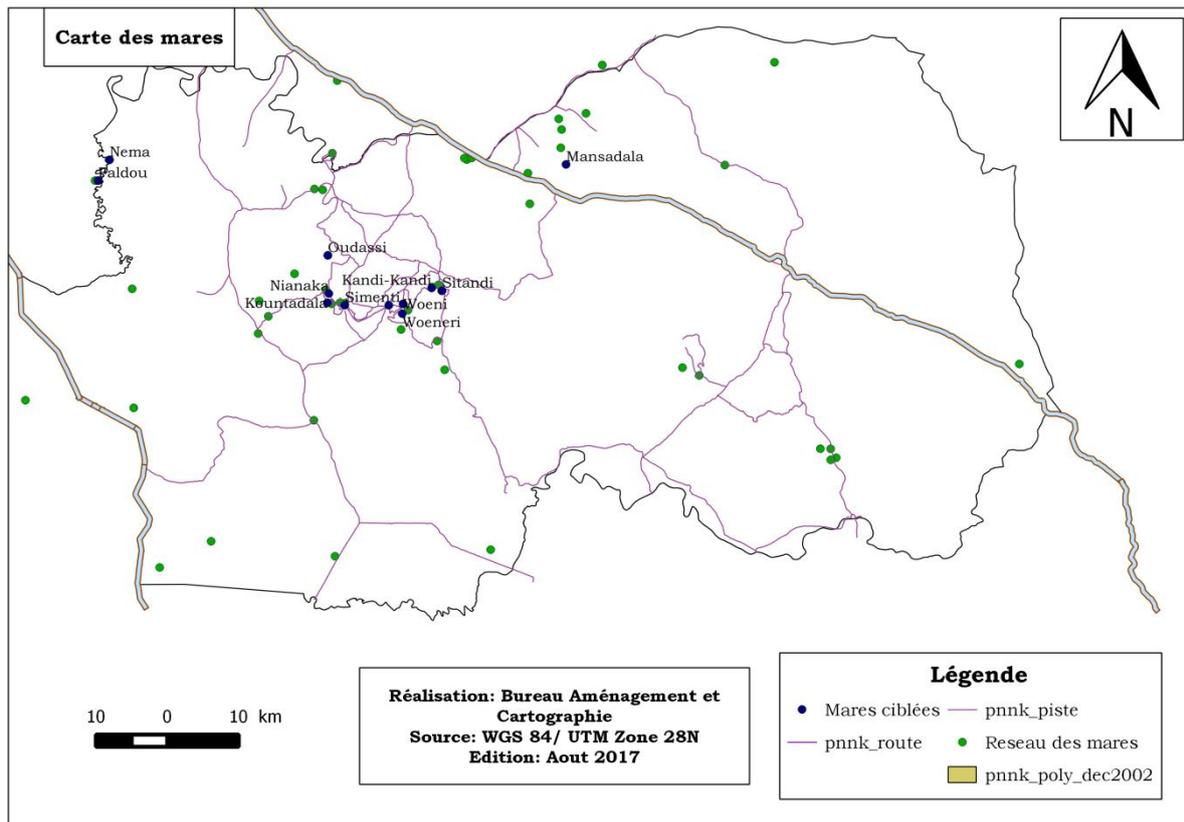


Figure 2 : Distribution spatiale des mares ciblées par le décompte en point fixe

3.1.3. Décompte avec les pièges photographiques

Le parc a d'abord été quadrillé suivant des grilles de **deux (2) km** de côté puis réparti en **quinze (15) secteurs (Figure 3)**: Darsalam, Badi, Diénoudiala, Niokolo, Mako, Assirik, Wouroli, Banghare, Gamon, Linguékountou, Camp du lion, Simenti, Damantan, Koulountou, Dalaba.

Au niveau de chaque secteur, **vingt (20) cellules** ont été échantillonnées et un piège photographique a été posé dans chaque cellule pendant un mois. Le choix de ces cellules et des stations destinées à accueillir les pièges photographiques est fait sur la base de plusieurs paramètres tels que la proximité des pistes d'animaux et de véhicule, la proximité d'un cours d'eau. De plus, après installation du piège-photographique, une description sommaire est faite sur le type d'habitat dans lequel se trouve la station.

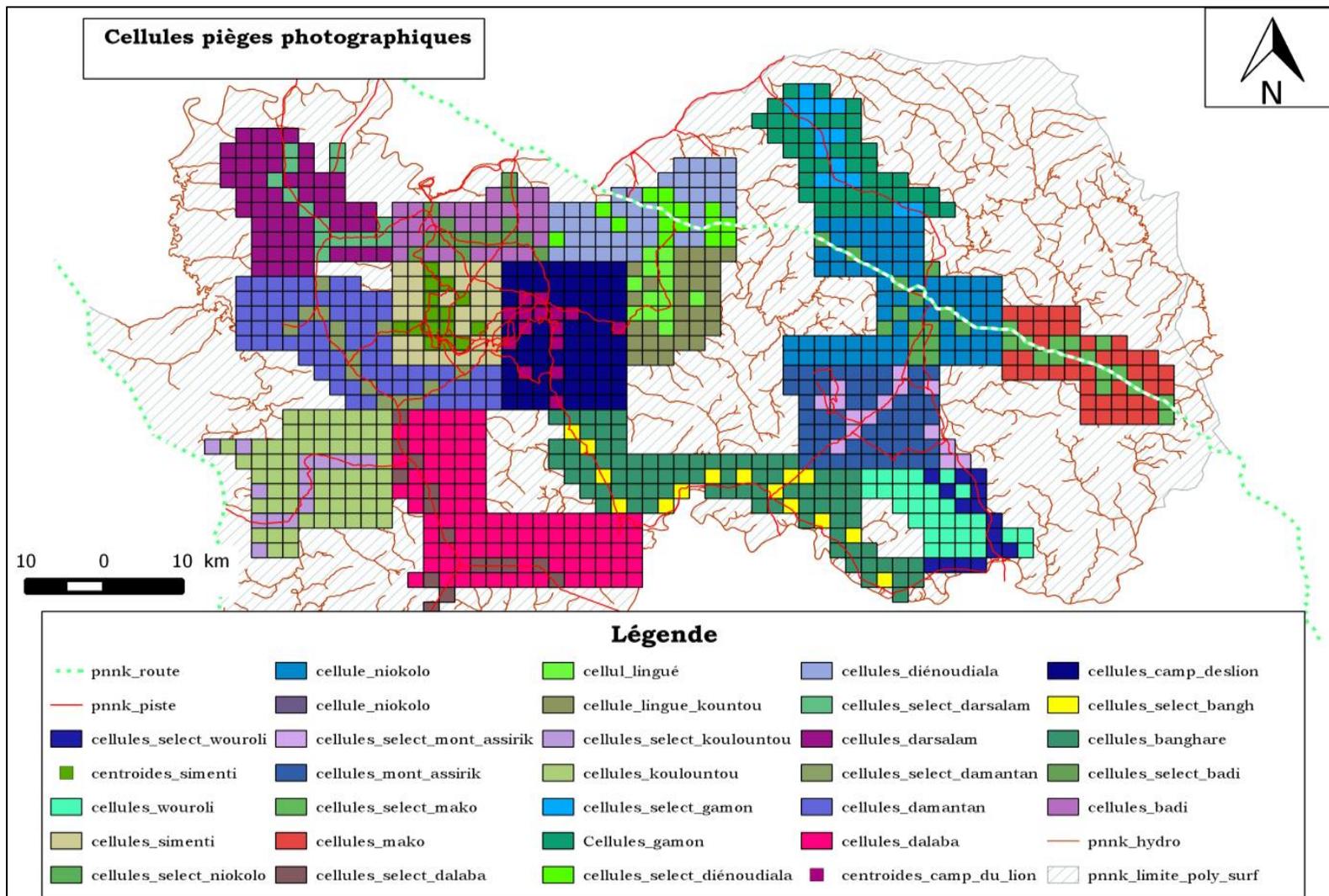


Figure 3 : Distribution spatiale des secteurs et des stations des pièges photographique

3.1.4. Suivi non systématique

Au-delà des activités de suivi planifiées, toutes les autres observations de faune faites par les agents lors des patrouilles de surveillance, les guides touristiques et les visiteurs sont aussi collectées et traitées par le bureau suivi écologique.

3.2. Suivi des paramètres climatologiques

Le suivi des précipitations dans le Parc National du Niokolo Koba se fait au niveau de certains postes de garde équipés chacun d'un pluviomètre.

Pour le suivi du réseau hydrographique, des échelles limnimétriques ont été installées sur le fleuve Gambie à hauteur du poste de Simenti et de Mako, sur la rivière Niokolo, au niveau du poste de Niokolo. De plus, d'autres échelles limnométriques sont installées au niveau de certaines mares telles que : *Simenti, Kountadala, Nianaka, Dalafourounté, Woeni, Kandi kandi, Sitanding.*

III. RESULTATS

4.1. Décompte en véhicule des mammifères

Les **tableaux 1** et **2** présentent les résultats du décompte effectué durant cinq (05) mois (de février à juin 2017) sur cinq (05) circuits prédéfinis. Il s'agit du circuit 1 (81 km), du circuit 2 (134 km) et du circuit 3 (172 km), du circuit 4 (115 km) et enfin du circuit 5 (96 km).

Tableau 1: Cumul des effectifs de mammifères décomptés en véhicule sur les cinq circuits

Espèces	Nombre de contacts	Effectif
Babouin de guinée	102	2904
Bubale	11	59
Buffle	2	6
Céphalophe à flancs roux	90	107
Céphalophe de grimm	38	89
Chacal à flancs rayés	8	11
Chat sauvage	2	2
Cob de buffon	21	69
Cob défassa	16	31
Ecureuil arboricole	54	56
Ecureuil fouisseur	124	151
Eland de derby	3	121
Guib harnaché	135	232
Hippopotame	2	10
Hippotrague	34	184
Lièvre du Cap	1	1
Lion	2	3
Lycaon	1	20
Mangouste à queue blanche	1	1
Mangouste Ichneumon	4	23
Mangue rayée	10	160
Ourébi	70	154
Patas roux	33	261
Phacochère	119	362
Singe vert	66	314
Total général	949	5331

- L'analyse des résultats de ce décompte a révélé que vingt-six (26) espèces de mammifère ont été observées cette année contre 20 en 2016, soit 6 espèces de plus que l'année dernière. Il s'agit entre autres de l'hippopotame, du lycaon, du potamochère.

- De plus, parmi les espèces ayant fait l'objet de décomptes, sur les cinq circuits choisis à cet effet, 19 ont été observées sur le circuit 1, 22 sur le circuit 2, 18 sur le circuit 3, 14 sur le circuit 4 et enfin 15 sur le circuit 5.

- L'analyse a aussi montré qu'un effectif de 5331 individus a été observé cette année en seulement 949 contacts contre 2665 individus en 457 contacts l'année dernière. Cette hausse pourrait s'expliquer non seulement par la remontée biologique constatée, mais aussi par l'augmentation du nombre de circuit qui est passé de trois (03) à cinq (05).

- Contrairement à l'année dernière, le guib harnaché reste le mammifère le plus observé avec (135 contacts), suivi de l'écureuil fouisseur (124), du phacochère (118 contacts) et enfin du babouin (102 contacts).

- Pour ce qui concerne les espèces prioritaires, le nombre de contact est dans l'ensemble assez faible mais légèrement supérieur à celui de l'année dernière. Il s'agit de l'éland de derby (3 contacts) pour 121 individus, buffle (2 contacts), bubale (11 contacts), hippotrague (34 contacts), lion (2 contacts) et lycaon (1 contact) pour 20 individus.

-Par ailleurs, l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) moyen de cette année (sur les cinq circuits) est de 1,78 contre 2,07 (sur trois circuits) en 2016. Par contre, celui du circuit 2 est de loin supérieur à la moyenne. Il est de 2,38.

Tableau 2: Effectifs des espèces décomptés par circuit en véhicule

Espèces	Babouin de guinée	Bubale	Buffle	Céphalophe à flancs rous	Céphalophe de grimm	Chacal à flancs rayés	Chat sauvage	Cob de buffon	Cob défassa	Ecureuil arboricole	Ecureuil fouisseur	Eland de derby	Guib harnaché	Hippopotame	Hippotrague	Lièvre du Cap	Lion	Lycaon	Mangouste à queue blanche	Mangouste Ichneumon	Mangue rayée	Ourébi	Patas rous	Phacochère	Potamochère	Singe vert	Effectif/Circuit	Distance/circuit	IKA/Circuit
Circuit 1	376	2	0	22	5	2	2	35	14	16	13	0	64	0	20	0	2	0	0	3	101	6	17	39	0	22	761	81,2	1,87
Circuit 2	757	52	1	35	58	0	0	5	7	13	59	121	103	9	71	0	1	20	1	3	14	69	30	44	0	120	1593	134	2,38
Circuit 3	869	5	0	25	12	6	0	27	8	7	34	0	47	1	36	0	0	0	0	1	45	54	46	108	0	79	1410	172	1,64
Circuit 4	653	0	5	12	5	0	0	0	0	17	43	0	4	0	4	1	0	0	0	0	0	7	128	110	4	35	1028	115	1,79
Circuit 5	249	0	0	13	9	3	0	2	2	3	2	0	14	0	53	0	0	0	0	16	0	18	40	57	0	58	539	96	1,12
Eff/esp	2904	59	6	107	89	11	2	69	31	56	151	121	232	10	184	1	3	20	1	23	160	154	261	358	4	314	5331	598,2	1,78
Contact/esp	102	11	2	90	38	8	2	21	16	54	124	3	135	2	34	1	2	1	1	4	10	70	33	118	1	66	949		
Pourcentage	54,5	1,1	0,1	2	1,7	0,2	0,04	1,3	0,6	1,1	2,8	2,3	4,4	0,2	3,5	0,02	0,1	0,4	0,02	0,4	3	2,9	4,9	6,7	0,1	5,9	100		
IKA/espèce	0,971	0,02	0,002	0,036	0,03	0,004	0,001	0,023	0,01	0,019	0,05	0,04	0,078	0,003	0,062	0	0,001	0,007	0	0,008	0,053	0,051	0,087	0,12	0,001	0,105	1,782		

4.2. Décompte en véhicule de l'avifaune

Le tableau 3 ci-dessous présente les résultats du décompte de l'avifaune en véhicule.

Il faut rappeler que le décompte des oiseaux de savane se fait uniquement au niveau du circuit 1, du mois de février au mois de juin. Les résultats de l'analyse ont montré que durant les cinq mois de suivi de ces oiseaux de savane, seules soixante-dix-neuf (79) espèces ont été dénombrées pour un total de 2630 individus contre 3467 individus en 2016. Cette différence pourrait s'expliquer par le nombre de mois de décompte (06 mois) plus élevé l'année dernière que cette année (05 mois)

En termes d'effectif, les espèces les plus abondantes sont, par ordre décroissant, la Pintade commune (31,6%), la Tourterelle vineuse (6,92%), Rollier d'Abyssinie (6,65%) et le Choucador à longue queue (6,43%).

La période la plus fructueuse en termes d'effectif d'oiseaux de savane est le mois de juin (1080 individus).

Tableau 3: Résultats du décompte en véhicule de l'avifaune

EPECES	Février	Mars	Avril	Juin	Juillet	Total	%
Cratérope brun	0	0	0	23	2	25	0,95
Poulette de roche	0	29	11	5	0	45	1,71
Aigle fascié	0	0	0	0	4	4	0,15
Aigle martial	0	0	0	1	0	1	0,04
Aigle ravisseur	0	0	0	1	0	1	0,04
Autour sombre	0	0	0	1	0	1	0,04
Autour unibande	0	0	0	1	2	3	0,11
Bagadai casqué	0	0	0	45	22	67	2,55
Barbion à frond jaune	0	0	0	1	0	1	0,04
Bateleur des savanes	0	0	0	0	6	6	0,23
Bruant cannelle	0	0	0	1	0	1	0,04
Bucorve d'Abyssinie	0	0	5	4	10	19	0,72
Bulbul des jardins	0	0	0	6	4	10	0,38
Busautour des sauterelles	0	0	0	3	2	5	0,19
Calao à bec noir	6	6	14	43	42	111	4,22
Calao à bec rouge	4	24	20	60	12	120	4,56
Choucador à courte queue	0	0	38	0	0	38	1,44
Choucador à longue queue	2	33	7	105	22	169	6,43
Choucador à queue violette	0	0	0	9	0	9	0,34
Choucador pourpré	13	53	0	0	14	80	3,04
Circaète brun	0	0	0	1	0	1	0,04
Colombar Waalia	0	0	0	1	0	1	0,04
Corbeau pie	0	0	0	1	0	1	0,04
Corvinelle à bec jaune	0	0	0	9	0	9	0,34
Cossyphe à calotte blanche	0	0	0	1	0	1	0,04
Cossyphe des récifs	0	0	0	0	2	2	0,08

Coucal du Sénégal	3	1	3	10		17	0,65
Coucou de levaillant	0	0	0	1	0	1	0,04
Drongo brillant	2			7	8	17	0,65
Francolin à double éperon	11	29	20	28	8	96	3,65
Ganga quadribande	0	0	0	3	0	3	0,11
Gonolek de barbarie	3	2	1	22	6	34	1,29
Grand indicateur	0	0	0	1	0	1	0,04
Grébifoulque D'Afrique	0	0	0	1	0	1	0,04
Guépier à gorge rouge	4	0	0	21	0	25	0,95
Guépier d'orient	0	0	0	1	0	1	0,04
Guépier écarlate	0	0	0	2	0	2	0,08
Guépier nain	0	0	1	0	0	1	0,04
Gymnogène d'afrique	0	0	0	1	0	1	0,04
Hirondelle à longs brins	0	0	0	2	0	2	0,08
Hirondelle à ventre roux	0	0	0	0	2	2	0,08
Irrisor moqueur	10	0	0	10	12	32	1,22
Irrisor noir	0	0	25	0	0	25	0,95
Loriot doré	0	0	0	2	0	2	0,08
Martin chasseur	0	0	0	10	4	14	0,53
Martin chasseur à poitrine bleue	0	0	0	1	0	1	0,04
Martin chasseur à tête grise	0	0	0	1	0	1	0,04
Martinet des palmes	0	0	0	27	26	53	2,02
Merle africain	0	0	0	1	0	1	0,04
Moineau gris	0	0	0	5	0	5	0,19
Oedcneme du Senegal	0	0	0	8	0	8	0,3
Outarde ventre noir	1	0	0	0	0	1	0,04
Palmiste africain	0	0	0	5	0	5	0,19
Perruche à collier	0	3	2	8	12	25	0,95
Petit indicateur	0	0	0	2	0	2	0,08
Piac piac	0	0	0	19	0	19	0,72
Pic à tâche noire	0	0	0	0	2	2	0,08
Pic de geortan	0	0	0	1	0	1	0,04
Pic gris	0	0	1	0	0	1	0,04
Pic ponctué	0	0	1	0	0	1	0,04
Pigeon roussard	0	0	0	8	0	8	0,3
Pintade commune	145	224	194	194	74	831	31,6
Prinia modeste	0	0	0	2	0	2	0,08
Rolle violet	0	0	0	11		11	0,42
Rollier à ventre bleu	0	0	1	7	0	8	0,3
Rollier d'Abyssinie	24	24	19	104	4	175	6,65
Serin du Mozambique	0	0	0	2	2	4	0,15
Souimanga à poitrine rouge	0	0	0	6	0	6	0,23

Tisserin gendarme	0	0	0	26	10	36	1,37
Touraco gris	0	6	0	10	0	16	0,61
Touraco violet	0	4	0	2	0	6	0,23
Tourtelette d'Abyssinie	0	0	0	28	8	36	1,37
Tourterelle du cap	4	48	1	0	0	53	2,02
Tourterelle maillée	0	32	0	6	4	42	1,6
Tourterelle vineuse	46	2	40	86	8	182	6,92
Travailleur à bec rouge	0	0	0	20	0	20	0,76
Youyou du Sénégal	0	0	10	46	4	60	2,28
Total général	278	520	414	1080	338	2630	100

4.3. Décompte en point fixe des mammifères

Le tableau 4 présente le Cumul des effectifs de mammifères décomptés par site, de février à juin 2017. Il apparaît sur ce tableau que seize (16) espèces ont été observées pour un effectif de 1240 individus contre 2248 individus en 2016.

Ce déficit de l'effectif observé par rapport à celui de l'année passée pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs comme entre autres l'envahissement continu du *Mimosa pigra* couvrant progressivement la superficie des mares.

Les effectifs les plus importants ont été décomptés au niveau des mares de Simenti (211 individus), Woeni (210 individus), Sitandi (170 individus). Quant aux mares à tarissement prématuré (Mansadala, Nianaka, Oudassi), les effectifs décomptés sont les plus faibles. Ils sont respectivement (53 individus, 45 individus et 11 individus)

En termes de diversité spécifique, le nombre d'espèces observées est important au niveau des mares de Simenti (10) et de Sitandi (09). Par contre, elle varie entre 4 et 6 pour les autres mares.

En ce qui concerne les espèces prioritaires, seuls deux (02) lions, quarante-quatre (44) buffles, un (1) bubale et vingt-cinq (25) hippotragues ont été décomptés. Il faut noter que les petites et moyennes antilopes (Cob de buffon, Cob défassa, Guib harnaché, Phacochère) sont les plus fréquemment observées au niveau des points d'eau comparativement aux grands herbivores.

Tableau 4: Cumul effectifs de mammifères décomptés par site de février à juin 2017

ESPECES	Dalafouronté	Kandi- kandi	Kountadala	Mansadala	Nianaka	Oudassi	Simenti	Sitanding	Woenéri	Woeni	Total
Babouin de Guinée	90	7	0	28	0	0	66	90	36	35	352
Bubale	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Buffle	0	0	0	0	0	0	0	15	29	0	44
Céphalophe à flanc roux	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
Cob de buffon	21	1	43	0	22	1	25	8	12	68	201
Cob défassa	15	0	62	0	3	3	24	6	0	79	192
Crocodile	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
Ecureuil fouisseur	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Guib harnaché	1	0	19	0	0	2	41	8	4	0	75
Hippotrague	0	0	0	0	0	0	1	24	0	0	25
Lion	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Mangouste ichneumon	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ourébi	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
Patas roux	0	0	0	16	0	0	1	0	0	0	17
Phacochère	35	95	29	3	20	4	43	17	39	25	310
Singe vert	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	7
Total général	163	104	153	53	45	11	211	170	120	210	1240

La figure 4 présente la variation de l'effectif des mammifères par mare et par mois

Du point de vue temporel, les mois de mai et d'avril restent les périodes où l'on a décompté le plus grand nombre d'individus. Pour ce qui concerne la concentration de faune, la mare de Simenti (65 individus) a atteint le niveau le plus élevé au mois de février, Woeni (70 individus) au mois de mars, et Kountadala (71 individus) au mois d'avril.

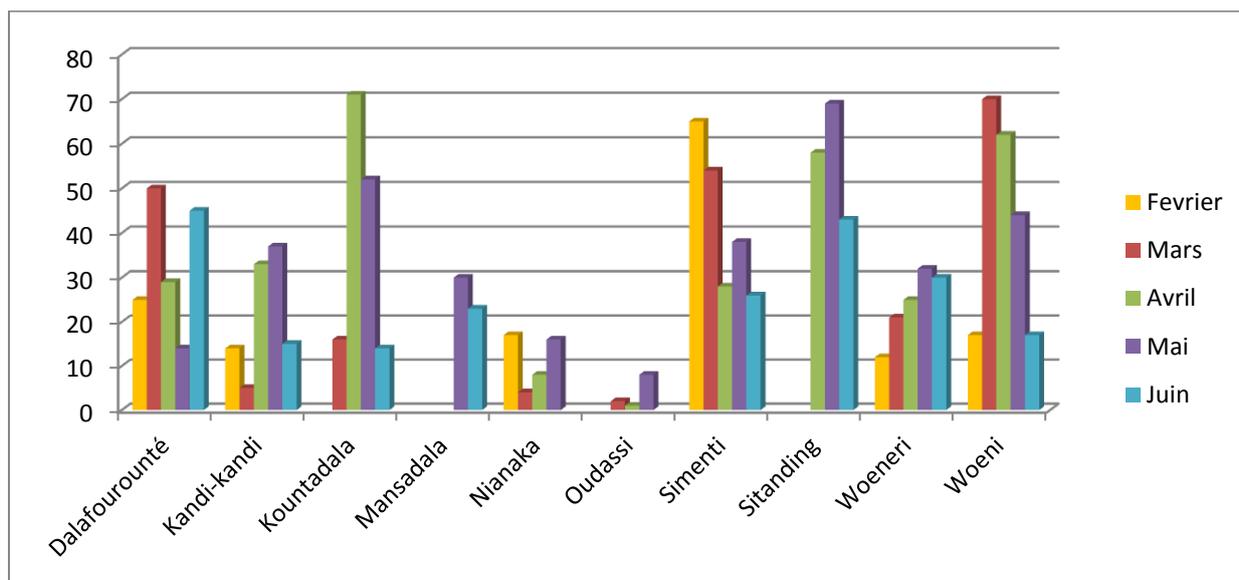


Figure 4 : Variation mensuelle des effectifs de mammifères décomptés par mare

4.4. Décompte en point fixe des oiseaux d'eau

Le **tableau 5** présente le cumul des effectifs mensuels d'oiseaux d'eau décomptés par mare.

Il ressort de ce tableau que, durant les six mois de décompte (Janvier à juin), soixante et une (61) espèces d'oiseaux d'eau ont été dénombrés sur les douze (12) mares avec un effectif cumulé de 5736 individus.

Sur le plan temporel, les effectifs d'oiseaux dénombrés sont plus importants durant les mois de Janvier, avril, février, et juin avec respectivement (1395 individus, 1203 individus, 966 individus et 841 individus). Nous notons une absence totale d'oiseaux d'eau au niveau de la mare d'Oudassi entre février et juin. Ceci pourrait s'expliquer par la présence en quantité du *Mimosa pigra* pompant abondamment l'eau et contribuant ainsi à l'assèchement prématuré de la mare.

Tableau 5: Cumul des effectifs d'oiseaux d'eau décomptés par mare et par mois

Mare	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Dalafouronté	24	21	8	2	10	5	70
Faldou	114	15		11	11	113	264
Kandi-kandi	116	54	76	29	18	67	360
Kountadala	16	134	289	204	11	20	674
Mansadala	23	56	24	8	10	5	126
Néma	0	12		32	19	37	100
Nianaka	12	26	63	4	2	0	107
Oudassi	18	0	1	1	0	0	20
Simenti	355	151	61	544	319	545	1975
Sitanding	66	171	47	298	123	28	733
Woenéri	60	123	35	11	15	10	254
Woéni	591	203	143	59	46	11	1053
Total général	1395	966	747	1203	584	841	5736

Le **tableau 6** montre le cumul des effectifs d'oiseaux d'eau décomptés par mare au cours des six (06) mois de décompte.

L'analyse des données a montré que le plus grand nombre d'oiseaux a été décomptés au niveau de la mare de Simenti (1975 individus) ensuite celle de Woéni (1053 individus) et enfin la mare Sitanding (733 individus).

Il apparait dans le tableau qu'en termes de diversité spécifique, la mare de Kountadala se place en tête avec 34 espèces décomptées suivi de celle de Simenti (38) et de Sitanding (28).

Les espèces les plus abondantes au niveau de ces mares sont : le dendrocygne veuf (1467 individus), l'oie de Gambie (1110), le héron garde-bœufs (682). Elles sont suivies du jacana à poitrine dorée et du marabout d'Afrique. Par contre, certains rapaces (aigle ravisseur...), les vautours (palmiste africain...) et les ardéidés (aigrette des récifs et intermédiaire, etc.) ont été rarement observés.

Tableau 6: Cumul effectifs d'oiseaux d'eau décomptés par mare de Janvier à Juin 2017

Mare	Dalafourounté	Faldou	Kandi-kandi	Kountadala	Mansadala	Néma	Nianaka	Oudassi	Simenti	Sitanding	Woenéri	Woéni	Total général
Aigle ravisseur					2								2
Aigrette ardoisée				22				2					24
Aigrette des récifs	1			10				1	5	21			38
Aigrette garzette			11	2	12				17	1	7	8	58
Aigrette intermédiaire									18	19	2	10	49
Alcyon pie		4	4		16	8			16	22	4		74
Autour unibande					1								1
Balbuzard pêcheur										1			1
Bihoreau à dos blanc									8	13			21
Bihoreau gris				3					5				8
Blongios de sturm										4			4
Busard des roseaux	2											4	6
Chevalier aboyeur									1			2	3
Chevalier grivelé									1				1
Chevalier sylvain												13	13
Cigogne épiscopale		1	5						3		9	3	21
Cigogne noire		1			1	1							3
Cormoran africain				6					96				102
Crabier chevelu	1		25		7				11	22	8	35	109
Dendrocygne veuf		136	4	8	1	30			1230	50	8		1467
Faucon ardoisé					2								2
Gallinule poule d'eau									3				3
Grand cormoran							8		9				17
Grande aigrette	18	2	7	2			2		3		28	2	64
Grue cendrée				51			1						52
Grue couronnée	6		12	2					4	8	4	9	45
Grue demoiselle				12									12

Gymnogène d'afrique											1		1
Héron cendré	4	2	23	36			10	2	24	16	11	9	137
Héron garde bœufs	22	22	87	77	1	2	8	10	50	116	79	208	682
Héron intermédiaire			1										1
Héron mélancolique					1							2	3
Héron mélanocéphale	2								1		2	4	9
Héron pourpré		1	7	6	19	4			2	9	4		52
Héron strié		1		3		2				2			8
Huppe fasciée					1								1
Ibis falcinelle			2						5	4			11
Ibis hagedash	1	9	21		22	17		2	1	14	8	7	102
Ibis sacré												10	10
Ibis tantale		6											6
Jabiru d'Afrique	2		3						3		2		10
Jacana à poitrine dorée			83	4					44	67	11	52	261
Jacana à poitrine dorée	4		15	6			3		90	99	25	73	315
Jacana nain			2						19			39	60
Marabout d'Afrique				180			3		50	12	6	1	252
Martin chasseur	1												1
Martin chasseur à poitrine bleue					2					3			5
Martin pêcheur géant		2				2			11	2			17
Martin pêcheur pie		2				3							5
Martinet noir					3								3
Milan noir			1									2	3
Oedicnème du sénégal										16			16
Oie de Gambie	4	3	28	216			65		82	169	24	519	1110
Ombrette africaine	2	57	1	17	18	16	2	3	20	6	2	11	155
Palmiste africain			1										1
Pélican blanc									40				40
Pélican gris									17				17

Pluvian fluviatile		3	5					4	7	7	7	33	
Pygargue vocifère		6		1				9	2	1	1	20	
Râle à bec jaune								13				13	
Tantale ibis								6	4	1		11	
Vanneau à tête noire			3	4	3			10				20	
Vanneau armé											4	4	
Vanneau du Sénégal	6	2		1	10			6	7			32	
Vanneau éperonné	9	6	3	10	5	2		38	17		18	108	
Vanneu à tête noire				1								1	
Total général	70	264	360	674	126	100	107	20	1975	733	254	1053	5736

4.5. Décompte avec les pièges photographiques

4.5.1. La performance des caméras

Tous les quinze (15) secteurs prédéfinis ont été couverts par ce type de suivi en 2017.

Dans chaque secteur, le dispositif était composé de dix-huit (18) caméras en moyenne sur une période de 30 jours.

Le cumul du nombre de jours déployés par les pièges photo pour cette année est de 10324 jours ; mais après avoir pris en compte les potentielles pannes de batteries et les quelques caméras traps volées ou brûlées nous avons constaté qu'elles étaient opérationnelles que durant 6340 jours soit un gap de 3984 jours (**tableau 7**).

Le nombre d'évènements fauniques (photo d'individu d'une espèce prise à intervalle de 60 mn) cumulés est de 7392 images de mammifères sur l'ensemble des quinze secteurs (**tableau 07**).

Les secteurs de Assirik, du Camp du lion, de Niokolo et de Gamon ont enregistré respectivement les plus grands nombres d'évènements soit **1613; 1015; 674 et 571**.

Par contre les secteurs qui ont enregistré les plus faibles nombres d'évènements sont Linguékountou (**160**) ; Mako (**214**) ; Dalaba (**261**) et Banghar (**288**).

Ces photos piège nous ont permis de confirmer la présence de **quarante-une (41)** espèces dans les quinze secteurs sensiblement égale avec le nombre d'espèces photographiées en 2016 soit 40 espèces (Cf rapport annuel des activités du Bureau Suivi Ecologique 2016).

4.5.2. La richesse faunique

En termes de richesse faunique, les photos piège ont montré que le secteur de Assirick regorge plus de potentialités fauniques avec **30 espèces** suivi des secteurs de Simenti et Niokolo avec **27 espèces** ; puis du camp du lion avec **26 espèces** et de Banghar avec **25 espèces** (**tableau 7**).

En revanche, les secteurs les moins fournis sont Mako (**16 espèces**) ; Diénoudiala et Dalaba (**19 espèces**).

Tableau 7: Richesse spécifique des secteurs

Secteur	Installation	Récupération	Nombre de jours déployés	N ° Jours opérationnels	Nombre d'événements	Richesse par espèce
Mako	02/01/17	02/02/17	466	189	214	16
Dienoudiala	03/01/17	03/02/17	590	355	304	19
Gamon	04/01/17	02/02/17	523	356	571	23
Simenti	19/01/17	24/02/17	538	475	522	27
Badi	19/01/17	23/02/17	513	430	382	21
Camp du lion	03/02/17	11/03/17	594	416	1015	26
Banghar	07/02/17	10/03/17	434	337	288	25
Damantan	25/02/17	13/04/17	799	633	408	21
Dalaba	26/02/17	12/04/17	766	515	261	19
Wouroly	13/03/17	19/05/17	1072	348	480	22
Assirik	13/03/17	24/05/17	1353	667	1613	30
Niokolo	15/03/17	25/05/17	1129	538	674	27
Linguekountou	02/04/17	12/03/17	511	184	160	23
Darsalam	13/04/17	24/05/17	616	537	328	19
Koulountou	14/04/17	24/05/17	440	360	170	18
Total			10324	6340	7392	

4.5.3 Nombre d'évènements fauniques par espèce et par secteur

Le **tableau 8** présente la répartition des événements fauniques de toutes les espèces par secteur.

Pour les espèces prioritaires, beaucoup de photos ont été prises à des endroits localisés, pour certaines, et dispersés dans tous les secteurs pour d'autres.

- 23 événements photographiques de lion dans six (06) secteurs ;
- 19 événements photographiques d'éland de derby dans le secteur de Assirik ;
- 64 événements photographiques de bubale dans six (06) secteurs ;
- 38 événements photographiques de buffle dans neuf (09) secteurs ;
- 06 événements photographiques de Chimpanzé dans les secteurs de Assirik et de Simenti ;
- 210 événements photographiques d'hippopotame dans tous les secteurs ;
- 04 événements photographiques de lycaon dans les secteurs de Niokolo et Assirik ;
- 55 événements photographiques de panthère dans dix (10) secteurs.

Tableau 8 : Répartition des évènements fauniques par espèce et par secteur

Espèce	Gamon	Simenté	Wouroly	Niokolo	Mako	Linguékountou	Koulountou	Assirik	Dienoudiala	Darsalam	Damantan	Dalaba	Camp du lion	Banghar	Badi	Total/Espèce
Babouin de guinée	52	42	71	103	25	40	16	361	39	43	22	36	104	48	51	1053
Bubale		1		5				53				1	3	1		64
Buffle		1	2	2		1		18			8	1	2	3		38
Caracal	3			4				1						2		10
Céphalophe à flanc roux	31	36	64	88	42	4	2	85	31	6	36	48	26	20	31	550
Céphalophe de grimm	22	10	11	30	8		7	28	15	38	31	13	4	9	13	239
Chacal à flanc rayé	31	3	3	17	4	13	2	14	19	13	7		10	3	13	152
Chimpanzé		1						5								6
Civette	33	15	18	8	1	5	4	10	4	8	9	5	58	31	13	222
Crocodile du Nil								2								2
Cob de buffon		7	1	1		9							13			31
Cob defassa		8		1		2		1		1	8		26	2	7	56
Cob redunca						1					1		2	1		5

Ecureuil arboricole			3	2			2		2	5	3	4	2	4		27
Ecureuil fouisseur	23		2	3		3	1	17	2	5		2	12	3	1	74
Eland de derby								19								19
Galago	2	1	1	1					1	4		1	8	1	3	23
Genette commune	2	1														3
Genette tigrine	12	53	48	33	21	12	19	33	11	6	15	10	55	8	13	349
Guib harnaché	33	131	46	74	23	9	8	284	41	18	70	54	197	70	85	1143
Hippopotame													1	1		2
Hippotrague	8	32	10	19	16	3	4	49	10	7	15	1	15	8	13	210
Hyène tachetée	5	10	2	8		6	1	18	9	10	1		34	9	7	120
Lièvre à oreille de lapin	51	12	6	2	4	4	1	36			27	6	26		20	195
Lion	6	4					2	1					6		4	23
Lycaon		1		1				2								4
Mangouste à queue blanche	38	36	31	8	2	14	4	43	26	8	10	2	63	5	8	298
Mangouste ichneumon	18	10	11	86	3	1	18	43	3	12	8	12	22	7		254

Mangue rayée	12	5	5	8	5	0		18	2		1	2	9	2	1	70
Oryctérope	1	3	1	5	3	1	1	14	6	2		4		3	1	45
Ourebi	2	12	10	16	2	4	10	63	5	5	61	2	34	4	9	239
Panthere	1	9	1	1		3		12	4				14	6	4	55
Patas Roux	15	3	16	6	6	4	11	30	6	9	3	14	38	5	9	175
Phacochère	104	35	66	40	24	10	56	164	46	105	31	13	201	10	51	956
Porc épic	19	4	3	13	2		1	36	11		2	7	6	6	4	114
Potamochère		1	2	4			1	13	1	4	2	1		5		34
Rat								3								3
Ratel	1					3		2		1	3		2			12
Serval	3	4		6		2		2		1			12	1	1	32
Varan du Nil	11		4	1				3					3	4		26
Vervet	55	11	42	78	23	4	1	129	10	17	34	22	7	6	20	459
Total/Secteur	571	525	480	674	214	160	170	1613	304	328	408	261	1015	288	382	7392

Le **tableau 9** nous permet de faire une comparaison du nombre d'évènements fauniques indépendants des espèces emblématiques entre 2016 et 2017.

Pour cette année, **419** évènements photographiques ont été enregistrés contre **389** en 2016.

Ces résultats sont encore beaucoup plus réconfortants si on sait qu'en 2016 l'intervalle de temps entre deux événements était de 30mn contrairement en 2017 où cet intervalle est de 60mn.

Ainsi, nous constatons que le nombre d'évènements de lion enregistré cette année dans les secteurs de Badi, Assirik et Gamon est supérieur à celui de 2016.

Il en est de même pour l'Eland de derby où en 2016, seul le secteur du camp du lion avait enregistré un (01) événement contrairement en 2017 où, nous sommes à dix-neuf (19) événements à Assirik.

En 2016, un (01) seul événement de chimpanzé était enregistré à Banghar, alors que pour cette année nous sommes à six (06) événements dont un (01) à Simenti et cinq (05) à Assirik.

Par contre, nous avons noté une régression du nombre d'évènements de quelques espèces comme le lycaon, la panthère et le buffle. Mais cela peut s'expliquer par le fait qu'en 2016, nous avons considéré l'intervalle de temps entre deux événements toutes les 30mn alors qu'en 2017 cet intervalle est de 60mn. En plus, dans certains secteurs comme Linguékountou par exemple, plusieurs appareils n'ont pas fonctionné plus de dix jours à cause du mauvais état des batteries.

Tableau 9 : Comparaison du nombre d'évènements fauniques indépendants des espèces emblématiques entre 2016 et 2017

	Hippotrague		Panthère		Buffle		Lion		Lycaon		Bubale		Éléphant		Chimpanzé		Eland de derby		Total/Secteur	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Assirik	20	49	0	12	8	18	0	1	0	2	6	53	0	0	0	5	0	19	34	159
Badi	16	13	11	4	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	21
Banghar	26	8	4	6	31	3	0	0	0	0	8	1	0	0	1	0	0	0	70	18
Camp du lion	19	15	23	14	0	2	7	6	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	51	40
Dalaba	11	1	16	0	0	1	0	0	13	0	2	1	0	0	0	0	0	0	42	3
Damantan	4	15	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23
Darsalam	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
Koulountou	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4
Lingué-kountou	12	3	4	3	1	1	13	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	31	9
Niokolo	12	19	0	1	1	2	0	0	11	1	0	5	1	0	0	0	0	0	25	28
Simenti	30	32	9	9	0	1	13	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	52	49
Wouroli	18	10	0	1	10	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	30	13
Dienoudiala	0	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Gamon	0	8	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Mako	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Total/Espece	188	210	67	55	51	38	36	23	25	4	19	64	1	0	1	6	1	19	389	419

4.5.4. Modèles d'activités des espèces emblématiques

Grâce aux photos pièges nous avons une idée sur le mode de vie des espèces dans le parc. Les figures (5 à 12) nous retracent les modèles d'activités des espèces emblématiques.

L'Eland de derby est une espèce diurne qui déroule ses activités entre 09h et 19h avec un pic à 16h. C'est-à-dire les activités sont plus fréquentes à cette heure. Mais nous avons constaté qu'il est souvent en mouvement la nuit entre 23h et 04h (**figure 5**).

Le Bubale, Le Chimpanzé et le lycaon sont des espèces essentiellement diurnes qui sont en activité de 06h à 18h (figure 6, figure 7 et figure 9).

Les espèces comme le buffle et l'hippopotame sont des espèces aussi diurne que nocturne avec un pic à 21h pour le buffle et 13h pour l'hippopotame (figure 8 et figure 12).

Par contre le lion et la panthère sont des carnivores qui ont des mœurs nocturnes et semi nocturnes se déplacent le plus souvent entre 17h et 07h (figure 10 et figure 11).

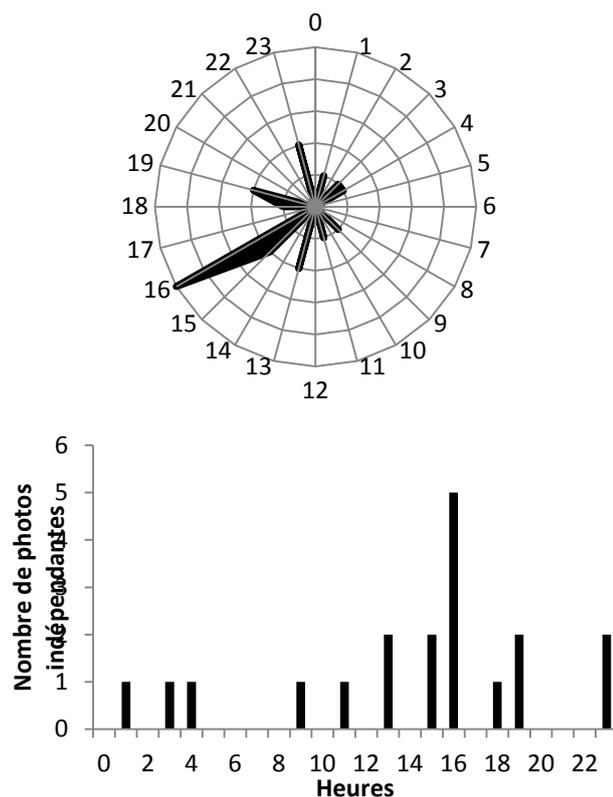


Figure 5: Heures d'activités de l'Eland de derby

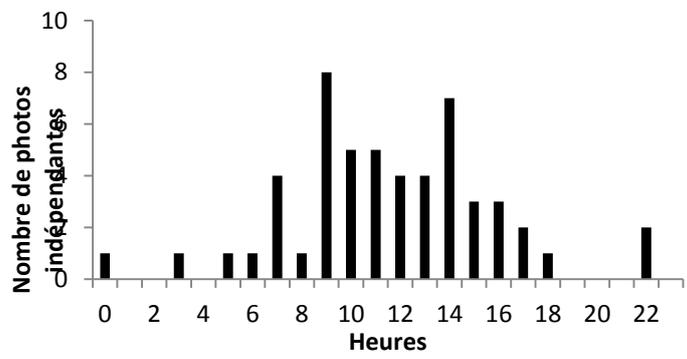
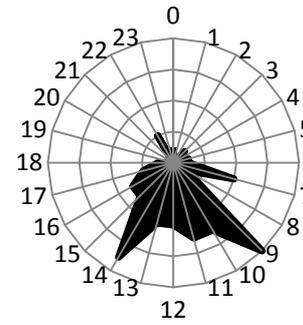


Figure 6 : Heures d'activités bu Bubale major

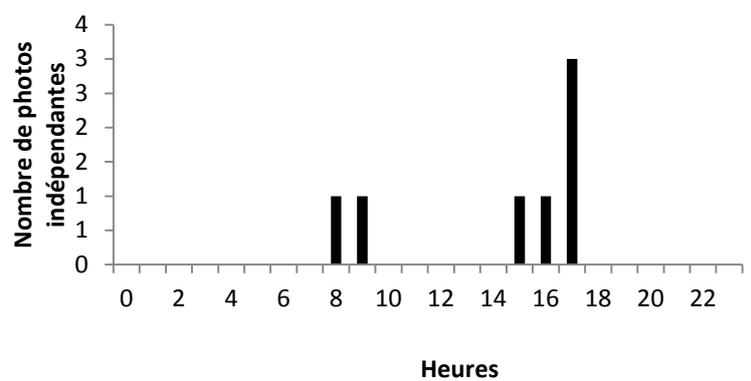
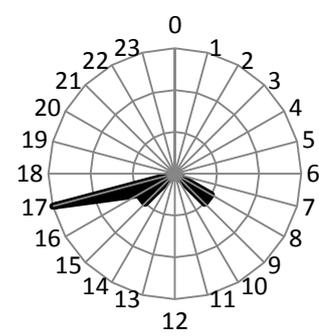


Figure 7 : Heures d'activités du Chimpanzé

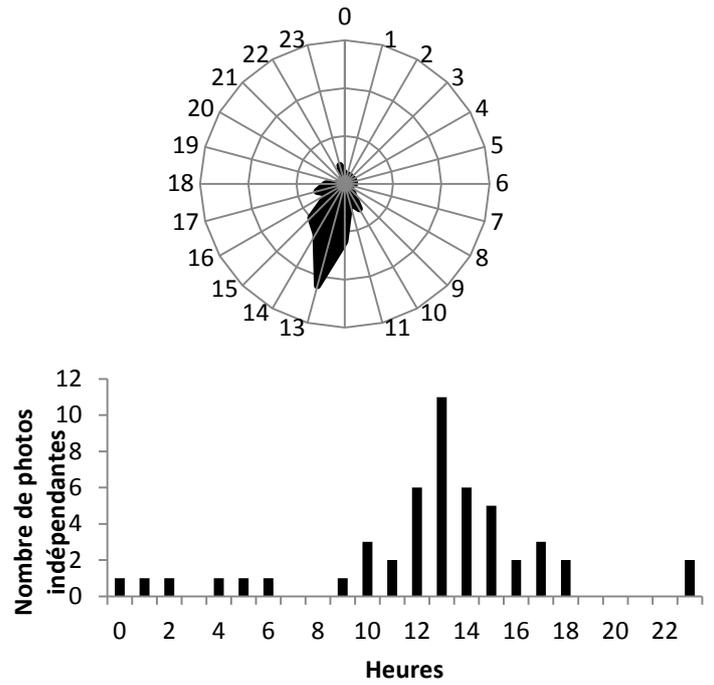


Figure 8 : Heures d'activités de l'hippotrague

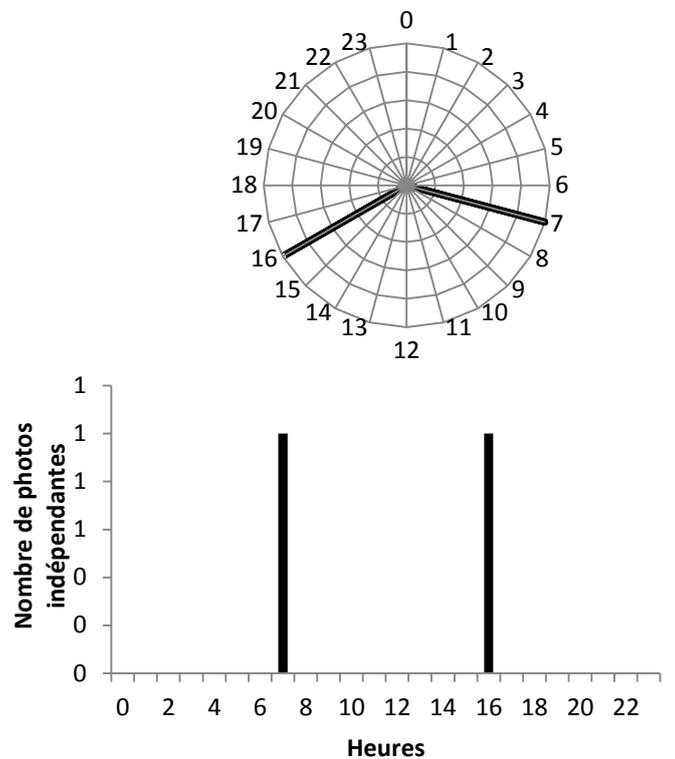


Figure 9: Heures d'activités du Lycaon

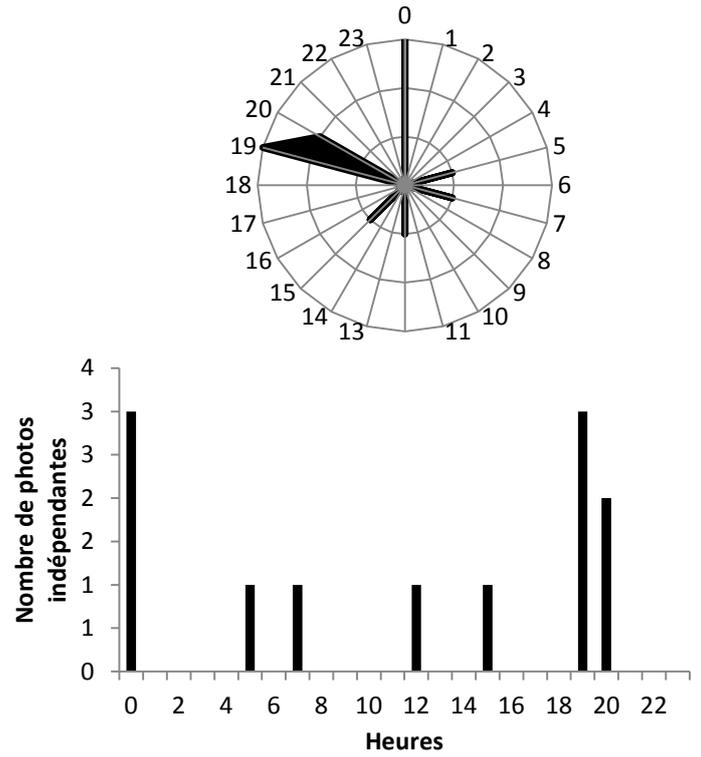


Figure 10: Heures d'activités de la panthère

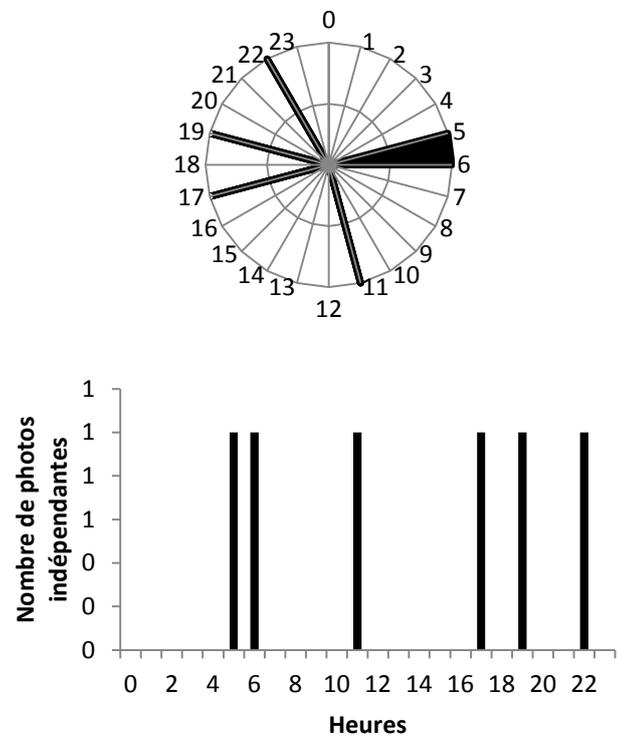


Figure 11: Heures d'activités du Lion

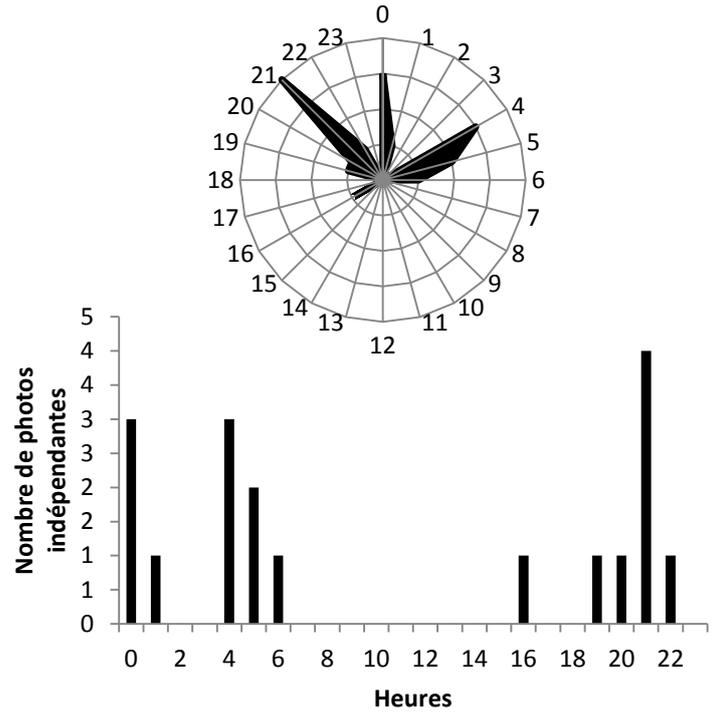


Figure 12: Heures d'activités du Buffle

4.6. Suivi non systématique

L'analyse de ces résultats montre que les espèces prioritaires observées augmentent au fil des années. Ceci confirme la thèse de la remontée biologique constatée et confirmée de façon unanime par les agents du Parc National du Niokolo Koba. Parmi les espèces prioritaires observées en 2017, l'hippopotame vient en première position avec 637 individus suivis du chimpanzé, du buffle avec (respectivement 253 et 207 individus). Par contre, la panthère, elle, est faiblement représentée à cause de ses mœurs nocturnes et semi nocturne et son système de camouflage efficace pendant le jour.

Tableau 10 : Autres contacts directs des espèces prioritaires rapportées par les agents, guides et touristes

ESPECES	Nombre de Contacts	Effectif
Bubale	28	125
Buffle	22	207
Chimpanzé	59	253
Eland de derby	4	151
Hippopotame	102	637
Lion	26	81
Lycaon	3	36
Panthère	1	2
Total général	245	1492

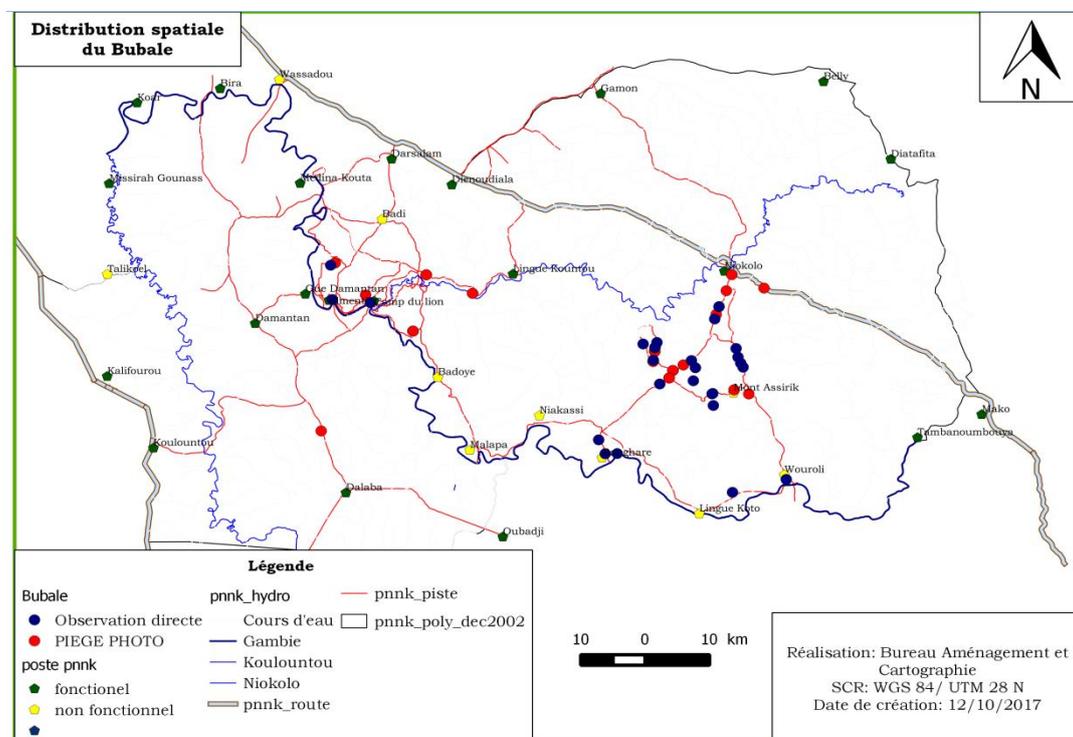


Figure 13 : Distribution spatiale du Bubale

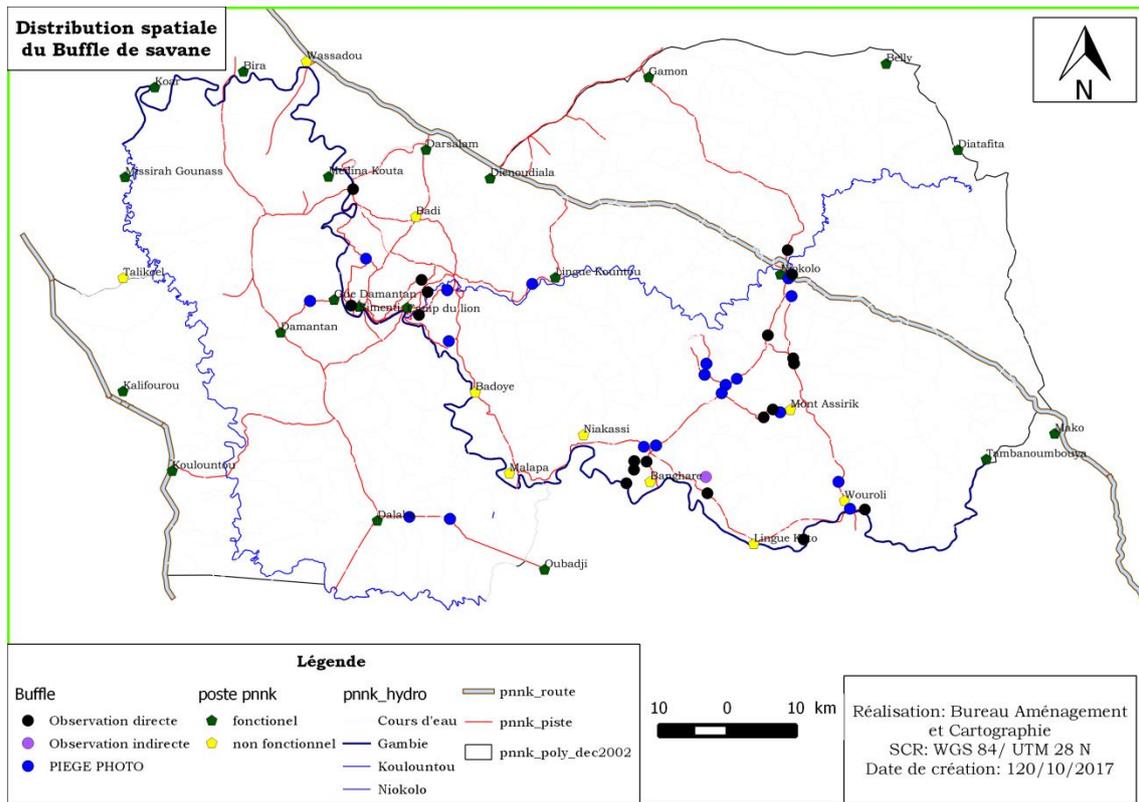


Figure 14: Distribution spatiale du buffle de savane

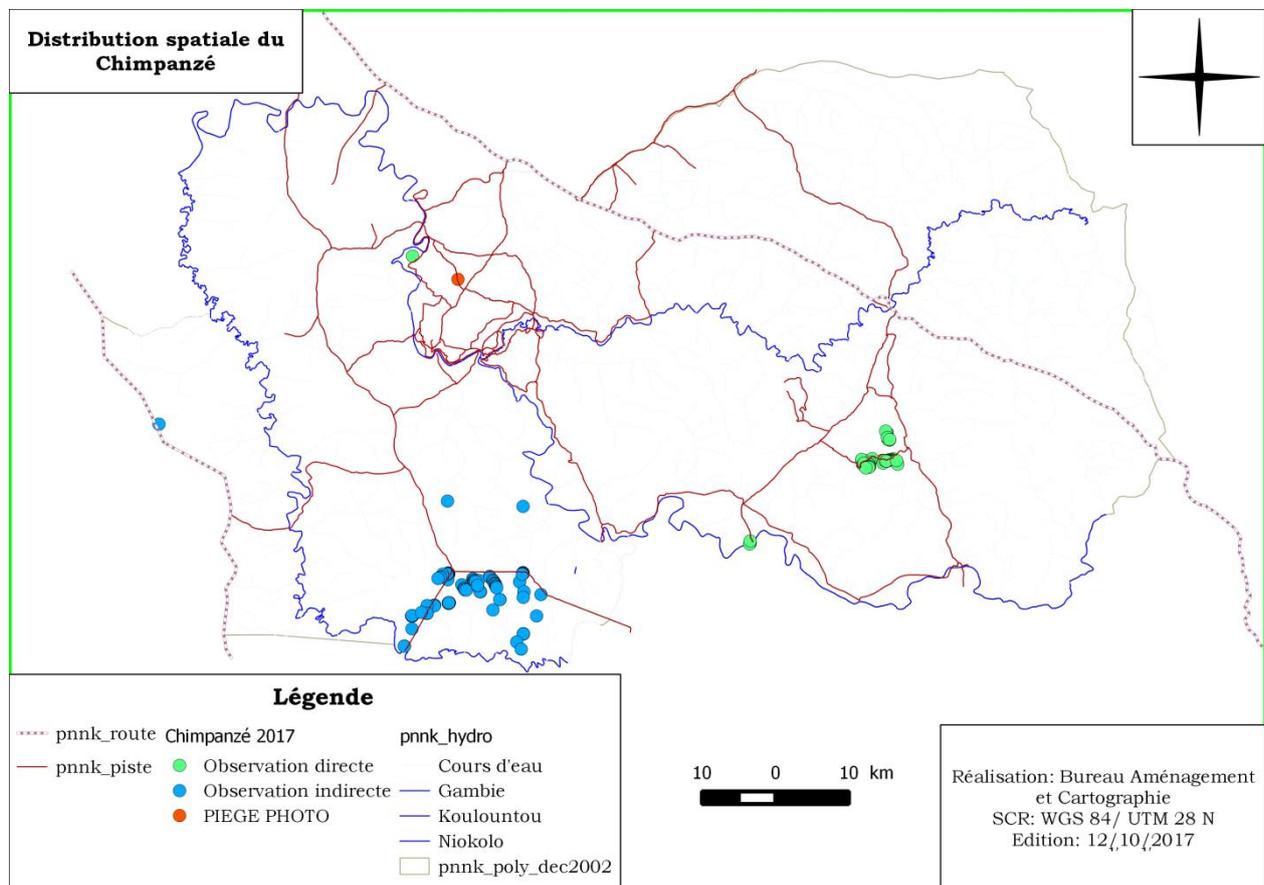


Figure 15: Distribution spatiale du Chimpanzé

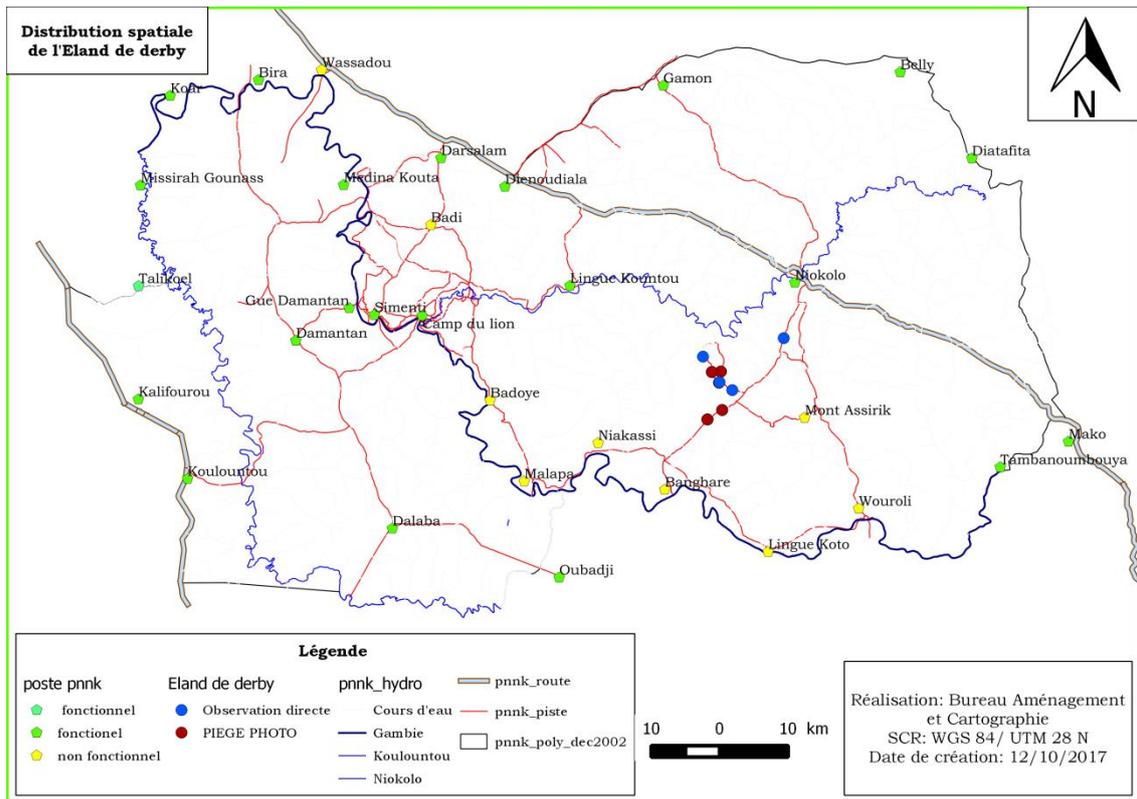


Figure 16: Distribution spatiale de l'Eland de derby

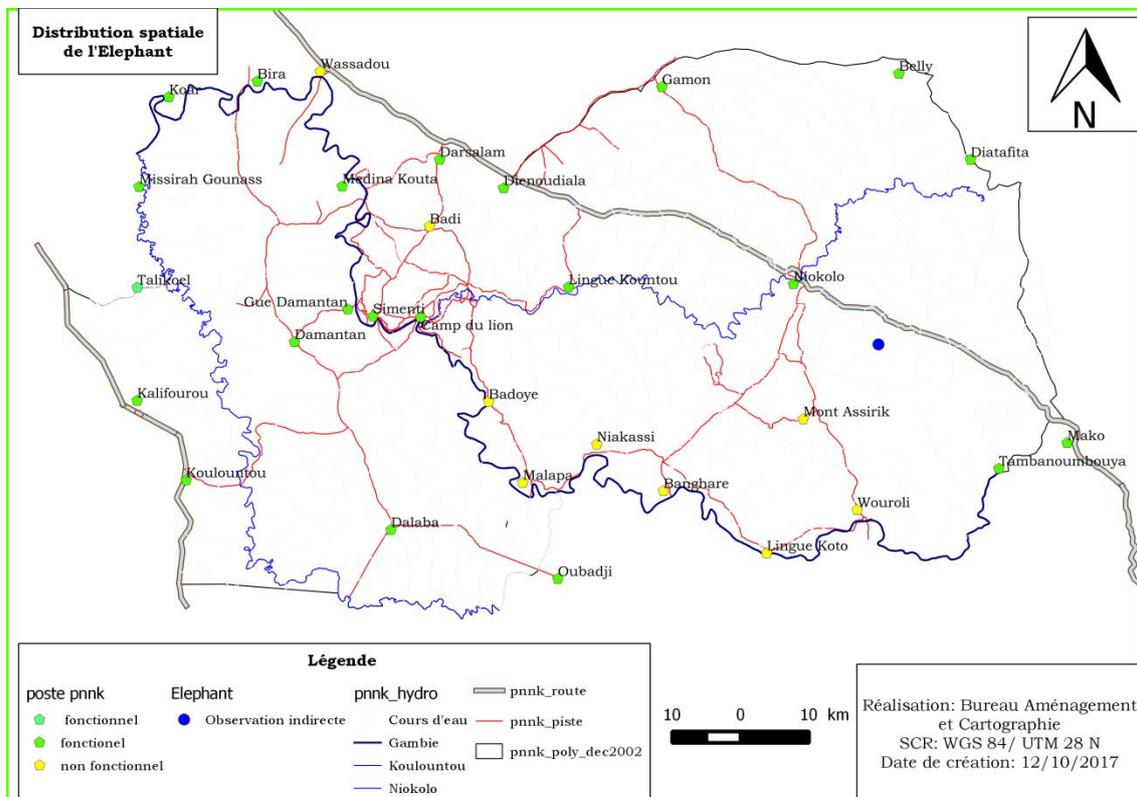


Figure 17: Distribution Spatiale de l'Eléphant

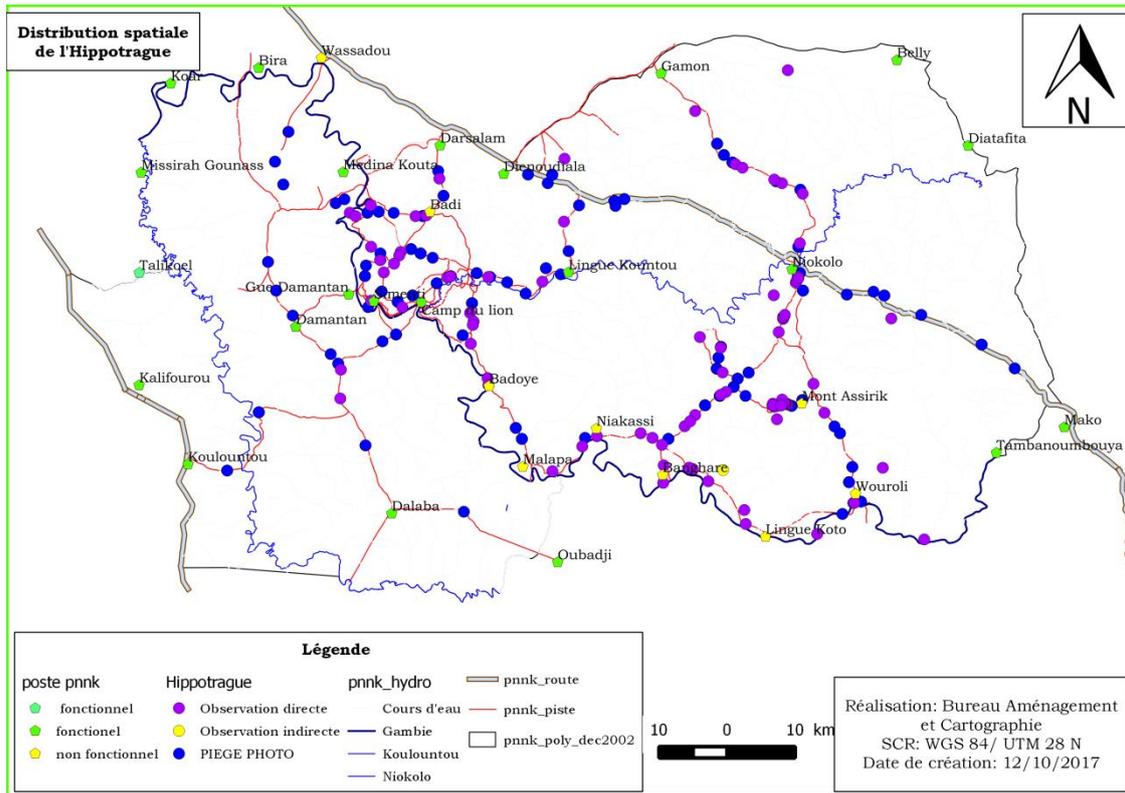


Figure 18: Distribution Spatiale de l'Hippotrague

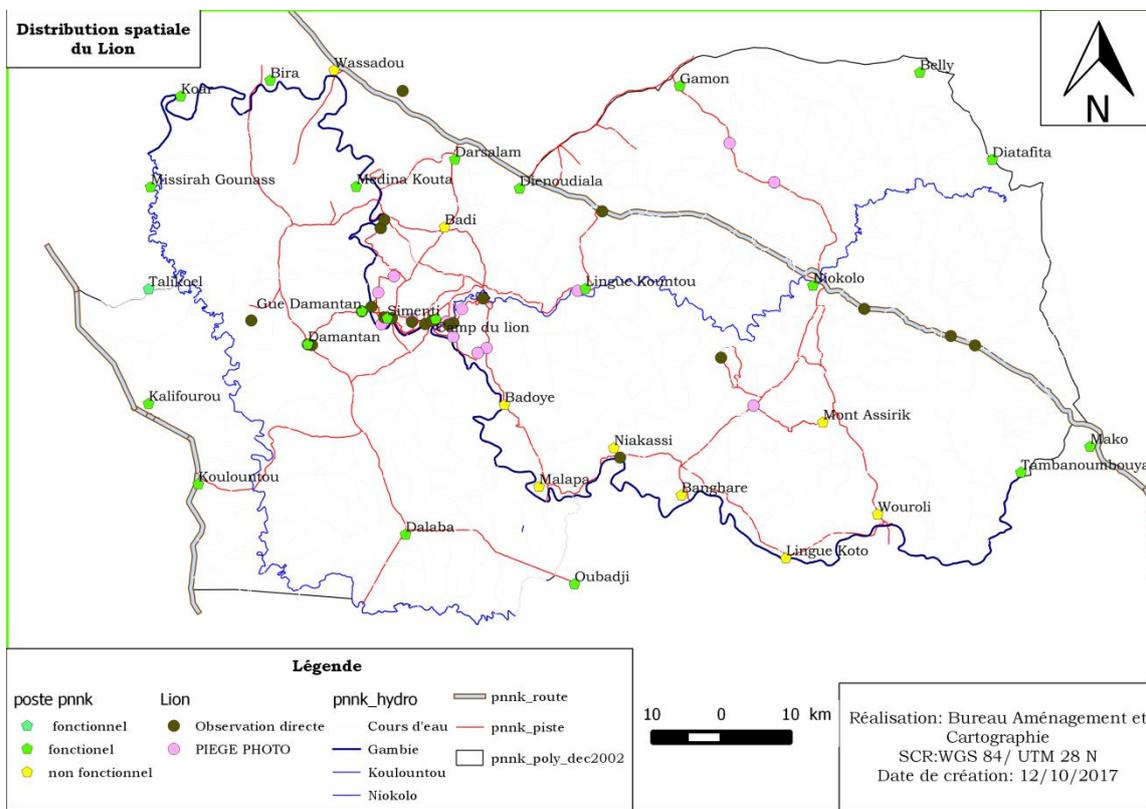


Figure 19: Distribution spatiale du Lion

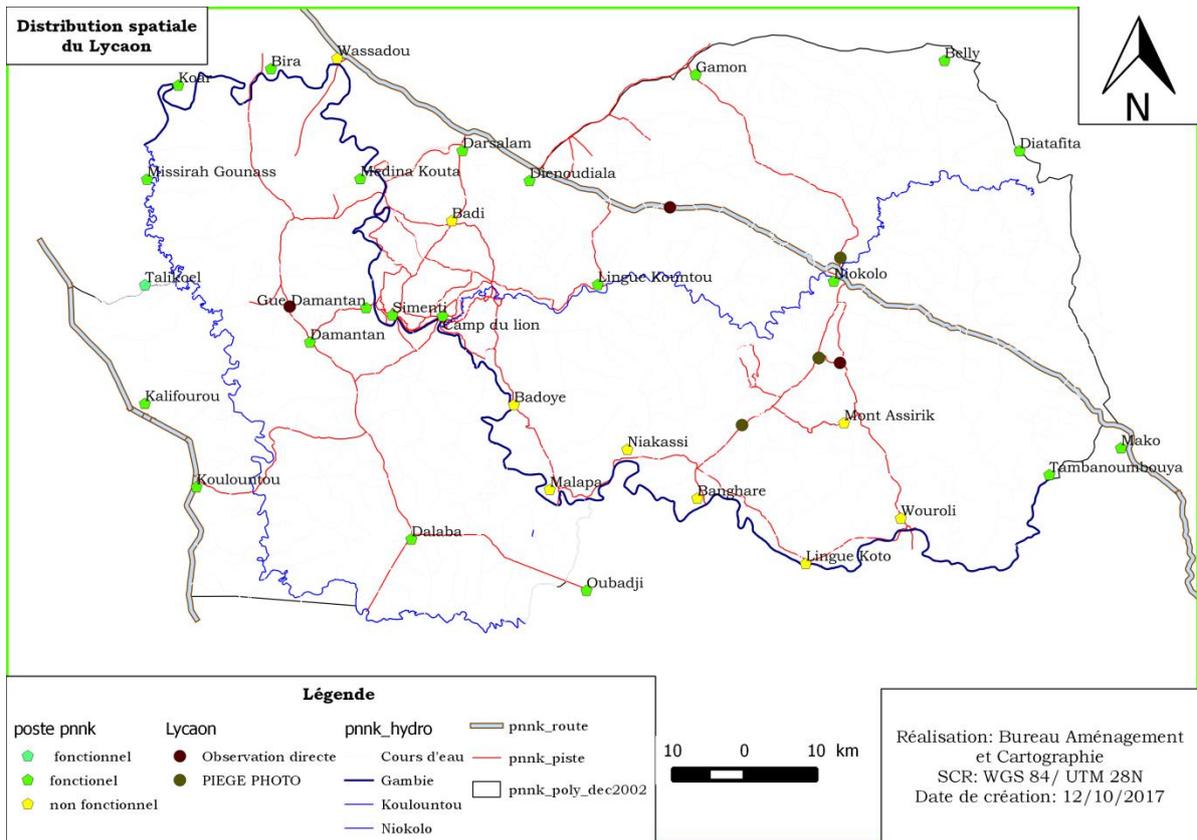


Figure 20: Distribution spatiale du Lycaon

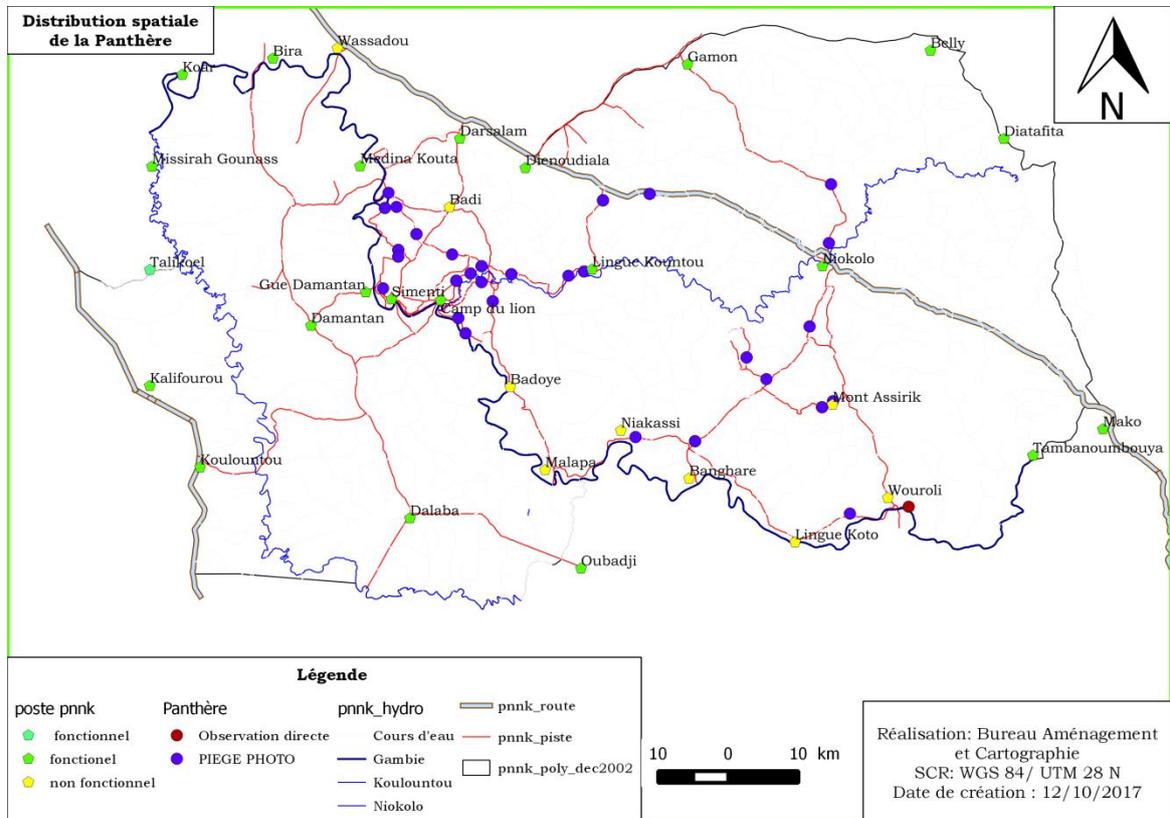


Figure 21: Distribution spatiale de la panthère

4.7. Suivi des paramètres climatologiques

4.7.1. Données pluviométriques

Le Parc National de Niokolo Koba a reçu une importante quantité d'eau durant la saison des pluies de cette année. **La figure 22** montre que les précipitations les plus importantes sont enregistrées au poste de Linguékountou avec un cumul de 2019 mm de pluies contre 1673 mm en 2016. Il est suivi respectivement par les postes de Dalaba (1193mm) contre 1080mm pour l'année dernière ; de Damantan (1170mm) contre 1015 en 2016 et de Simenti (1063mm) contre 1006mm.

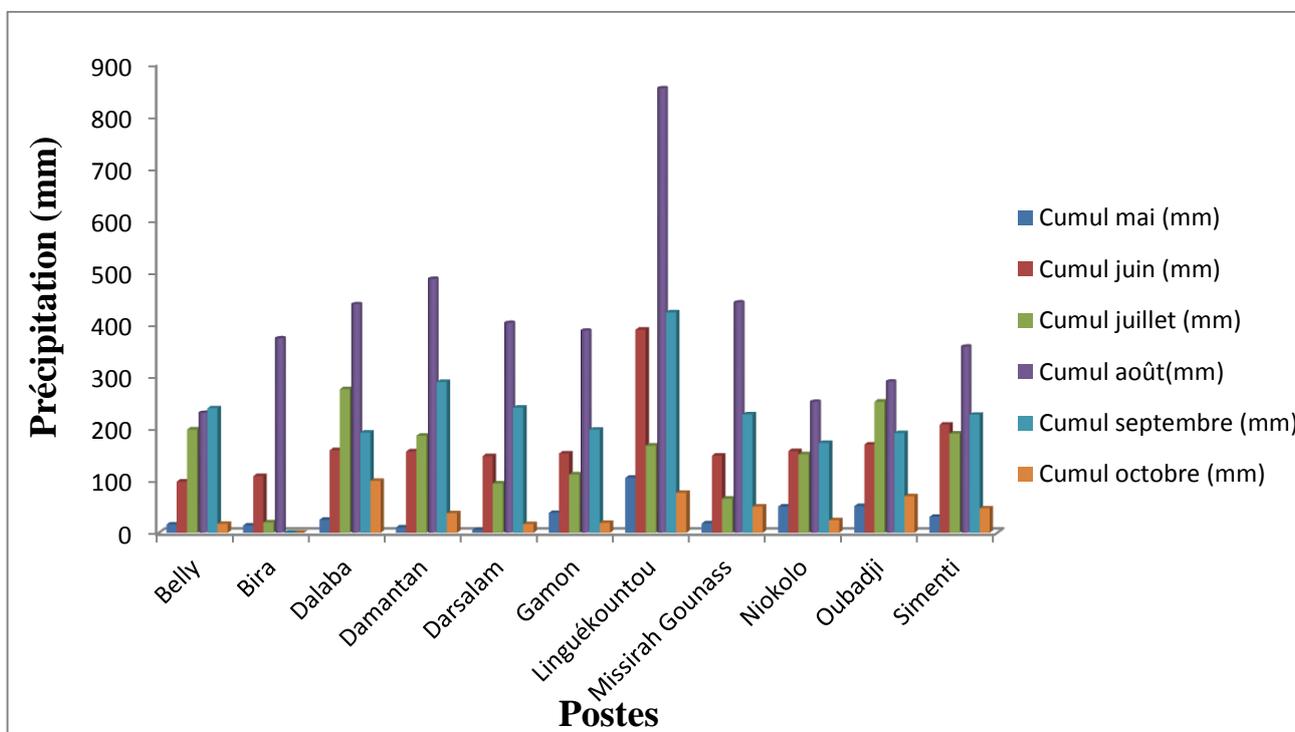


Figure 22 : Données pluviométriques des postes de garde

4.7.2. Données de l'humidité relative et de la température

Le Parc National de Niokolo Koba à l'image de la région de Tambacounda est relativement chaud avec une température moyenne avoisinant les 40°C entre février et mai et l'humidité relative de l'air moyenne qui varie entre 19 et 25 HR% (figures 23 à 25).

Par contre de juin à décembre, nous constatons que la température moyenne de ces différentes stations est plus ou moins égale à 30°C avec une humidité relative moyenne variant entre 70 et 86 HR%. Cette légère baisse de température peut être expliquée par une importante quantité d'eau de pluie qui arrose la VUE pendant l'hivernage.

L'analyse de ses données nous ont permis de constater que sur l'ensemble des six (06) stations, le mois d'août correspond à la fois à la période la moins chaude et la plus humide. Par contre les mois d'avril et mai ont enregistré les températures les plus élevées sur l'ensemble des six (06) stations mais aussi les moins humides.

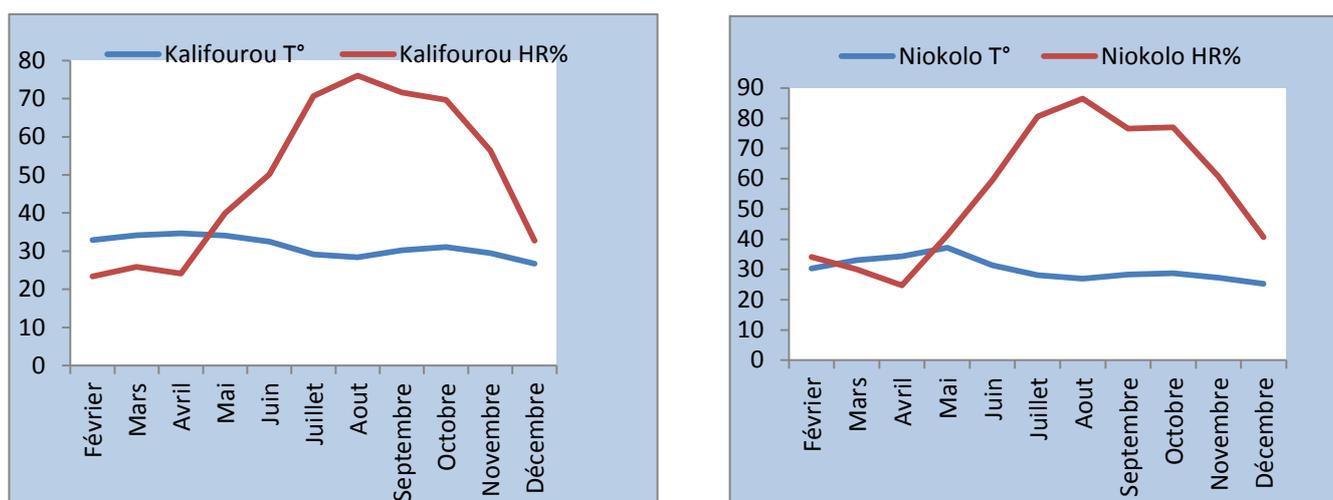


Figure 23 : Relevés hygrométrique et Température de Kalifourou et Niokolo

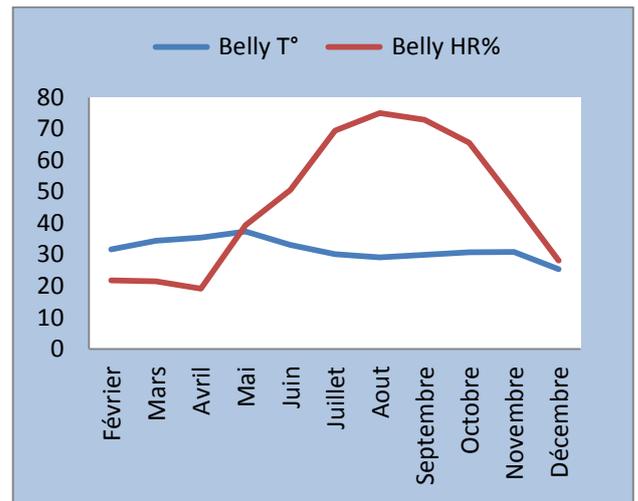
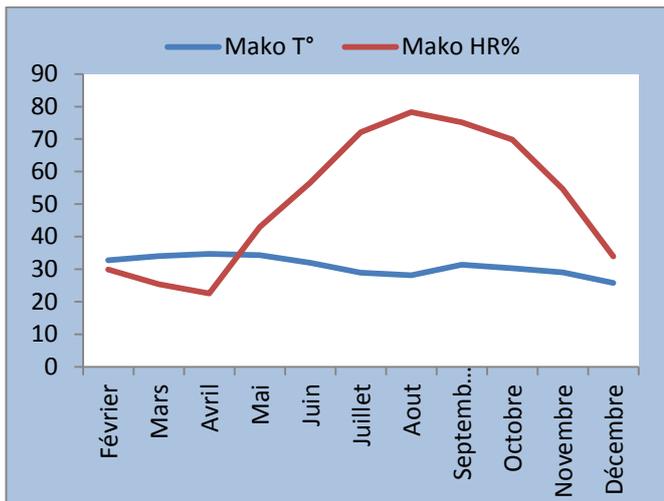


Figure 24 : Relevés hygrométrique et Température de Mako et Belly

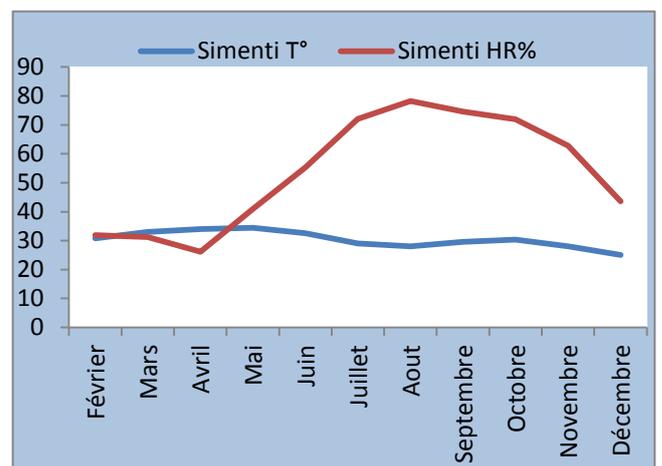
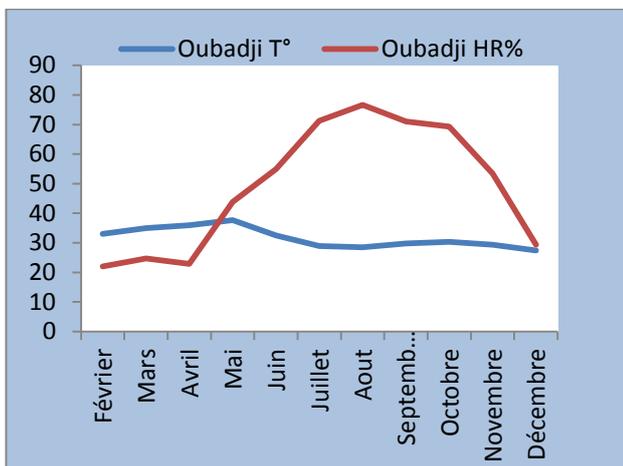


Figure 25: Relevés hygrométrique et Température d'Oubadji et Simenti

4.7.3. Suivi des mares

4.7.3.1. Degré de couverture du *Mimosa pigra*

Le suivi effectué au niveau des mares en 2017, nous a permis de constater que la couverture par le *Mimosa pigra* est relativement faible dans certaines mares comme Simenti, Kountadala, Dalafourounté, Nianaka, Sitanding et Woeni (**figure 26**).

Par ailleurs, les mares comme Faldou, Néma, Sitanding et Mansadala sont totalement dépourvues de *Mimosa pigra*.

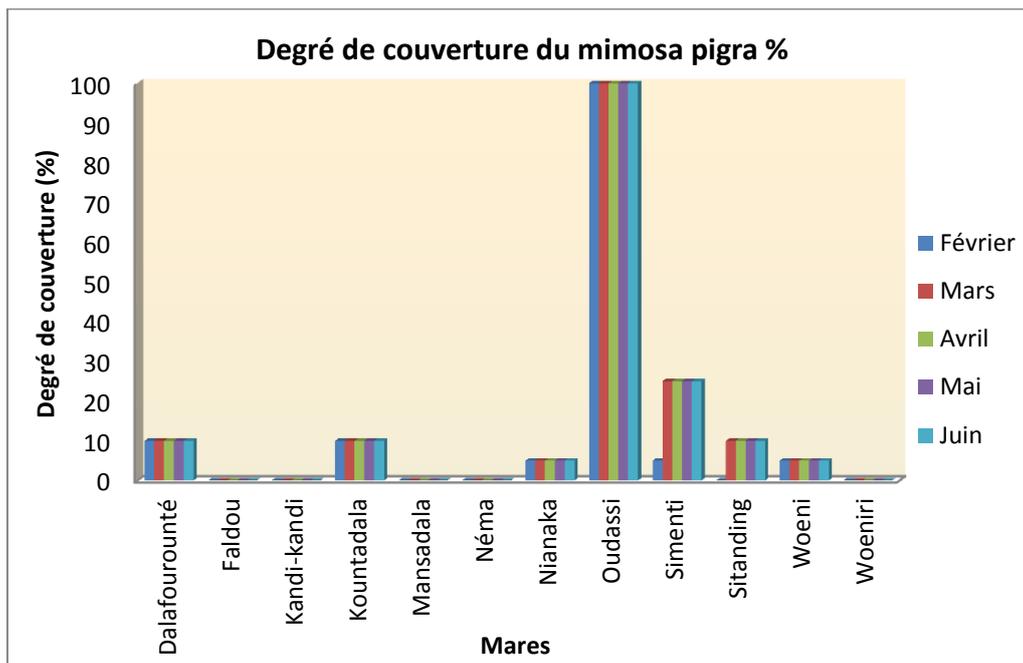


Figure 26: Degré de couverture des mares du *Mimosa pigra*

4.7.3.2. Degré de couverture de l'eau

La plupart des mares qui font l'objet de suivi garde l'eau durant toute la saison sèche. Parmi ces cuvettes, nous pouvons citer Simenti, Sitanding, Néma, Kountadala, Mansadala, Faldou et Woeni comme l'illustre la figure 27.

Cependant nous notons un tarissement prématuré des mares de Dalafourounté, Nianaka et Oudassi dû à l'ensablement pour certaines et à la colonisation du *Mimosa pigra* pour d'autres.

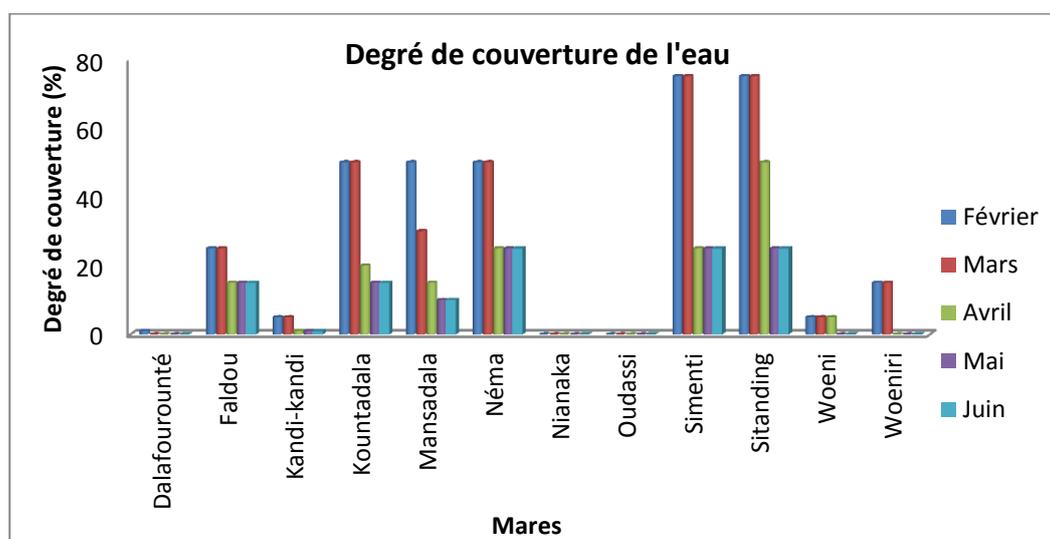


Figure 27 : Degré de couverture des mares en eau

CONCLUSION

En somme, les opérations de suivi-écologique se sont très bien déroulées. La plupart des types de suivis ont été étalés sur cinq mois, de février à juin. Ceci pourrait s'expliquer d'une part à l'impraticabilité des pistes souvent inondées et d'autres parts à leur fermeture par la végétation juste après l'hivernage.

Pour ce qui concerne le décompte en véhicule, il a été beaucoup plus intéressant cette année. Ainsi, les espèces observées en 2017 (26 espèces) ont augmenté par rapport à l'année dernière (20 espèces). Parmi les espèces prioritaires, outre le lion, l'éland de derby, l'hippopotame, le buffle et le bubale observés en 2016, nous avons pu observer aussi le Lycaon. L'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) des espèces à l'image de celui de 2016 est plus élevé sur le circuit 2, suivi du circuit 1. De plus, la richesse spécifique est plus importante sur le circuit 2.

Quant au décompte en points fixes, le nombre d'espèces observé en 2017 (16) est supérieur à celui de 2016 (14) alors que le nombre d'individus de 2016 est lui supérieur à celui de 2017. Les mares de Simenti et de Woéni concentrent les plus importantes observations de grande et moyenne faune.

Comme l'année dernière, quatre (04) espèces prioritaires (lion, buffle, bubale, hippopotame) ont été observées durant ce décompte.

Contrairement à l'année dernière, les observations de faune ont été beaucoup plus satisfaisantes. Néanmoins, Il est nécessaire de lutter d'avantage contre la prolifération des *Mimosas pigra* ainsi que l'assèchement prématuré des mares afin de pouvoir observer le maximum de faune et d'avifaune possible.

Par ailleurs, le suivi avec les pièges photographiques a donné des résultats très satisfaisants car comparé à l'année dernière, le nombre d'évènements photographique de toutes les espèces prioritaires a considérablement augmenté cette année. Ainsi, force est de constater que les tendances de la remontée biologique particulièrement, les espèces emblématiques est une réalité.

Annexes

Tableau 11: Comparaison du nombre d'événements fauniques indépendants par secteur entre 2016 et 2017

Secteur	Année 2016	Année 2017
Assirick	191	1612
Badi	557	382
Banghar	262	288
Camp du lion	496	1015
Dalaba	194	261
Damantan	206	408
Darsalam	102	328
Koulountou	260	170
Linguékountou	283	160
Niokolo	186	674
Simenti	474	572
Wouroli	146	480
Gamon	0	571
Dienoudiala	0	304
Mako	0	214
Total	3357	7439

Tableau 12: contacts directs de toutes les espèces rapportées par les agents, guides et touristes

Espèces	Nombre de contacts	Effectif
Babouin de guinée	119	3370
Bubale	28	125
Buffle	21	172
Caracal	1	1
Céphalophe à flancs rous	118	144
Céphalophe de grimm	56	116
Chacal à flancs rayés	13	19
Chat sauvage	2	2
Chimpanzé	59	253
Cob de buffon	57	207
Cob defassa	37	127
Colobe bai	1	4
Ecureuil arboricole	56	58
Ecureuil fouisseur	127	154
Eland de derby	4	151
Eléphant	1	3
Galago	1	7
Génette tigrine	2	2
Guib harnaché	208	368
Hippopotame	3	16
Hippotrague	103	638
Hyène tachetée	5	9
Lièvre du Cap	1	1
Lion	25	75
Lycaon	3	36
Mangouste à queue blanche	1	1
Mangouste Ichneumon	4	23
Mangue rayée	15	265
Ourébi	92	203
Panthère	1	2
Patas rous	34	263
Phacochère	149	504
Porc-épic	2	2
Potamochère	2	5
Singe vert	76	343
Tortue terrestre	1	1
varan du nil	3	3
Total général	1431	7673



Invasive Plants of West Africa: Concepts, Overviews and Sustainable Management

Noba K^{1*}, Bassene C^{1,2}, Ngom A¹, Gueye M¹, Camara AA¹, Kane M¹, Ndoye F^{1,3}, Dieng B¹, Rmballo R¹, Ba N¹, Bodian M Y¹, Sane S¹, Diop D^{1,4}, Gueye M^{1,5}, Konta I S^{1,6}, Kane A^{1,3}, Mbaye MS¹, and Ba AT¹

¹Laboratory of Botany and Biodiversity, Plant Biology Department, Faculty of Sciences and Technics, University Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, PB 5005, Senegal

²Section of Plant Production and Agriculture, Faculty of Science and Agriculture, Aquaculture and Food Technology, University Gaston Berger of Saint Louis, PB 234 Saint Louis, Senegal

³Common Microbiology Laboratory, Institute of Research for Development, Hann Bel Air Dakar, Senegal

⁴Laboratory of Botany, Fundamental Institute of Black Africa (IFAN), PB 5005 Dakar-Fann, Senegal

⁵Direction of National Parks of Senegal, PB 5135, Dakar-Fann, Senegal

⁶National Agency of Insertion and Agricultural Development (NAIAD), Ministry of Agriculture, Dakar, Senegal

Abstract

Invasive species are considered as one of the most environmental challenges of the 21st century. They constitute the second cause of biodiversity loss and lead to high economic disruption and public health. Despite significant, financial and human investments made by countries and world conservation of biodiversity agencies, there are not strategies that lead to appropriate measures for sustainable management and control. The objective of this study is to assess the state of knowledge on invasive plants in West Africa and to promote knowledge and exchange information. It contributes also to establish in Western African region, a coordinated early warning system through a network of intervention. The paper discusses concepts and bio-ecology of invasive plants, gives precise indications on their diversity and distribution. To achieve the objectives, a literature review was carried out to collect data on invasive species from Western African countries. Therefore, different information sources included floras, database and collection were consulted.

The results show that in West Africa, the information collected on invasive plants indicate that 113 invasive species are reported, distributed in 94 genera and 43 families. The most represented families are Poaceae (17 species) and Leguminosae (16 species). They are followed by Cyperaceae (9 species) and Asteraceae (6 species). Euphorbiaceae, Solanaceae and Nymphaeaceae have 4 species each one. The most common invasive species in West African countries are present in, at least, eight countries. They are: *Chromolaena odorata*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Typha domingensis* and *Pistia stratiotes*. Depending on data availability, the presence and importance of invasive plants vary from one country to another. It must be noticed that there are few data related to Cape Verde, Guinea Bissau and Nigeria.

Recommendations were formulated to improve knowledge and sustainable management of invasive plants in West Africa. The expected results of this work should improve the understanding of issues related to invasive species at national and regional levels.

Keywords: Invasive plants; Diversity; Distribution; Sustainable management; West Africa

Introduction

Invasive species are recognized as one of the main causes of erosion of global biodiversity [1]. They represent one of the major environmental challenges of the 21st century and the second cause of biodiversity loss, just after habitat destruction [2]. The importance and scope of the problem made are increasingly studied worldwide. This has led to the convention on Biological Diversity to include the issue of invasive plants among its main sectorial themes with a strong objective of prevention and management of their introduction as well as their propagation.

Many countries have studied the problem and found no ideal solution. Indeed, when invasive species are already well established in the environment, the control becomes nearly impossible and requires considerable financial and human investments. Moreover, the most effective strategies currently proposed are to set management priorities on ordering the danger of exotic species present in the area, and on assessing the impact of risks on ecosystems [3]. Thus, there are several actions, plans, strategies or methods of management and control for decreasing the major impact of this phenomenon which is relatively new for some authors and just a natural phenomenon for others in the geological time scale.

In fact, man directly interferes with this process by introducing intentionally or not allochthonous [4] or by changing habitats, thereby promoting invasive events. But the problem of invasive plants is not only environmental. It also has unsuspected social and economic

backgrounds because many invasive plants are sold in trade for decorative purposes.

Beyond the loss of biodiversity, the installation of these species induces strong economic dislocation in practice or local activities as well as problems related to public health for some of them. Faced with these major problems that invasive species set around the world and especially in West African countries, an awareness of this phenomenon has started in all countries and international organizations of biodiversity conservation. It is important today to wonder about the nature of the problem and its understanding to envisage the most appropriate measures for control and management.

The objective of this work is to assess the state of knowledge on invasive plants in West Africa. It aims to promote knowledge and to exchange information to establish early and coordinated warnings through a network of intervention in West African region.

***Corresponding author:** Noba K, Laboratory of Botany and Biodiversity, Plant Biology Department, Faculty of Sciences and Technics, University Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, PB 5005, Senegal, Tel: +221 77 635 91 63; Fax: +221 33 824 63 18; E-mail: kandioura.noba@ucad.edu.sn

Received February 02, 2017; **Accepted** February 06, 2017; **Published** February 08, 2017

Citation: Noba K, Bassene C, Ngom A, Gueye M, Camara AA, et al. (2017) Invasive Plants of West Africa: Concepts, Overviews and Sustainable Management. Adv Recycling Waste Manag 2: 121. DOI: [10.4172/2475-7675.1000121](https://doi.org/10.4172/2475-7675.1000121)

Copyright: © 2017 Noba K, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

It discusses; concepts of invasive plants biology, bio-ecology, the mode of introduction and the strategies and means of control and current situation in West Africa and at least, formulates suggestions and recommendations.

Materials and Methods

Information comes mainly from references

- 1.1. Floras [5-8],
- 1.2. Scientific articles and reports,
- 1.3. Herbaria: Herbarium IFAN and Herbarium DAKAR and
- 1.4. GBIF databases.

This work is to gather information on invasive species in different West African countries. Lists have been established specifying the scientific names of species, their ecology and the countries where they are registered as invasive plants. A distribution map of all species was developed.

Results and Discussion

Definitions and concepts on biological invasions

The definitions related to biological invasions are numerous and listed in many references. The great variability of expressions that result is partly due to the different actors involved and the multitude of perceptions [9]. However, some definitions are accepted as a consensus at the international level, such as those proposed by [10]. Two essential criteria are considered: origins and impacts of species [11].

Invasive species: An invasive species is an exotic (or alien) species whose introduction, deliberate or accidental by man, establishment and dissemination threaten ecosystems, habitats with negative consequences on ecosystem services and/or socio-economic and/or health (Figure 1) [12-15].

Strictly speaking, it would be more convenient to talk about invasive exotic populations and not of invasive exotic species. In this sense, "species" gathers all populations, those of the original area as well as those of the area of introduction [16]. Therefore, the definition could include the term "population" to replace the term "species". Moreover, all populations introduced with the same species are not likely to become invasive.

Native or indigenous species: A species is called native of a geographical entity for a period when it is represented with this entity

by populations considered as perennial in the beginning of this period. This species grows and lives naturally in the area without having been imported by man and his activities. It can also be characterized by having a distribution area that does not apparently depend on dispersion by man.

Allochthonous, exotic or exogenous species: A non-native species is one which, absent in a biogeographic entity has subsequently colonized this one by creating sustainable populations there. In other words, this species lives in an entity outside its natural range.

Introduced species: A species is called introduced when a non-native species is unintentionally or accidentally presents in a territory or part of territory where it was previously absent.

Naturalized species: A naturalized species is an introduced species into a host territory where the ecological conditions are favorable for its sustainable establishment. It multiplies regularly in its new geographical zone and remains in the long term.

As far as plants are concerned, [17] propose a definition close enough stating that these species can be maintained with or without direct intervention of man into natural, semi-natural or anthropogenic ecosystems. It is important to make this distinction. Beyond the underlying regulatory issues that arise during the implementation of management interventions, there are many interactions between native species. These interactions result from a long co-evolution process and these communities can be disrupted by the emergence of new species [18-20].

Ultimately, it can be assumed that a species is considered as invasive when allochthonous, its introduction into an ecosystem leads to its uncontrolled development and causes negative effects for the economy and/or the environment. However, native species can also become invasive.

Biology and ecology of invasive plants and the invasion process

There is no typical profile of the invasive plant. These invasive species or "invasive" may be herbs, vines, shrubs, trees and aquatic plants from different botanical families (including grasses, legumes, Compositae, Bignoniaceae, etc.), annual or perennial plants.

However, the ability of species to colonize an environment depends on complex relationships between the intrinsic capabilities of species, physicochemical environment and human activities (food, medicinal, ornamental etc.). The intrinsic capabilities of species are the ability to colonize the environment, to remain and to spread, the ability to grow and their covering power, the efficiency of photosynthesis and the importance of growth (large biomass) and to reproduce rapidly (generally vegetative), effective competition, production of allelopathic substance and the species' survival ability in adverse conditions.

Impacts and strategies for controlling

Impacts or nuisances: The deliberate introduction of new species is sometimes justified by what people can get from them (food value, ornamental, agricultural, hunting). Nevertheless, when these species become invasive, the nature and extent of the expected gains no longer outweigh the disadvantages resulting from their proliferation. All exotic species do not cause so important and considered consequences, such as significant changes in state/operating in ecosystems in which they settle. But apart from this, it is the source of very significant direct or indirect impacts observed at different levels. The impacts of invasive alien species can be grouped into four categories [21].

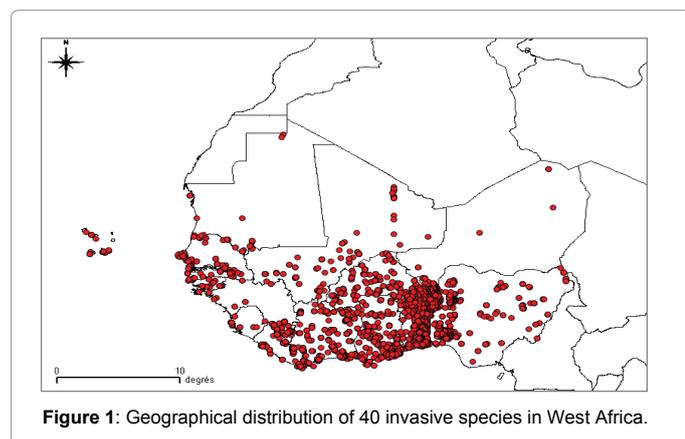


Figure 1: Geographical distribution of 40 invasive species in West Africa.

Impacts on biodiversity: Invasive Alien Species (IAS) are currently considered as the second leading cause of extinctions of documented species and the third threat coming for species at risk of extinction [22]. Invasive alien species can impact on the biodiversity at genetic, species and ecosystemic scales, but also on the community level, inducing effects on their structure and composition [23] by hybridization between an introduced species and native species *via* gene transfer, predation, competition, transmission of pathogens and parasites.

Impacts on the ecological functioning of ecosystems: It is a modification of the food chain, changes runoff and sedimentation, overdrive evaporation of surface water.

Impacts on human health and security: as disease vectors, or may cause skin burns.

Socio-economic impacts: Among these impacts we can quote: loss of production for some industries (down fisheries or aquaculture production) because of "aquatic weeds", loss due to the costs of prevention and fight against these invasive plants, a reduction in the availability and accessibility of water for industries, block vents pipes or vents exhaust or intake, a physical nuisance for fishing, an obstacle to navigation, a penetration in flooded rice fields.

Furthermore, it is important to emphasize that the immediate impact is to put into perspective the impact coming with the requirement of a medium to long-term management, which can be also called "deferred impacts".

Invasive plants often form dense canopies (herbaceous cover, cover creepers, thickets and forests known single species is to say composed of a single species) that smother native vegetation and remove native and endemic plants. They also affect the functioning of the ecosystem by promoting soil erosion, causing impoverishment and drying, increasing the risk of fires, decreasing the light that reaches the ground. Some species are harmful for crops, pasture, forest and fruit plantations and have a significant socioeconomic impact (referred as "pests" or "plant pests").

There are other species present only in our gardens and are known to be extremely invasive plants in other tropical islands or regions. These are potentially invasive plants, kinds of "time bombs" that should be eliminated quickly before they can expand. These plants called spontaneous should be paid a special attention.

Fight against invasive plants: To fight against an invasive species, it's important to know the biology, ecology and habitat and to set achievable goals on a small scale. In some cases, biological control is possible.

The fight against invasive species is most effective when it occurs early in the invasion. As long as a proliferation is limited, it is possible to envisage eradication. Eradication means the total elimination of the species in a given area. If an invasion has gained ground, the eradication would not be possible. Only the control of the species might be therefore considered. There are various ways of controlling invasive plants. The choice of methods to be used is to be determined in a diagnosis considering the history of the invasion, population flows, ecological, heritage interest, the use of the invaded area and management objectives. Thus, three main types of control are available: manual and mechanical control, chemical and biological control, or in some preferred situations, combinations of two or more of these techniques called "integrated control".

Manual and mechanical control: This type of control is concerned with terrestrial and aquatic species. It is based on pulling, mowing

and harvesting, stripping or wood cuts. The costs of this method are often very high but their effectiveness is total (removal of the species), provided that the transaction affects small populations at an early stage of invasion. If the invasion is too large, the goal is restricted to temporary limitation of nuisance caused by blooms. Fire can also be used separately or as a supplement to mechanical removal by tools and machines [24,25].

Chemical control: The use of herbicides for terrestrial and aquatic species, like mechanical control, has partial and temporary results. This technique is rather used with combination of other methods. Moreover, the impacts on biodiversity and the environment (soil residues and water) are not negligible. Plant hormones that can disrupt the growth, flowering and seed production are also used especially where herbicide use is prohibited. Local applications using manual sprays or mechanical sprayers can cover large areas with herbicide, while very large areas can be covered by aerial spraying with the small plane spraying crops provided the non-target plant species and waterways are avoided.

Biological control: Biological control (biocontrol) is by far the form of management of the invasion more sustainable and more profitable because, once established, it usually maintains its own population of biocontrol agents. Biocontrol principle is that invasive plants are often exotic and have been introduced into new areas and new ecosystems without their "natural enemies": herbivorous insects, plant parasites (fungi, bacteria, etc.), plant diseases, competing plants. It is then to control their populations in their home environment. Native enemies are selected in the original habitat of invasive plants and released into/on invasive plants to control the invasion of the plants characteristics. This removes the characteristics that allow the invasive alien plant to compete with native species and dominate them. This technique has proven itself in America and Africa, where it is considered the most effective.

Integrated control: The integrated control is used when one or the other technique does not reach some parts of invasion or when the methods are not effective everywhere or cannot physically reach all overgrown surfaces. All methods and invasive plant management or control programs must be followed to see their effectiveness and make the decision when they are effective, or continue to reduce efforts.

Ecological control: Natural or human disturbance of ecosystems favor the development of many invasive species. Stopping these disturbances and restoring the communities may be possible with relevant methods.

Current situation in West Africa

Distribution of invasive species in West Africa: Based on documents from the research work carried out in different countries of West Africa, information on invasive plants are collected. The compilation of these data leads to the establishment of a list of invasive plants from West Africa (Table 1). In the list are given: scientific names of invasive plants, their ecology, and the country in which they are registered as invasive species [1,26,27]. This list reflects the state of knowledge at a given time for each country. It appears from the analysis of the results of this Table 1 that a total of 113 invasive species have been identified in West Africa.

Importance of invasive species from one Western African country to another: There is little information on invasive plants in some countries such as Cape Verde, Guinea Bissau and Nigeria.

The exploitation of this table allowed us to obtain other information contained in Tables 2-4.

Families	Scientific name	Ecology or status	COUNTRIES														TOTAL		
			Benin	Burkina Faso	Cameroon	Cape Verde	Ivory Coast	The Gambia	Ghana	Guinea	Guinea-Bissau	Liberia	Mali	Mauritania	Niger	Nigeria		Senegal	Sierra Leone
Alismataceae Vent.	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchen	aquatic									X								1
Amaranthaceae L.	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) K.	aquatic					X											X	2
	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	weed						X											1
Araceae Juss.	<i>Caladium bicolor</i> (Aiton) V.	terrestrial					X												1
	<i>Pistia stratiotes</i> L.	aquatic	X	X	X	X		X		X					X			X	8
	<i>Syngonium podophyllum</i> S.	decorative					X												1
Arecaceae C. H. Schultz.	<i>Nypa fruticans</i> Wurmb.	aquatic		X	X				X				X		X	X	X		7
Asclepiadaceae Medic. ex Borkh.	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br.	terrestrial												X					1
	<i>Pergularia tomentosa</i> L.	farm												X					1
Asteraceae Martinov.	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	weed						X											1
	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	weed						X											1
	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. King & H. Robinson	pasture	X		X	X	X	X	X	X	X			X			X	X	11
	<i>Eupatorium odorata</i> L.	weed						X											1
	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. G	decorative					X												1
	<i>Tridax procumbens</i> L.	weed						X											1
Azolaceae Wettst.	<i>Azolla africana</i> Desv.	aquatic														X			1
	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	aquatic	X						X	X	X		X			X			6
Bignoniaceae Juss.	<i>Tabebuia pallida</i> (Lindl.) Miers	decorative					X												1
Boraginaceae Juss.	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavon) Oken	terrestrial																X	1
Buddlejaceae K. Wilh.	<i>Buddleja davidii</i> Franchet	decorative			X														1
	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	weed		X															1
Caesalpiniaceae Dalw.	<i>Cassia occidentalis</i> L.	weed		X															1
	<i>Cassia siamea</i> Lam.	forest															X		1
Ceratophyllaceae Gray.	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	aquatic	X						X				X						3
Commelinaceae Mirbel.	<i>Commelina benghalensis</i> L.	weed						X											1
Convolvulaceae Juss.	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desv.) Roem. & Schult.	terrestrial	X																1
	<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	weed						X											1
Cyperaceae Juss.	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	semi-aquatic														X			1
	<i>Cyperus difformis</i> L.	weed						X											1
	<i>Cyperus distans</i> L.	weed						X											1
	<i>Cyperus papyrus</i> L.	terrestrial							X										1
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	weed						X										X	2
	<i>Cyperus tuberosus</i> Rottb.	weed						X											1
	<i>Mariscus alternifolius</i> Vahl	weed						X											1
	<i>Oxycaryum cubense</i> (Poep. & Kunth) Lye	aquatic		X											X				2
	<i>Pycnopus mundtii</i> Nees	aquatic		X			X												2
Dipterocarpaceae Blume.	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	decorative																	1
Euphorbiaceae Juss.	<i>Acalypha ciliata</i> Forsk	weed						X	X										2
	<i>Breynia disticha</i> J. R. & G. Forst.	terrestrial					X												1
	<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	terrestrial					X												1
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	weed					X	X											2
	<i>Hevea brasiliensis</i> (A. Juss.) Müll. Arg.	forest					X												1
Fabaceae Lindley	<i>Aeschynomene elaphroxylon</i> (Guill. & Perr.) Taub.	terrestrial														X			1
	<i>Calopogonium muconoides</i> Desv.	terrestrial															X		1
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	forest							X								X		2
	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	terrestrial							X										1
	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	terrestrial					X												1
Hydrocharitaceae Juss.	<i>Vallisneria</i> sp.	aquatic							X										1

Scrophulariaceae Juss.	<i>Rampficarpa fistulosa</i> (Hochst.) Benth.	weed	X																	1
	<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	weed	X				X	X			X				X	X				6
	<i>Striga gesnerioides</i> (Willd.) Vatke	weed						X			X									2
Solanaceae Juss.	<i>Browallia americana</i> L.	weed			X															1
	<i>Schwenckia americana</i> L.	weed			X															1
	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	weed					X													1
	<i>Solanum rugosum</i> Dunal	weed					X													1
Trapaceae Dumort.	<i>Trapa natans</i> L.	aquatic	X																	1
Turneraceae Kunth ex DC.	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	decorative				X														1
Typhaceae Juss.	<i>Typha domingensis</i> Pers.	aquatic	X				X	X		X	X	X			X	X				8
Ulvaceae Lam.	<i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulfen) J. Agardh	weed					X													1
Verbenaceae J. St. Hil.	<i>Clerodendrum chinense</i> (Osbeck) Mabb.	weed		X																1
	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	forest														X				1
	<i>Lantana camara</i> L.	terrestrial				X	X	X			X				X					5
	<i>Tectona grandis</i> L.f.	forest						X								X				2
TOTAL			7	18	10	-	27	33	30	6	-	5	10	4	6	-	22	17	10	

Table 1: List of intrusive plants in West Africa (Source: <http://issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/WAfrica-EN.pdf>).

Country	Number of invasive species
Gambia	33
Ghana	30
Ivory Coast	27
Senegal	22
Burkina Faso	18
Sierra Leone	17
Cameroon	10
Mali	10
Togo	10
Niger	9
Benin	7
Guinea	6
Liberia	5
Mauritania	4
Guinea Bissau	-
Nigeria	-
Cape Verde	-

Table 2: Importance of the intrusive species by country in West Africa.

The results presented in Table 2 shows that the importance of invasive plants in West Africa varies from one country to another. The number of identified plants is important for some countries and very low for others. It appears that Gambia and Ghana have more species with respectively 33 and 30 species recorded, followed by Ivory Coast (27 species), Senegal (22 species), Burkina Faso (18 species) and Sierra Leone (17 species). Countries such as Benin, Guinea, Liberia, Mauritania and Niger account the lowest number of species (4 to 7 species).

In those countries where the number of listed invasive species is high, it is likely that this is because many works were carried out there, published and/or shared in the databases. In some countries like Cape Verde, Guinea Bissau and Nigeria, information is not available. For other remaining countries, information is either unavailable or fragmentary.

Genera and species distribution in families: A total of 43 families are listed on the information collected on invasive plants from West Africa. These families are grouped into 94 genera and 113 species (Table 3).

These results show that Poaceae and Fabaceae are both families having the highest number of invasive species with, 17 and 16 species respectively. They are followed by Cyperaceae families with 9 species, Asteraceae with 6 species and Euphorbiaceae, Solanaceae and Nymphaeaceae each having 4 species.

It also appears that the genera distribution is the same to that of species in families. Most of the genera are monospecific. 16 genera are multi-specific, the most important of which are: *Cyperus* (5 species); *Mimosa* and *Sida* (3 species each). Certain genera such as *Striga* are only represented by invasive species.

Importance of the distribution of invasive plants in West Africa: The Table 4 shows the results of the most common invasive species in West Africa. The results show that three species are present in over 50% of the 17 countries. It is *Chromolaena odorata* with 58.8%, follows by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia molesta* each having 52.94%. These species are present in more than 8 countries. *Chromolaena odorata* can grow in various terrestrial ecosystems as fallow land, protected areas and pastures, while *Eichhornia crassipes* and *Salvinia molesta* are

Families	Number of Genera	Number of Species
Poaceae	15	17
Fabaceae (Caesalpinioideae, Faboideae, Mimosoideae)	12	16
Cyperaceae	6	9
Asteraceae	6	6
Euphorbiaceae	4	4
Nymphaeaceae	2	4
Solanaceae	3	4
Araceae	3	3
Malvaceae	1	3
Scrophulariaceae	2	3
Verbenaceae	3	3
Amaranthaceae	2	2
Asclepiadaceae	2	2
Azolaceae (Fougère)	1	2
Convolvulaceae	1	2
Lamiaceae	2	2
Lythraceae	2	2
Onagraceae	1	2
Potamogetonaceae	1	2
Salviniaceae (Fern)	1	2
Alismataceae	1	1
Arecaceae	1	1
Bignoniaceae	1	1
Boraginaceae	1	1
Calophyllaceae	1	1
Ceratophyllaceae	1	1
Commelinaceae	1	1
Dipterocarpaceae	1	1
Hydrocharitaceae	1	1
Lauraceae	2	1
Meliaceae	1	1
Moraceae	1	1
Najaceae	1	1
Orobanchaceae	1	1
Phyllanthaceae	1	1
Pinaceae	1	1
Polygonaceae	1	1
Pontedariaceae	1	1
Portulacaceae	1	1
Turneraceae	1	1
Typhaceae	1	1
Urticaceae	1	1
Ulvaceae (ALGAE)	1	1
43	94	113

Table 3: Distribution of genera and species by family.

strictly aquatic species. It also appears that among these species which present more than 25% or common to 5 countries or more, aquatic and wetland species are more represented. These plants include *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Typha domingensis*, *Azolla filiculoides*, *Mimosa pigra*, *Echinochloa colona* and *Lantana camara*. These observations could be explained by the fact that West Africa is crossed by a system of rivers (Senegal, The Gambia, Niger, Volta, Comoe) and the importance of its maritime coast stretching from Mauritania to Gulf of Guinea.

To these species can be added, the marine environment proliferation of macrophytes which are the main problems associated with eutrophication in the tropics, mainly in Africa, unlike in temperate areas where Cyanobacteria occupy a prominent place [28]. Also,

species of the genus *Sargassum*, *Enteromorpha* fail increasingly, die and accumulate in the form of "golden Tides" in Sierra Leone, Benin, Ghana and Ivory Coast.

Conclusions and Recommendations

At the end of the present work of bibliographic research, the following conclusions can be made. In general, there is little information on invasive plants in West Africa. When they exist, they are not always available. Information collected on invasive plants indicate that in West Africa:

6.1. 113 species of invasive plant are identified and divided into 94 genera and 43 families.

6.2. The most diverse families are Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae,

Species	Number of times reported	%
<i>Chromolaena odorata</i>	10	58.8
<i>Eichhornia crassipes</i>	9	52.9
<i>Salvinia molesta</i>	9	52.9
<i>Pistia stratiotes</i>	8	47
<i>Typha domingensis</i>	8	47
<i>Nypa fruticans</i>	6	35.3
<i>Azadirachta indica</i>	6	35.3
<i>Striga hermonthica</i>	6	35.3
<i>Azolla filiculoides</i>	5	29.41
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	29.5
<i>Mimosa pigra</i>	5	29.5
<i>Echinochloa colona</i>	5	29.5
<i>Lantana camara</i>	5	29.5

Table 4: Importance of the distribution of some invasive species in West Africa.

Asteraceae, Euphorbiaceae, Solanaceae and Nymphaeaceae.

6.3. The most common invasive species in the countries of West Africa are: *Chromolaena odorata*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes* and *Typha domingensis*.

6.4. West Africa is potentially invasive species in marine or aquatic or terrestrial freshwater which should be given special attention.

Therefore, some recommendations from a perspective to have common management and sustainable management of the problem of biological invasions in West Africa can be formulated:

6.5. Strengthen research to a better understanding of biological invasions and threats.

6.6. Strengthen the research system (inventory, taxonomy, biology, ecology, status, management).

6.7. Improve technics of identification and monitoring of exotic species and invasions by alien species.

6.8. Establish a pragmatic system and assess risk of invasion and potential impacts of alien species.

6.9. Share experience on available prevention and management techniques.

6.10. Develop sub-regional management strategies of invasions (the species cannot recognize administrative boundaries).

6.11. Emphasize prevention and increase the control of trade and the movement of potentially invasive species.

6.12. Promote information and awareness and engage people in knowledge of efforts, prevention and management of invasions.

6.13. Create a sub-regional working group, multi-actor and multi institutional.

6.14. Strengthen financing mobilization capacity and organize advocacy with decision makers.

References

1. IUCN (2004) Prevention and Management of Invasive Alien Species: Implementation of Cooperation in West Africa, Proceedings of a Regional Workshop, Accra Ghana, pp: 117.
2. MacNeely J, Strahm W (1997) IUCN and Invasive Alien Species: A Framework for Action. Conservation of vitality and diversity. U.I.C.N. (Editor), World Conservation Congress, Ottawa, pp: 3-10.
3. Byers JE, Reichard SH, Randall JM, Parker IM, Smith CS, et al. (2002) Directing Research to Reduce the Impacts of Nonindigenous Species. *Cons Bio* 16: 630-640.
4. Vigne J.D (1994) Ancient transfers of mammals in Western Europe: theories, mechanisms and implications in the human sciences and life sciences. In Bodson L. (Ed.), *Animals introduced by man into the fauna of Europe*, Colloquies on the history of zoological knowledge, University of Liège.
5. Hutchinson J, Dalziel JM (1958) *Flora of West Tropical Africa* (2nd Ed), Crown Agents, London, pp: 516.
6. Hutchinson J, Dalziel, JM (1972) *Flora of West Tropical Africa*, (2nd Ed), Crown Agents, London, pp: 517.
7. Berhaut J (1967) *Flora of Senegal* (2nd Ed). Clair-Afrique, Dakar, Senegal.
8. Vanden Berghen C (1991) Monocotyledons and Pteridophytes, in *Flore illustrated from Senegal*. Dakar: Ministry of Rural Development and Hydraulics, Directorate of Water and Forests.
9. Akoegninou A, van der Burg WJ, van der Maesen LJG (2006) *Flore analytique du Benin*. Backhuys Publishers, pp: 1034.
10. IUCN (2001) IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1.
11. Menozzi MJ (2010) How to categorize invasive alien species, *Rural Studies*, pp: 185: 51-66.
12. IUCN (2000) IUCN Guidelines for the Prevention of Loss of Biological Diversity Caused by Invasive Alien Species, Proposed by the ISSG and Approved at the 51st Meeting of the Council of Gland, Belgium, pp: 25.
13. Pyšek P, Hulme PE, Nentwig W (2009) Glossary of the main technical terms used in the handbook. *DAISIE Handbook of alien species in Europe*. Springer Science, pp: 375-378.
14. Genovesi MP, Shine C (2011) *European Strategy on Invasive Alien Species*. Safeguarding nature, Strasbourg, Council of Europe Publishing, pp: 104.
15. EPCE (2013) Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the prevention and control of the introduction and spread of invasive alien species / COM / 2013/0620 final - 2013/0307 (COD).
16. Pascal M, Lorvelec O, Vigne JD (2006) *Biological Invasions and extinctions: 11,000 years of vertebrate history in France*, Belin, Paris, pp: 350.
17. Richardson DM, Allsopp N, D'Antonio CM, Milton SJ, Rejmánek M (2000) Plant invasions - the role of mutualisms. *Biol Rev Camb Philos Soc* 75: 65-93.
18. Strauss SY, Lau JA, Carroll SP (2006) Evolutionary responses of natives to introduced species: what do introductions tell us about natural communities? *Ecol Lett* 9: 357-374.
19. Strauss SY, Webb CO, Salamin N (2006) Exotic taxa less related to native species are more invasive. *PNAS* 103: 5841-5845.
20. Ricciardi A, Atkinson SK (2004) Distinctiveness magnifies the impact of biological invaders in aquatic ecosystems. *Ecol Lett* 7: 781-784.
21. Ciruna K, Meyerson L, Gutierrez A (2004) The ecological and socio-economic impacts of invasive alien species in inland water ecosystems. Report to the Conservation on Biological Diversity on behalf of the Global Invasive Species Programme, Washington, D.C, pp: 34.
22. IUCN (2014) *The IUCN Red List of Threatened Species Version 3*.

23. Randall J, Morse L, Benton N, Hiebert R, Lu S, et al (2009) The invasive species assessment protocol: a tool for creating regional and national lists of invasive nonnative plants that negatively impact biodiversity. *IPM* 1: 36-49.
24. Lonsdale WM, Abrecht IG (1989) Seedling mortality in *Mimosa Pigra*, an invasive tropical strub. *J Ecol* 77: 371-385.
25. Lonsdale WM, Miller IL (1993) Fire as tool of management for a tropical woody weed *Mimosa pigra* in northern Australia. *JEM* 99: 77-87.
26. Amani A, Barmo S (2010) Contribution to the state of knowledge of some plants in Niger, pp: 33.
27. Mbaye MS (2015) A reference study on the situation of aquatic plants at the hydraulic axes of the SAED Dagana delegation, Rapport pp: 131.
28. Hill M, Coetzee J (2008) Integrated control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Africa. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 38: 452-457.

Citation: Noba K, Bassene C, Ngom A, Gueye M, Camara AA, et al. (2017) Invasive Plants of West Africa: Concepts, Overviews and Sustainable Management. *Adv Recycling Waste Manag* 2: 121. DOI: [10.4172/2475-7675.1000121](https://doi.org/10.4172/2475-7675.1000121)

OMICS International: Open Access Publication Benefits & Features

Unique features:

- Increased global visibility of articles through worldwide distribution and indexing
- Showcasing recent research output in a timely and updated manner
- Special issues on the current trends of scientific research

Special features:

- 700+ Open Access Journals
- 50,000+ editorial team
- Rapid review process
- Quality and quick editorial, review and publication processing
- Indexing at major indexing services
- Sharing Option: Social Networking Enabled
- Authors, Reviewers and Editors rewarded with online Scientific Credits
- Better discount for your subsequent articles

Submit your manuscript at: <http://www.omicsonline.org/submission>



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Etude pédologique et phytosociologique de deux mares dans le Parc National du Niokolo Koba dans un contexte d'invasion biologique par *Mimosa pigra*

Mallé GUEYE^{1*} et Kandiouira NOBA²

¹Parc National du Niokolo Koba, BP 37, Tambacounda, Sénégal.

²Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 5005, Dakar-Fann, Sénégal.

*Auteur correspondant ; E-mail : mallegueye@yahoo.fr, Tél. (221) 77 568 25 26.

RESUME

Dans le Parc National du Niokolo Koba, l'invasion biologique des mares par *Mimosa pigra* a pris des proportions inquiétantes depuis quelques années. L'objectif de cette étude est de comparer les mares de Nianaka et Dalafouroumté afin d'identifier les facteurs qui favoriseraient l'invasion de cette espèce. Pour ce faire, nous avons réalisé des études pédologiques et phytosociologiques à l'intérieur, en bordure et au pourtour de ces mares. Les résultats obtenus ont révélé que *Mimosa pigra* se développe sur un sol argileux lourd à nutrition minérale correcte chez les deux mares. De plus, l'analyse de la flore révèle que 35 espèces appartenant à 26 genres répartis en 16 familles ont été recensées à Dalafouroumté contre 24 appartenant à 20 genres répartis dans 13 familles à Nianaka. Chez cette dernière, la proportion de dicotylédones (83,3%) est inférieure à celle de Dalafouroumté (91,4%) et vice versa pour les monocotylédones 16,7% contre 8,6%. En outre, la flore des deux mares présente une dominance des Combretaceae et des Mimosaceae. Par ailleurs, *Mimosa pigra* est invasive exclusivement à Nianaka et se comporte de manière constante en bordure et à l'intérieur de la mare alors qu'elle est fréquente autour de celle-ci. Au terme de cette étude, l'invasion de *Mimosa pigra* serait due au relief et au niveau de remplissage des mares.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Flore, sol, invasion, Nianaka, Dalafouroumté.

Soil and phytosociological study of two ponds in the Niokolo Koba National Park in a context of biological invasion by *Mimosa pigra*

ABSTRACT

The biological invasion of ponds by *Mimosa pigra* has been an increasing threat in Niokolo Koba National Park for the past years. This study aims at comparing the Nianaka and Dalafouroumté ponds in order to identify the factors behind the invasion of these species. In this respect, we have conducted pedological and phytosociological studies inside, at the edge and around these ponds. The results of the study have shown that *Mimosa pigra*, in both ponds, grows on a heavy clayey soil with proper mineral nutrition. Moreover, the flora analysis reveals that 35 species belonging to 26 genera divided into 16 families have been inventoried at

Dalafouroumté while 24 species within 20 genera divided into 13 families have been identified at Nianaka. The proportion of dicotyledons is lower at Nianaka (83.3%) than at Dalafouroumté (91.4%) and the opposite is noticed with monocotyledons, 16.7% against 8.6%. Besides, there is a dominance of Combretaceae and Mimosaceae in the flora of both ponds. In addition, *Mimosa pigra* is only invasive at Nianaka where it is permanently present at the edge and inside the pond while its presence around it is not constant. As a final result of this study, the *Mimosa pigra* invasion could be originating from the relief and the pond filling up.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Flora, soil, invasion, Nianaka, Dalafouroumté.

INTRODUCTION

Les espèces exotiques invasives sont des espèces qui s'établissent et répandent leurs menaces sur des écosystèmes et des habitats variés. Ce sont des espèces à nuisance économique et environnementale (McNeely et al., 2001). C'est le cas de l'amourette (*Giant sensitive* en anglais), *Mimosa pigra* qui est native d'Amérique Centrale (Mexique) et du Nord de l'Amérique du Sud. Elle a été introduite en Afrique, en Asie du Sud-Est, sur certaines îles du Pacifiques et en Australie vraisemblablement à partir de jardins botaniques et/ou en tant que curiosité à cause du mouvement de ses feuilles (Lonsdale et al., 1989 ; Walden et al., 1999). *Mimosa pigra* est considérée comme l'espèce végétale la plus invasive dans les zones marécageuses tropicales (Cronk et Fuller, 1995).

En Afrique, *Mimosa pigra* est présente à l'heure actuelle dans 43 pays (Invasive Species Compendium, CABI, 2013) et fait partie des 100 espèces invasives les plus problématiques au monde (Lowe et al., 2000).

Au Sénégal, elle est présente dans les vallées et les dépressions qui restent inondées pendant une bonne partie de l'année ou sur les rivages des cours d'eau (Bâ et al., 2008). Des observations dans le Parc National du Niokolo Koba, ont montré que les dégâts occasionnés par cette espèce sont considérables. Il s'agit de perte de biodiversité et de fermeture de certaines mares, empêchant ainsi ces milieux de remplir leurs fonctions écologiques (Gueye, 2014). Présentement, plusieurs mares du parc sont colonisées par cette espèce

végétale invasive avec un degré d'infestation très sévère (Ndiaye, 2000).

C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée afin d'identifier aux plans phytosociologique et pédologique les causes, les facteurs qui favorisent l'invasion des mares du Parc National du Niokolo Koba par *Mimosa pigra*.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Le Parc National du Niokolo Koba est situé au Sud-Est du Sénégal, entre les parallèles 12°30 et 13°20 de latitude nord et entre les méridiens 18°30 et 13°42 de longitude ouest (Figure 1). Il couvre une superficie de 9130 km² selon Renaud et al. (2006). Le relief est constitué de plusieurs unités géomorphologiques telles que des plateaux, des vallées et des collines. Le climat est de type soudano-guinéen influencé par deux masses d'air, les alizés et la mousson, mais également par les précipitations et les températures (DPN, 2000). Il correspond au domaine climatique de type tropical avec saison sèche en hiver (Aw) d'après la classification de Köppen (Gueye, 2014). Les hauteurs de pluies varient entre 900 et 1200 mm avec une saison pluvieuse allant de juin à octobre alors que les températures oscillent entre 25 °C en décembre et 33 °C en mai (Ndiaye, 2012). Le réseau hydrographique du parc est constitué par le fleuve Gambie et ses principaux affluents, le Niokolo Koba et la Koulountou, ainsi que de plusieurs mares et étangs (Ndiaye, 2012). Le parc renferme plus

de 1500 espèces de plantes à fleurs (Adam, 1971; Schneider & Sambou., 1982), soit 62% des espèces de plantes à fleurs du Sénégal.

La phase de terrain de cette étude s'est réalisée en 2011 durant le mois d'avril, plus précisément au niveau des mares de Nianaka (X : 13°02'42''N ; Y : 13°18'50''O) et Dalafourouté (X : 13°01'46''N ; Y : 13°14'14''O).

Matériel

Le matériel utilisé pour l'étude phytosociologique des zones d'infestation de *Mimosa pigra* est constitué de manuels tels que *Flore du Sénégal* (Berhaut, 1967), *Nouvelle Flore illustrée du Sénégal et des régions voisines* (Berhaut, 2011), *Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest* (Arbonnier, 2010). Un GPS (*Global Positioning System*) de marque GARMIN etrex et un appareil photo numérique NIKON ont été utilisés respectivement pour le géo-référencement et la prise d'images au niveau des sites. De plus, une pioche, une pelle de terrain et des sachets pour contenir les échantillons de sols ont été également utilisés.

Méthodologie

Etude pédologique

En ce qui concerne la caractérisation des sols, la méthodologie a consisté à faire des prélèvements d'échantillons de sols qui par la suite ont été analysés au niveau du Laboratoire des Moyens Analytiques (LAMA certifié ISO 9001 : 2000) de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Dakar afin de connaître les paramètres qui interviennent dans le processus d'invasion de *Mimosa pigra* dans le Parc. En plus des deux mares étudiées (Nianaka et Dalafourouté), des échantillons de sols en provenance d'autres sites ont été analysés pour aider à la compréhension du problème. Il s'agit de Simenti, Kountadala tous les deux situés dans le parc. Le choix de la mare de Dalafourouté

se justifie par le fait qu'à l'état actuel, aucun spécimen de *Mimosa pigra* n'y a été observé. Les différentes caractéristiques déterminées sont : la granulométrie, le pH, la teneur en azote total, en carbone total, en phosphore total et assimilable, les bases échangeables et la capacité d'échange.

Etude phytosociologique

Ensuite, il s'est agi de faire une étude phytosociologique au niveau des mares (autour, bordure et intérieur) de Nianaka et de Dalafourouté. Elle a été effectuée au niveau de ces mares dans des stations de relevé qui sont, selon Godron (1968), des espaces à végétation uniforme dans lesquels les conditions écologiques sont homogènes. La méthode de Vanden (1982) a été adoptée pour faire l'inventaire floristique. Les plantes non identifiées ont été récoltées, codées et gardées sous presse spécimen pour être identifiées ultérieurement au Laboratoire de Botanique de l'Université de Dakar. Après un relevé global de la zone, il a fallu faire une estimation générale du recouvrement de chaque espèce. La méthode de Braun-Blanquet (1932) a été adoptée à cet effet.

Traitement et analyse des données

Les données pédologiques ont été traitées puis analysées sur la base de la classification texturale de Jamagne (1967) afin de déterminer la catégorie de sols pour chaque site étudié.

En ce qui concerne les données phytosociologiques, elles ont fait l'objet d'une analyse quantitative de la structure de la végétation réalisée à l'aide de la méthode de Caratini (1985). L'indice d'abondance/dominance moyen (Adm) est calculé par rapport au nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente. Pour le calcul de cet indice, les codes semi-quantitatifs d'abondance/dominance sont rendus quantitatifs (Gillet, 2000). L'échelle de Braun-Blanquet (1932) n'étant pas linéaire, il est préférable de convertir chaque code en un recouvrement moyen, à l'aide de la table de

correspondance entre le code d'abondance-dominance (AD code), l'indice quantitatif d'abondance-dominance (AD num) et le recouvrement moyen, minimum et maximum.

RESULTATS

Caractéristiques des sols

Les résultats des analyses pédologiques sont consignés dans les Tableaux 1 et 2. Ils révèlent que les populations de *Mimosa pigra* sont observées sur des sols de textures relativement différentes (Tableau 1). Nianaka, Dalafourounté et Kountadala présentent un sol à texture argileuse lourde alors que Simenti affiche un sol argileux. Parallèlement, les résultats de l'analyse chimique révèlent que l'ensemble des sites enregistrent un sol ayant des pH ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ et pH_{KCl}) inférieur à 5. De plus, la différence entre ces pH est positive pour tous les sites de prélèvement. En outre, Nianaka présente les taux d'azote les plus élevées suivi respectivement par Dalafourounté, Simenti et Kountadala. Toutefois, le rapport carbone total sur azote total est égal à 11 pour l'ensemble des sites à l'exception de Nianaka qui donne la valeur de 10. Simenti enregistre plus de phosphore total et la plus petite valeur pour le phosphore assimilable. Le site de Dalafourouté, quant à lui, affiche la deuxième meilleure valeur en phosphore (total et assimilable) et au dessus des autres sites pour le phosphore assimilable. Par ailleurs, les résultats obtenus sur bases échangeables révèlent que Nianaka donne les valeurs les plus élevées (Tableau 2). En ce qui concerne la capacité d'échange cationique, les résultats montrent que le site de Nianaka enregistre la valeur la plus grande suivi de Dalafourounté. Les résultats de l'analyse pédologique montrent que le rapport carbone total sur azote total donne une valeur égale à 11 pour l'ensemble des sites à l'exception de Nianaka qui affiche un rapport égal à 10 (Tableau 3). Les rapports Ca/K, Ca/Mg enregistrent respectivement une valeur moyenne de 9,6 et 1,4 alors que Mg/K et

(Ca+Mg)/K donnent respectivement 6,8 et 16,4.

Etude de la flore

Analyse qualitative de la flore

Le spectre taxonomique de la flore des mares de Nianaka et de Dalafourounté est présenté dans le Tableau 4 en fonction des familles, genres et espèces. Il ressort que la flore autour des mares étudiées est riche de 20 et 33 espèces végétales, respectivement à Nianaka et Dalafourounté, réparties dans 10 et 14 familles et 16 et 24 genres (Tableau 4). La richesse spécifique est 5 et 4 respectivement pour l'intérieur et la bordure de la mare de Nianaka. Le même décompte a été enregistré pour ce qui est des genres et des familles pour ce site. Parallèlement, Dalafourounté affiche un inventaire identique en ce qui concerne le nombre d'espèces, le nombre de genres et de familles aussi bien à l'intérieur comme en bordure de la mare. La liste des espèces recensées au niveau de Nianaka et Dalafourounté sont consignées dans le Tableau 5. Les résultats montrent que le nombre total d'espèces végétales inventoriées aussi bien à l'intérieur, en bordure qu'à l'intérieur des mares s'élève à 35 à Dalafourounté et 24 à Nianaka.

Les résultats obtenus sur les structures de la flore des mares de Nianaka et Dalafourounté sont consignés dans le Tableau 6. L'ensemble des relevés réalisés au niveau des mares étudiées a permis de recenser à Nianaka 24 espèces végétales appartenant à 20 genres répartis dans 13 familles. Les Dicotylédones représentent 83,3% (20 espèces) et les Monocotylédones 16,7% (4 espèces) de cette flore (Tableau 6). Parallèlement, les résultats montrent qu'à Dalafourounté, 35 espèces appartenant à 26 genres répartis en 16 familles ont été recensées. Les Dicotylédones représentent à eux seuls 91,4% des espèces inventoriées alors que les Monocotylédones enregistrent 8,6% (Tableau 6).

Les résultats obtenus à la mare de Nianaka sur l'importance relative des différentes familles botaniques montrent que trois familles regroupent plus de la moitié des espèces recensées : les Combretaceae (25%), les Caesalpiniaceae (12,5%) et les Mimosaceae (16,7%) (Tableau 7). Les 9 autres familles ayant chacune une espèce représentent 37,8% des espèces. Il s'agit des Anacardiaceae, des Annonaceae, des Arecaceae, des Borraginaceae, des Cyperaceae, des Cyperaceae, des Fabaceae, des Rhamnaceae, des Rubiaceae et des Sphenocleaceae (Tableau 7). Enfin, la famille des Poaceae totalise 8,3% des espèces et est représentée par deux espèces.

Au niveau de la mare de Dalafouroumté, les résultats obtenus montrent que la famille des Combretaceae regroupe le quart de des espèces recensées avec 25,7%. Cinq (05) familles botaniques totalisent sensiblement 45,8% des espèces avec au moins deux espèces dans chacune des familles. Il s'agit des Anacardiaceae, des Caesalpiniaceae, des Mimosaceae, des Poaceae et des Rubiaceae. Enfin, dix (10) familles enregistrent 29% des espèces avec une seule espèce dans chaque famille.

Analyse quantitative de la flore

Etendue de la distribution des espèces dans les mares étudiées

L'analyse de la fréquence des espèces dans l'ensemble des relevés des mares de Nianaka et Dalafouroumté a permis de définir l'étendue de leur distribution. Cinq (05) groupes d'espèces ont été distingués dans chaque site selon les indices de fréquence. Les résultats de l'analyse de la fréquence des espèces sont consignés dans le Tableau 8. A Nianaka la part occupée par les espèces constantes (Indice V) est plus élevée en bordure avec 75% suivie respectivement de l'intérieur et autour de la mare avec 60 et 30%. En revanche, les espèces abondantes (Indice IV) ne sont présentes qu'à l'intérieur

de la mare (40%) uniquement alors que les espèces fréquentes (Indice III, 10%) et accessoires (II, 25%) n'existent que autour de la mare. Quant aux espèces rares ou accidentelles (Indice I), elles représentent 35% des espèces présentes autour de la mare. A Dalafouroumté, la proportion d'espèces constantes (Indice V) est plus élevée en bordure (66,7%) qu'aux autres parties de la mare (Tableau 8). De plus, les espèces abondantes (IV) ne sont répertoriées autour et à l'intérieur de la mare avec respectivement 3 et 25% alors que les fréquentes (Indice III) et les rares ou accidentelles (Indice I) ne sont enregistrées qu'aux alentours (12,1%). A l'intérieur de la mare de Dalafouroumté, 50% des espèces sont accessoires (Indice II) contre 33,3 en bordure et 18,2% autour de la mare.

Les résultats de la répartition des espèces recensées dans les mares étudiées selon les index de Caratini (1985) sont consignés dans le Tableau 9. L'analyse de ces résultats montre que parmi ces espèces inventoriées, certaines ne se comportent pas de la même manière à Nianaka et à Dalafouroumté. C'est ainsi que trois groupes d'espèces sont distingués :

- Groupe 1 : Comportant les espèces qui ne changent pas d'indice aussi bien à Nianaka qu'à Dalafouroumté. Dans ce groupe sept (07) espèces sont constantes et se rencontrent dans 80 à 100% des relevés (Indice V) : *Acacia sieberiana*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma thonningii* et *Pterocarpus erinaceus*. De plus, deux (02) espèces sont accessoires et sont rencontrées dans 20 à moins de 40% des relevés (Indice II). Il s'agit de *Anogeissus leiocarpus* et *Ziziphus mucronata*. En outre, *Combretum micranthum* est rare ou accidentelle et se rencontre dans 0 à moins de 20% ;

- Groupe 2 : Concerne les espèces qui changent d'indice aussi bien à Nianaka qu'à Dalafouroumté. Il s'agit de *Borassus aethiopum*, *Combretum adenogonium*,

Terminalia macroptera, *Acacia seyal*, *Andropogon gayanus*, *Cassia sieberiana*, *Dichrostachys cinerea*, *Hexalobus monopetalus* et *Lannea microcarpa* ;

• Groupe 3 : Renferme les espèces qui sont présentes exclusivement à Nianaka ou à Dalafouroumté. Deux (02) espèces sont exclusives à Nianaka : *Mimosa pigra* (Indice III) et *Senna occidentalis* (Indice I) et quatorze (14) espèces à Dalafouroumté dont trois (03) en Indice II (*Bombax costatum*, *Gardenia ternifolia*, *Vetiveria nigricana*) et onze (11) en indice I (*Acacia macrostachya*, *Combretum lecardii*, *Combretum paniculatum*, *Cordyla pinnata*, *Lannea velutina*, *Lannea acida*, *Sarcocephalus latifolius*, *Parkia biglobosa*, *Sterculia setigera*, *Tapinanthus bangwensis* et *Baissea multiflora*).

Les résultats obtenus sur la répartition des espèces en bordure et à l'intérieur des mares selon les index de Caratini sont dans le Tableau 10. En bordure des mares, ces résultats montrent que certaines espèces se comportent de la même manière aussi bien à Nianaka comme à Dalafouroumté. Il s'agit de *Mitragyna inermis* et *Vetiveria nigricana* qui sont constantes dans les deux sites et se rencontrent dans 80 à 100% des relevés (indice V). De plus, *Borassus aethiopum* change d'indice aussi bien à Nianaka (Indice I) qu'à Dalafouroumté (Indice II). Enfin, l'espèce *Mimosa pigra* est exclusive à Nianaka et se comporte de manière constante.

L'analyse du Tableau 10 montre que les espèces recensées à l'intérieur des deux mares sont toutes différentes sauf *Coldenia procumbens*. En effet, cette espèce est présente dans les deux sites mais ne s'y comporte pas de la même manière car étant constante à Nianaka (Indice V) et accessoire à Dalafouroumté (Indice II). Toutefois, force est de constater que *Mimosa pigra* n'est présente que dans le premier site cité précédemment.

Abondance des espèces

Les résultats des abondances dominances moyennes, des fréquences et des index des espèces recensées autour des mares de Dalafouroumté et Nianaka sont consignés dans le Tableau 11.

Il ressort de cette étude quantitative des espèces recensées à Dalafouroumté que *Pterocarpus erinaceus* est l'espèce classée constante qui enregistre l'indice d'abondance dominance moyenne la plus élevée (2,7). Toutes les autres espèces présentent un indice d'abondance dominance moyenne compris entre 0,02 et 2. Par contre, à Nianaka, les résultats révèlent que *Guiera senegalensis* est la seule espèce constante avec une abondance dominance moyenne élevée et égale à 3,2. Elle est suivie par *Mitragyna inermis* et *Combretum glutinosum* avec respectivement 2,3 et 1,9. Le reste des espèces inventoriées autour de cette mare enregistre une valeur comprise entre 0,02 et 0,8. *Mimosa pigra* quand à elle présente une abondance dominance moyenne égale à 0,3.

En outre, le Tableau 12 présente les abondances dominances moyennes, les fréquences et les index de Caratini (1985) des espèces recensées en bordure des mares de Dalafouroumté et Nianaka. Les résultats de l'analyse quantitative de la flore présente en bordure des mares étudiées montrent que *Vetiveria nigricana* est la seule espèce constante présentant une abondance dominance moyenne élevée de 5. Parallèlement, à Nianaka, *Vetiveria nigricana*, *Mimosa pigra* et *Mitragyna inermis* sont constantes et montrent une abondance dominance moyenne élevée et égale à 4, 2,6 et 2 respectivement. De plus, les résultats obtenus révèlent que *Vetiveria nigricana* est la seule espèce, parmi celles recensées à l'intérieur de la mare de Dalafouroumté, qui est constante avec une abondance dominance moyenne élevée et égale à 3,5 (Tableau 13). Par contre, à Nianaka, *Mimosa pigra* est la seule espèce constante présentant une abondance dominance moyenne élevée de 5.

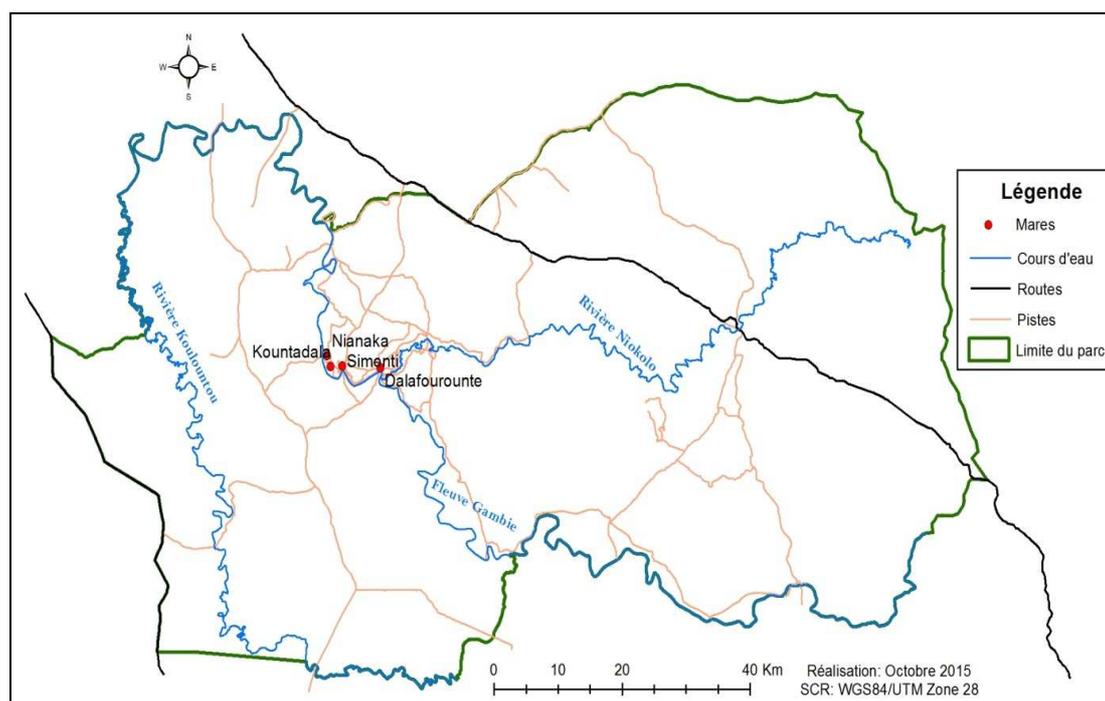


Figure 1 : Carte de la zone d'étude.

Tableau 1: Résultats des analyses de sols sur la granulométrie, pH et macroéléments.

Sites	A (%)	LT (%)	ST (%)	CT	pH _{H2O}	pH _{KCl}	ΔpH	N _t (%)	C _t (%)	P _t (P) mg/kg	P _a (P) mg/kg
Nianaka	69,10	22,10	1	AL	4,6	3,4	1,2	0,16	1,58	221	17
Simenti	38,60	26,70	28	A	4,4	3,4	1	0,13	1,45	462	11
Dalafourounté	57,60	29,50	5	AL	4,6	3,5	1,1	0,14	1,49	268	26
Kountadala	64,80	20,60	6	AL	4,9	3,7	1,2	0,12	1,26	249	12

A : Argile ; LT : Limons Totaux ; ST : Sables Totaux ; CT : Classification Texturale ; ΔpH : Variation de pH ; N_t : Azote Total ; C_t : Carbone total ; P_t : Phosphore total ; P_a : Phosphore assimilé ; AL : Argile lourde ; LSA : Limon sablo-argileux.

Tableau 2: Résultats des analyses de sols sur les bases échangeables et sur la capacité d'échange.

Sites	BE				CEC méq%
	Ca méq%	Mg méq%	Na méq%	K méq%	
Nianaka	5,96	4,00	0,18	0,53	19,65
Simenti	2,56	1,41	0,06	0,24	13,30
Dalafourounté	3,12	2,33	0,16	0,51	16,35
Kountadala	3,59	2,94	0,13	0,25	14,40

Ca : Calcium ; Mg : Magnésium ; Na: Azote; K: Potassium; BE: Bases échangeables ; CE : Capacité d'Echange Cationique.

Tableau 3 : Rapport entre les éléments minéraux.

Sites	C/N	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
Nianaka	10	11	1	8	19
Simenti	11	11	2	6	17
Dalafouroumté	11	6	1	5	11
Kountadala	11	14	1	12	26

Tableau 4 : Répartition par familles, genres et espèces.

Sites	Familles			Genres			Espèces		
	Autour	Intérieur	Bordure	Autour	Intérieur	Bordure	Autour	Intérieur	Bordure
Nianaka	10	5	4	16	5	4	20	5	4
Dalafouroumté	14	4	3	24	4	3	33	4	3

Tableau 5 : Liste de présence des espèces recensées dans les mares étudiées.

Familles	Espèces	Nianaka	Dalafouroumté
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i> A. Rich.		+
Anacardiaceae	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. Et K. Krause	+	+
Anacardiaceae	<i>Lannea velutina</i> A. Rich.		+
Annonaceae	<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. et Diels		+
Apocynaceae	<i>Baissea multiflora</i>		+
Arecaceae	<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	+	+
Bombacaceae	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. et Vuillet		+
Borraginaceae	<i>Coledenia procumbens</i>	+	+
Caesalpiniaceae	<i>Senna occidentalis</i> L.	+	
Caesalpiniaceae	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	+	+
Caesalpiniaceae	<i>Cordyla pinnata</i> (Lepr.) Milne-Redh.		+
Caesalpiniaceae	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redh.	+	+
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.	+	+
Combretaceae	<i>Combretum adenogonium</i> Stend. Ex A. Rich.	+	+
Combretaceae	<i>Combretum glutinosum</i> Perrott ex DC.	+	+
Combretaceae	<i>Combretum lecardii</i> Engl. et Diels		+
Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	+	+
Combretaceae	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. Et Perr.		+
Combretaceae	<i>Combretum paniculatum</i> Vent.		+
Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	+	+
Combretaceae	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perott.	+	+

Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>	+	
Fabaceae	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	+	+
Loranthaceae	<i>Tapinanthus bangwensis</i> (Engl. & Kr.) Dans.		+
Mimosaceae	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	+	+
Mimosaceae	<i>Acacia machrostachya</i> Reichenb. Ex DC.		+
Mimosaceae	<i>Acacia seyal</i> Del.	+	+
Mimosaceae	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	+	+
Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i> L.	+	
Mimosaceae	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br.ex G.Don f.		+
Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	+	+
Poaceae	<i>Vetiveria nigricana</i>	+	+
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	+	+
Rubiaceae	<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thonn.		+
Rubiaceae	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) O. Ktze.	+	+
Rubiaceae	<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Smith) Bruce	+	+
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i>	+	
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i> Del.		+
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta angustifolia</i>		+

+ : Présent

Tableau 6 : Structure de la flore des mares de Nianaka et Dalafouroumté.

	Flore de Nianaka						Flore de Dalafouroumté					
	Familles		Genres		Espèces		Familles		Genres		Espèces	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
D	10	76,9	16	80	20	83,3	14	87,5	23	88,5	32	91,4
M	3	23,1	4	20	4	16,7	2	12,5	3	11,5	3	8,6
Total	13	100	20	100	24	100	16	100	26	100	35	100

D : Dicotylédone ; M : Monocotylédone ; N : nombre d'espèces ; % : pourcentage.

Tableau 7 : Répartition par famille des espèces des mares de Nianaka et Dalafouroumté.

Familles botaniques	Flore de la mare de Nianaka		Flore de la mare de Dalafouroumté	
	Nombre d'espèces	% Familles	Nombre d'espèces	% Familles
Anacardiaceae (D)	1	4,2	3	8,6
Annonaceae (D)	1	4,2	1	2,9
Apocynaceae (D)	0	0	1	2,9
Arecaceae (M)	1	4,2	1	2,9
Bombacaceae (D)	0	0	1	2,9
Borraginaceae (D)	1	4,2	1	2,9
Caesalpiniaceae (D)	3	12,5	3	8,6
Combretaceae (D)	6	25	9	25,7
Cyperaceae (M)	1	4,2	0	0
Fabaceae (D)	1	4,2	1	2,9

Loranthaceae (D)	0	0	1	2,9
Mimosaceae (D)	4	16,7	5	14,3
Poaceae (M)	2	8,3	2	5,7
Rhamnaceae (D)	1	4,2	1	2,9
Rubiaceae (D)	1	4,2	3	8,6
Sphenocleaceae (D)	1	4,2	0	0
Sterculiaceae (D)	0	0	1	2,9
Verbenaceae (D)	0	0	1	2,9
Total	24	100	35	100

% : pourcentage

Tableau 8 : Indices de fréquences et des pourcentages des espèces dans les mares de Nianaka et Dalafourouté.

Indices de fréquence	Autour de la mare				En bordure de la mare				A l'intérieur de la mare			
	Nianaka		Dalafourouté		Nianaka		Dalafourouté		Nianaka		Dalafourouté	
	NE	%	NE	%	NE	%	NE	%	NE	%	NE	%
V	6	30	9	27,3	3	75	2	66,7	3	60	1	25
IV	0	0	1	3	0	0	0	0	2	40	1	25
III	2	10	4	12,1	0	0	0	0	0	0	0	0
II	5	25	6	18,2	0	0	1	33,3	0	0	2	50
I	7	35	13	39,4	1	25	0	0	0	0	0	0
Total	20	100	33	100	4	100	3	100	5	100	4	100

NE : Nombre d'espèce ; % : pourcentage.

Tableau 9 : Répartition des espèces selon les index de Caratini (1985) autour des mares de Nianaka et Dalafourouté.

Indice	Nianaka	Dalafourouté
V	<i>Acacia sieberiana</i>	<i>Acacia sieberiana</i>
	<i>Combretum glutinosum</i>	<i>Borassus aethiopum</i>
	<i>Guiera senegalensis</i>	<i>Cassia sieberiana</i>
	<i>Mitragyna inermis</i>	<i>Combretum glutinosum</i>
	<i>Piliostigma thonningii</i>	<i>Combretum nigricans</i>
	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	<i>Guiera senegalensis</i>
Total	6	9
IV		<i>Terminalia macroptera</i>
Total	0	1

III	<i>Borassus aethiopum</i>	<i>Acacia seyal</i>
	<i>Mimosa pigra</i>	<i>Andropogon gayanus</i> <i>Hexalobus monopetalus</i> <i>Lansea microcarpa</i>
Total	2	4
II	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i>
	<i>Combretum adenogonium</i>	<i>Bombax costatum</i>
	<i>Hexalobus monopetalus</i>	<i>Dichrostachys cinerea</i>
	<i>Terminalia macroptera</i>	<i>Gardenia ternifolia</i>
	<i>Ziziphus mucronata</i>	<i>Vetiveria nigricana</i> <i>Ziziphus mucronata</i>
Total	5	6
I	<i>Acacia seyal</i>	<i>Acacia macrostachya</i>
	<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Combretum lecardii</i>
	<i>Cassia occidentalis</i>	<i>Combretum adenogonium</i>
	<i>Cassia sieberiana</i>	<i>Combretum micranthum</i>
	<i>Combretum micranthum</i>	<i>Combretum paniculatum</i>
	<i>Dichrostachys cinerea</i>	<i>Cordyla pinnata</i>
	<i>Lansea microcarpa</i>	<i>Lansea velutina</i>
		<i>Lansea acida</i>
		<i>Sarcocephalus latifolius</i>
		<i>Parkia biglobosa</i>
		<i>Sterculia setigera</i>
		<i>Tapinanthus bangwensis</i>
		<i>Baissea multiflora</i>
Total	7	13

Tableau 10 : Répartition des espèces selon les index de Caratini (1985) en bordure et à l'intérieur des mares de Nianaka et Dalafouroumté.

Index	Nianaka		Dalafouroumté	
	Bordure	Intérieur	Bordure	Intérieur
V	<i>Mimosa pigra</i> <i>Mitragyna inermis</i> <i>Vetiveria nigricana</i>	<i>Mimosa pigra</i> <i>Cyperus sp.</i> <i>Coledenia procumbens</i>	<i>Mitragyna inermis</i> <i>Vetiveria nigricana</i>	<i>Vetiveria nigricana</i>
Total	3	3	2	1
IV		<i>Sphenoclea zeylanica</i> <i>Andropogon gayanus</i>		<i>Mitragyna inermis</i>
Total	0	2	0	1
III				
Total	0	0	0	0
II			<i>Borassus aethiopum</i>	<i>Stachytarpheta angustifolia</i> <i>Coledenia procumbens</i>
Total	0	0	1	2
I	<i>Borassus aethiopum</i>			
Total	1	0	0	0

Tableau 11 : Analyse des abondances dominances moyennes, des fréquences et des index (selon Caratini 1985) des espèces recensées autour des mares de Dalafourounté et Nianaka.

Espèces	Dalafourounté			Nianaka		
	AD moy	Fréquence	Index	AD moy	Fréquence	Index
<i>Acacia macrostachya</i>	0,02	0,2	I	-	-	-
<i>Acacia seyal</i>	0,7	0,6	III	0,4	0,2	I
<i>Acacia sieberiana</i>	0,5	1	V	0,6	1	V
<i>Andropogon gayanus</i>	0,6	0,6	III	0,6	0,2	I
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0,5	0,4	II	0,2	0,4	II
<i>Baissea multiflora</i>	0,02	0,2	I	-	-	-
<i>Bombax costatum</i>	0,2	0,4	II	-	-	-
<i>Borassus aethiopum</i>	0,5	1	V	0,7	0,6	III
<i>Cassia occidentalis</i>	-	-	-	0,02	0,2	I
<i>Cassia sieberiana</i>	0,5	1	V	0,1	0,2	I
<i>Combretum adenogonium</i>	0,02	0,2	I	0,04	0,4	II
<i>Combretum glutinosum</i>	2	1	V	1,9	1	V
<i>Combretum lecardii</i>	0,04	0,2	I	-	-	-
<i>Combretum micranthum</i>	0,1	0,2	I	0,1	0,2	I
<i>Combretum nigricans</i>	1,5	1	V	-	-	-
<i>Combretum paniculatum</i>	0,02	0,2	I	-	-	-
<i>Cordyla pinnata</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,2	0,4	II	0,1	0,2	I
<i>Gardenia ternifolia</i>	0,2	0,4	II	-	-	-
<i>Guiera senegalensis</i>	1,3	1	V	3,2	1	V
<i>Hexalobus monopetalus</i>	0,3	0,6	III	0,2	0,4	II
<i>Lansea acida</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Lansea microcarpa</i>	0,7	0,6	III	0,2	0,2	I
<i>Lansea velutina</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Mimosa pigra</i>	-	-	-	0,3	0,6	III
<i>Mitragyna inermis</i>	1,1	1	V	2,3	1	V
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Parkia biglibosa</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Piliostigma thonningii</i>	1,6	1	V	0,8	1	V
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	2,7	1	V	1,1	1	V
<i>Sterculia setigera</i>	0,1	0,2	I	-	-	-
<i>Tapinanthus bangwensis</i>	0,02	0,2	I	-	-	-
<i>Terminalia macroptera</i>	0,9	0,8	IV	0,2	0,4	II
<i>Vetiveria nigricana</i>	0,2	0,4	II	-	-	-
<i>Ziziphus mucronata</i>	0,2	0,4	II	0,3	0,4	II

AD moy : Abondances Dominances Moyennes

Tableau 12 : Analyse des abondances dominances moyennes, des fréquences et des index selon (Caratini 1985) des espèces recensées en bordure des mares de Dalafouroumté et Nianaka.

Espèces	Dalafouroumté			Nianaka		
	AD moy	Fréquence	Index	AD moy	Fréquence	Index
<i>Borassus aethiopum</i>	0,17	0,25	II	0,4	0,2	I
<i>Mitragyna inermis</i>	0,83	1	V	2	1	V
<i>Vetiveria nigricana</i>	5	1	V	4	1	V
<i>Mimosa pigra</i>	-	-	-	2,6	1	V

AD moy : Abondances Dominances moyennes

Tableau 13 : Analyse des abondances dominances moyennes, des fréquences et des index selon (Caratini 1985) des espèces recensées à l'intérieur des mares de Dalafouroumté et Nianaka.

Espèces	Dalafouroumté			Nianaka		
	AD moy	Fréquence	Index	AD moy	Fréquence	Index
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	0,33	0,67	IV
<i>Coldenia procumbens</i>	0,17	0,33	II	0,67	1	V
<i>Cyperus sp.</i>	-	-	-	0,67	1	V
<i>Mimosa pigra</i>	-	-	-	5	1	V
<i>Mitragyna inermis</i>	0,83	0,67	IV	-	-	-
<i>Sphenoclea zeylanica</i>	-	-	-	0,5	0,67	IV
<i>Stachytarpheta angustifoila</i>	0,17	0,33	II	-	-	-
<i>Vetiveria nigricana</i>	3,5	1	V	-	-	-

AD moy : Abondances Dominances moyennes

DISCUSSION

Caractéristique des sols

Granulométrie

Les sites de Nianaka, Dalafouroumté et Kountadala présentent chacun une texture très fine comparativement à Simenti (35 et 50%) où le sol est argilo-sableux. En effet, pour le cas de Simenti, cette situation pourrait s'expliquer par le fait que la mare est la plus fréquentée du parc par les visiteurs. Donc, elle est souvent sujette de beaucoup d'activités anthropiques favorisant ainsi l'érosion et le charriage des sédiments et matériaux solides par les eaux de ruissellement des plateaux vers le fond de la mare comme rapporté par Bâ et al. (2008). C'est ce qui fait que la texture soit relativement grossière contrairement aux autres mares. Toutefois, force est de constater qu'il n'y a pas d'effet de granulométrie sur la présence ou l'absence de *Mimosa pigra* dans ces sites. Dalafouroumté en est une illustration

parfaite puisque présentant une texture argileuse alors qu'une absence totale de cette espèce a été notée bien que faisant partie du réseau de mares connectées aux cours d'eau du parc. Ce qui s'explique par le fait que ce végétal a une large amplitude écologique qui lui permet de se développer sur des sols à texture différentes comme le rapporte Lonsdale (1988). En effet, cet auteur soutient que *Mimosa pigra* est trouvée sur une grande variété de sols. De plus, elle ne semble pas se développer de préférence sur un type de sol, mais est le plus souvent trouvée dans les lieux humides tels que les plaines inondables et les berges, sur les sols allant des argiles noires à fissuration en passant aux sols argilo-sableux jusqu'à ceux de type gros sable siliceux le long des rivières. Donc, la granulométrie n'influe pas sur le succès invasif de *Mimosa pigra* dans le Parc National du Niokolo Koba.

pH

L'ensemble des sites ont enregistré un sol ayant un pH à l'eau inférieur à 5 alors que le pH à la Chlorure de potassium affiche des valeurs oscillant entre 3,4 et 3,7. Ces sols sont très acides puisque entrant dans la gamme de pH compris entre 3,5 et 5 (Baize, 1988). En effet, ce paramètre semble renseigner sur le degré d'infestation des mares par ce végétal ainsi que sur l'envergure de ses populations ; Kountadala présente un peuplement monospécifique caractérisé par des fourrés impénétrables composés d'individus feuillus de grande taille. Nianaka, quant à lui, affiche la même situation que le précédent mais avec un niveau de foliation moindre. En ce qui concerne Simenti, il reste une portion d'environ 50% de la superficie de la mare qui n'est pas encore colonisée par cette espèce (Gueye, 2015). En conclusion, le pH_{H_2O} est un facteur intervenant dans le succès invasif de *Mimosa pigra* car le niveau d'infestation des mares étudiées est fonction du degré d'acidité du sol.

Macroéléments

Les sols des mares de Nianaka, Dalafouroumté et Simenti sont riches en azote avec un taux supérieur à 0,125% par opposition à Kountadala qui est moyennement riche avec une proportion inférieure à 0,075% comme défini par Diouf (2010). L'analyse de ces résultats par rapport à ceux des travaux de Gueye (2015) permet de dire qu'il n'existe pas de corrélation entre le taux d'azote et le niveau d'occupation de *Mimosa pigra* dans les mares étudiées. C'est le même cas de figure pour le carbone total, le phosphore total et le phosphore assimilable. Donc, les macroéléments du sols n'ont aucun effet sur l'invasion de *Mimosa pigra* dans les mares du parc.

Base échangeables et Capacité d'échange cationique

Les résultats obtenus sur bases échangeables ont montré que le site de Nianaka enregistre la valeur la plus grande (19,65 méq%), suivi de Dalafouroumté (16,35 méq%). Ces résultats s'expliquent par le fait

que le sol des sites de Nianaka, Dalafouroumté et Kountadala soient de type argileux lourd alors que celui de Simenti présente une texture argileuse. En définitif, il semble ne pas avoir une corrélation directe entre la capacité d'échange cationique et la présence de *Mimosa pigra* au niveau des mares étudiées.

Rapport entre éléments minéraux

Les résultats des rapports entre les macroéléments sont en conformité avec les normes définies par Anonyme (2001) pour tous les sites confondus. En effet, les rapports C/N donnent des valeurs comprises entre 8 et 15, ce qui traduit une alimentation équilibrée en carbone et azote totaux pour les populations de *Mimosa pigra*. Parallèlement, les rapports Ca/K et Mg/K varient tous respectivement entre 2 et 17 et entre 2 et 20 s'expliquent par une nutrition minérale favorable en calcium et potassium d'une part et en magnésium et potassium d'autre part (Anonyme, 2001). Par ailleurs, les rapports (Ca+Mg)/K variant entre 2 et 30 traduisent aussi une alimentation favorable en calcium, magnésium et potassium alors que les rapports Ca/Mg dont les valeurs sont comprises entre 2 et 4 mettent en évidence une bonne alimentation en ces deux minéraux (Anonyme, 2001). En conclusion, les populations de *Mimosa pigra* se développent sur des sols à nutrition minérale correcte.

Etude de la flore

Analyse qualitative de la flore

Comparée à la flore autour de la mare de Nianaka, celle de Dalafouroumté présente un nombre de familles, de genres et d'espèces plus élevé et vice versa pour l'intérieur et la bordure des mares. En somme, 35 espèces appartenant à 26 genres répartis en 16 familles ont été recensées à Dalafouroumté contre 24 espèces (dont *Mimosa pigra*) appartenant à 20 genres répartis dans 13 familles à Nianaka. Cette situation serait due non seulement à la présence exclusive de *Mimosa pigra* à Nianaka, mais également à sa capacité à concurrencer les végétaux comme le rapporte Praneetvatakul (2001). En effet, selon cet

auteur, cette espèce invasive est une compétitrice féroce de la végétation basse et quelques uns des arbustes capables de réussir en population dense, et sur les pelouses d'herbes hautes. *Mimosa pigra* peut interférer avec la culture d'autres plantes économiquement importantes. Elle est en mesure de rivaliser avec les jeunes palmiers immatures dans les plantations (Praneetvatakul, 2001). Toutefois, malgré qu'elle soit connue pour être une compétitrice féroce, elle ne peut pas concurrencer avec des plantes qui ont une croissance rapide et un système racinaire bien établi (Janzen, 1983). Ces résultats, comparés à ceux obtenus aux mares de Simenti et Kountadala par Bâ et al. (2008) mettent en évidence l'effet des feux, de l'humidité et du niveau d'infestation par *Mimosa pigra* sur la présence d'autres espèces végétales au niveau des mares. En effet, selon ces auteurs 58 espèces, 39 et 27 espèces ont été répertoriées respectivement autour, à l'intérieur et en bordure de la mare de Simenti contre 23, 9 et 18 espèces à Kountadala. Parallèlement, chez la première mare la superficie infestée est de 50,94% comparativement à la seconde qui affiche 99% et Nianaka 93% d'après Gueye (2015). Comparativement, la proportion de Dicotylédones (83,3%) de Nianaka est inférieure à celle de Dalafouronté (91,4%) et vice versa en ce qui concerne les Monocotylédones 16,7% contre 8,6%.

Il ressort également de l'analyse que la flore de Nianaka et Dalafouronté présente une dominance de deux familles les Combretaceae et les Mimosaceae. L'importance de la strate arbustive (Combretaceae, Mimosaceae) montre, selon Vanden (1998), une savanisation progressive de la végétation. Ceci est certainement dû à l'usage des feux précoces autour de ces mares au cours des opérations d'aménagement du parc. Au niveau de la mare de Dalafouronté, les résultats obtenus montrent que la famille des Combretaceae regroupe le quart des espèces recensées avec 25,7%. Cela est dû probablement aux effets conjugués des

facteurs climatiques et anthropiques qui se traduisent par la disparition des arbres et la formation d'un tapis discontinu d'espèces herbacées et arbustives comme le rapporte Bassène (2008).

Il apparaît donc que *Mimosa pigra* est une espèce invasive très compétitive par rapport aux arbustes et herbacées en bordure et à l'intérieur des mares.

Analyse floristique quantitative

Etendue de la distribution des espèces dans les mares étudiées

A Nianaka, à l'intérieur de la mare comme en bordure, *Mimosa pigra* y est classée parmi les espèces constantes alors qu'elle est fréquente tout autour de la mare où elle est localisée dans les chenaux d'alimentation en eau. Ceci permet de dire que le taux d'infestation de *Mimosa pigra* est très élevé à l'intérieur et en bordure de Nianaka et que l'infestation vient d'un cours d'eau; ce qui est en conformité avec les travaux de Gueye (2015) qui révèlent un taux d'infestation de 93%. De plus, lorsque la crue du fleuve Gambie atteint une certaine hauteur, les eaux, par le biais des chenaux, inondent les mares les plus importantes telle que Nianaka (Boureima, 2008). Dalafouronté, quant à elle, est caractérisée par la présence constante de *Vetiveria nigricana* à l'intérieur de la mare et par la même espèce et *Mitragyna inermis* en bordure. *Vetiveria nigricana*, espèce fixatrice de berges, couvre une bonne partie de la mare, de la bordure à l'intérieur de celle-ci. Ce site est aussi marqué par l'absence de *Mimosa pigra* bien qu'étant alimenté par le fleuve Gambie, principale source d'infestation connue pour le parc. La présence et le taux de recouvrement élevé de *Vetiveria nigricana* à l'intérieur de la mare de Dalafouronté, pourrait s'expliquer par le fait que la mare est relativement plate, due à l'ensablement et au comblement. Cette topographie ne favorise pas le développement de *Mimosa pigra* puisque selon Bâ et al. (2008) cette espèce n'est présente que dans les vallées et les

dépressions inondées pendant une bonne partie de l'année.

Donc, *Mimosa pigra* est présente exclusivement à la mare de Nianaka, notamment à l'intérieur et en bordure, avec un taux de recouvrement très élevé.

Abondance des espèces

Dalafourounté : Autour de la mare, *Pterocarpus erinaceus* est l'espèce classée constante qui enregistre l'indice d'abondance dominante la plus élevée (2,7). Toutes les autres espèces présentent un indice d'abondance dominante moyenne compris entre 0,02 et 2. Ce qui veut dire que *Pterocarpus erinaceus* a un recouvrement minimal de 5% et un maximal de 25% de la surface autour de la mare. *Vetiveria nigricana* est la seule espèce constante aussi bien en bordure qu'à l'intérieur de la mare et présentant une abondance dominante moyenne élevée de 5 et 3,5 respectivement. Ceci s'explique par le fait que cette espèce a un taux de recouvrement compris entre 75 et 100% de la surface en bordure et de 25 à 50% de la surface de l'intérieur de la mare comme définit par Gillet (2000).

Nianaka : *Guiera senegalensis* a une abondance dominante moyenne élevée et égale à 3,2 correspondant à un taux de recouvrement compris entre 25 et 50% de la surface autour de la mare selon Gillet (2000). Par la même occasion, *Mimosa pigra* couvre entre 0 et 0,1% de cette surface. En bordure de la mare, *Vetiveria nigricana*, *Mimosa pigra* et *Mitragyna inermis* sont constantes et montrent une abondance dominante moyenne élevée et égale à 4, 2,6 et 2 respectivement. Ce qui se traduit par un recouvrement de 50 à 75% pour *Vetiveria nigricana* et 5 à 25% pour les deux autres (Gillet, 2000). Dans la mare, *Mimosa pigra* est la seule espèce constante présentant une abondance dominante moyenne élevée de 5. Ce résultat se traduit par un taux de recouvrement de cette espèce à l'intérieur de la mare compris entre 75 et 100% d'après Gillet (2000). Ce qui est en concordance avec les résultats des travaux de Gueye (2015) qui révèlent que le taux d'occupation de cette

espèce dans la mare de Nianaka est 93%. Donc, *Mimosa pigra* est présente au niveau de la mare de Nianaka avec un degré d'infestation très élevé.

Conclusion

Dans cette étude, nous avons voulu, dans un contexte d'invasion biologique par *Mimosa pigra*, caractériser aux plans pédologique et phytosociologique, les mares de Nianaka et de Dalafourounté, toutes deux localisées dans le Parc National du Niokolo Koba. Les résultats obtenus montrent que ces sites présentent chacun une texture très fine et une absence d'effet de la granulométrie sur présence ou l'absence de *Mimosa pigra* dans les mares. De plus, le pH_{H2O} est un facteur intervenant dans le succès invasif de cette espèce dans ces mares caractérisées par richesse en azote. Au plan phytosociologique, il apparaît que *Mimosa pigra* est présente exclusivement à la mare de Nianaka avec un taux d'occupation très élevé, notamment à l'intérieur et en bordure de celle-ci. En outre, *Mimosa pigra* s'est révélée très compétitive par rapport à la végétation arbustive et herbacée en bordure et à l'intérieur des mares. Cette étude devrait être étendue sur toutes les mares du parc, envahies ou non par *Mimosa pigra* et susceptibles de l'être, afin de mieux cerner cette problématique d'invasion biologique. Des recherches sur le comportement des populations de cette invasive par rapport au pH_{H2O} devraient être approfondies.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

La collecte de données de terrain, leur traitement, leur analyse et la rédaction du manuscrit ont été assurés par MG alors que KN s'est chargé de la relecture et de la mise au point de l'article. Tous les auteurs ont participé à l'élaboration du manuscrit et ont donné leur accord pour sa publication.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'endroit de Monsieur César Bassène enseignant-chercheur à l'Université Gaston Berger de Saint-Louis et à Monsieur Camara, responsable de l'herbier du département de biologie végétale à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar de m'avoir aidé à l'identification de certaines espèces végétales. J'exprime toute ma gratitude à Monsieur Dominique Masse et à Madame Cormier de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour leur appui combien appréciable aux analyses pédologiques.

REFERENCES

- Adam JG. 1971. Le milieu biologique, flore et végétation. In *Le Niokolo Koba, Premier Grand Parc National de la République du Sénégal*. G.I.A : Dakar ; 43-62.
- Anonyme. 2001. Cours de pédologie appliquée II. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès.
- Arbonnier M. 2010. Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD/MNHN, 576 p.
- Bâ AT, Noba K, Sambou B, Goudiaby A, Mbaye MS. 2008. Etude botanique et éco-physiologique de *Mimosa pigra* et *Mitragyna inermis* pour une stratégie de contrôle de ces plantes envahissantes dans les mares de Simenti et de Kountadala du Parc National du Niokolo Koba (Sénégal). 49p+ annexes.
- Bassène C. 2008. *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (*Lamiaceae*) dans les systèmes agropastoraux de la communauté rurale de Mlomp : étude de quelques aspects de la biologie, de l'écologie et proposition de méthodes de contrôle. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar. 107 p.
- Bérhaut J. 1967. Flore du Sénégal, deuxième édition, Clairafrique, Dakar, 485p.
- Bérhaut J. 2011. Nouvelle Flore illustrée du Sénégal et des régions voisines. Version électronique, édition complète réalisée par Jacques MUGNIER
- Biaze D. 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. Institut National de la recherche agronomique, 172p.
- Boureima A. 2008. Réserves de biosphère en Afrique de l'Ouest, 68p.
- Braun-Blanquet J. 1932. *Plant Sociology. The Study of Plant Communities*. New York, London: McGray Hill; 439p.
- Caratini R, 1985. *Botanique 4*. Bordas : Paris, France.
- Cronk QB, Fuller JL. 1995. *Plant Invaders: The Threat to Natural Ecosystems*. Chapman & Hall : London, UK.
- Diouf F. 2010. Détermination du potentiel infectieux en rhizobiums symbiotiques de *Mimosa pigra* et *Mimosa pudica* de sols du Sénégal. Mémoire de DEA, 59p +annexes.
- DPN. 2000. Plan de gestion du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie. Direction des Parcs Nationaux. Ministère de l'Environnement.131p.
- Gillet F. 2000. La phytosociologie synusiale intégrée : Guide méthodologique, Université de Nauchâtel-Institut de Botanique. Docu. Labo. Ecol. Vég. 68 p.
- Godron M. 1968. Quelques applications de la notion de fréquence en Ecologie végétale. *Oecol. Plant*, **3** :185 - 212
- Gueye M. 2014. Modélisation climatique et pédologique de la distribution de *Mimosa pigra* L.: Analyse de sa dynamique invasive en Afrique et au Parc National du Niokolo Koba. Travail de Fin d'Etudes, Université de Liège, Belgique. 69p.
- Gueye M. 2015. Dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans un contexte de variabilité du régime hydrologique au Sénégal. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **26**(1): 4023-4035.
- Jamagne M. 1967. Base et techniques d'une cartographie des sols. *Ann. Agron.*, **18** : 142p.
- Lonsdale WM. 1988. Litterfall in an Australian population of *Mimosa pigra*, an invasive tropical shrub. *Journal of Tropical Ecology*, **4**: 381–392.

- Lonsdale WM, Miller IL, Forno IW. 1989. The Biology of Australian Weeds 20. *Mimosa pigra* L. *Plant Protection Quarterly*, 4(3): 119 – 130.
- Lonsdale WM, Miller IL, Forno IW. 1995. *Mimosa pigra* L. In *The biology of Australian Weeds*, Groves RH, Sheppard RCH, Richardson RG (eds). R.G. and F.J. Richardson Publishers: Melbourne, Australia; 169–188
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in Aliens 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.
- McNeely AJ, Mooney HA, Neville LE, Schei PJ et Waage JK. 2001. Global Invasive Species Programme
- Praneetvatakul S. 2001. An Impact Assessment of ACIAR Research Projects on Biological Control in Thailand. In Impact Assessment of Forty-Nine Thailand/Australia Collaborative Projects Funded by ACIAR during 1983 – 1995 (Working Paper Series No.38), S Isvilanonda, S Praneetvatakul, C Sangkapituk, A Sattarasart, C Singhaprecha, P Sirisupluxana.
- Ndiaye A. 2000. Etat des lieux des principales mares et salines du Niokolo Koba. Projet FAC/FEM de Réhabilitation du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie.
- Ndiaye M. 2012. Évaluation de l'efficacité de la gestion du Parc National de Niokolo Koba (Sénégal). Travail de Fin d'Études, Université de Liège, Belgique. 106p.
- Renaud PC, Gueye MB, Hejcmanová P, Antoninova M, Samb M. 2006. Inventaire aérien et terrestre de la faune et relevé des pressions au Parc National du Niokolo Koba, 44p.
- Schneider A, Sambou K. 1982. Prospection botanique dans les Parc nationaux du Niokolo Koba et de Basse Casamance : Recherche scientifique dans les parcs nationaux du Sénégal, Mémoire de l'IFAN, n°92, pp.101-102.
- Vanden BC. 1982. Initiation à l'étude de la végétation. 3^e Edn, Jardin Botanique National de Belgique, 263 p.
- Walden D, Finlayson CM, Van Dam R, Storrs M. 1999. Information for a risk assessment and management of *Mimosa pigra* in Tram Chim National Park, Viet Nam. Proceeding of the EnviroTox'99 International Conference, 160 – 170.

Gestion des plantes invasives: cas de *Mimosa pigra* au Parc National du Niokolo Koba

[Invasive plants management: case of *Mimosa pigra* at Niokolo Koba National Park]

Mallé GUEYE¹, Mohamed Talla CISSE², Fatou NDOYE³, and Kandoura NOBA³

¹Parc National du Niokolo Koba, BP 37, Tambacounda, Sénégal

²Département des Sciences expérimentales, UFR des Sciences et Technologies, Université de Thiès, Thiès, Sénégal

³Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Département de Biologie végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Sénégal

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study was in one hand to characterize *Mimosa pigra* populations in three ponds in the Niokolo Koba National Park and in the other hand to determine an efficient controlling method of this invasive species. We characterized *M. pigra* populations by estimating at each pond total seed production per plant, number of infructescences per plant, number of pods per infructescence, number of seeds per pod, variability in seed weight, seed floating capacity, and germination rate. To achieve the second part of our goal, an experiment had been conducted during three years and consisted to compare three control methods such as "stripping topsoil combined with excavation depth of 20 cm," "uprooting seedlings using a hoe" and "uprooting seedlings using a hoe associated with the mulch followed by burning". The experimental design was a completely randomized block with four replicates per treatment comparing the three control methods on single plots of 3x2 m. We found that seed production was higher in *M. pigra* population of Simenti pond than in those of Kountadala and Nianaka. However, seed weight, floating capacity and germination rate were higher in Kountadala site than in the two others. For control methods, "stripping combined with excavation" and "uprooting combined with burning" showed statistically identical results best than the "uprooting" method. Therefore, we recommend the use of stripping combined with excavation as invasive *M. pigra* control method in the Niokolo Koba National Park.

KEYWORDS: Pond; Biological characteristic; Stripping topsoil; Excavation; Uprooting; Burning; Control method.

RESUME: Cette étude a pour objectif de caractériser les populations invasives de *Mimosa pigra* dans trois mares du Parc National du Niokolo Koba et de déterminer une méthode efficace de contrôle de cette espèce. Nous avons estimé dans chaque mare la production de graines par plante, le nombre d'infructescences par plante, le nombre de gousses par infructescence, nombre de graines par gousse, la variabilité du poids des graines, leur flottabilité et leur taux de germination. En outre, nous avons conduit des essais sur 3 ans pour comparer trois méthodes de contrôle de *M. pigra* (décapage + excavation, déracinement, déracinement + brûlage) en mesurant la régénération des plantes après le traitement. Une randomisation complète avec 3 blocs a été mise en place et chaque traitement répété 4 fois dans chaque bloc sur des parcelles de 3x2 m. Nous avons utilisé l'analyse de la variance pour le traitement des données. Les résultats ont montré que les populations de *M. pigra* de la mare de Simenti produisent deux fois plus de graines que celles de Kountadala et Nianaka. Par contre, le poids, la flottabilité et le taux de germination des graines sont plus élevés à Kountadala que les chez les deux autres. En ce qui concerne les méthodes de contrôle, le « décapage + excavation » et le « déracinement+brûlage » montrent des résultats statistiquement identiques et meilleurs que la méthode « déracinement ». Le « décapage + excavation » semble être la meilleure méthode de contrôle des populations invasives de *M. pigra* dans le parc.

MOTS-CLEFS: Mare; Caractéristique biologique ; Décapage ; Excavation; Déracinement ; brûlage ; Méthode de contrôle.

INTRODUCTION

Les espèces exotiques invasives sont des espèces qui envahissent et menacent des écosystèmes et des habitats variés. Ce sont des espèces à nuisance économique et environnementale [1].

Le coût économique mondial associé aux espèces invasives, se chiffre en milliards de dollars chaque année [2]. L'impact économique de ces espèces est directement lié à leur impact sur les écosystèmes. La perte de biodiversité et l'altération du fonctionnement des écosystèmes sont les dommages les plus fréquemment associés aux espèces invasives.

C'est le cas de l'amourette (*Giant sensitive* en anglais), *Mimosa pigra* qui est native d'Amérique centrale (Mexique) et du Nord de l'Amérique du Sud. Depuis plus de deux décennies, le Parc National du Niokolo Koba a vu l'état de sa conservation se dégrader de jour en jour. L'une des causes les plus avancées est la dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans l'aire protégée. En effet, cet arbuste est capable d'envahir rapidement les mares et d'y rester immergé pendant longtemps. Cette invasion rapide de cette espèce est due à des facteurs environnementaux et anthropiques [3] ainsi qu'à des facteurs intrinsèques à l'espèce liés à sa grande capacité de production en graines et aux possibilités de germination de ses semences.

Mimosa pigra est une espèce végétale faisant partie des 100 espèces invasives les plus problématiques au monde [4]. Elle est considérée comme l'espèce la plus invasive dans les zones marécageuses tropicales [5]. Elle forme des bosquets impénétrables, denses et épineux dans les milieux humides, les prairies naturelles inondables et les pâturages, les transformant ainsi en milieux quasi monospécifiques et improductifs. Elle envahit les forêts marécageuses bordant les plaines inondables, où elle forme un sous-bois dense, et ombre les plantules d'arbres indigènes [6].

En Afrique, *Mimosa pigra* est présent à l'heure actuelle dans 43 pays [7]. Elle envahit les mares, les marécages, les zones temporairement inondées et les canaux. Au Sénégal, l'espèce est présente dans les vallées et les dépressions inondées pendant une bonne partie de l'année [8]. Elle pousse dans des zones inondées pendant longtemps ou sur les rivages des cours d'eau.

Cette grande capacité d'invasion semble être liée à la quantité de graines produites et aux conditions édaphiques notamment à l'humidité relative des sols favorable à la germination des semences. Il apparaît ainsi qu'en Australie, les plantes les plus productives en milieu réel ont été localisées dans un fourré au bord d'un lac peu profond, et ont eu une surface couronnée d'environ 8 m² produisant 11000 gousses par an, équivalent à environ 220 000 graines [9]. Cependant, dans une zone un peu plus sèche, les plantes les plus productives, poussant à proximité d'une plaine inondable, ont eu une zone couronnée similaire, mais avec une production de 3100 gousses par an, soient environ 63000 graines. Un individu de l'espèce peut produire jusqu'à 220000 graines par an [10].

Une étude réalisée par [11] au sein du delta du Mékong au Vietnam a révélé que le nombre moyen de semences dans la terre arable est de 100 graines par mètre carré. En revanche, une moyenne de 12000 graines par mètre carré a été signalée dans une zone au nord de l'Australie [9]. Parallèlement, [12] ont montré que plusieurs mares du Parc National du Niokolo Koba sont colonisées par cette plante invasive avec un degré d'infestation très sévère. Toutefois, aucune donnée sur les caractéristiques des graines de cette espèce invasive au Sénégal n'est encore disponible encore moins une méthode de contrôle. Il s'avère donc important de mener des recherches dans ce sens pour une meilleure gestion possible de ses populations invasives.

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée afin de caractériser les populations de *Mimosa pigra* du point de vue de la production, de la variabilité du poids des graines, de la capacité de flottabilité et de la germination. A cela s'ajoute la recherche d'une stratégie de contrôle de *Mimosa pigra* qui constitue un enjeu fondamental pour restaurer les écosystèmes envahis.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le Parc National du Niokolo Koba notamment dans les mares de Simenti, Kountadala et Nianaka faisant partie des mares les plus importantes de cette aire protégée [13]. Le parc est situé dans le sud-est du Sénégal, entre les parallèles 12°30 et 13° 20 de latitude nord et entre les méridiens 18°30 et 13°42 de longitude ouest, sur la limite des régions administratives de Tambacounda, de Kolda et de Kédougou [14]. Il couvre une superficie de 9 130 km² en comptant la zone tampon [15].

Le climat, de type soudanien (900-1200 mm de pluie) avec une saison pluvieuse allant de juin à octobre, favorise une végétation de transition entre la savane soudano-guinéenne et la savane guinéenne [15]. Selon les mêmes auteurs, le

système hydrographique du Parc représente plus de 10% du bassin versant du fleuve Gambie (77000 km²) qui le parcourt sur près de 200 km. Ses deux affluents majeurs sont la Koulountou à l'Ouest et le Niokolo à l'Est. Les crues de ces derniers dépendent des pluies locales et celles en provenance de la République de Guinée. Ces apports latéraux contribuent à la crue rapide du fleuve Gambie malgré la faiblesse de la pente (0,27%) de son profil long dans le Parc [8]. Lorsque la crue du fleuve atteint une certaine hauteur, les eaux inondent les mares et y demeurent pendant plusieurs mois. Les mares sont essentiellement disposées le long des principaux cours d'eau (Gambie, Koulountou, Niokolo) avec lesquels elles sont interconnectées.

MATÉRIEL VÉGÉTAL

Il est constitué des populations de *Mimosa pigra* des mares de Simenti, Kountadala et Nianaka qui couvrent respectivement 11, 30 et 32 ha. *Mimosa pigra* est un arbuste buissonnant, drageonnant [16]. Elle atteint généralement 2 à 3 m de haut [8]. Toutefois, cette légumineuse peut atteindre jusqu'à 6 m de hauteur [20].

Cette espèce présente deux épines courbes opposées à la base du pétiole, une épine fine à la base de chaque paire de pinnules et deux épines opposées, l'une droite, l'autre courbe ou parfois les deux à peu près semblables entre les paires de pinnules [8]. Les feuilles alternes, composées bipennées sont constituées de 5 à 16 paires de pinnules de 3 à 8 cm avec 12 à 30 paires de foliolules [8]. Elles sont sensibles et présentent un rachis qui mesure 8 à 12 cm de long. L'infructescence peut porter une grappe de 1 à 30 gousses pubescentes.

Les fruits sont des gousses plates articulées, de couleur marron à maturité, étalées en éventail par 5 à 10 au sommet d'un pédoncule de 4 cm. La surface du fruit est couverte de longs poils dorés, hirsutes et entrecroisés. Ces poils leur permettent de flotter sur l'eau et d'adhérer aux cheveux ou vêtements, donc contribue beaucoup à sa dispersion [17]. Au nord de l'Australie, le nombre moyen de graines par gousse est 21, avec 7,1 gousses par infructescence [18].

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie d'étude a consisté à la caractérisation des populations de *Mimosa pigra* dans les trois mares et à la détermination d'une méthode de contrôle de ces populations invasives.

CARACTÉRISATION DES POPULATIONS DE MIMOSA PIGRA DES MARES

Pour caractériser les populations de *Mimosa pigra* dans les trois mares, une série d'échantillonnage et de mesures a été réalisée. Les mares de Nianaka, Simenti et Kountadala sont occupées par les peuplements denses impénétrables de *Mimosa pigra* à hauteur de 93, 47 et 99%, respectivement. Dans chacune des trois mares retenues pour cette étude, 30 plantes individualisées ont été sélectionnées au hasard dans la population de *Mimosa pigra*. Pour évaluer la production en graines de cette espèce végétale, sur chaque plante, le nombre total d'infructescences par plante (NIP), le nombre de gousses par infructescence (NGI) et le nombre de graines par gousse (NGG) ont été déterminés. Sur chacune des 30 plantes sélectionnées, 10 graines ont été choisies au hasard et le poids sec de chaque graine déterminé à l'aide d'une balance de précision. Le nombre total de graines par plante (P) a été calculé par la formule $P = NIP \times NGI \times NGG$.

Pour déterminer la durée de flottabilité des gousses, 5 ont été choisies sur les gousses déjà récoltées et par site. Chaque gousse a été segmentée en autant de parties que de graines la constituant. Pour chaque site, 3 lots de 20 segments chacun ont été choisis et mis dans des gobelets remplis d'eau provenant des mares envahies par *Mimosa pigra*. Un suivi régulier de 24 heures des gobelets a été effectué.

Pour déterminer les caractéristiques germinatives des graines de *Mimosa pigra*, des gousses ont été récoltées sur les 30 plantes préalablement choisies puis les graines ont été extraites. Ces dernières ont été scarifiées par abrasion avec du papier-sable pour lever l'inhibition tégumentaire. Pour chaque site, 100 graines de *Mimosa pigra* ont été sélectionnées puis placées dans des boîtes de Pétri contenant de la vermiculite humidifiée et recouvertes d'un papier filtre. Les boîtes fermées par du parafilm ont été placées au laboratoire à température ambiante et le taux de germination des graines a été suivi au quotidien pendant 10 jours.

DETERMINATION D'UNE METHODE EFFICACE DE CONTROLE DES POPULATIONS DE MIMOSA PIGRA

La deuxième partie de cette étude a consisté à la préparation du périmètre expérimental en première année et à la réalisation de l'expérimentation aux deuxième et troisième années.

Une année avant la mise en place de l'essai, le périmètre expérimental a été préparé. Pour ce faire ; une superficie de 4180 m² a été délimitée dans la mare de Nianaka occupée par *Mimosa pigra*, ensuite, toutes les gousses, des plantes sur pied se trouvant dans le périmètre, ont été minutieusement collectées et mises dans des sacs pour éviter la dissémination des graines. Une opération de coupe à blanc (au collet) des plantes de *Mimosa pigra*, suivie du ramassage des débris et de la mise en sac ont été réalisés. Elles ont par la suite été dessouchées à une profondeur de 30 cm suivant un carré de 0,5 m de côté autour de la plante (rhizosphère). Les trous réalisés, à cet effet, ont été rebouchés avec la terre végétale préalablement enlevée puis compactés. Enfin, toute la biomasse obtenue au terme de ces opérations de coupe et de dessouchage, a été transportée hors de la mare.

Un an après la préparation du périmètre expérimental, le comptage du nombre de plantules et du nombre de rejets sur l'ensemble de la parcelle a été effectué avant la mise en place de l'expérience. Le dispositif expérimental qui est en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions comparant 3 méthodes de contrôle sur des parcelles unitaires de 3x2 m (6 m²). Chaque traitement a été répété 3 fois à l'intérieur de chaque bloc soit au total 36 unités expérimentales (Figure 1). Les trois niveaux du facteur méthode de contrôle étudié sont : décapage de la terre végétale et excavation de 20 cm de profondeur (modalité A) ; déracinement des plantules à l'aide d'une houe (modalité B) ; déracinement des plantules à l'aide d'une houe + paillage de la parcelle unitaire combiné au brûlage (modalité C).

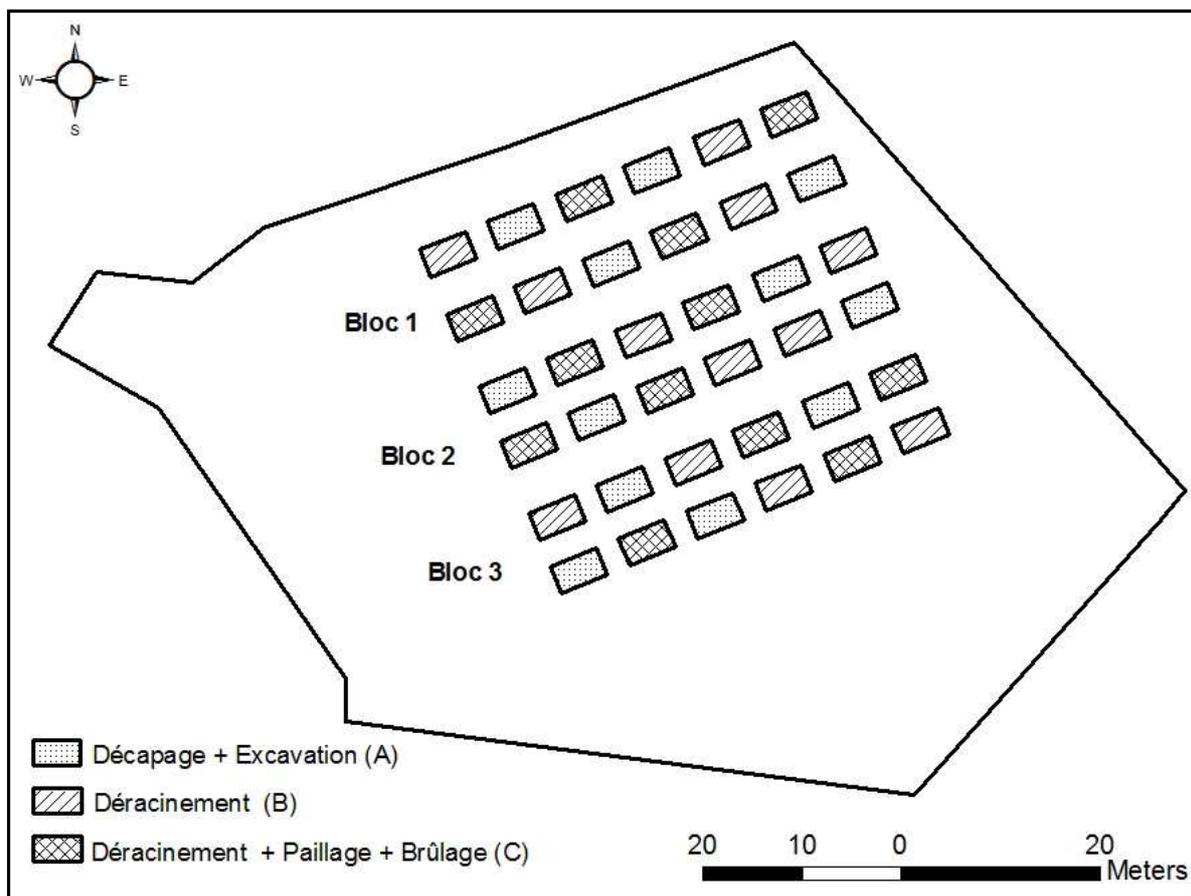


Fig. 1: Plan du dispositif expérimental

Au cours de la troisième année de cette étude, une série d'observations et mesures ont été réalisées sur la parcelle expérimentale. Elles ont concerné le nombre de plantules et de rejets relevé au niveau de toutes les unités expérimentales afin de comparer l'efficacité des méthodes de contrôle appliquées.

ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel Statistix (version 8.1) suivant une analyse de la variance (ANOVA). Le test de Tukey a été utilisé pour comparer les moyennes des variables au seuil de probabilité de 5 % ($P < 0,05$) [19].

Les corrélations entre le nombre total de graines par plante et ses composantes (le nombre d'infructescence par plante, le nombre de gousse par infructescence, le nombre de graine par gousse) ont été déterminées. Parallèlement, les corrélations entre le poids des graines, la capacité flottante et le taux de germination ont été également vérifiées. Les coefficients sont calculés à partir des 30 observations. Cette analyse est associée à un seuil de probabilité déterminant les corrélations significatives qui sont marquées à $P < 0,05$.

RÉSULTATS

PRODUCTION DE GRAINES ET SES COMPOSANTES

Les résultats de l'ANOVA appliquée sur les données obtenues n'ont révélé qu'une différence très hautement significative entre le nombre d'infructescences par plante au niveau des sites ($F = 29,33$; $P < 0,0001$) (Tableau 1) et entre le nombre de graines par gousse ($F = 18,41$; $P < 0,0001$) enregistré dans ces mêmes sites (Tableau 2).

Tableau 1: Résultats ANOVA appliquée sur le nombre d'infructescence par plante

Source de variation	DF	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Site	2	7733,1	3866,54	29,33	0,0000
Plante	29	3999,2	137,9	1,05	0,4304
Erreur	58	7646,2	131,83		
Total	89	19378,5			

Tableau 2: Résultats ANOVA appliquée sur le nombre de graines par gousse

Source de variation	DF	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Site	2	129,206	64,6029	18,41	0,0000
Plante	29	142,945	4,9291	1,4	0,1348
Erreur	58	203,506	3,5087		
Total	89	475,657			

De plus, cette même analyse statistique laisse apparaître une différence non significative ($P > 0,05$) entre le nombre moyen de gousses par infructescence au sein de la population et par site (Tableau 3).

Tableau 3: Résultats ANOVA appliquée sur le nombre moyen de gousses par infructescence

Source de variation	DF	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Site	2	3,8134	1,90668	1,56	0,2178
Plante	29	16,9613	0,58487	0,48	0,9832
Error	58	70,6686	1,21842		
Total	89	91,4432			

En outre, la production de graines par plante de *Mimosa pigra* varie de manière hautement significative selon les sites ($F = 11,41$; $P = 0,0001$) (Tableau 4).

Tableau 4: Résultats ANOVA appliquée sur le nombre total de graine produite par plante

Source de variation	DF	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Site	2	1,642E+07	8212118	11,41	0,0001
Plante	29	1,919E+07	661754	0,92	0,5884
Erreur	58	4,176E+07	719967		
Total	89	7,737E+07			

Cependant, quelque soit le site, l'influence de la plante sur le nombre total de graines n'est pas significative ($F = 0,92$; $P < 0,05$). Par ailleurs, les résultats de l'ANOVA montrent que le poids des graines de *Mimosa pigra* est différent entre les sites et au sein d'une même population à un niveau très hautement significatif ($F = 75,34$; $P < 0,0001$; $F = 4,10$; $P < 0,0001$) (Tableau 5).

Tableau 5: Résultats ANOVA appliquée sur le poids des graines

Source de variation	DF	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Site	2	1987,58	993,791	75,34	0,0000
Plante	17	918,72	54,042	4,10	0,0000
Erreur	520	6859,05	13,190		
Total	539	9765,35			

Les tests de comparaisons multiples de Tukey appliqués sur ces données laissent apparaître deux groupes homogènes distincts (a et b) en ce qui concerne le nombre d'infructescences par plante. Il s'agit du site de Simenti avec en moyenne 30,56 infructescences par plante contre ceux de Kountadala et Nianaka avec en moyenne 10,94 infructescences par plante (Figure 2).

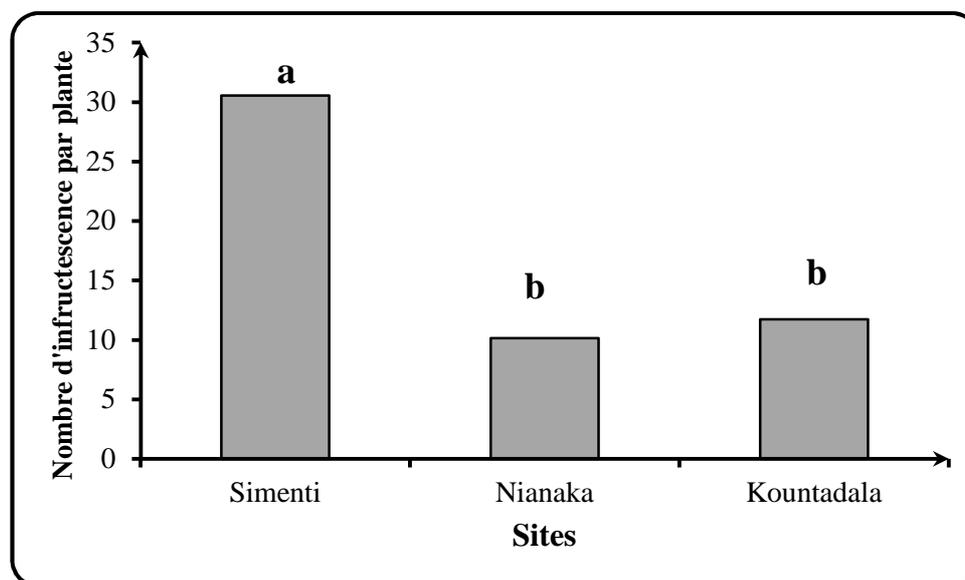


Fig. 2 : Nombre moyen d'infructescences par plante dans chaque site

Parallèlement, le nombre de graines par gousse est significativement plus élevé chez les plantes des sites de Nianaka et de Kountadala que dans celles de Simenti (Figure 3).

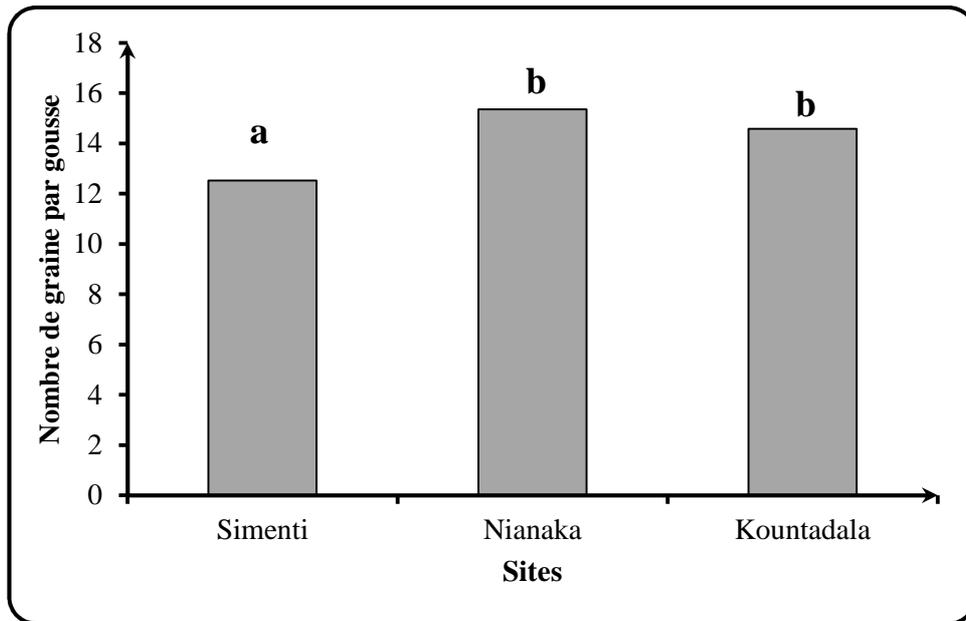


Fig. 3 : Nombre moyen de graines par gousse dans chaque site

En ce qui concerne les tests appliqués sur le nombre moyen de gousses par infructescence dans les différents sites, les résultats (figure 4) montrent que ce nombre varie en fonction des sites et est plus important à Kountadala, puis à Simenti, suivi de Nianaka avec respectivement 3,88 ; 3,48 et 3,41 gousses par infructescence.

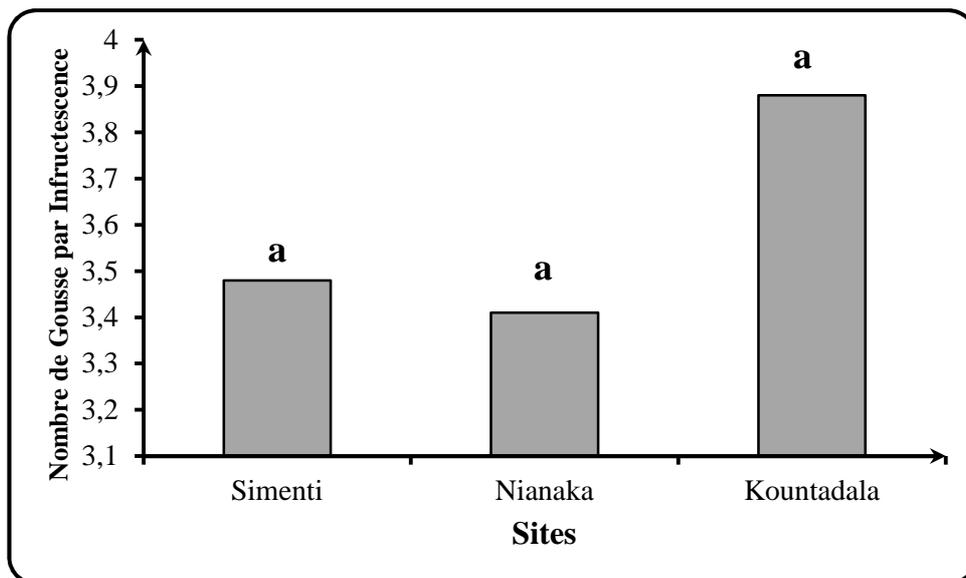


Fig. 4 : Nombre moyen de gousse par infructescence dans chaque site

En outre, le test de Tukey montre que la population de *Mimosa pigra* de Simenti enregistre la production en graines la plus élevée avec 1493,1 graines contre celles de Kountadala et Nianaka qui affichent en moyenne 596,8 graines par plante (Figure 5).

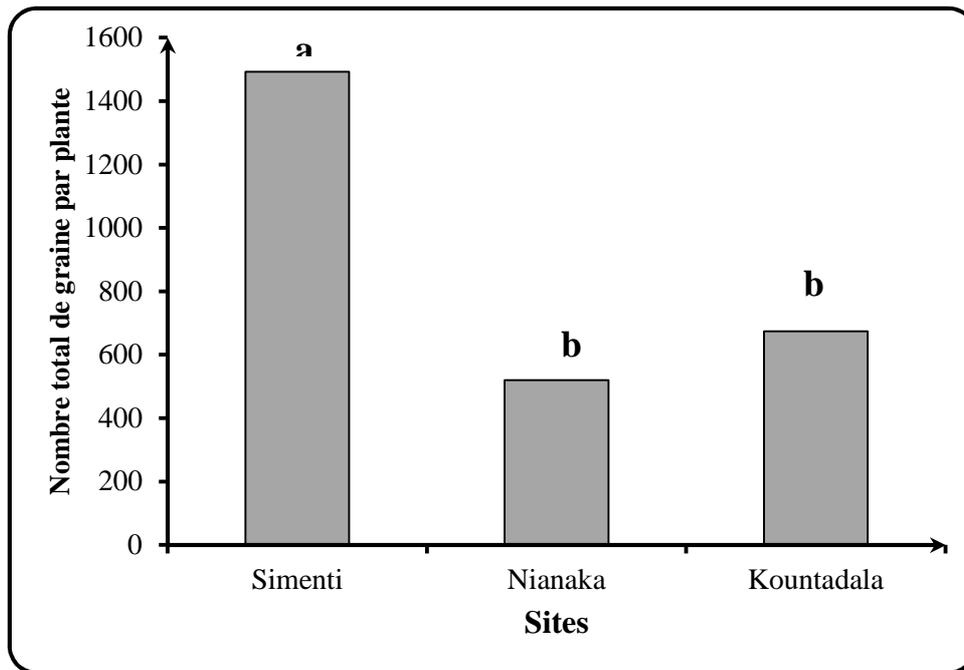


Fig. 5 : Nombre total moyen de graines par plante dans les sites

Par ailleurs, ce même test de Tukey appliqué sur le poids des graines révèle trois groupes homogènes distincts (a, b et c) correspondant aux sites de Kountadala, Simenti et Nianaka avec respectivement 21, 18 et 16 mg (Figure 6).

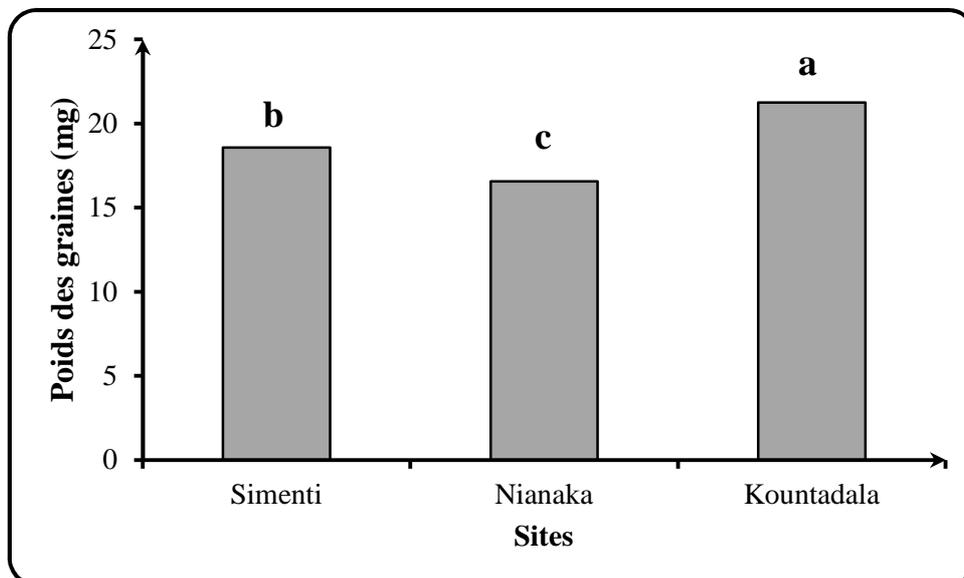


Fig 6 : Poids moyen des graines par site

CORRELATION ENTRE LES DIFFERENTES COMPOSANTES DE LA PRODUCTION DE GRAINES

Le tableau 6 présente les coefficients de corrélation entre les différents paramètres de rendement de *Mimosa pigra* respectivement dans les sites de Nianaka, Kountadala et Simenti.

Les résultats de l'analyse montrent que le nombre total de graines par plante (P) est significativement corrélé au nombre d'infructescence par plante et au nombre de graines par gousse dans le site de Nianaka alors que dans le site de Kountadala, il est significativement corrélé aussi bien au nombre d'infructescences par plante qu'au nombre de gousses par infructescence et au nombre de graines par gousse. Dans le site de Simenti, une corrélation positive significative est observée entre les quatre variables mesurées.

Tableau 6 : Matrice de corrélation des caractéristiques botaniques de *M. pigra* dans les sites de Nianaka, Kountadala et Simenti

Sites	Variables	NIP	NGI	NGG	P
Nianaka	NIP	1	-0,283937	0,061468	0,765713 *
	NGI		1	0,100665	0,282558
	NGG			1	0,430731 *
	P				1
Kountadala	NIP	1	0,134301	0,044004	0,75515*
	NGI		1	-0,013041	0,606567*
	NGG			1	0,383006*
	P				1
Simenti	NIP	1	0,508175*	0,045691	0,911871*
	NGI		1	0,110228	0,716582*
	NGG			1	0,264004
	P				1

NIP : Nombre d'infructescences par plante ; NGI : Nombre de gousses par infructescence ; NGG : Nombre de graines par gousse ; P : Nombre total de graines par plante ; * : Corrélation significative ($P < 0,05$).

CAPACITE FLOTTANTE DES GOUSSES, CAPACITE ET CINETIQUE DE GERMINATION DES GRAINES DE MIMOSA PIGRA

Les résultats du test de flottabilité des gousses de *Mimosa pigra* sont présentés sur la figure 7.

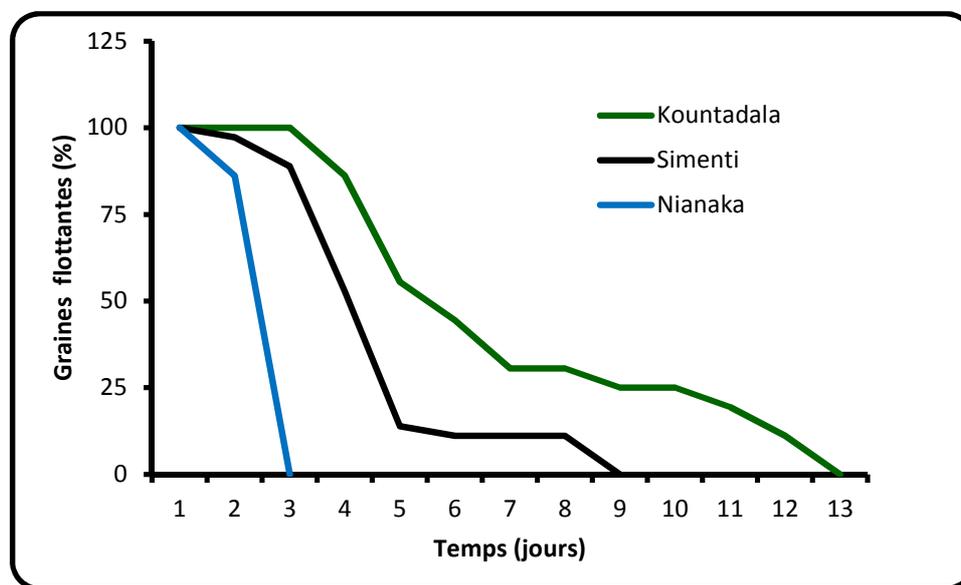


Fig. 7: Capacité flottante des graines de *Mimosa pigra*

Cette dernière montre que les gousses provenant des plantes de la mare de Kountadala ont une durée de flottabilité beaucoup plus importante (13 jours) comparé aux gousses collectées à Simenti et à Nianaka qui flottent dans l'eau respectivement pendant une durée de 9 et 3 jours.

Les résultats obtenus sur le test de germination des graines de *Mimosa pigra* (Figure 8) révèlent que les graines provenant des plantes de la mare de Kountadala ont le meilleur taux de germination avec 88,2 % en moyenne, suivi de celles de Simenti (82,6 %) et de Nianaka (40,6 %).

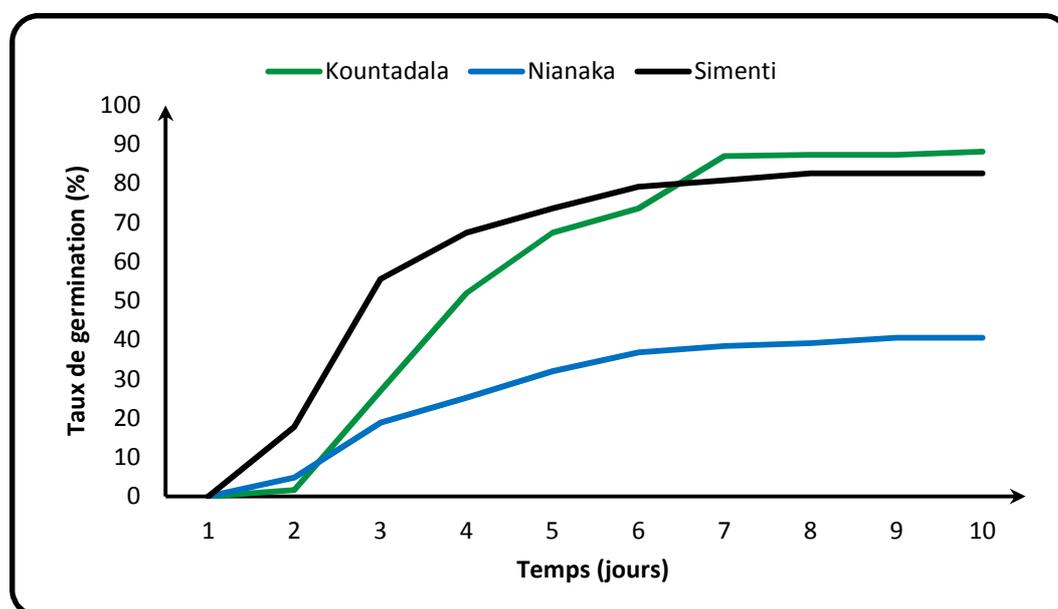


Fig. 8: Capacité et cinétique de germination des graines de *Mimosa pigra* provenant des trois sites

Cette même performance a été notée concernant la cinétique de germination. L'analyse de la figure 8 a également révélé que les graines en provenance de Nianaka et de Simenti ont commencé à germer dès le 1^{er} jour contrairement à celles de Kountadala qui ont débuté au 2^{ème} jour. Le taux de germination maximale est atteint au 6^{ème} jour pour les graines en provenance de Nianaka et de Simenti et au 7^e jour pour celles de Kountadala.

CORRÉLATION ENTRE LA FLOTTABILITÉ DES GOUSSES, LE TAUX DE GERMINATION ET LE POIDS DES GRAINES

Les résultats de l'analyse de corrélation effectuée sur les données des trois sites révèlent que la durée de la flottabilité est négativement corrélée au taux de germination et au poids des graines dans les sites de Kountadala et de Simenti (Tableau 7).

Tableau 7 : Matrice de corrélation de la flottabilité, germination et poids des graines de *M. pigra* dans les sites de Nianaka, Kountadala et Simenti

Sites	Variables	Flottabilité	Germination	Poids
Nianaka	Flottabilité	1	0.245145	-0.755929
	Germination		1	0.449366
	Poids			1
Kountadala	Flottabilité	1	-0.517975	-0.253820
	Germination		1	0.656652
	Poids			1
Simenti	Flottabilité	1	-0.918687*	-0.588822
	Germination		1	0.631718
	Poids			1

: Corrélation significative ($p < 0,05$)

Cette corrélation négative n'est significative ($P < 0,05$) qu'entre la durée de la flottabilité et le taux de germination des graines du site de Simenti. Par contre dans le site de Nianaka, la durée de la flottabilité est positivement corrélée au taux de

germination et négativement au poids des graines. Dans les trois sites, une corrélation positive est observée entre le taux de germination et le poids des graines.

METHODES DE CONTROLE DE MIMOSA PIGRA

Les résultats des statistiques descriptives appliquées sur les séries de données obtenues révèlent en moyenne 4,83 plantules par 0,25 m² et 1,65 rejet par 25 m² avec un coefficient de variation respectif de 69,1 et 74,2% (Tableau 8). Le nombre de plantules par unité de surface varie entre 0 et 14 tandis que le nombre de rejets fluctue entre 0 et 4.

Tableau 8: Résultats des statistiques descriptives sur le nombre de plantules et de rejets observés après la préparation du terrain à l'année 2

Type	Parcelle unitaire	Nombre d'observations	Moyenne	Variation (Nombre d'individu / unité de surface)	CV (%)
Plantule	0,5 x 0,5m	30	4,83	0 - 14	69,1
Rejet	5 x 5m	20	1,65	0 - 4	74,2

CV : Coefficient de Variation

Un an après l'application des traitements, les données obtenues sur le nombre de plantules (Tableau 9) révèlent une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les méthodes de contrôle.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse de la variance

Source de variation	Df	Somme des Carrés	Moyenne des Carrés	F	P
Bloc	2	28,5	14,25		
Traitements	2	165,167	82,583	12,99	0,0001
Erreur	31	197,083	6,35		
Total	35	390,75			

ANOVA : Analysis Of Variance (Analyse de Variance) ; Df : Degree of freedom (Degré de liberté) ; F : Fisher ; P : Probabilité

Le test de comparaison des moyennes de Tukey identifie deux groupes homogènes (a et b) (Figure 9). Le groupe (a) est constitué des traitements « Décapage + Excavation » et « Déracinement + Paillage + Brûlage » et le groupe (b) exclusivement du traitement « Déracinement ». Les parcelles sur lesquelles le décapage associé à l'excavation est appliqué enregistrent 0,58 plantule par unité de surface (0,25 m²) alors que celles dont le traitement est constitué par le déracinement associé au paillage et au brûlage donnent 2 plantules. De plus, la méthode de contrôle « Déracinement » affiche un nombre moyen de plantules égal à 5,66.

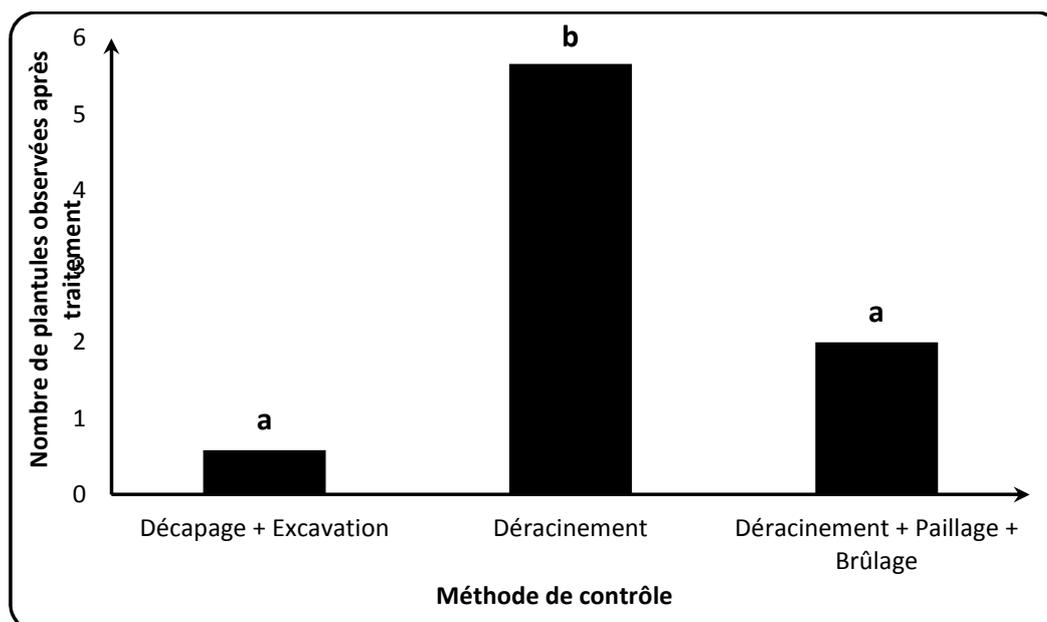


Fig. 9 : Nombre moyen de plantule enregistré après les traitements

DISCUSSION

PRODUCTION DE GRAINES ET SES COMPOSANTES

Les résultats obtenus ont montré que le nombre d'infructescences par plante est plus élevé chez les plantes de *Mimosa pigra* du site de Kountadala que dans les deux autres sites. Ceci résulterait d'un nombre de ramifications des plantes plus important dans ce site ; ce qui pourrait s'expliquer par l'effet des caractéristiques du sol sur la production d'infructescences. En effet, les travaux d'Ouafae (communication personnelle) sur *Jatropha curcas* montrent que le nombre de ramifications et par la même occasion la production de fruits augmentent dans les parcelles irriguées avec des eaux usées épurées comparativement à celles irriguées avec de l'eau pure. Parallèlement, les résultats de l'ANOVA montrent que la différence entre le nombre de graines par gousse est très hautement significative entre les populations des trois sites laissant apparaître deux groupes homogènes distincts entre ces sites. Ces résultats concordent bien avec ceux obtenus par [20] qui rapportent que chaque gousse de *Mimosa pigra* renferme 8 à 25 graines. De plus, au nord de l'Australie, le nombre moyen de graines par gousse est 21 contre 20,1 en Thaïlande et 14,2 au Mexique [18].

En définitif, le nombre de graines par gousse de *Mimosa pigra* enregistré dans le Parc National du Niokolo Koba est presque similaire aux résultats obtenus dans son aire d'origine.

En outre, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre le nombre de gousses par infructescence entre les populations de *Mimosa pigra* des trois sites. Ces résultats entrent dans la gamme définie par [17]. En effet, selon cet auteur, l'infructescence peut porter une grappe de 1 à 30 gousses pubescentes. De plus, cette production de gousses est légèrement supérieure à celle obtenue par [18] au Mexique (3 gousses par infructescence), pays d'origine de l'espèce étudiée ; et inférieure à la production dans les zones introduites comme au nord de l'Australie et la Thaïlande avec respectivement 7,1 et 5,7 gousses par infructescence. Cette situation pourrait s'expliquer par des conditions environnementales (les facteurs pédoclimatiques et les ravageurs) différentes entre son pays d'origine et les pays d'introduction dont le Sénégal ; ce qui limiterait le développement de *Mimosa pigra*. Par exemple, l'espèce est attaquée par plus de 400 espèces d'insectes herbivores et champignons parasites en Amérique ([21], [22]) alors qu'il y en a 10 fois moins dans les régions envahies d'Australie [23]. Ainsi, la production de gousses de *Mimosa pigra* au Sénégal est moins importante que celle obtenue en Australie et en Thaïlande. Toutefois, elle est supérieure à celle enregistrée dans son aire d'origine.

En ce qui concerne la production de graines par plante, la comparaison intersites montre qu'elle est différente entre les sites à un niveau très hautement significatif avec d'une part, Simenti qui enregistre la production la plus élevée contre Kountadala et Nianaka. Les populations de *Mimosa pigra* du site de Simenti produisent deux fois et demie de graines que

celles de Nianaka et Kountadala. Toutefois, ce taux de production est inférieur à celui obtenu en condition contrôlée par [24] qui démontrent que *Mimosa pigra* peut produire en serre en moyenne 8 000 graines par plante. Par ailleurs, au plan de la variabilité du poids des graines, le test de Tukey révèle une différence significative entre les sites. En effet, ce poids est plus élevé à Kountadala qu'à Simenti et Nianaka. Toutefois, ces résultats obtenus dans le Parc National du Niokolo Koba sur le poids des graines de *Mimosa pigra* sont différents de ceux obtenus en Australie par [20] qui donnent un poids moyen de 9 mg. Cette différence de poids des graines pourrait s'expliquer par une différence variétale entre les populations de *Mimosa pigra* du Sénégal et d'Australie qui sont tous les deux des zones envahies par cette espèce.

CAPACITÉ FLOTTANTE, CAPACITÉ ET CINÉTIQUE DE GERMINATION DES GRAINES DE MIMOSA PIGRA

Les résultats du test de flottabilité des gousses de *Mimosa pigra* révèlent que celles provenant de Kountadala mettent beaucoup plus de temps pour se déposer en profondeur, sous l'eau de la mare, avec une durée de 13 jours contrairement aux gousses collectées à Nianaka qui affichent la plus faible capacité flottante avec 3 jours. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les gousses collectées à Kountadala sont de meilleure qualité comparativement à celles récoltées chez les deux autres mares.

Les tests de germination réalisés sur les graines collectées au niveau des trois sites ont révélé que les graines en provenance de Nianaka et Simenti ont commencé à germer à partir du premier jour après la mise en place de l'expérimentation et au deuxième jour pour celles en provenance de Kountadala. Les graines récoltées à Simenti présentent plus de facilité à germer avec en moyenne 17 %, alors que celles de Nianaka et de Kountadala enregistrent respectivement un taux de 4% et 1% au deuxième jour. Toutefois, au terme des dix jours, le meilleur taux de germination est enregistré avec les graines en provenance de Kountadala, suivi de Simenti puis de Nianaka. Il semblerait que le niveau d'infestation de ces mares, qui est certainement lié à l'âge des populations de cette espèce au niveau de ces zones, aurait une influence sur le taux de germination car les mares les plus infestées présentent les taux de germination les plus élevés.

CORRÉLATION ENTRE LES PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

C'est seulement à Kountadala que le nombre total de graines par plante est positivement corrélé et de manière significative au nombre d'infructescences par plante, au nombre de gousses par infructescence et au nombre de graines par gousse. Ceci s'explique par le fait que le rendement en graines (production totale de graine par plante) est dépendant de toutes ses composantes pour le site de Kountadala contrairement à Simenti et Nianaka où ce paramètre est expliqué par le nombre d'infructescence par plante associé soit du nombre de graine par infructescence soit au nombre de graine par gousse selon le site (Simenti ou Nianaka).

De plus, l'analyse holistique des résultats obtenus fait ressortir une corrélation négative très forte entre le taux de germination et la flottabilité des graines pour le site de Simenti. En effet, au niveau de ce site, plus la capacité flottante est faible, plus le taux de germination est élevé et vice versa. Ce qui pourrait s'expliquer par la qualité des graines puisque l'expérience a montré que des graines de mauvaise qualité ont toujours tendance à avoir une durée de flottabilité plus grande que les bonnes graines. De plus, ces dernières donnent toujours de meilleurs taux de germination comparativement à celles de qualité moindre.

METHODES DE CONTROLE DE MIMOSA PIGRA

Les résultats de la statistique descriptive appliquée sur les séries de données obtenues révèlent que malgré le dessouchage de *Mimosa pigra* en première année, des rejets ont été décomptés sur l'ensemble du périmètre expérimental. Ceci s'explique par le fait que certaines de ces plantes n'ont pas été correctement coupées entraînant du coup leur régénération par rejet. Selon [25], la plante de *Mimosa pigra* peut être tuée si elle est coupée à environ 10 cm au-dessous du niveau du sol. Toutefois, si la coupe est effectuée entre 0 à 15 cm au dessus du sol, la plante ne meurt pas et repousse. Selon [26], la multiplication végétative se fait par rejets de souches ou de racines après leur coupe. Ce mode de propagation est noté généralement à la suite d'une attaque mécanique ou manuelle des peuplements de l'espèce.

Une moyenne de 4,83 plantules par 0,25 m² a été dénombrée sur l'ensemble du périmètre expérimental. Cette situation s'expliquerait par le fait que les graines des plantes matures qui occupaient le terrain l'année précédente étaient certainement tombées à la surface du sol lors des opérations de collecte des gousses et de dessouchage et les graines enfouies à une profondeur inférieure à 10 cm ont certainement germé l'année suivante. Ceci a été facilité par la saison des pluies favorisant ainsi la germination des graines de *Mimosa pigra*. En effet, cette période correspondant à la phase de

préparation du site d'essai a été marquée par des inondations allant de juillet à décembre avec en moyenne 1212 mm de pluies enregistrées. De plus, le niveau de remplissage du site (mare de Nianaka) est allé jusqu'à hauteur de 80 cm.

La surface du sol reçoit également beaucoup plus de graines que les couches inférieures du sol. Ce qui est attesté par les résultats de [27] dans deux régions au Nord de l'Australie (Bas Fleuve Adelaïde et Haut Fleuve Adelaïde). En effet, les résultats de cet auteur ont révélé qu'une grande partie des semences sont à la surface du sol dans les deux régions. Dans le Bas Fleuve Adelaïde, le nombre de graines à la surface est constamment plus important que dans la couche supérieure du sol, alors que l'inverse est observé pour la Haut Fleuve Adelaïde. Le nombre de graines diminue clairement en fonction de la profondeur dans le sol. En général, les graines enfouies dans le sol à une profondeur de plus de 10 cm ne germent avec succès que si elles sont ramenées à la surface [28].

A la troisième année, les résultats montrent que la différence entre les traitements appliqués est très hautement significative ($P < 0,001$). En effet, la méthode de contrôle « Décapage + Excavation » est sensiblement plus efficace que la méthode « Déracinement + Paillage + Brûlage ». Par contre, le traitement « Déracinement » enregistre 5,66 individus. Cette situation s'explique par le fait que bon nombre de graines enfouies dans le sol ont été enlevées sur une profondeur de 20 cm avec la méthode de contrôle (A) diminuant ainsi le nombre de graines dans la banque de semences, ce qui est confirmé par les résultats des recherches de [27]. En effet, selon ces auteurs, le nombre de graines diminue clairement en fonction de la profondeur dans le sol. C'est certainement le décapage de la terre végétale qui a entraîné l'enlèvement des graines du sol. A cela s'ajoute l'effet du remplissage de la mare par les eaux de pluies à plus de 80 cm sur une période de 7 mois. Les graines de *Mimosa pigra* peuvent germer toute l'année si le sol est humide mais non inondée. Cependant, la plupart des germinations ont lieu au début et à la fin de la saison humide.

La méthode (B) consistant en un déracinement exclusif a donné des résultats supérieurs à ceux obtenus en deuxième année en ce qui concerne le nombre moyen de plantules observés après application du traitement (5,66 contre 4,83). C'est certainement les graines qui étaient contenues sous la canopée en année 1 qui ont germé. En Australie, bon nombre de graines, environ 1500 graines/m² [29] germent sous la canopée à l'état libre, car elles se posent sur le sol nu et humide laissé par les eaux de décrue en mai et juin. Leur taux de survie pendant la saison sèche est faible et dépend largement de la disponibilité de sol humide. La méthode de contrôle (C) essentiellement basée sur l'usage du feu après le déracinement et le paillage vient en seconde position avec en moyenne 2 plantules décomptées par parcelle unitaire un an après l'application du traitement. Le feu a certainement stimulé la germination de la plupart des graines des couches superficielles du sol et que bon nombre de graines ont été tuées par la submersion de la mare due à la pluie et aux eaux de ruissellement. Dans certains cas, la dormance est levée par le feu [30]. Au Cambodge, les populations ont noté que le feu facilite la germination des diaspores de *Mimosa pigra* [31].

Toutefois, le test de Tukey de comparaisons multiples des moyennes identifie deux groupes homogènes (a et b) entre les traitements appliqués. Il s'agit d'une part du groupe (a) constitué des traitements (A) « Décapage + Excavation » et (C) « Déracinement + Paillage + Brûlage » et d'autre part du groupe (b) du traitement (B) « Déracinement ». Ce qui veut dire que les traitements (A) et (C) ont statistiquement les mêmes effets sur le contrôle des populations de *Mimosa pigra* avec une légère dominance de la méthode (A) en termes d'efficacité.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis de mettre en évidence quelques caractéristiques des populations invasives de *Mimosa pigra* et par la même occasion de comparer trois méthodes de contrôle de cette espèce dans trois mares au Parc National du Niokolo Koba. Il en est ressorti une variation intersites des paramètres étudiés. Les populations de *Mimosa pigra* de Simenti sont largement plus productives en graines que celle de Kountadala et Nianaka. En outre, le décapage de la terre végétale associé à l'excavation sur une profondeur de 20 cm semble être la meilleure méthode de contrôle de *Mimosa pigra* comparativement au déracinement exclusif et à la méthode « déracinement associé au paillage et au brûlage ». Toutefois, force est de savoir que ces résultats n'ont pu être obtenus que grâce à une gestion relativement bonne des graines en amont et en aval. Donc, pour une meilleure gestion de ces populations invasives, il faudra tout d'abord collecter minutieusement toutes les gousses et graines observées sur les plantes sur pied et celles ramassées au sol. Il s'en suivra une opération de coupe au collet des plantes à l'aide d'une tronçonneuse suivi d'un ramassage des débris et des gousses restantes à la surface du sol pour ensuite les incinérer ou bien les ensevelir en profondeur afin de diminuer les risques de dissémination. Après cette étape, un dessouchage sur une profondeur de 20 cm doit être réalisé suivi du décapage de la terre végétale. Au préalable, une analyse du sol (granulométrie) sur une profondeur de 1,5 m avec un intervalle régulier de 25 cm doit être effectuée pour déterminer l'épaisseur de la lame d'argile.

De plus, il est préconisé après ces opérations de procéder à une excavation, à l'aide d'un engin, sur une profondeur définie à partir des résultats de l'analyse granulométrique pour ne pas perturber l'imperméabilité de la mare. En outre, il faudra gérer la terre végétale soit par incinération ou bien par ensevelissement dans un grand fossé pour éviter la dissémination de la banque de semences éventuellement présente. Il faudra également couvrir de paille et brûler à l'essence le site excavé pour stimuler la germination des graines restantes.

Par ailleurs, le curage et le reprofilage des chenaux d'alimentation est indispensable pour assurer un remplissage correcte de la mare à partir du fleuve et la présence de l'eau pour une longue période afin de submerger et faire pourrir les graines germant après le passage du feu.

Enfin, un système de veille écologique devra être mis en place pour le suivi des mares face à une éventuelle recolonisation du milieu par *Mimosa pigra*.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement Ibrahim GUEYE, agent des Parcs Nationaux du Sénégal, Dr. Mamadou Tandian Diaw, enseignant-chercheur à l'École Nationale Supérieure D'agriculture de Thiès (Université de Thiès) pour leurs commentaires sur le manuscrit. Nous remercions également la Direction des Parcs Nationaux du Sénégal pour nous avoir autorisé à faire des recherches dans le Parc National du Niokolo Koba.

REFERENCES

- [1] McNeely *et al.*, 2001. *Global Invasive Species Program*
- [2] Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., O'Connell C., Wong E., Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231-259
- [3] Richter J. (1993). Contrôler l'invasion du *Mitragyna inermis* et du *Mimosa pigra* dans les mares du Parc National du Niokolo Koba. Corps de la Paix, américain.
- [4] Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.
- [5] Cronk, Q.B. Fuller J.L. (1995). – *Plant invaders: The threat to natural Ecosystems*. Chapman & Hall, London, UK.
- [6] Braithwaite R. Lonsdale W. et Estbergs J. (1989). Alien vegetation and native biota in tropical Australia: the spread and impact of *Mimosa pigra*. *Biological Conservation*, 48: 189 – 210.
- [7] CABI, 2013
- [8] Bâ A.T., Noba K. Sambou B., Goudiaby A. Mbaye M.S. (2008). Etude botanique et écophysiological de *Mimosa pigra* et *Mitragyna inermis* pour une stratégie de contrôle de ces plantes envahissantes dans les mares de Simenti et de Kountadala du Parc National du Niokolo Koba (Sénégal). 49p+ annexes.
- [9] Lonsdale, W.M. (1992). The biology of *Mimosa pigra* L. In *A guide to the management of Mimosa pigra*, ed. K.L.S. Harley, CSIRO. Canberra. 8-32.
- [10] NWSEC (2000). Weed of National Significance *Mimosa (Mimosa pigra)* Strategic Plan. National Weeds Strategy Executive Committee (NWSEC), Launceston, 118p.
- [11] Chin Duong Van (2009). *Mimosa pigra* L.: A dangerous invasive weed in Vietnamese agro-ecosystems.
- [12] Ndiaye A. *et al.* (2000). Etat des lieux des principales mares et salines du Niokolo Koba. Projet FAC/FEM de Réhabilitation du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie.
- [13] Boureima A., (2007). Réserves de biosphère en Afrique de l'Ouest, 68p.
- [14] Ndiaye M. (2012). Evaluation de l'efficacité de la gestion du Parc National de Niokolo Koba (Sénégal). Travail de Fin d'Etudes, Université de Liège, Belgique. 106p.
- [15] Renaud P.C., Gueye M. B, Hejzmanová P., Antoninova M., Samb M. (2006). Inventaire aérien et terrestre de la faune et relevé des pressions au Parc National du Niokolo Koba. 44p.
- [16] Berhaut J. (1967). Flore du Sénégal, deuxième édition, Clairafrique, Dakar, 485p.
- [17] Agnote. 466. No. F2. (August 2001). Agdex No: 643. ISSN No: 0157-8243. *Mimosa or Giant Sensitive Plant (Mimosa pigra)*. I. L. Miller and S. E. Pickering, updated by C. S. Smith and I.L. Miller Weeds Branch
- [18] Lonsdale W.M. et Segura R. (1987). A demographic comparison of native and introduced populations of *Mimosa pigra*. *Proceedings of the Eighth Australian Weeds Conference, Sydney*, pp. 163-6.

- [19] Sall C.E., Boggio D. (2001). Planification et analyse statistique des expérimentations agricoles. Atelier de formation en biométrie. ISRA, 58p.
- [20] Lonsdale W.M., Miller I.L., Forno I.W. (1995). *Mimosa pigra*. pp. 169–188. In Groves R.H., Sheppard R.C.H., Richardson R.G. *The biology of Australian weeds* R.G. and F.J. Richardson Publishers, Melbourne, Australia.
- [21] Lonsdale W.M., Miller, I.L., Forno, I.W. (1989) – The Biology of Australian Weeds 20. *Mimosa pigra* L.. *Plant Protection Quarterly* 4(3), 119 – 130.
- [22] Heard, T. A. & Pettit, W. (2005). Review and analysis of the surveys for natural enemies of *Mimosa pigra*: What does it tell us about surveys for broadly distributed hosts? *Biological Control* 34(3 SPEC. ISS.): 247-254.
- [23] Flanagan, G. J., Wilson, C. G. & Gillett, J. D. (1990). The abundance of native insects on the introduced weed *Mimosa pigra* in northern Australia. *Journal of Tropical Ecology* 6(2): 219-230.
- [24] Wanichanantakul, P. et Chinawong, S. (1979). Some aspects of the biology of *Mimosa pigra* in northern Thailand. Proceedings of the seventh Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Sydney, pp.381-3.
- [25] Schatz T. (2001). The effect of cutting on the survival *Mimosa pigra* and its application to the use of blade ploughing as a control method, *Plant Protection Quarterly* 16(2).
- [26] Walden D, Van Dam R, Finlayson M, Storrs M, Lowry J et Kriticos D, (2004). A risk Assessment of the tropical wetlands, weed *Mimosa pigra* in northern Australia, supervising Scientist, report 177.
- [27] Lonsdale W, Harley K, et Gillet J, (1988). Seed Bank dynamics in *Mimosa pigra*, an invasive tropical shrub. *Journal of Applied Ecology*, 25, 969-976.
- [28] Walden D, Finlayson C, Van Dam R, Storrs M (1999). Information for a risk assessment and management of *Mimosa pigra* in Tram Chim National Park, Viet Nam. *Proceeding of the EnviroTox'99 International Conference*, 160 – 170.
- [29] Lonsdale W et Abrecht D, (1989). Seedling mortality in *Mimosa pigra*, an invasive tropical shrub. *Journal of Applied Ecology* 77, 371-85.
- [30] Miller I et Lonsdale W, 1992. Ecological management of *Mimosa pigra*: use of fire and competitive pasture. In A guide to the management of *Mimosa pigra*. K.L.SL Harley [ed.], pp 104 – 106, CSIRO, Canberra.
- [31] Samoth C. (2000). *Mimosa pigra* infestation and current threat to wetlands and floodplains in Cambodia, pp.29 – 32.



Dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans un contexte de variabilité du régime hydrologique au Sénégal

Mallé GUEYE¹, Mohamed Talla CISSE², Fatou NDOYE³ et Kandiora NOBA³

¹Direction des Parcs Nationaux du Sénégal, BP 5135, Tél. (221) 77 568 25 26, Dakar-Fann, Sénégal. Email : mallegueye@yahoo.fr

²Département des Sciences expérimentales, UFR des Sciences et Technologies, Université de Thiès, Tél. (+221) 77 943 97 04, Email : mtcisse@univ-thies.sn

³Laboratoire de Botanique et Biodiversité, Département de Biologie végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 5005, Tél. (221) 33 825 05 30. Fax (221) 33 825 28 83, Dakar-Fann, Sénégal. Email : kandiora.noba@ucad.edu.sn

Mot clés : *Mimosa pigra*, Parc National, Plante invasive, mares, Hydrologie

Keywords: *Mimosa pigra*, National Park, Invasion plant, ponds, Hydrology

1 RESUME

Cette étude a pour objectif de déterminer la dynamique des populations de *Mimosa pigra* (*Amourette*) selon l'évolution de l'hydrologie dans trois mares du Parc National du Niokolo Koba au Sénégal. L'occupation actuelle des mares de Simenti, Nianaka et Kountadala a été cartographiée, suivi d'une caractérisation de la dynamique invasive de *M. pigra* et de l'influence de la variabilité du régime hydrologique du fleuve Gambie sur cette dynamique. Les résultats ont montré que les mares de Nianaka et Kountadala sont fortement colonisées par *M. pigra* avec respectivement un taux d'invasion de 93% et de 99% contre 50,94% à Simenti. En ce qui concerne la dynamique invasive, les populations de *M. pigra* ont pris des proportions plus qu'inquiétante dans les mares de Simenti, Kountadala et Nianaka en moins trois décennies, entre 1985 et 2012. Concernant l'hydrologie, la variabilité interannuelle des côtes du fleuve à Gouloumbou se caractérise par une période humide de 1964 à 1969 suivie d'une période déficitaire de 1970 à 2008 avec respectivement une moyenne annuelle de 747,06 et 430,89 cm. Cette phase de déficit pluviométrique coïncide exactement aux étapes d'établissement (avant 1985) et d'invasion (1985 - 2005) de *M. pigra* dans ce parc.

ABSTRACT

This study objective is to determine the dynamics of the populations of *Mimosa pigra* (*Giant sensitive*) according to the changes of the hydrology in three pools of the Niokolo Koba National Park in Senegal. The current occupation of Simenti, Nianaka and Kountadala ponds was mapped, followed by a characterization of the invasive dynamics of the *M. pigra* and the influence of the hydrological regime variability of the Gambia River. The results showed that the ponds of Nianaka and Koutadala are strongly colonized by the *M. pigra* with respectively an invasion rate of 93 % and 99 % against 50.94 % at Simenti pond. Regarding invasive dynamics, populations of *M. pigra* took more worrisome proportions in ponds Simenti, Kountadala and Nianaka within three decades between 1985



and 2012. Concerning hydrology, the interannual variability of the river coast at Gouloumbou was characterized by a wet period from 1964 till 1969, followed by a rain deficit period from 1970 till 2008 with respectively an annual average of 174.06 and 430.89 cms. This phase of rainfall deficit corresponds exactly to the stages of *M.pigra* establishment (before 1985) and invasion (1985-2005) in this park.

2 INTRODUCTION

Dans la région soudano-sahélienne, les changements climatiques sont, en général, perceptibles dans les distributions chronologiques de toute série climatique, et particulièrement sur les séries hydro-pluviométriques. Les décennies humides des années 1950 et 1960 sont suivies d'une rupture climatique globale ou planétaire caractérisée par une grande sécheresse sur au moins deux décennies et ayant débuté vers 1970 (Hubert et Carbonnel, 1987 ; Sircoulon, 1987 ; Demarée, 1990). Par ailleurs, au moment où la pluviométrie tend à baisser dans le sahel, il a été constaté sur certains bassins versants une augmentation des écoulements. Ce phénomène dénommé paradoxe hydrologique du Sahel, a été constaté par Pouyaud (1987), Albergel (1987), Amani et Nguetora (2002), Mahe *et al.* (2003), Descroix *et al.* (2009), Descroix et Amogu (2012). Aujourd'hui, on assiste à un retour discuté des années pluvieuses qui alimente un débat controversé au sein de la communauté scientifique. Certains auteurs affirment le retour des années humides dans la région soudano-sahélienne (L'hote *et al.* 2002 ; Hubert *et al.*, 2007) tandis que d'autres soutiennent que la sécheresse persiste (Ozer *et al.*, 2003). La variabilité climatique et par conséquent celle du régime hydrologique conditionne la dynamique du couvert végétal du Parc National d Niokolo Koba (PNNK). Le système hydrographique de ce dernier représente plus de 10% du bassin versant du fleuve Gambie (77 000 km²) qui le parcourt sur près de 200 km (Renaud, 2006). Les apports d'eau latéraux contribuent à la crue du fleuve Gambie qui est rapide malgré la faiblesse de la pente (0,27%) dans le parc (Bâ *et al.*, 2008). Lorsque la crue du fleuve atteint une certaine hauteur, les eaux inondent les mares qui

peuvent conserver l'eau pendant plusieurs mois. Les plus importantes de ces mares sont Wouring, Fourou, Nianaka, Kountadala, Simenti, Impanthie, Sita Ndi, Kandi Kandi, Woeni, Dala Fourounté, Kandiou, Soutou et Tochké (Boureima, 2007). Ces zones constituent, ainsi, d'importants points d'eau, interconnectées les unes aux autres, qui permettent le développement d'une flore herbacée et arbustive diversifiée dont *Mimosa pigra* est l'une des espèces les plus remarquables. *Mimosa pigra* est un arbuste buissonnant, drageonnant (Berhaut, 1967) atteignant généralement 2 à 3 m de haut (Bâ *et al.*, 2008) et appartenant à la famille des *Fabaceae*. La tige est verte quand la plante est jeune, et ne devient ligneuse que quand elle arrive à maturité (*Weed Management Guide*, 2008). Les feuilles alternes, composées bipennées, sont constituées de 5 à 16 paires de pinnules de 3 à 8 cm avec 12 à 30 paires de foliolules (Bâ *et al.*, 2008). Elles sont sensibles et présentent un rachis qui mesure 8 à 12 cm de long. Les foliolules sont linéaires ou lancéolées, longues de 4 à 7 mm et larges de 1 mm. Les inflorescences sont en capitules sphériques axillaires de 15 mm de diamètre et sont portées par un pédoncule de 15 à 30 mm de long. Chaque inflorescence peut porter jusqu'à 100 fleurs qui ont une couleur mauve pâle ou blanc rosé (Photo 1). L'infructescence peut porter une grappe de 1 à 30 fruits pubescents. Les fruits sont des gousses plates articulées, de couleur marron à maturité, étalées en éventail par 5 à 10 au sommet d'un pédoncule de 4 cm (Photo 2). *Mimosa pigra* est native d'Amérique centrale (Mexique) et du Nord de l'Amérique du Sud. Elle a été introduite en Afrique, en Asie du sud-est, sur certaines îles du Pacifiques et en Australie vraisemblablement à partir de jardins

botaniques et/ou en tant que curiosité à cause du mouvement de ses feuilles (Lonsdale *et al.*, 1989 ; Walden *et al.*, 1999). *Mimosa pigra* est présente à l'heure actuelle dans 34 pays africains (*Germplasm Resources Information Network, USDA-ARS*) et fait partie des 100 espèces invasives les plus problématiques au monde (*Global Invasive Species Database*). Au Sénégal, elle a été observée pour la première fois en 1824 (Hutchinson et Dalziel, 1958) et est présente au Nord, au Centre-ouest, au Sud et au Sud-est du pays. Elle est considérée comme l'espèce végétale la plus invasive dans les zones marécageuses tropicales (Cronk et Fuller, 1995). Elle forme des bosquets impénétrables, denses et épineux dans les milieux humides, comme les prairies naturelles inondables et les pâturages, les transformant ainsi en milieux quasi monospécifiques et improductifs. En Australie, elle envahit les forêts marécageuses à *Melaleuca spp.* bordant les plaines inondables, où elle forme un sous-bois dense, et ombre les plantules d'arbres indigènes (Braithwaite *et al.*, 1989). Au Sénégal, cette espèce est présente

dans les vallées et les dépressions qui restent inondées pendant une bonne partie de l'année ou sur les rivages des cours d'eau (Bâ *et al.*, 2008). Les résultats des études de Ndiaye *et al.* (2000) ont montré que dans le PNNK plusieurs mares sont colonisées par *M. pigra* avec un degré d'infestation très sévère. Cette colonisation a entraîné la fermeture de ces mares, empêchant ainsi ces milieux, zones de biodiversité remarquables, du fait du nombre important d'espèces végétales et de poissons qui s'y développent et de la faune sauvage (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens) qui les fréquentent, de remplir leurs fonctions écologiques. Aujourd'hui, le parc a vu l'état de sa conservation se dégrader progressivement à cause de cette espèce. Il s'avère, donc, opportun d'étudier la dynamique de *M. pigra* selon l'évolution de l'hydrologie du parc afin de contribuer à la compréhension des causes de son invasion. Cette étude trouve sa pertinence dans le fait que la préservation des mares reste le garant de la biodiversité dans les parcs et réserves.



Photo 1 : Inflorescence de *Mimosa pigra*
(Source : Colin G. Wilson)



Photo 1 : Infructescence de *Mimosa pigra*
(Source : Mallé Gueye)

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 Zone d'étude : Le PNNK est situé au sud-est du Sénégal, entre les parallèles 12°30 et 13° 20 de latitude nord et entre les méridiens 18°30 et 13°42 de longitude ouest. Il couvre une superficie de 9130 km² selon Renaud *et al.* (2006). Le climat, de type soudanien (900 - 1200 mm de pluie) avec une saison pluvieuse allant de juin à octobre,

favorise une végétation de transition entre la savane soudano-guinéenne et la savane guinéenne. Le réseau hydrographique du PNNK est constitué par le fleuve Gambie et ses principaux affluents, le Niokolo Koba et la Koulountou (Figure 1), ainsi que de plusieurs mares et étangs (Ndiaye, 2012).

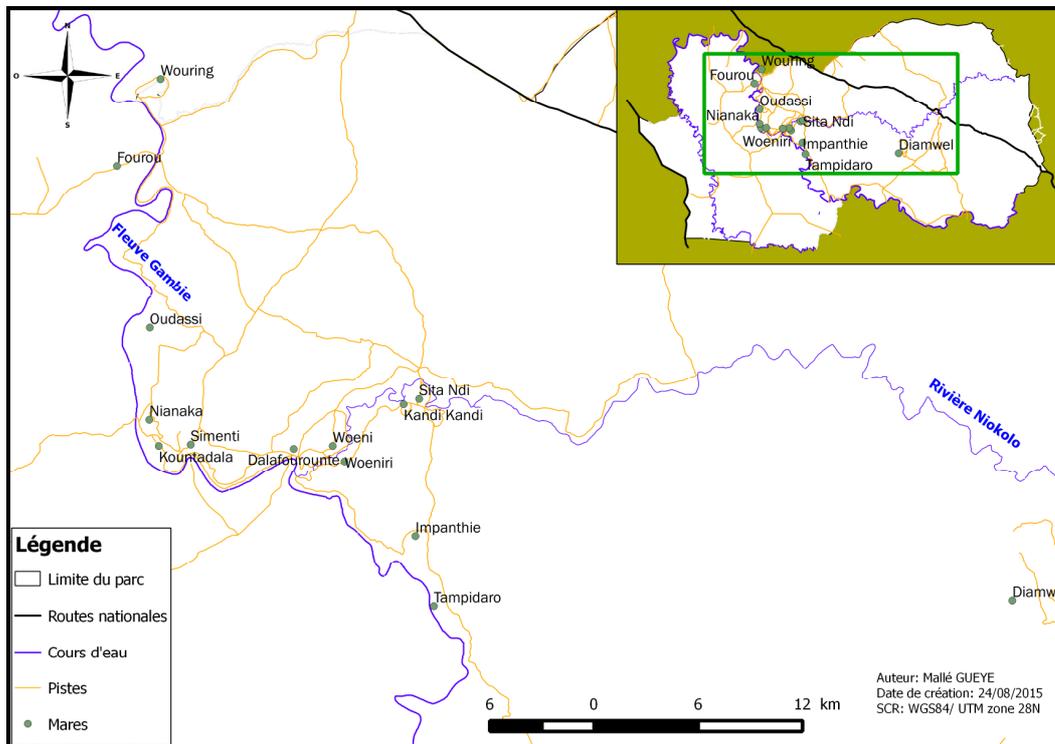


Figure 1 : Carte du Parc National du Niokolo Koba

3.2 Données : Cette étude est réalisée à l'aide de données hydrologiques obtenues au niveau de la Division régionale de l'Hydraulique de Tambacounda. Elles concernent les côtes moyennes annuelles journalières du fleuve Gambie de la station de Gouloumbou, sur la période allant de 1964 à 2008 et les débits de ce même cours d'eau de la station de Mako entre 1970 et 2008. Des images satellites du parc capturées sur *Google Earth* ont été également utilisées en plus des données d'enquêtes.

3.3 Méthodologie : La méthodologie adoptée dans le cadre de cette étude repose tout d'abord sur la réalisation de la cartographie de la situation actuelle des mares étudiées, suivie de la caractérisation de la dynamique invasive de *Mimosa pigra* et enfin l'étude de l'influence de la variabilité du régime hydrologique sur la dynamique de cette espèce.

- **Caractérisation cartographique du niveau d'infestation actuelle des mares étudiées :** Elle a été réalisée grâce à l'utilisation de deux logiciels de cartographie notamment ArcGIS version 9.3 et Arcview 3.3. L'approche méthodologique a obéi aux différentes phases suivantes : la collecte des images, la photo-interprétation, la numérisation vectorielle, le

traitement des données, la vérification de terrain, la correction/mise au net, l'intégration des données dans un Système d'Information Géographique, la reproduction analogique des cartes du parc et enfin la détermination des statistiques d'occupation.

- **Caractérisation de la dynamique invasive de *Mimosa pigra* :** Du fait du manque de données spatiales sur cette zone du Sénégal, l'étude diachronique de l'invasion de *M. pigra* n'a pu être faite au plan cartographique. Par conséquent, la dynamique invasive de cette espèce dans les mares étudiées a été déterminée à partir des statistiques d'occupation (en 2012). Il a été supposé que le taux d'accroissement des populations de cette espèce au Nord de l'Australie qui double tous les 6 à 7 ans selon Lonsdale (1993) est le même que celui du parc. En effet, ces deux régions du globe présentent le même type de climat (Aw) selon la carte de classification des domaines climatiques de Köppen-Geiger (M. C. Peel *et al.*, 2007). En outre, elles ont la particularité d'être des zones où *M. pigra* est invasive. La superficie occupée par cette espèce dans chaque mare a été donc déterminée entre 1985 et 2012 avec une périodicité de 6,7 ans en partant de l'an 2012.



- **Étude de l'influence de la variabilité du régime hydrologique du fleuve Gambie sur la dynamique de *M. pigra*** : La méthode adoptée pour étudier la variabilité du régime hydrologique du fleuve Gambie est d'abord une méthode graphique basée sur les variables centrées réduites (S.E Nicholson *et al.*, 1988). Elle permet une analyse exploratoire avec des déductions subjectives. Des tests statistiques lui est associé pour mesurer le niveau de signification des changements observés.

- **Méthode graphique des indices centrés et réduits** : Cette méthode des indices centrés et réduit ou indices standardisés est couramment utilisée dans l'analyse de la variabilité interannuelle de la pluviométrie (Nicholson, 1983 ; Le Barbé et Lebel, 1996 ; L'Hôte *et al.*, 2002). Ainsi, l'indice centré réduit est le rapport de l'écart à la moyenne interannuelle sur l'écart-type des débits annuels :

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

I_i correspond à l'indice des débits de l'année i , X_i est le module de l'année i , \bar{X} représente la moyenne interannuelle du module et enfin σ est l'écart-

type de la série des modules. Cet indice permet d'après Goula *et al.* (2006) d'observer la variabilité interannuelle ainsi que les périodes de déficits et d'excédents pluviométriques.

- **Tests d'homogénéité et de détection de rupture** : Il s'agit du test de corrélation sur le rang qui permet de vérifier le caractère aléatoire de la série chronologique, du test de Buishand et l'Ellipse de Bois. L'application de ces deux derniers permet de tester l'homogénéité des séries chronologiques et la détection d'éventuelles ruptures dans ces mêmes séries. Il y'a également de la méthode bayésienne de Lee et Heghinian (1977) qui est un test paramétrique qui requiert une distribution normale de la variable étudiée. En outre, la méthode non paramétrique de Pettitt est utilisée, l'hypothèse nulle (absence de rupture) est testée par une formulation du test non paramétrique de Mann-Wihtney (Dagnélie, 1970). Enfin, la méthode de segmentation d'Hubert *et al.* (1989) a été mis en contribution pour permettre à la fois de détecter toutes les ruptures dans les séries chronologiques et de calculer leur amplitude.

4 RESULTATS

4.1 Cartographie des mares étudiées et détermination des surfaces occupées : Les

résultats obtenus sur l'occupation des mares sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Occupation des mares

Classes	Kountadala		Simenti		Nianaka	
	Sup	%	Sup	%	Sup	%
Eau ou zone nue inondable	0	0	14,4	47,6	0,78	7,0
Végétation à <i>Mitragyna inermis</i>	0	0	0,5	1,5	0	0
Zone faiblement affectée et /ou inondable	5,03	15,5	1,3	4,2	0	0
Zone moyennement affectée	2,29	7,1	1,6	5,2	0	0
Zone fortement affectée	0,21	0,7	3,3	10,7	10,42	93,0
Zone très fortement affectée	24,96	76,8	9,4	30,9	0	0
Superficie de la mare	32,49	100	30,4	100	11,21	100

Sup : Superficie occupée (en ha) ; % : taux d'occupation

La mare de Kountadala couvre une superficie totale de 32,49 ha (Tableau 1) et est quasiment fermée

(environ 99%) par la présence des fourrés impénétrables de *M. pigra* (figure 2).

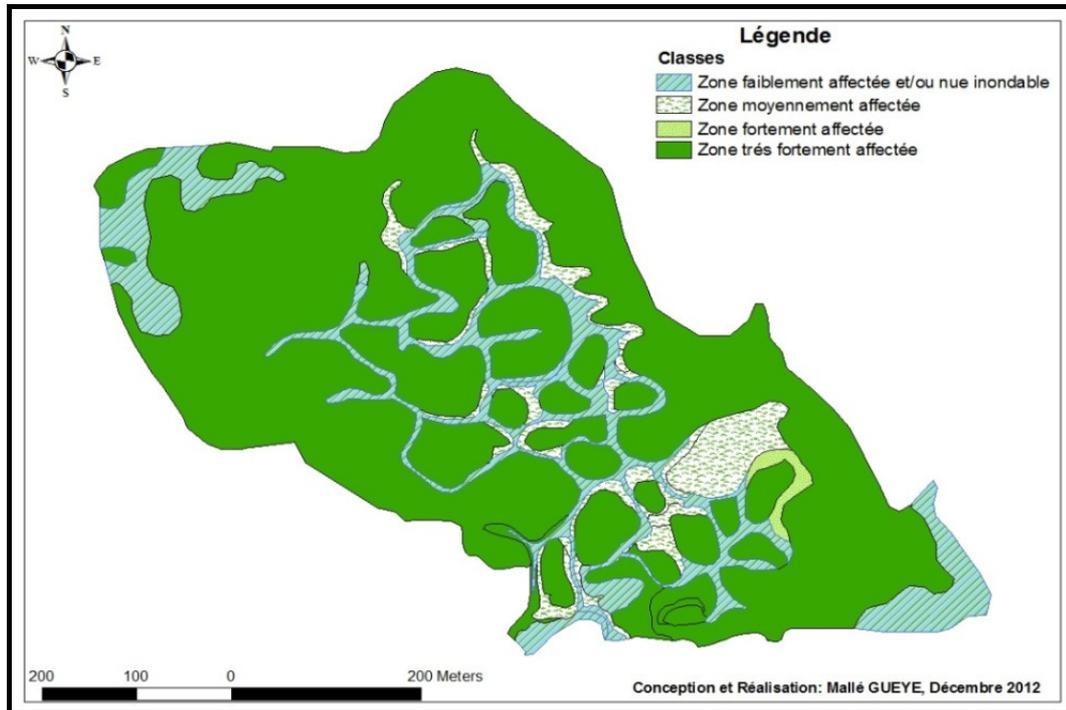


Figure 2 : Carte d'occupation de la mare de Kountadala

De plus, les résultats montrent que la mare de Simenti, qui s'étend sur une superficie de 30,36 ha, est occupée par ces mêmes populations de *M. pigra* sur 15,46 ha (zones affectées) soit 50,94% de la

surface totale de la mare (Tableau 1) ; moins de la moitié de la superficie de la mare est une zone nue inondable et représente 47,6% de celle-ci comme le montre de visu la figure 3.

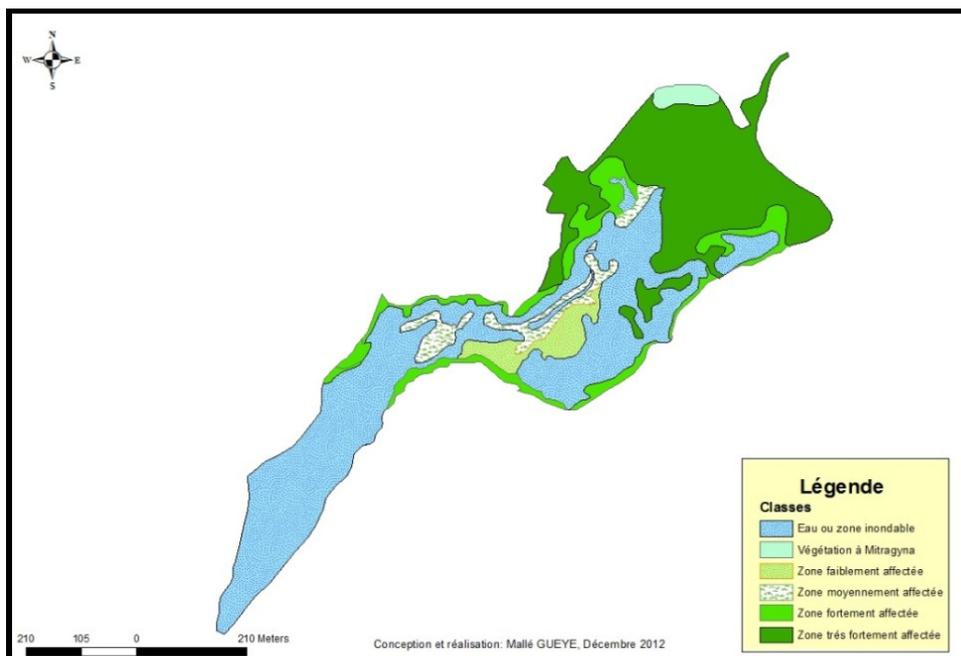


Figure 3 : Carte d'occupation de la mare de Simenti

En outre, les résultats de l'étude cartographique révèlent que la superficie actuelle de la mare de Nianaka est 11,21 ha et qu'elle est fortement

colonisée par *M. pigra* à hauteur de 93% (Tableau 1). Ces résultats sont également visibles sur la carte d'occupation de la mare (Figure 4).

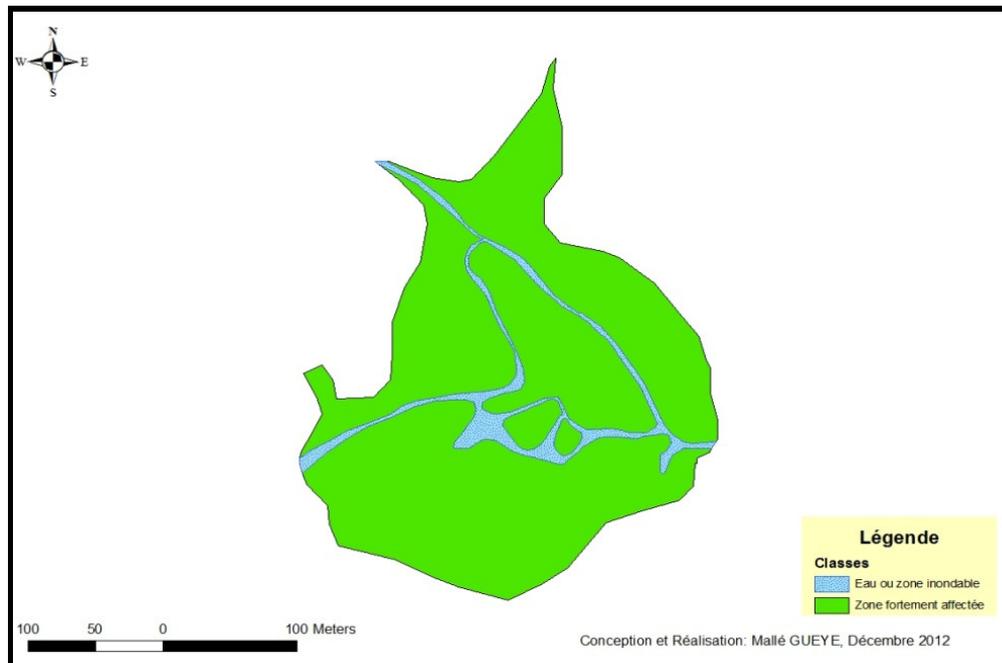


Figure 4 : Carte d'occupation de la mare de Nianaka

4.2 Caractérisation de la dynamique invasive : Les résultats obtenus sur la dynamique

invasive des mares occupées par *M. pigra* sont consignés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Évolution de l'occupation de *Mimosa pigra* dans les mares étudiées

Année	1985		1992		1999		2005		2012	
	Sup	%	Sup	%	Sup	%	Sup	%	Sup	%
Kountadala	2	6,16	4	12,31	8	24,62	16	49,25	32	98,49
Nianaka	0,62	5,58	1,25	11,15	2,5	22,3	5	44,6	10	89,21
Simenti	0,93	3,08	1,87	6,17	3,75	12,34	7,5	24,67	15	49,34

Sup : Superficie estimée occupée par *M. pigra* (en ha) dans la mare ; % : taux d'occupation de *M. pigra* par rapport à la superficie totale

Entre 1985 et 2012, les populations de *M. pigra* ont connu un développement fulgurant dans les mares de Simenti, Kountadala et Nianaka. Le quart de la superficie de la première et la moitié des deux dernières ont été occupés par cette espèce invasive entre 2005 et 2012. Toutefois, force est de constater

que *M. pigra* a pris au moins 30 ans pour coloniser complètement la mare de Kountadala.

4.2.1 Variabilité interannuelle des côtes du fleuve Gambie à Gouloumbou : Indices centrés réduits : Le graphique ci-dessous (figure 5) présente la variabilité

interannuelle des côtes du fleuve Gambie à la station de Gouloumbou sur la période allant de 1964 à 2008. Elle se caractérise par

une période de succession d'années humides allant de 1964/1965 jusqu'à 1970/1971.

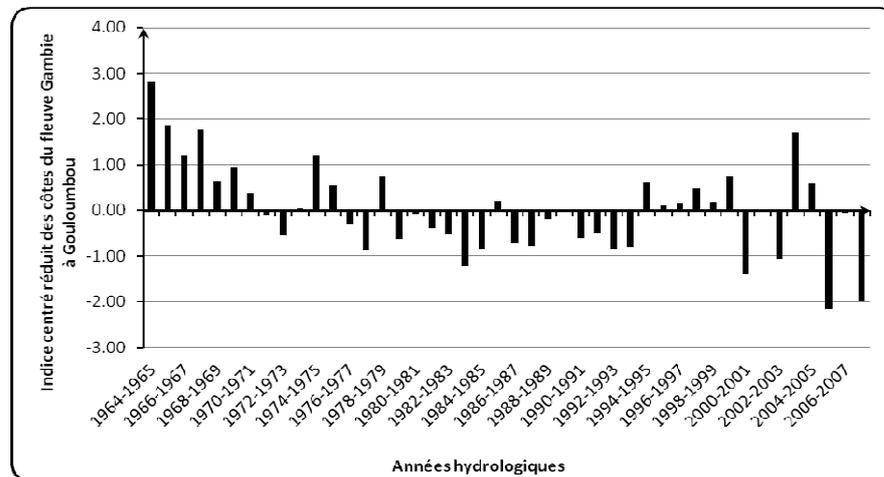


Figure 5 : Variabilité interannuelle des côtes du fleuve Gambie à la station de Gouloumbou

La première année sèche est observée en 1971/1972, elle est suivie d'une alternance d'années sèches et humides sur une courte période. Toutefois, à partir de 1980 il a été noté une succession d'années sèches sur au moins treize ans. Le retour des années humides est noté en 1994 /1995. Et depuis on assiste à une alternance d'années sèches et humide.

4.2.2 Tests statistiques associés à la méthode graphique

- Test de Buishand et Ellipse de Bois

Le test de Buishand montre que l'hypothèse nulle (absence de rupture) est rejetée aux seuils de confiance (90, 95, 99%). C'est-à-dire que la série possède au moins une rupture. L'Ellipse de Bois qui

lui est associé confirme l'hétérogénéité de la série et la date de rupture est estimée dans les années 1970.

- Méthode bayésienne de Lee et Heghinian et Méthode non paramétrique de Pettitt

Les résultats des tests de Lee et Heghinian révèlent que la position du point de rupture est en 1969 avec une densité de probabilité de 0,29 tandis que les résultats du test de Pettitt montrent une rupture dans la série aux seuils de confiance de 90 et 95% et la date supposée de rupture est l'année 1975.

- Segmentation d'Hubert :

La procédure de segmentation d'Hubert, au niveau de signification de 1% du test de Scheffé, a mis en évidence une rupture qui est détectée entre 1969 et 1970 (figure 6). Les moyennes des sous-séries avant et après cette rupture sont respectivement 747,067 et 430,892 cm.

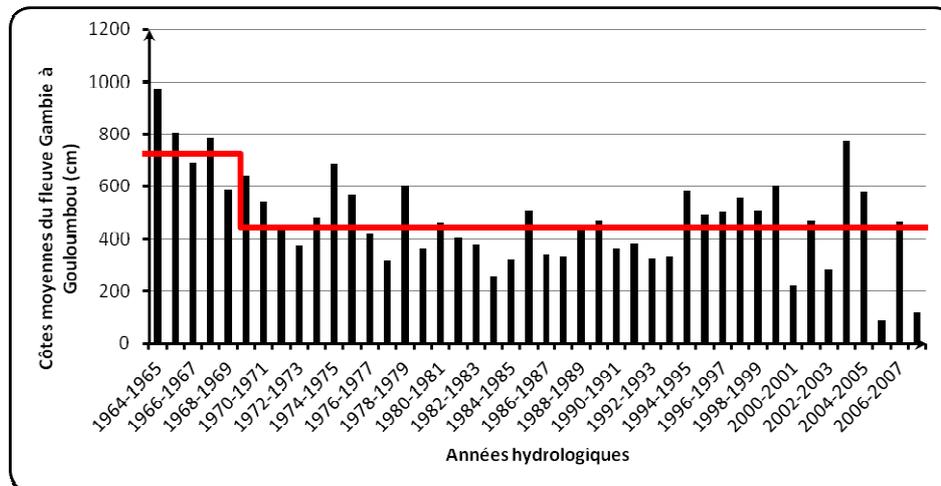


Figure 6 : Résultats de la segmentation d'Hubert

5 DISCUSSION

Les résultats de l'étude cartographique ont montré que les mares de Nianaka et Kountadala sont fortement colonisées par *M. pigra* avec respectivement un taux d'invasion de 93% et de plus de 99% contre 50,94% à Simenti. Cette différence de niveau d'infestation s'explique en partie par la dissémination des graines, par la position géographique et l'altitude de ces mares entre elles. Selon Indira (2007) ce sont la direction et l'étendue des inondations, la différence d'altitude, le mouvement des animaux qui facilitent la dissémination des graines à des lieux éloignés. En effet, toutes ces mares sont connectées entre elles et également au fleuve Gambie. Simenti dispose d'un très grand chenal d'alimentation qui lui permet de recevoir beaucoup d'eau du fleuve durant les périodes de crues, et son trop-plein est déversé à Kountadala et puis à Nianaka. Donc, il y'a forcément une sédimentation de Simenti à Nianaka en passant par Kountadala provoquant un comblement et du coup favorisant les conditions de germination des graines comme le rapporte les travaux de Chin (2009). Selon cet auteur, les graines de *M. pigra* peuvent germer toute l'année si le sol est humide mais non inondée. Ceci expliquerait le fait que Nianaka a un taux d'infestation supérieur à celui de Simenti. Cependant, force est de constater que le niveau d'invasion de la mare de Kountadala est supérieur à ceux des autres. Ce fait semble être contradictoire puisque d'une part cette mare se trouve entre les deux autres suivant le sens de l'écoulement des eaux et d'autre part, avec l'effet de

l'altitude, son niveau d'infestation devait être inférieur à Nianaka. Cette situation s'explique par le fait qu'au début des années 2003, une opération de coupe des populations de *M. pigra* dans la mare de Kountadala a été organisée sans prendre en compte de la biologie de l'espèce. Les plantes matures portant des graines mûres ont été coupées à blanc puis traînées dans la mare avant d'être brûlées. Ce qui a entraînant la dissémination des graines sur toute la surface de la mare. De plus, la coupe à blanc si elle n'est pas associée au dessouchage profond n'est pas efficace. Ce qui est prouvé par les résultats des travaux de Walden *et al.* (2004) qui rapportent que la plante repousse vigoureusement à partir des souches coupées. La multiplication végétative se fait par rejets de souches ou de racines après leur coupe et selon Schatz (2001) et si la coupe est effectuée entre 0 à 15 cm au dessus du sol, la plante ne meurt pas et repousse. Par ailleurs, selon Miller & Lonsdale (1992), *M. pigra* est difficile à brûler et les plants repoussent souvent après le passage du feu. Environ 50% des plants peuvent rejeter après le passage du feu (Walden *et al.*, 2004). En effet, l'usage du feu peut entraîner la suppression des téguments de la graine et stimuler la germination des semences (Miller et Lonsdale 1992). En ce qui concerne la dynamique invasive, les populations de *M. pigra* ont pris des proportions plus qu'inquiétante dans les mares de Simenti, Kountadala et Nianaka en moins trois décennies. Cette expansion rapide pourrait s'expliquer par à une diminution de la pluviométrie annuelle, un



changement de la composition chimique du sol, une diminution des populations d'éléphants et de buffles, au feu ou bien à la combinaison de ces facteurs (Richter, 1993). Déjà en 1985, l'espèce était, au niveau de ces mares, en phase d'établissement dans le processus d'invasion biologique (Barbault *et al.*, 2010). De plus, l'établissement d'une population implique la levée des barrières écologiques qui empêchent la reproduction, la croissance démographique et la survie de l'espèce (Richardson *et al.*, 2000). Il y a eu certainement un déséquilibre entre les paramètres écologiques favorisant l'établissement et la colonisation de *M. pigra* dans ces mares. Lonsdale *et al.* (1989) soutiennent que les paramètres régulant l'établissement de cette espèce semblent être l'humidité (ambiante ou du sol) et les régimes de perturbation qui lui donnent accès à la pleine lumière. En ce qui concerne l'hydrologie, la variabilité interannuelle des côtes du fleuve à Gouloumbou se caractérise par une période humide de 1964 à 1969 suivie d'une période déficitaire de 1970 à 2008 avec respectivement une moyenne annuelle de 747,06 et 430,89 cm. Cette phase de

déficit pluviométrique coïncide exactement aux étapes d'établissement (avant 1985) et d'invasion (1985 - 2005) de *M. pigra* dans le parc. Ces résultats sont en accord avec ceux de certains auteurs (Hubert *et al.*, 1989 ; Mahé et Olivry, 1995 ; Servat *et al.*, 1998) qui soutiennent avoir observé une tendance à la baisse de la pluviométrie en Afrique de l'ouest à partir de la fin des années 60 et au début des années 70 jusqu'au début de la décennie 90. Ces épisodes de sécheresse ont provoqué une réduction considérable du volume annuel d'eau : 8,7 milliards de m³ à Gouloumbou en 1974-1975 contre 2,5 milliards en 1983-1984. Cette baisse des hauteurs d'eau a eu de lourdes conséquences dans le parc. La plupart des mares qui servaient de points d'abreuvement pour la faune se sont comblées et asséchées favorisant l'expansion rapide de *M. pigra* (<http://ns.cse.sn/fao/hydro.htm>). Ainsi, quand le climat varie rapidement, les espèces végétales invasives, plus adaptables, tirent mieux que les autres leur épingle du jeu, augmentant ainsi leur pression sur les écosystèmes (Macqueron, 2010).

6 CONCLUSION

Dans cette étude, il s'est agi d'étudier la dynamique invasive de *Mimosa pigra* dans le Parc National du Niokolo Koba dans un contexte de variabilité du régime hydrologique du fleuve Gambie. Durant près d'un demi-siècle, le Parc a connu deux périodes hydrologiques différentes : une, humide, allant de 1964 à 1969 et une autre déficitaire allant de 1970 à 2008. Cette variabilité du régime hydrologique du fleuve Gambie a fortement influencé l'invasion de *Mimosa pigra* dans l'aire protégée puisque c'est durant les épisodes de sécheresse que l'espèce a commencé à devenir invasive sur de vastes superficies. Le phénomène a commencé à s'établir

bien avant l'année 1985 avant de prendre des proportions inquiétantes au-delà de cette date pour les mares de Nianaka, Kountadala et Simenti.

Cette invasion est non seulement facilitée par le changement du régime hydrologique du fleuve dû à la réduction des quantités de pluies, mais également par l'effet combiné du comblement des mares entraînant ainsi un défaut de remplissage jusqu'à leur niveau habituel d'une part et d'autre part par la diminution de la taille des effectifs de populations d'éléphants et de buffles qui régulent la flore au niveau des mares.

7 REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement Monsieur Djiby SOKHNA de la Division régionale de l'Hydraulique de Tambacounda d'avoir mis à notre disposition les données hydrologiques et pour ses commentaires sur le manuscrit. Nos remerciements vont également à l'endroit de Monsieur Samba NDAO pour son appui combien appréciable en

cartographie, à Madame Oumy KA et Mamadou Daha KANE pour la traduction en anglais du résumé. Nous remercions aussi la Direction des Parcs Nationaux du Sénégal pour nous avoir autorisé à faire des recherches dans le Parc National du Niokolo Koba.



8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albergel J., 1987. Sécheresse, désertification et ressources en eau de surface : application aux petits bassins du Burkina Faso. In *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*; IAHS publication N° 168, Wallingford, UK, 355-365.
- Amani A., Nguetora M., 2002. Évidence d'une modification du régime hydrologique du fleuve Niger à Niamey. In *FRIEND 2002 Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice*, Proceedings of the Friend Conference, Cape Town, South Africa, 18-22 March, 2002; Van Lannen, H., Demuth, S., Eds.; IAHS publication N°274, Wallingford, UK, 449-456.
- Bâ et al., 2008. - Étude botanique et écophysiological de *Mimosa pigra* et *Mitragyna inermis* pour une stratégie de contrôle de ces plantes envahissantes dans les mares de Simenti et de Kountadala du Parc National du Niokolo Koba (Sénégal). 49p+ annexes.
- Barbault R., Atramentowicz M. et al., 2010.- Les invasions biologiques, une question de natures et de sociétés. Versailles, Editions Quae. 179 p.
- Berhaut, J., 1967. - Flore du Sénégal, deuxième édition, Clairafrique, Dakar, 485p.
- Boureima, A., 2008. Réserves de biosphère en Afrique de l'Ouest, 68p.
- Braithwaite, R.W., W.M. Lonsdale, et J.A. Estbergs, 1989. Alien vegetation and native biota in tropical Australia : the spread and impact of *Mimosa pigra*. *Biological Conservation*, 48: 189 – 210.
- Chin Duong Van, 2009.- *Mimosa pigra* L.: A dangerous invasive weed in Vietnamese agro-ecosystems.
- Cronk, Q.B., Fuller, J.L., 1995. - *Plant invaders: The threat to natural Ecosystems*. Chapman & Hall, London, UK.
- Dagnélie P., 1970. Théorie et Méthodes statistiques. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Vol 2 : 463p.
- Demarée G. R., 1990. An indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian station. *Theoretical and Applied Climatology*, 42 : 139-147.
- Descroix L., Mahe G., Lebel T., Favreau G., Galle S., Gautier E., Olivry J. C., Albergel J., Amogu O., Cappelaere B., Dessouassi R., Diedhiou A., Le Breton E., Mamadou I., Sighomnou D., 2009. Spatio-temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between Sahelian and Sudanian areas of West Africa: A synthesis. *Journal of Hydrology*, 375 : 90–102.
- Descroix L., et Amogu O., 2012. Consequences of Land Use Changes on Hydrological Functioning. *Water Resources Management and Modeling*, 22p. Dr. Purna Nayak (Ed.), ISBN: 978-953 51-0246-5, In Tech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/water-resources-management-andmodeling/consequences-of-land-use-changes-on-hydrological-functioning>
- Germplasm Resources Information Network, USDA-ARS. Global Invasive Species Database
- Goula Bi T.A., Savané I., Brou K., Vamoriba F. et Gnamien B.K., 2006. "Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide)". *revue en science de l'environnement Vertigo* vol 7. <http://ns.cse.sn/fao/hydro.htm>
- Hubert P. & Carbonnel J. P., 1987. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*. 95, 165–183.
- Hubert P., Carbonnel J. P., Chaouche A., 1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*. 110, 349–367.
- Hubert P., Bader J. C., Bendjoudi H., 2007. Un siècle de débits annuels du fleuve Sénégal. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 52(1)6p.
- Hutchinson, J., Dalziel, J.M., 1958. *The flora of west tropical Africa, 2nd eden* (revised by Keay R.W.J). Crown agents, London.
- Indira Thomas J., 2007. Mapping and modeling of *Mimosa pigra* expansion in Lochinvar National Park, Zambia, 118p.



- Le barbé L. et Lebel T., 1997. Rainfall climatology of the Hapex-Sahel region during the years 1950–1990. *Journal of Hydrol*, 188 :43–73.
- Lee A. F. S. et Heghinian S. M., 1977. A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables; a Bayesian approach. *Technometrics* 19, 503–506.
- L'hote Y., Mahe G., Some B., Triboulet J. P., 2002. Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000 ; the drought continues. *Journal des Sciences Hydrologiques* .47(4), 563–572.
- Lonsdale, W.M, Miller, I.L, Forno, I.W (1989) – The Biology of Australian Weeds 20. *Mimosa pigra* L.. *Plant Protection Quarterly* 4(3), 119 – 130.
- Lonsdale, W.M.,1993.- Rates of spread of an invading species- *Mimosa pigra* in northern Australia. *Journal of Ecology*, 81, 513-21.
- Macqueron Grégoire (2010). Futura-Sciences.
- Mahe G., Leduc C., Amani A., Paturel J-E., Girard S., Servat E., Dezetter A., 2003. Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano sahélienne et impact sur les ressources en eau. In “Hydrology of the Mediterranean and Semi-Arid Regions, proceedings of an international symposium. Montpellier (France)”, 2003/04/1-4, Servat E., Najem W. , Leduc C., Shakeel A. (Ed.); Wallingford, UK, IAHS, 2003, publication n° 278,215-222.
- Miller, I.L., and W.M. Lonsdale, 1992.- Ecological management of *Mimosa pigra*: use of fire and competitive pasture. In A guide to the management of *Mimosa pigra*. K.L.SL Harley [ed.], pp 104 – 106, CSIRO, Canberra.
- Ndiaye Ablaye, 2000. État des lieux des principales mares et salines du Niokolo Koba. Projet FAC/FEM de Réhabilitation du Parc National du Niokolo Koba et de sa périphérie.
- Ndiaye Mandiaye, 2012. Évaluation de l'efficacité de la gestion du Parc National de Niokolo Koba (Sénégal). Travail de Fin d'Études, Université de Liège, Belgique. 106p.
- Nicholson SE., 1983. “Sub-Sahara rainfall in the years 1976-1980: evidence of continued drought”. *Monthly weather rev*; 3: 1964-54.
- Ozer P., Erpicum M., Demarée G., Vandiepenbeeck M., 2003. The Sahelian drought may have ended during the 1990s. Discussion of “Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues” by L'Hôte et al. (2002). *Hydrological Sciences Journal* 48(3), 489–496.
- Pouyaud, B., 1987. Variabilité spatiale et temporelle des bilans hydriques de quelques bassins versants d'Afrique de l'Ouest en liaison avec les changements climatiques. In: *The Influence of Climate Change and Climatic Variability*.
- Renaud P.C., Gueye M. B, Hejmanová P., Antoninova M., Samb M., 2006.- Inventaire aérien et terrestre de la faune et relevé des pressions au Parc National du Niokolo Koba.44p.
- Richardson DM, Pysek P, Rejmanek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ, 2000.- Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions* 6, 93-107.
- Richter J., 1993.- Contrôler l'invasion du *Mitragyna inermis* et du *Mimosa pigra* dans les mares du Parc National du Niokolo Koba. Corps de la Paix, américain.
- Schatz, T.J. 2001. The effect of cutting on the survival *Mimosa pigra* and its application to the use of blade ploughing as a control method, *Plant Protection Quarterly* 16(2).
- Servat E., Paturel J. E., Kouame B., Travaglio M., Ouedraogo M., Boyer J. F., 1998. Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'ouest et centrale. *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century* (Proceedings of the Abidjan), IAHS Pub no 252.
- Sircoulon J. 1987. Variation des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs en Afrique de l'Ouest depuis le début du 20eme siècle. In : *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources* (ed. by S. I. Solomon, M. Beran & W. Hogg) (Proc. Vancouver Symp., August 1987): 13-25. IAHS Pub no. 168.
- Walden D., Finlayson C.M., Van Dam R., Storrs M. (1999).- Information for a risk assessment and management of *Mimosa pigra* in Tram Chim National Park, Viet Nam. *Proceeding of*



- the EnviroTox'99 International Conference, 160 – 170.*
- Walden, D., VanDam, R., Finlayson, M., Stors, M., Lowry, J., Kriticos, D., 2004. A risk Assessment of the tropical wetlands, weed *Mimosa pigra* in northern Australia, supervising Scientist, report 177.
- Weed Management Guide, 2008. *Mimosa pigra*). Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. <http://www.weeds.gov.au/publications/guidelines/wons/m-pigra.html>.



Rapport sur la formation des agents du Parc National du Niokolo Koba - Sénégal aux logiciels SMART et CTAT



Camera Trap Analysis Tool



Thomas Rabeil
Juillet 2017

Acronymes

CTAT : Camera Trap Analysis Tool

DPN : Direction des Parcs Nationaux

LAB : Lutte Anti-Braconnage

PNNK : Parc National du Niokolo Koba

SIG : Système d'Information Géographique

SMART : *Spatial Monitoring and Reporting Tool*

UTM: Universal Transverse Mercator

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'Education, la Science et la Culture

VUE : Valeur Universelle Exceptionnelle

ZSL : Zoological Society of London

1. Contexte de la formation

Cette formation s'inscrit dans le cadre des recommandations du comité du patrimoine mondial n°39 COM 7A.13 où fut stipulé :

b) Renforcement des capacités du personnel du bien en le dotant d'une formation et d'équipements adaptés aux nouvelles technologies, y compris l'application de l'outil SMART (*Spatial Monitoring and Reporting Tool*),

e) Actualisation du programme de suivi écologique du parc, basé sur des indicateurs simples, fiables et peu coûteux à mesurer, et sur des statistiques tirées de recensements fiables des populations d'espèces menacées et clés pour la valeur universelle exceptionnelle (VUE) du bien (lion, éland de Derby, éléphant, chimpanzé et lycaon) et l'intégrer au plan de gestion du bien, qui doit être actualisé et mis en œuvre en urgence.

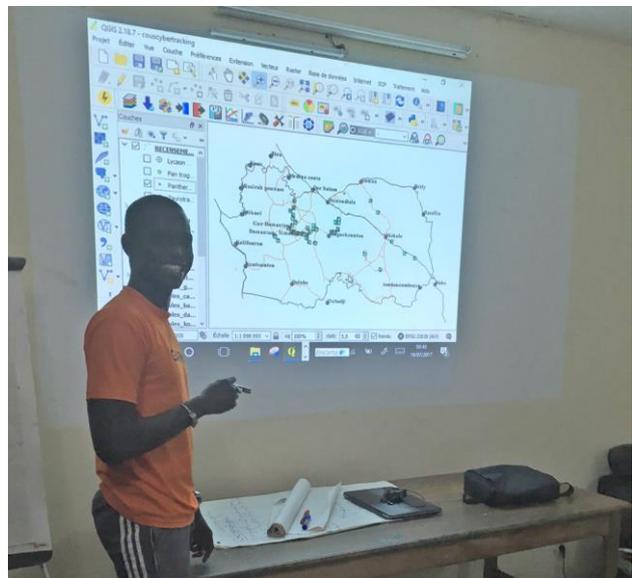


C'est donc dans ce cadre que le bureau UNESCO de Dakar a mobilisé des fonds pour équiper les agents du PNNK avec le matériel adéquat pour le suivi écologique et a organisé une première formation avec 24 participants du PNNK sur les outils appropriés aux recommandations du comité à savoir le logiciel Cybertracker®, les pièges photographiques et le logiciel SMART® en octobre 2016. Suite à cette formation, des résultats dans le domaine du suivi écologique ont été obtenus et les responsables du PNNK ont émis une nouvelle requête auprès de l'UNESCO pour traiter les images des pièges photographiques et faire la formation sur SMART qui n'a pas pu être effectuée dans sa totalité en raison du manque de temps lors de la dernière formation. Cette seconde formation avec 27 participants (cf. Annexe 2) s'est tenue à la base du PNNK à Tambacounda du 18 au 21 juillet, avec deux jours consacrés à l'utilisation du logiciel CTAT® et deux jours pour SMART. Le détail des supports de la formation est présenté en Annexe 1. Le conservateur a souhaité démarrer la formation par l'utilisation du logiciel d'analyse d'images issues des pièges photographiques CTAT afin que l'équipe du PNNK puisse mettre en valeur rapidement les résultats obtenus dans ce domaine. Le conservateur a bien insisté sur le fait que le suivi écologique est une composante essentielle du programme des activités du PNNK qui va permettre d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre des recommandations du comité du patrimoine mondial.

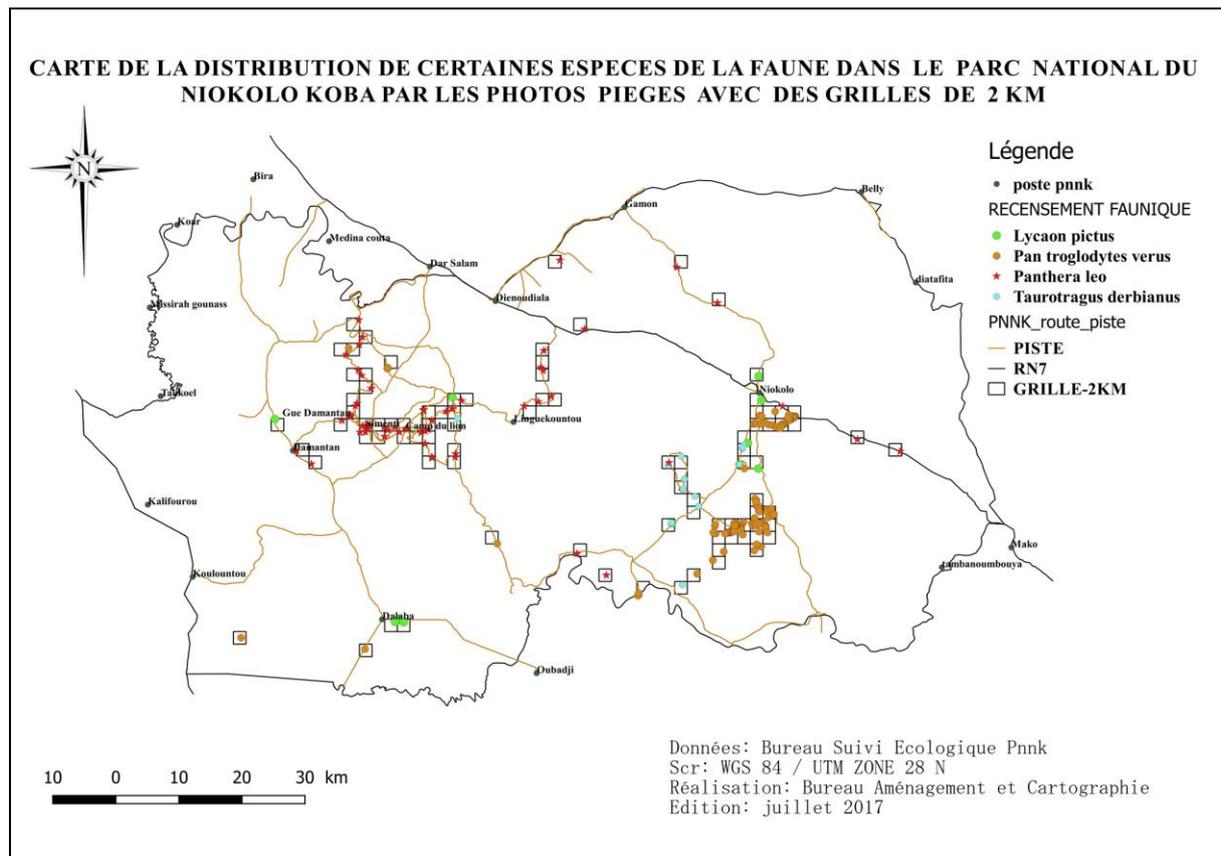
2. Programme détaillé de la formation

Mardi 18/07

- Brèves allocutions du Conservateur, le Cdt Mallé Gueye, pour expliquer le contexte de cette formation.
- Présentation des résultats du suivi écologique par les agents du bureau suivi écologique avec notamment les données issues des pièges photographiques, des recensements en véhicule dont l'ajout de deux nouveaux circuits dans la partie ouest et nord du PNNK et des recensements en point fixe au niveau des mares. Lors des missions précédentes (Avril 2015 et Octobre 2016), nous avons insisté sur la nécessité d'effectuer de manière conjointe ces trois méthodes de suivi écologique puisqu'elles sont complémentaires et permettent d'obtenir des indicateurs pertinents sur la quasi-totalité des grands mammifères présents dans le PNNK. A l'issue de la présentation, une réflexion commune a été entreprise sur les points forts et les faiblesses qui sont apparus à travers la présentation des résultats du bureau suivi écologique. Ce dernier a démontré une grande motivation pour réaliser l'ensemble des activités prévues dans le programme annuel avec l'appui des chefs de zones, de postes et des agents du parc notamment au niveau des comptages en point fixe. Les excellents résultats obtenus notamment au niveau des espèces emblématiques du PNNK (Eland de Derby, Lycaon, Chimpanzé et Lion) sont le fruit de cette grande motivation. Toutefois il existe encore des points à améliorer dans la réalisation des activités, à savoir :



- Dans le cadre de l'installation des pièges photographiques, s'assurer d'utiliser des piles lithium (longue durée), des sangles de bonne qualité pour l'attache des pièges et des cartes mémoire de 16 Go. En effet, un pourcentage non négligeable (entre 20% et 40%) de pièges photographiques a cessé de fonctionner au bout d'une semaine en raison du manque de fiabilité des éléments décrits ci-dessus. Ceci a pour conséquence de diminuer le taux de performance des caméras et donc d'impacter la robustesse du jeu de données pour les estimations notamment d'occupation naïve ou de richesse biologique.
- Les comptages en point fixe ont lieu uniquement le matin jusqu'à 13h ce qui biaise l'observation de certaines espèces plus actives en fin d'après-midi et début de soirée. Il faudrait donc effectuer les comptages en point fixe du matin au soir pour ne pas biaiser les résultats.
- Suite à cette réflexion et à une analyse succincte des résultats exposés pour 2016 et 2017, le consultant a demandé au bureau suivi écologique d'effectuer un traitement SIG pour déterminer les futurs emplacements des 96 pièges photographiques dont dispose le PNNK pour la prochaine saison sèche, en conformité avec les références bibliographiques scientifiques en la matière (Rowcliffe *et al.*, 2008 & Tobler *et al.*, 2008'). La requête était la suivante : cartographier les zones de présence des 4 espèces clés (Eland de Derby, Chimpanzé, Lycaon et Lion) à partir des données de comptage en véhicule, point fixe et piège photographique et sélectionner les unités de la grille en fonction des résultats en allant des unités les plus importantes (où les 4 espèces sont présentes) au moins importantes (présence d'une seule espèce). Les résultats cartographiques du traitement SIG sont présentés ci-dessous. On constate qu'il y a un grand nombre de cellules sélectionnées par le traitement dans les secteurs de Simenti-Camp du Lion, Assyrick, Massafara et Niokolo. Cela va certes générer un biais au niveau spatial et représentativité des unités écologiques du PNNK, toutefois l'objectif est ici de collecter un maximum d'information sur ces 4 espèces iconiques qui font partie intégrante de la VUE du bien afin de pouvoir évaluer le statut des populations présentes dans le PNNK.



- On constatera que l'éléphant n'a pas été intégré dans le traitement et ceci en raison du très faible nombre d'informations collectées par l'équipe au cours des deux dernières années qui ne permet pas d'effectuer une analyse pertinente. L'espèce est toutefois encore présente dans le PNNK mais étant donné le très faible nombre de contacts au niveau des pièges photographiques, selon toute vraisemblance le nombre d'individus présents (de manière sporadique semble-t-il) est très faible.
- Un rapport (Bruce *et al.*, 2017ⁱⁱ) a ensuite été présenté par le consultant comme modèle de référence à reproduire pour l'analyse des images issues des pièges photographiques.
- Dans l'après-midi, les logiciels CTAT et « R » ont été installés et les premiers exercices ont consisté à bien détailler la mise en forme des données à importer dans le logiciel (cf. Annexe 1 pour plus de détails). Un rappel a été effectué sur l'extraction des métadonnées avec le logiciel Picture Information Extractor. L'équipe du bureau suivi écologique a eu ensuite pour tâche de modifier les fichiers à importer selon le modèle décrit afin de tester les résultats sur un des secteurs du PNNK, en l'occurrence Gamon. Enfin, un exemple sur l'analyse des images issues des pièges photographiques au Niger a été présenté et commenté par le consultant pour familiariser les participants aux résultats obtenus grâce au logiciel CTAT.

Mercredi 19/07

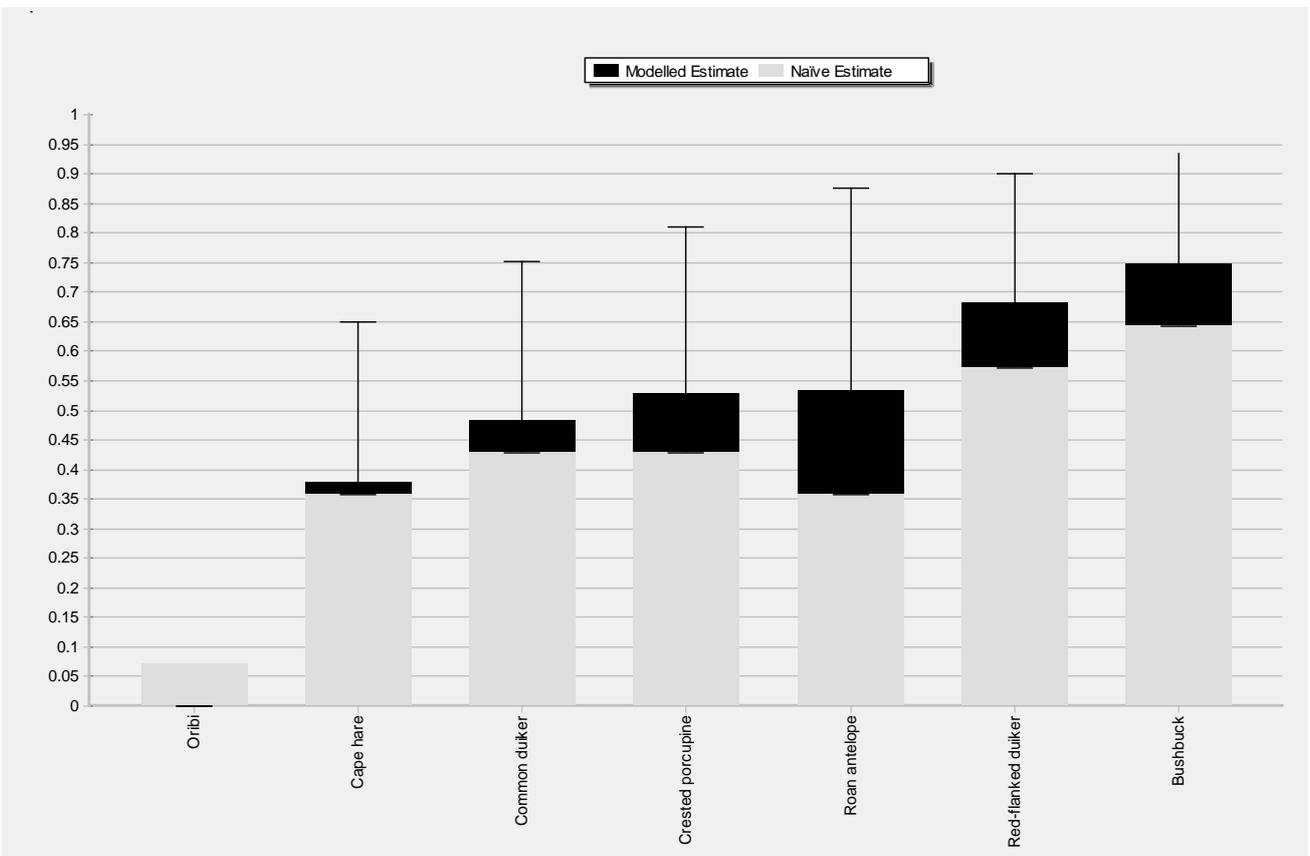
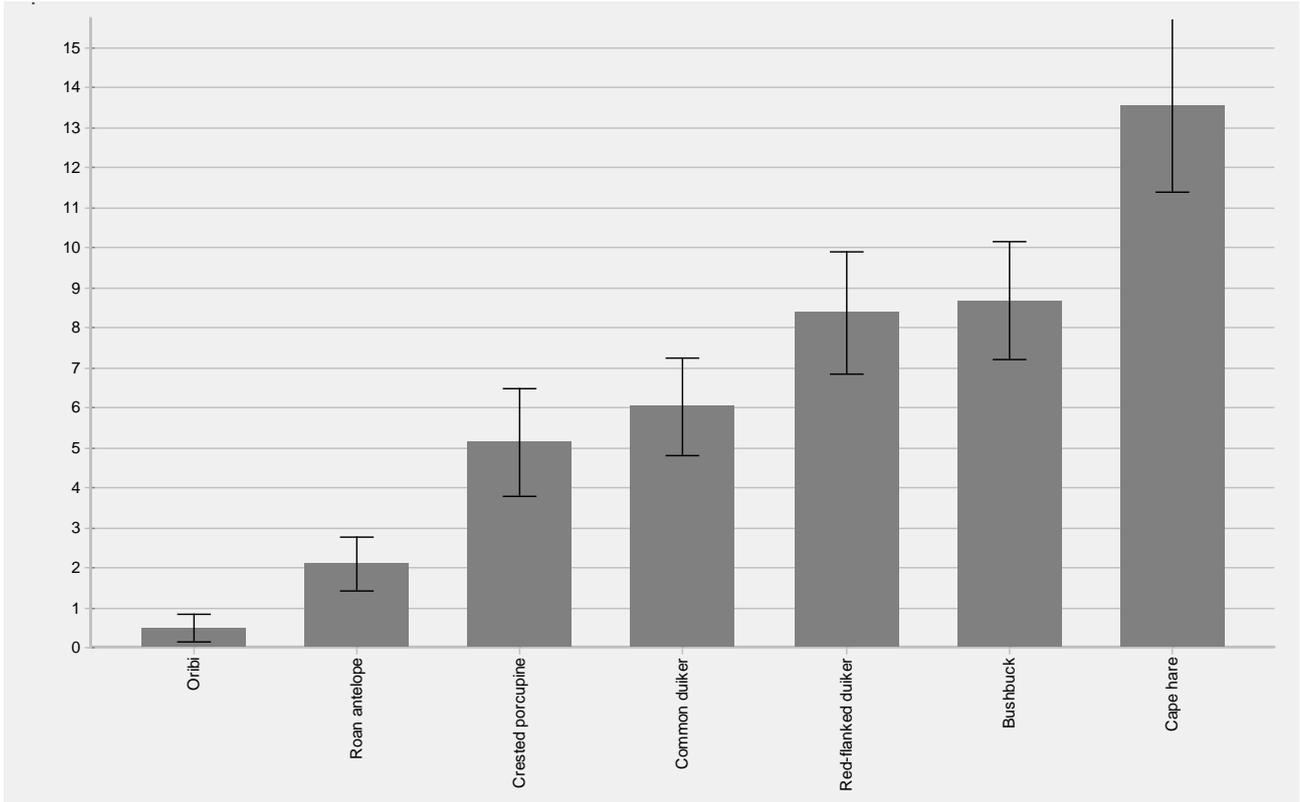
- La matinée a été consacrée à l'importation des données (4 fichiers pour la localisation des stations, la configuration quant au déploiement des pièges, les informations d'installation et de récupération, et enfin les informations issues des images) et aux modifications à apporter dans les tables de la base afin que ses éléments correspondent aux qualificatifs utilisés dans les fichiers d'importation. Les différentes étapes (cf. Annexe 1) ont ensuite été détaillées pour arriver à l'analyse.
- Cette demi-journée a été l'occasion de faire tourner le logiciel CTAT sur le secteur de Gamon et d'analyser les résultats. Les différents résultats obtenus que ce soit au niveau de l'effort d'échantillonnage, des performances des caméras ou des taux de capture et l'occupation naïve par espèce ont été présentés et commentés.
- Vous trouverez en Annexe 1 des exemples des résultats obtenus pour le secteur de Gamon, ainsi que dans la page suivante avec les taux de capture et l'estimation de l'occupation naïve pour les herbivores du PNNK. Il a été demandé au bureau de suivi écologique de nous présenter les résultats du secteur Assyrick, dès le lendemain afin de voir si la formation a bien été assimilée.

The screenshot shows the ZSL-CTAT software interface. The main window is titled 'Camera Trap Survey' and 'Gamon 4'. It features a table with columns for Photo Type, Scientific Name, Local Name, Activity, and Anim. The table contains 20 rows of data, all with 'Faune' as the photo type and 'Hippotragus equinus' as the scientific name. The local name is 'Hippotrague' for all entries. The activity and anim columns are empty. To the right of the table is a photo viewer showing a photograph of a gazelle in a natural setting. Below the photo, there is a status bar with the text 'MOULTRIECAM 22 JAN 2017 05:38 am' and a temperature indicator '93°F'. The interface also includes a menu bar with 'File', 'View', 'Tools', and 'Help', and a toolbar with various icons.

Photo Type	Scientific Name	Local Name	Activity	Anim
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		
Faune	Hippotragus equinus	Hippotrague		

Jeudi 20/07

- Le bureau du suivi écologique nous a présenté avec brio les résultats pour l'analyse des images du secteur Assyrick, démontrant que le logiciel est bien maîtrisé. La matinée a ensuite été réservée à l'installation du logiciel SMART sur les ordinateurs des participants et aux modules 1 et 2 de la formation (cf. Annexe 1), soit configurer la zone de conservation du PNNK et utiliser les outils cartographiques.
- L'après-midi a été consacrée au module 3, à savoir tous les éléments liés au fonctionnement, à la planification et à l'intégration des informations issues des patrouilles.



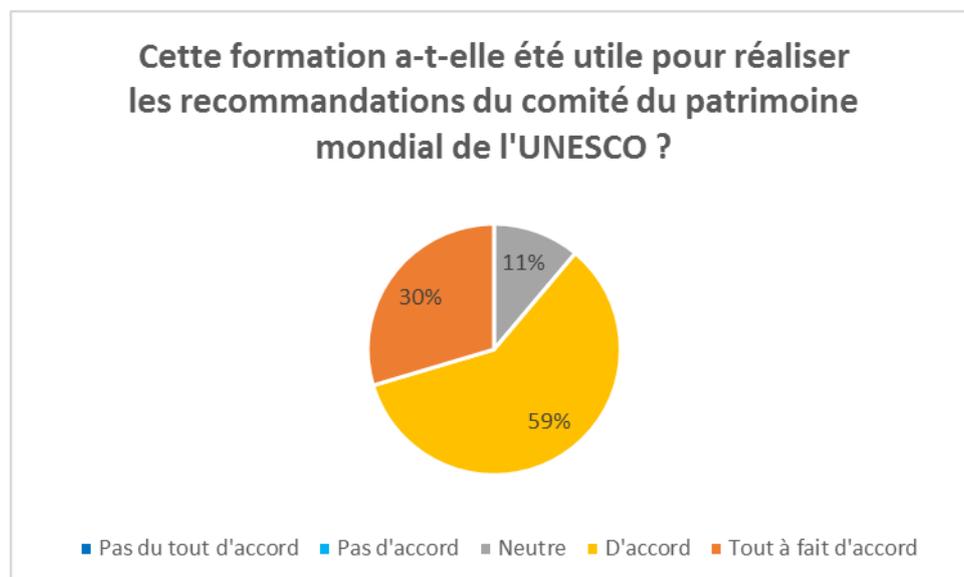
Vendredi 21/07

- Les modules 4 et 5 de SMART qui portent sur les requêtes et les rapports, ont été réalisés dans la matinée à partir des données intégrées dans le module 3.
- La dernière après-midi a permis de faire un tour d'horizon des logiciels utilisés à travers un exercice de questions-réponses. Enfin, à la demande du conservateur adjoint, la séquence du Cybertracker a été améliorée notamment au niveau de la collecte des informations indirectes et pour le suivi des nids des chimpanzés.

3. Evaluation de la formation

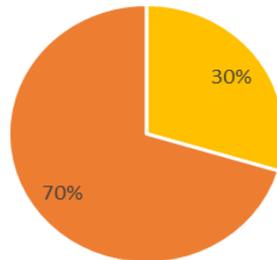
La formation a été évaluée grâce à une série de questions portant sur la pertinence de la formation d'une manière générale, la pertinence des outils utilisés, le temps consacré aux différents outils, la prestation du consultant et le suivi à effectuer à l'issue de cette formation. Le questionnaire a été anonyme et a concerné 27 participants qui ont bien voulu répondre et remettre leurs réponses au conservateur qui les a ensuite communiquées au formateur de façon anonyme. Les résultats sont déclinés sous forme de camembert.

Pertinence générale de la formation



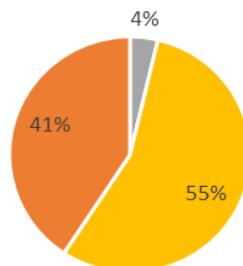
Pertinence de la formation pour les outils CTAT et SMART

Pensez vous que l'utilisation du logiciel CTAT sera utile pour le suivi écologique ?



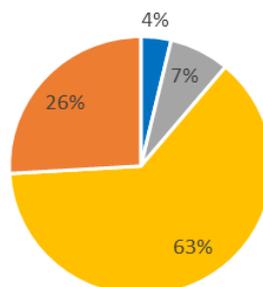
■ Pas du tout utile ■ Pas très utile ■ Sans opinion ■ Utile ■ Très utile

Recommanderiez-vous l'utilisation du logiciel CTAT à d'autres collègues pour le suivi écologique ?



■ Pas du tout d'accord ■ Pas d'accord ■ Neutre ■ D'accord ■ Tout à fait d'accord

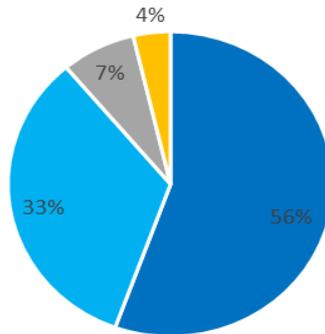
Pensez vous que l'utilisation du logiciel SMART va permettre d'améliorer la lutte anti-braconnage et d'une manière générale la surveillance dans le PNNK ?



■ Non ■ Un peu ■ Sans opinion ■ oui assez ■ Oui beaucoup

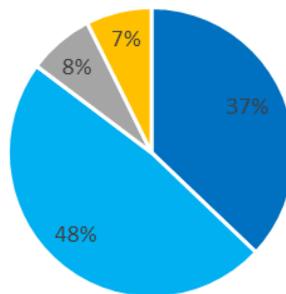
Pertinence sur le temps consacré à la formation

La durée de la formation a-t-elle été suffisante ?



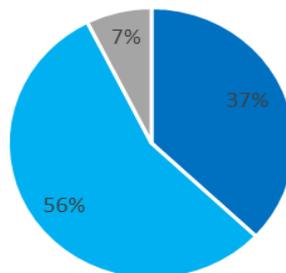
■ Pas du tout d'accord ■ Pas d'accord ■ Neutre ■ D'accord ■ Tout à fait d'accord

Le temps consacré pendant la formation sur le logiciel CTAT est-il suffisant ?



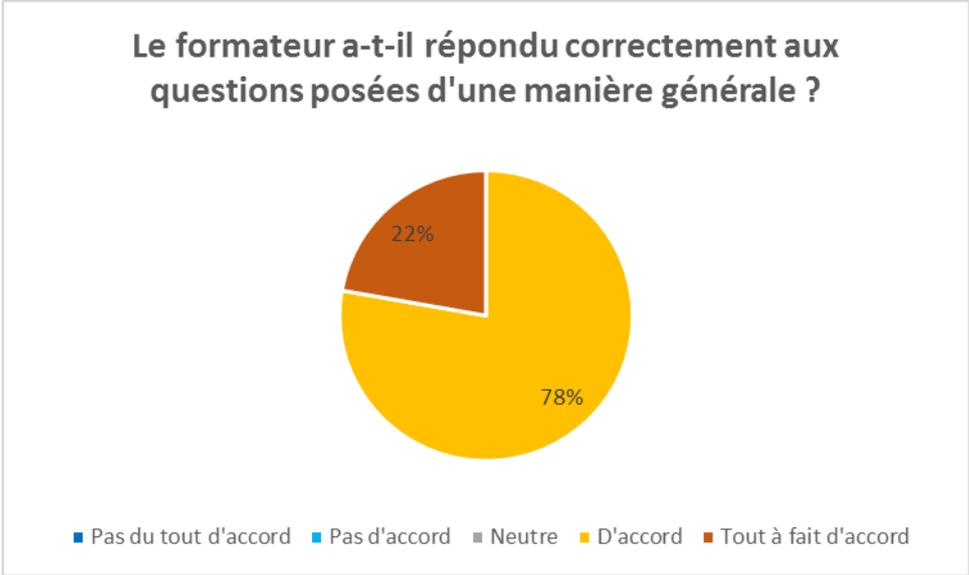
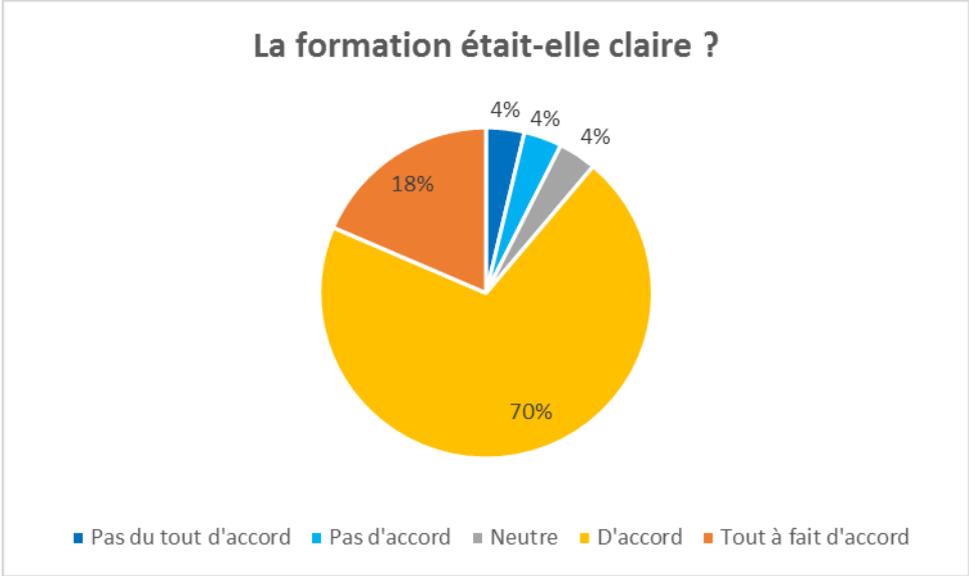
■ Pas du tout d'accord ■ Pas d'accord ■ Neutre ■ D'accord ■ Tout à fait d'accord

Le temps consacré pendant la formation sur le logiciel SMART est-il suffisant ?

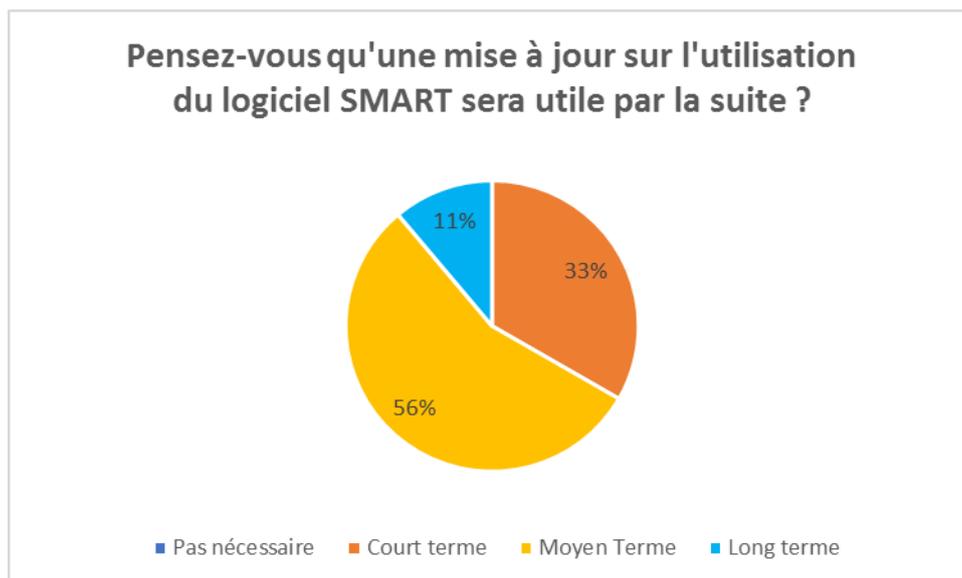
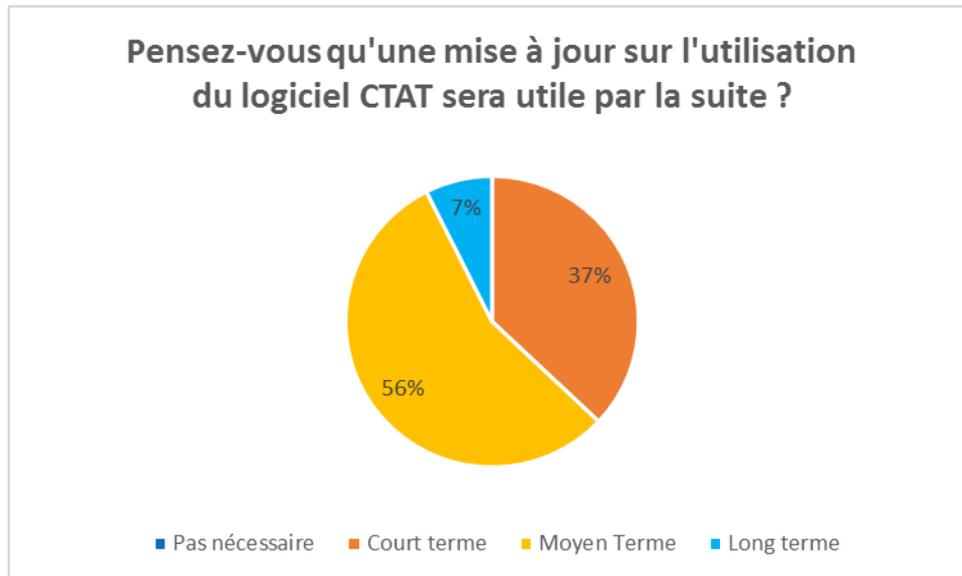


■ Pas du tout d'accord ■ Pas d'accord ■ Neutre ■ D'accord ■ Tout à fait d'accord

Evaluation de la prestation du consultant



Suivi à mettre en place post-formation



4. Conclusion & recommandations

L'équipe de gestion du PNNK sous la direction du conservateur a démontré un réel dynamisme au niveau des activités de suivi écologique mises en place depuis décembre 2015. Les résultats obtenus avec les pièges photographiques, en comptage à véhicule notamment grâce aux deux nouveaux circuits ainsi que les comptages en point fixe au niveau des mares démontrent (élands de Derby, éléphants, chimpanzés, bubales et grands carnivores). Les données collectées sur le terrain peuvent être néanmoins améliorées comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. La formation va clairement aider en ce sens les agents à corriger ces erreurs en faisant preuve d'une plus grande rigueur dans l'application de la méthodologie et la collecte des données.

Les conclusions par outil sont déclinées ci-dessous ainsi que les principales recommandations à la fin de cette section. Nous avons toutefois souhaité présenter au préalable les résultats de l'évaluation de la formation :

- La formation a été bien reçue et appréciée. Ceci démontre une fois de plus la pertinence d'avoir mis en place rapidement une séance supplémentaire pour parfaire la formation reçue précédemment en octobre 2016 notamment pour le suivi écologique.
- Le temps consacré d'une manière générale et aux outils en particulier n'a cependant pas été suffisant pour la majorité des personnes interrogées. On notera ici, que les outils utilisés sont très spécifiques à une catégorie d'agents. En effet, bien que le logiciel CTAT puisse concerner l'ensemble des participants présents, il est clair que ce sont les agents du bureau suivi écologique qui seront les plus sollicités à utiliser régulièrement le logiciel pour mettre en valeur et analyser les résultats obtenus. Idem avec le logiciel SMART qui concerne davantage les gestionnaires (conservateur et son adjoint, et les chefs de zones) et les agents en charge de la surveillance et de la lutte anti-braconnage mais seulement pour une partie des modules.
- Une large majorité des interrogés pense nécessaire d'avoir recours à une mise à jour sur SMART et CTAT à court et moyen termes.

CTAT

La pertinence d'utiliser ce logiciel a été très rapidement perçue par les agents du PNNK dès l'obtention des premiers résultats et on peut dire davantage pour les agents du bureau suivi écologique qui sont les principaux concernés et ont pu se rendre compte que tous leurs efforts n'ont pas été vains. A ce titre, nous souhaitons remercier ZSL pour la mise à disposition du logiciel CTAT et en particulier Dr. Tim Wachter pour ses conseils avisés et aussi le Dr Tajan Amin pour son appui dans la résolution des quelques dysfonctionnements existants sachant que le logiciel est en cours d'évolution et qu'il ne s'agit pas d'une version définitive. Grâce aux efforts déployés par l'équipe du PNNK sous la direction du conservateur et de son adjoint, un nombre très important de données a été collecté au cours des deux dernières années et les résultats obtenus jusqu'à présent avec les pièges photographiques démontrent que la totalité des espèces emblématiques du bien, hormis pour l'éléphant, est bien présente et avec des effectifs de populations viables (y compris pour l'Eland de Derby). Le nouveau dispositif qui sera déployé à partir de décembre et pour une période de 6 mois permettra d'améliorer le niveau d'information sur ces principales espèces et d'atteindre pleinement les objectifs fixés sur la base des recommandations du comité du Patrimoine Mondial en matière de suivi écologique.

SMART

Tel que stipulé en octobre dernier, il est clair que l'utilisation du logiciel SMART, dans le cadre essentiellement de la lutte anti-braconnage et de la surveillance du PNNK va s'avérer bénéfique sur la qualité du rapportage ainsi que sur l'évaluation des actions réalisées par les agents dans ces domaines. Certes, la formation était prévue initialement en 4 jours en salle avec un jour de terrain et elle a été raccourcie à deux jours puisque le logiciel CTAT a été privilégié. Tel que cela a été souligné dans l'évaluation, il est fort possible que les principaux intéressés à savoir l'équipe de gestion (le conservateur, son adjoint, les chefs de brigade et les chefs de secteur), aient besoin d'une mise à jour voire d'un complément de formation à court ou moyen terme. Nous avons recommandé à l'équipe de gestion du PNNK de collecter l'information par secteur, à savoir que les chefs de poste doivent fournir les informations collectées sur le terrain au moyen d'un GPS et d'un carnet de note par les patrouilles aux chefs de secteur qui enregistreront les informations directement dans le logiciel SMART. En effet, le parc ne possède pas suffisamment de matériel informatique pour exiger l'utilisation de SMART à l'ensemble des chefs de poste.

Principales recommandations suite cette formation

- Nous avons recommandé au bureau suivi écologique de continuer à utiliser régulièrement le logiciel CTAT, déjà pour finir l'analyse sur les 13 secteurs restants du PNNK et aussi pour ne pas perdre la main.
- A l'endroit du conservateur, nous lui avons recommandé vivement de faire le nécessaire pour acquérir auprès de sa hiérarchie et des partenaires, un nombre suffisant de piles lithium (un total de 700 pour la prochaine saison), de cartes mémoire de 16Go (130) et des sangles (130) pour s'assurer que les pièges photographiques seront fonctionnels durant la totalité de l'exercice 2018, soit un minimum de 6 mois. Une mission de contrôle aura lieu au bout de 3 mois pour vérifier que les pièges sont toujours fonctionnels, collecter les données issues des cartes mémoires et changer les piles (normalement des piles lithium assurent un fonctionnement même intense d'un appareil au minimum pendant 6 mois) et sangles si nécessaires.
- Une fois de plus, nous insistons sur la recommandation concernant les comptages en point fixe (déjà précisée en octobre 2016), à savoir : effectuer les comptages en points fixes au niveau des mares durant toute une journée de 7h à 18h au lieu d'une demie journée comme ce fut le cas en 2016 et 2017.
- Pour le logiciel SMART, il est impératif que les chefs de secteur, de brigade ainsi que le conservateur et son adjoint puissent l'utiliser au plus vite et mettre en application cet outil pour les 3 secteurs de gestion Ouest, Centre et Est et les postes qui s'y trouvent.

Annexe 1 : Support détaillé de la formation

a) Logiciel SMART

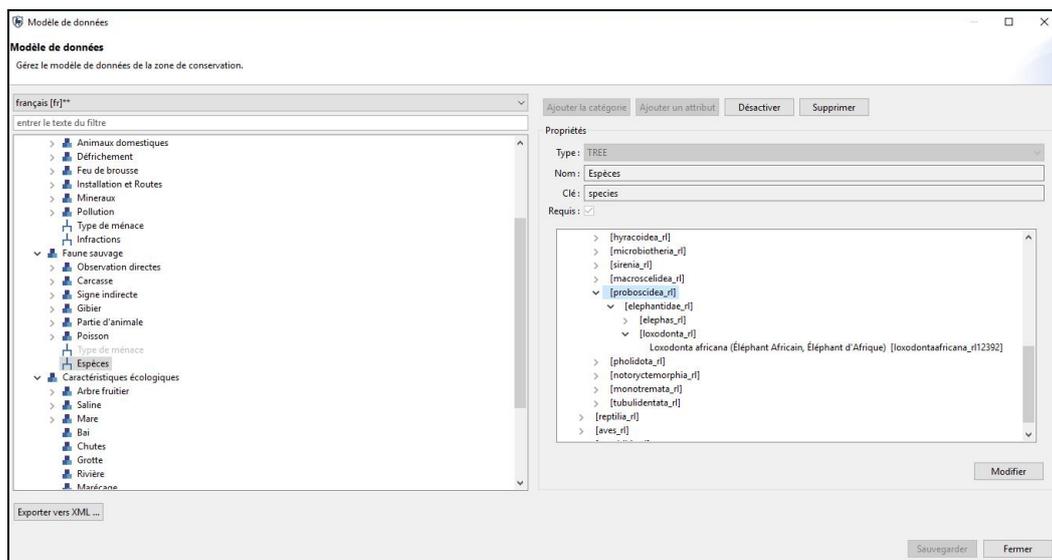
La version 3.3.1 a été installée sur les ordinateurs des participants et plusieurs fichiers ont été fournis dans le cadre de l'utilisation de SMART, à savoir les fichiers shapefiles nécessaires au volet cartographie pour le PNNK (limites du parc, limites des zones de secteur, la zone tampon et les postes) et un fichier xml pour télécharger le modèle de données en français.

Il existe un tutoriel développé par SMART (<http://smartconservationtools.org/support/>) en français mais cette formation n'a pas suivi à la lettre les exercices proposés dans le tutoriel car ils ne sont pas axés sur la zone de conservation concernée à savoir le PNNK. C'est pourquoi il n'y a pas de concordance ici au niveau de la numérotation des modules de formation.

Les étapes ci-dessous ont ainsi été effectuées en fonction des modules disponibles dans SMART en adaptant la formation aux problématiques propres du PNNK afin que les participants puissent conserver leurs travaux et s'en servir comme base de départ pour la mise en application du logiciel SMART.

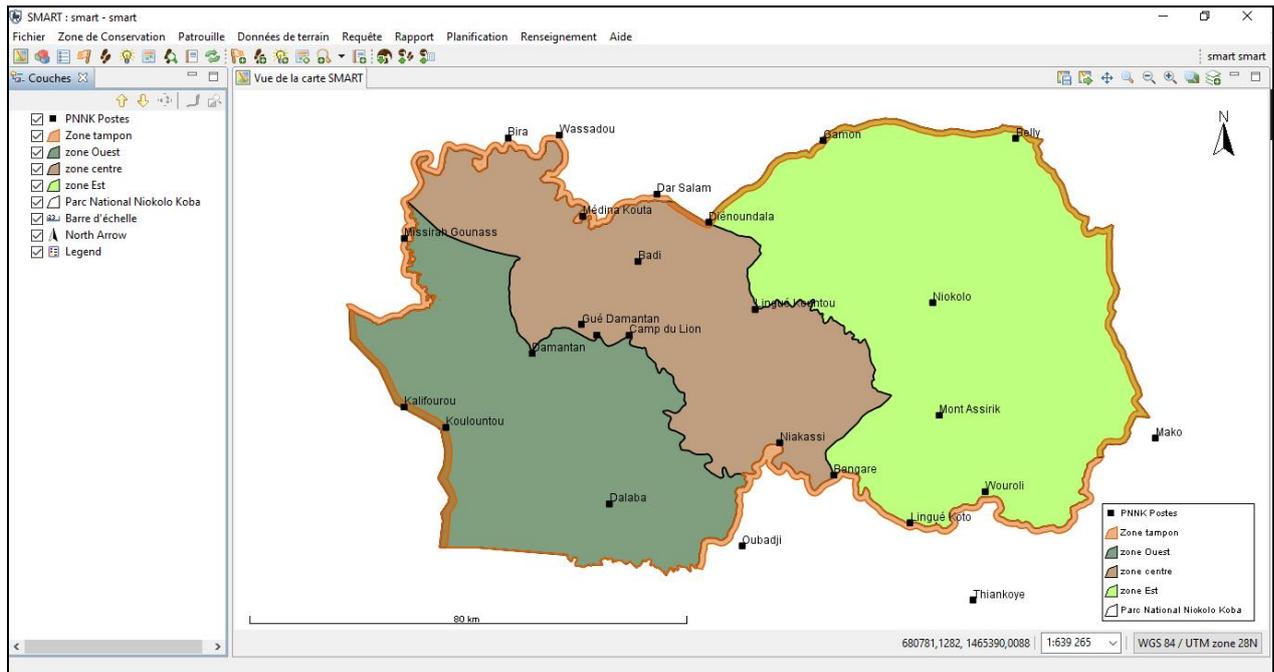
Module 1 : Configuration de la zone de conservation PNNK

- Création de la base SMART nommée PNNK et des utilisateurs
- Installation des plugins pour avoir la version 3.3.1 en français
- Installation du modèle de données en français et manipulation du modèle avec le chargement des espèces et l'ajout d'attributs



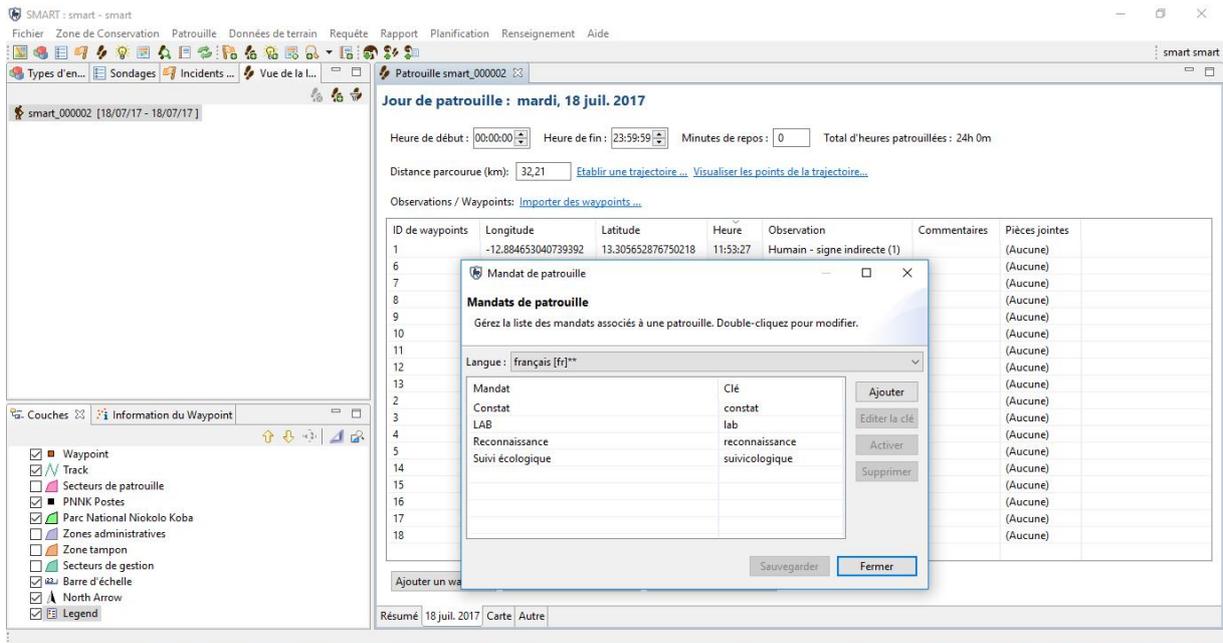
Module 2 : Cartographie

- Intégration des limites du parc, de la zone tampon et des zones de gestion Est-Centre-Ouest
- Ajout d'autres couches utiles pour la carte de base telles que les postes du PNNK
- Manipulation de l'outil cartographique (projection UTM par défaut, changement des couleurs des polygones, ajout de la légende, de l'échelle, du nord géographique, exportation des cartes, etc...)



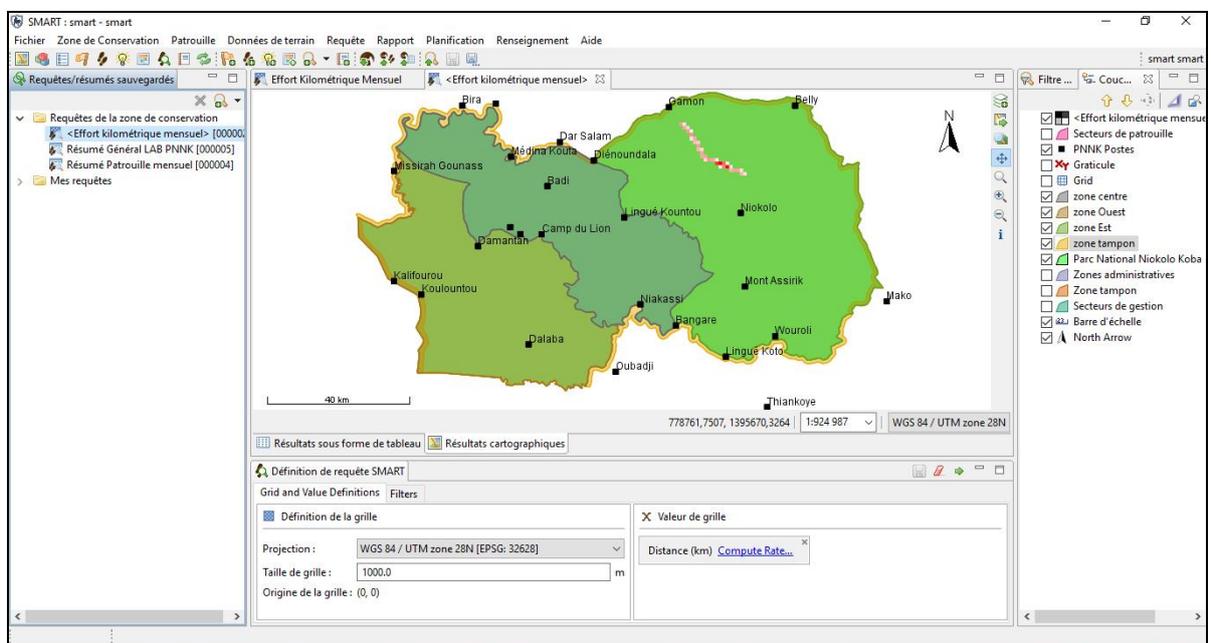
Module 3 : Patrouille – Intelligence – Planning

- Création des grades au sein du PNNK et de l'organisme DPN
- Création des mandats de patrouilles au PNNK (LAB, reconnaissance et suivi écologique), types de patrouille, équipe de patrouille
- Création des postes ou stations dans la base PNNK
- Insertion d'informations issues des informateurs, intégration des informateurs en crypté
- Création d'un planning de patrouille sur la base d'information
- Intégration des données de patrouille à partir d'un fichier .csv ou .gpx ou directement du GPS, calcul des distances à partir des waypoints
- Association des données de patrouille au planning référent
- Exportation et importation des fichiers patrouilles, intelligence et planning



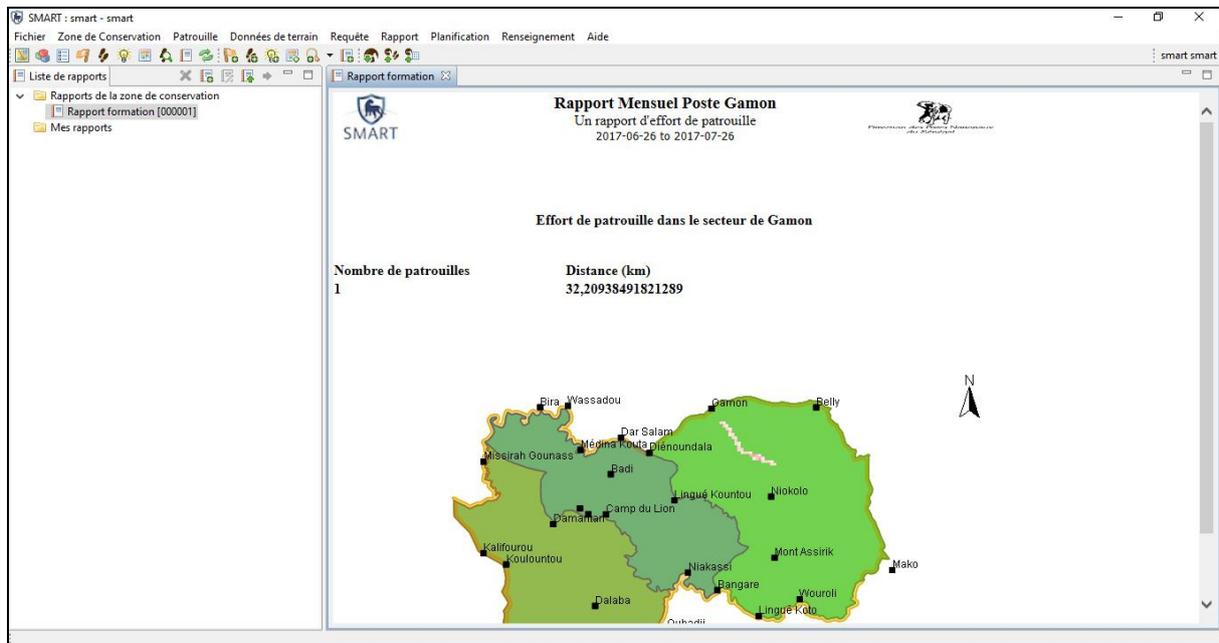
Module 4 : Requêtes

- Présentation des requêtes possibles dans SMART (cf. tutoriel) et dans la base PNNK
- Création de la requête effort de patrouille pour la station de Gamon
- Création de la requête effort kilométrique pour la station de Gamon
- Importation et exportation des requêtes



Module 5 : Rapport

- Création d'un rapport à partir des données disponibles dans la base PNNK
- Création du design des rapports mensuels de station avec comme exemple Gamon
- Insertion des informations liées aux requêtes avec la requête de résumé des patrouilles et la requête de grille pour le calcul de l'effort kilométrique
- Sauvegarde des modèles dans la librairie SMART
- Importation et exportation des rapports



b) Logiciel Camera Trap Analysis Tool

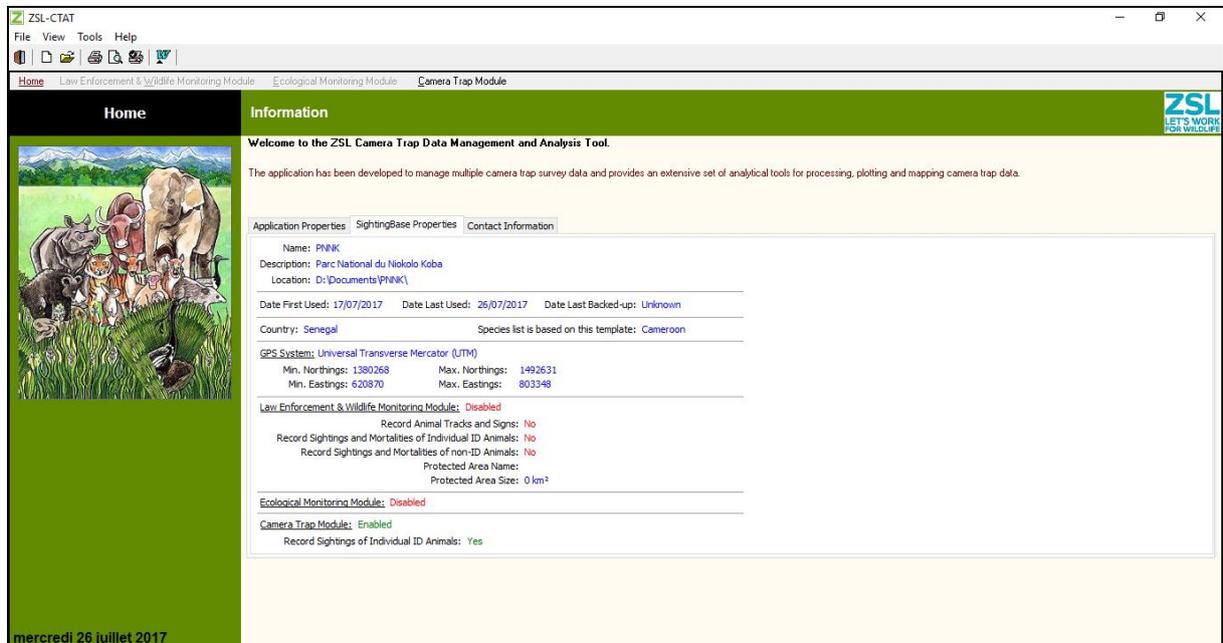
Ce logiciel a été développé par la Société Zoologique de Londres – ZSL et nous remercions ZSL pour nous avoir permis d'utiliser ce logiciel dans le cadre de la formation. Ce logiciel a été conçu pour analyser les données images issues du déploiement de pièges photographiques à partir d'une grille. Les données sont issues des pièges photographiques qui ont été déployés du 31 décembre 2016 à début juillet 2017 sur les 15 secteurs définis lors de la mission d'avril 2015 en suivant les recommandations de Rowcliffe *et al.*, 2008 et Tobler *et al.*, 2008.

L'utilisation de ce logiciel nécessite dans un premier temps de bien préparer les données sous un format particulier dans un fichier Excel qui seront ensuite enregistrés en format .csv. Le fichier a été distribué lors de la formation précédente en octobre 2016 et les données ont donc pu être insérées dans le bon format. Il y a eu cependant plusieurs modifications à effectuer à la fois dans le logiciel au niveau des tables de référence mais aussi au niveau des fichiers .csv afin de les rendre utilisables. Nous avons pris comme exemple le secteur de Gamon où 18 pièges photographiques ont été installés. Les différentes étapes sont décrites ci-dessous.

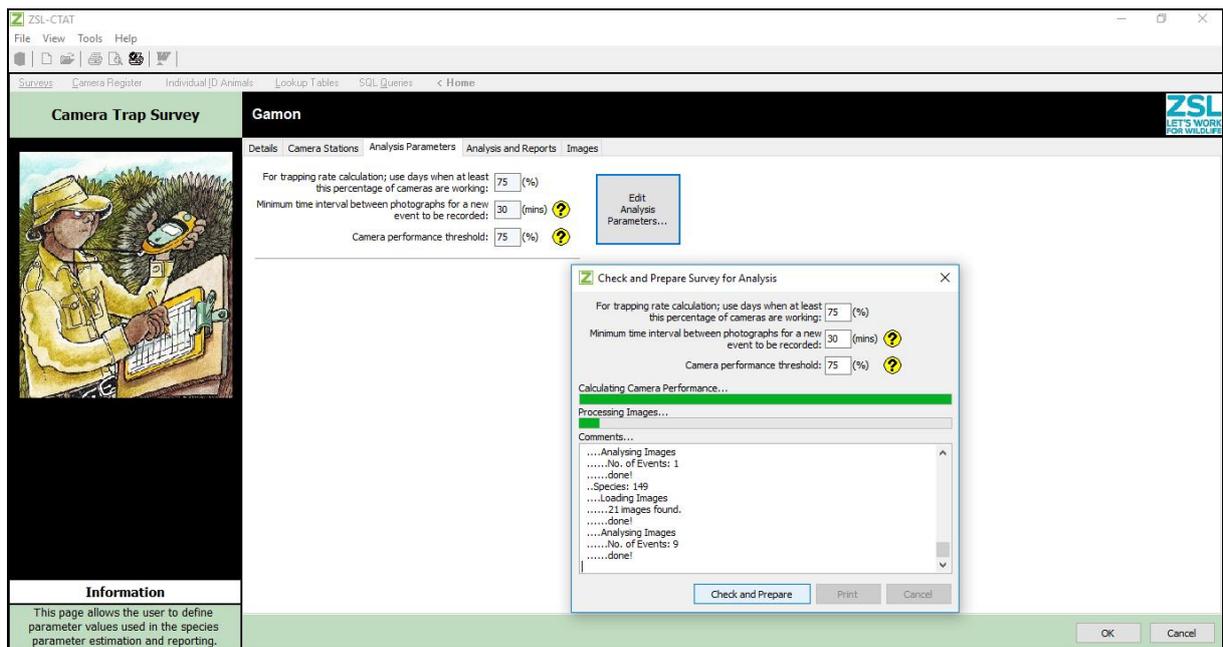
Il existe un tutoriel en anglais accessible depuis le logiciel dans l'onglet « Help » pour les 5 modules suivant :

- Manuel de l'utilisateur
- Manuel pour l'importation des données
- Manuel pour la configuration des tables dans la base
- Manuel pour la cartographie avec le logiciel QGIS
- Manuel pour l'utilisation de l'interface ArcReader

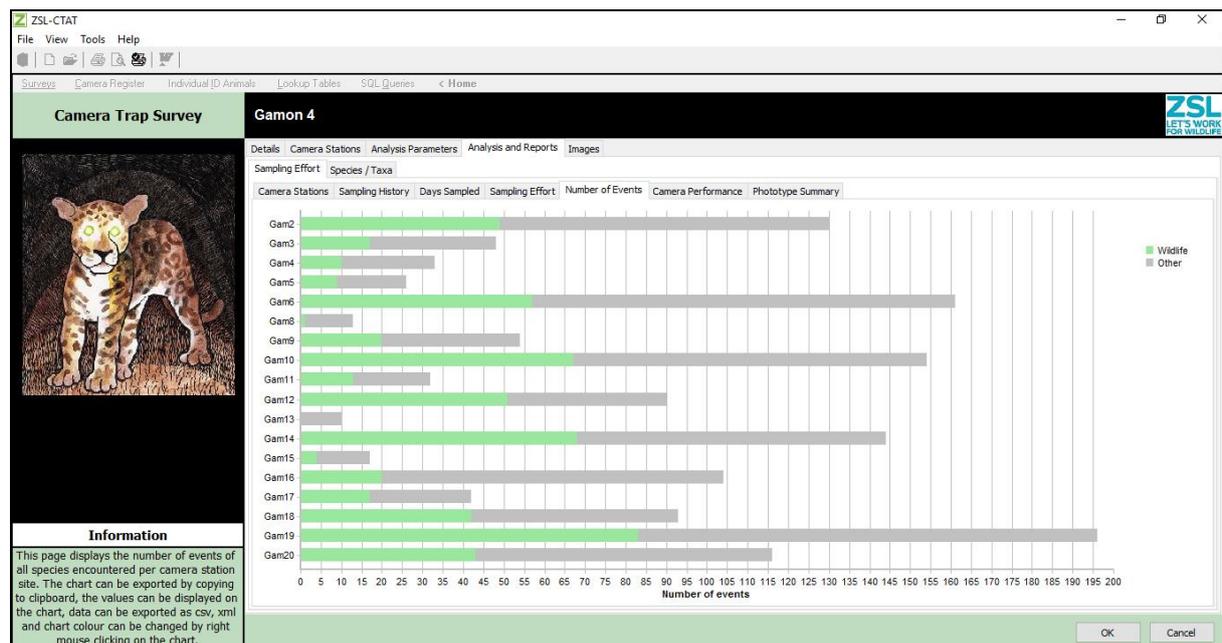
- **Etape 1** : Installation du logiciel CTAT et de la dernière version du logiciel « R » avec les packages suivants BiodiversityR, unmarked et vegan
- **Etape 2** : Activation du module Camera Trap
- **Etape 3** : Création de la « sighting base » PNNK en spécifiant la projection UTM 28N, la taille des unités dans la grille 2 km par 2 km, le pays et la zone où a été déployée la grille et chargement de la base Cameroun pour les tables de référence



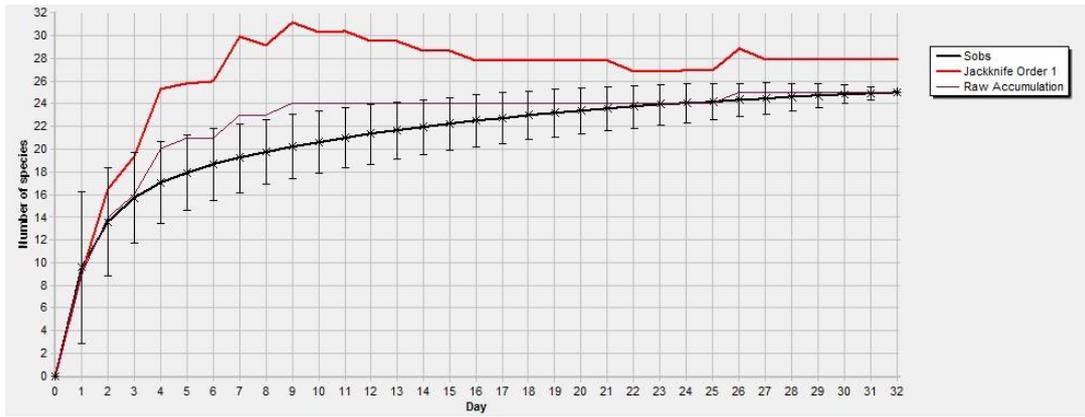
- **Etape 4** : Vérification des qualificatifs utilisés dans les fichiers à importer et dans la table et ajout des nouveaux qualificatifs dans les tables
- **Etape 5** : Importation des données dans le bon format .csv (point-virgule) et correction au niveau des fichiers et de la table en cas d'erreur
- **Etape 6** : Faire tourner l'analyse pour obtenir les résultats



Etape 7 : Analyse des résultats pour l'onglet effort d'échantillonnage et des 7 sous-onglets dont les deux en gras sont présentés ci-dessous (Camera Stations, **Sampling History**, Days Sampled, Sampling Effort, **Number of Events**, Camera Performance, Phototype Summary)



Etape 8 : Analyse des résultats pour l'onglet Espèce/Taxon et ses 7 sous-onglets dont les deux en gras sont présentés ci-dessous (List, **Richness**, Events per Day, Trapping Rate, Occupancy, Distribution, **Activity Pattern**)



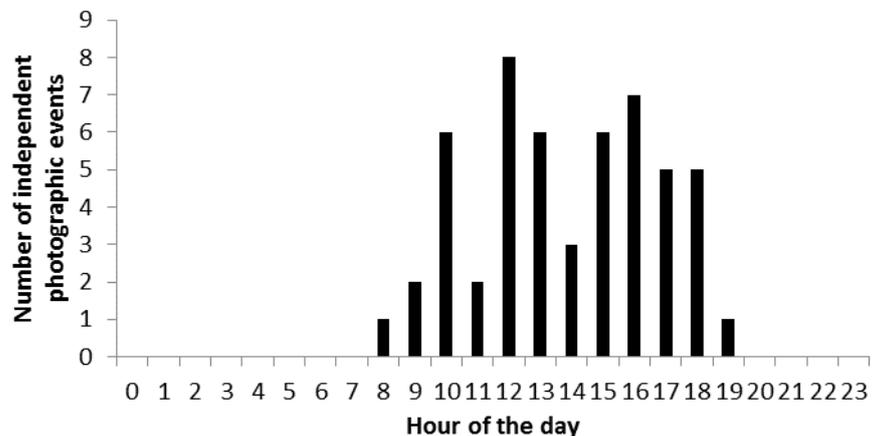
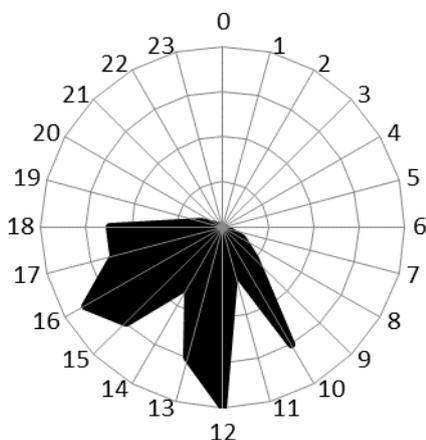
Information

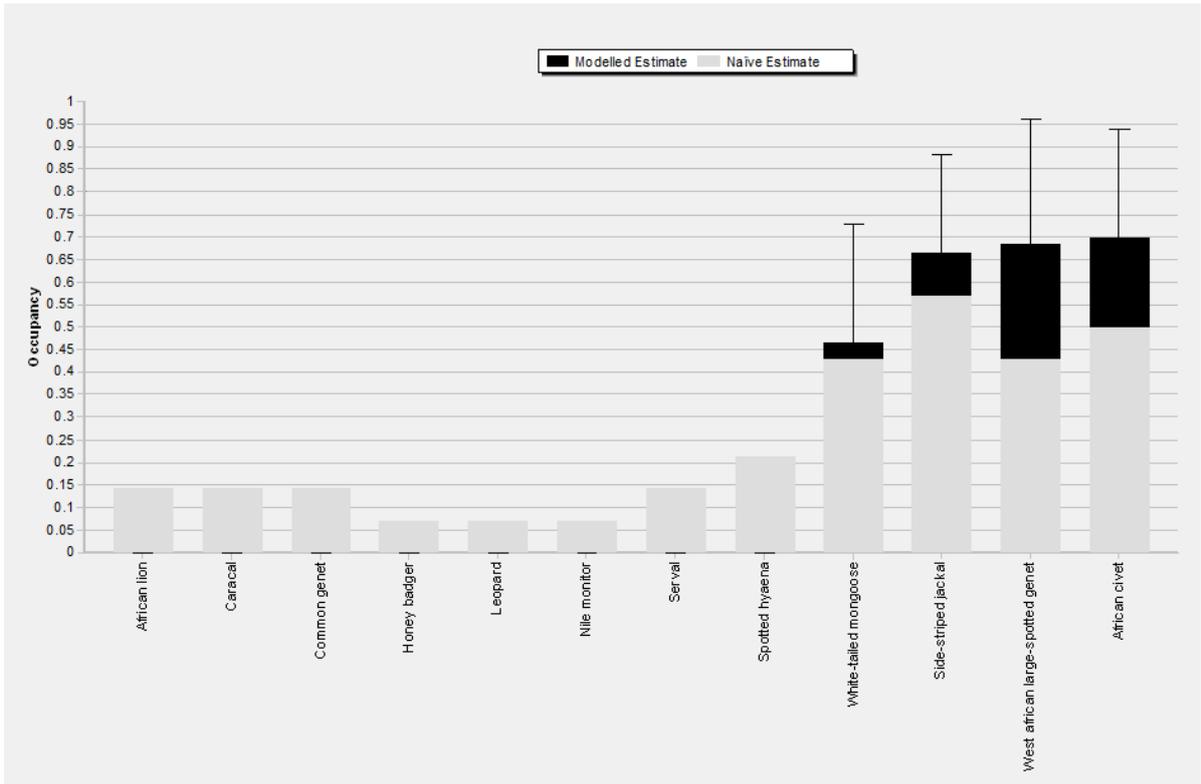
This page displays the species activity pattern for this survey. The data can be saved as a comma or tab separated text file, xml file, webpage by right mouse clicking on the table. Further information about can be obtained by clicking one of the help icons, above. Activity pattern data along with bar activity plot and radial activity plot can be exported into excel.

Species	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Aardvark, Antbear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Babouin de Guinée	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	2	8	6	3	6	7	5	5	1	0	0	0	0
Banded Mongoose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caracal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Céphalophe à flanc roux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Céphalophe de Grimm	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chacal à flanc rayé	2	2	1	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Civet	2	4	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crested Porcupine, North African Cr...	2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Egyptian Mongoose	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galago du Sénégal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genette commune	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genette tigrine	0	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gulb hamaché	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hippotrague	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyène tachetée	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leopard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lièvre à oreille	10	2	3	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lion	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ourebe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ratias	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Etape 9 : Exportation des données sous forme de graphique avec Excel (en exemple un graphique type radar pour le pattern d'activité du Babouin de Guinée et un graphique type barres pour le calcul d'un modèle d'occupation naïve pour le taxon des carnivores), ou enfin sous forme cartographique avec Google Earth par espèce (en exemple le taux de capture du Babouin de Guinée pour la zone de Gamon)

Babouin de Guinée – Gamon - 2017





Annexe 2 : Liste des participants

N° d'ordre	Prénoms et Nom	Fonction	Email /Téléphone
01	Malle GUEYE	Conservateur du PNNK	mallegueye@hotmail.com /775682526
02	Ibrahima NDAO	Adjt au Conservateur	joolsndao@yahoo.fr /77 6576754
03	Papa Mor FAYE	Chef de zone EST	papamor-faye@univ-thies.sn /772693141
04	Babacar DIOP	Bureau périphérie partenariat	babacardiopk@yahho.com /7753336742
05	Omar Mody BARRY	Adjoint au chef de zone EST	omarbarry2@gmail.com / 774536870
06	Bourama MANDIAN	Adjt Directeur centre de DALABA	mandiang64@hotmail.com / 775532052
07	Lamine KANTE	Chef périphérie et partenariat	lamine_kante@yahoo.fr /775319009
08	Assane KANDJI	Coordonnateur projet panthera	sltkandji@yahoo.fr /775275403
09	Basile SAGNA	Chef de Bureau Suivi-Evaluation	docabass@yahoo.fr /774375792
10	Salif CAMARA	Chef de bureau Suivi-Eco	salifcamara2016@gmail.com /776565116
11	Mamadou Landing SANE	Chef de brigade Porc-épic	landingsane40@gmail.fr /774317896
12	Awa Boury DIOUF	Bureau Information Communication et partenariat touristique	awaboury@yahoo.com /777268112
13	El hadji Baboucar NDIAYE	Adjt au chef de zone Ouest	baboundiaye@yahoo.fr /777314412
14	Alioune Badara SYLLA	Adjt au chef de bureau Aménagement et cartographie	sadiasylla@outlook.com /772186751
15	Maniang Mamadou DIOP	Adjt chef de bureau Suivi-Eco	maniangdiop@univ-thies.sn /776059901
16	Djibril COLY	Bureau Information Communication et partenariat touristique	lycodjibril@yahoo.fr /774312521

17	Ousmane DIARRA	Bureau périphérie et partenariat	diarra82@gmail.com /774480402
18	Amdy SAMB	Chef de bureau Contentieux et armement	amdycd84@gmail.com /774476524
19	Marième WARR	Bureau Suivi-évaluation	marieme.sodawarr@gmail.com /777053846
20	Abdou NDIAYE	Chef de Bureau GRH	abdoundiaye97@yahoo.fr /776453489
21	Lisa Mengal	Stagiaire bureau suivi- Eco	mengal.lisa@gmail.com /781179722
22	Assane FALL	Chef de brigade Lycaon	assanefall4@gmail.com /773278982
23	Lang Halima DIEDHIOU	Adjoint Coordonnateur Panthera	langhalima@yahoo.fr /783089002
24	Djibril Keita DIEDHIOU	Chef de zone Ouest	djibril.diedhiou@univ-thies.sn /786311492
25	Sultan DIOP	Adjoint chef de zone centre	sultandiop@yahoo.fr .775240123
26	Pascal DOGUE	Chef de zone centre	pascaldog2014@gmail.com / 774581215
27	Abdou DIOUF	Conservateur RNC Boundou	conservateur.boundou@gmail.com /774515138

ⁱ Rowcliffe M, J Field, ST Turvey, C Carbone. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Animal Conservation* 45:1228-123

Tobler MW, SE Carrillo-Percegue, R Leite Pitman, R Mares, G Powell. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large-and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178

ⁱⁱ Bruce T, T Wachter, H Ndinga, V Bidjoka, F Meyong, M Ngo Bata, J Easton, O Fankem, T Elisee, PA Taguieteu, D Olson. 2017. Camera-trap survey for larger terrestrial wildlife in the Dja Biosphere Reserve, Cameroon. Zoological Society of London (ZSL) & Ministry of Forests and Fauna (MINFOF), Yaoundé, Cameroon.