



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE UNIVERSITAIRE :
2019-2020

N° D'ORDRE :...../2020

THESE

**Pour l'obtention du grade de Docteur de
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Mention : Ecologie, Biodiversité et Evolution

Spécialité : Ecologie Tropicale Animale

CANDIDAT

Nom : KELY

Prénoms : Malé Roger

Distribution, abondance, structure sociale et activité de
l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie,
1900) au Parc National de Taï (sud-ouest de la Côte
d'Ivoire)

JURY

Président : M. KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KOFFI Béné Jean-Claude, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. KADJO Blaise, Maître de Conférences,
Université Félix HOUPHOUET BOIGNY

Examineurs : M. OUATTARA Karim, Maître de Conférences,
Université Félix HOUPHOUET BOIGNY

M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenue publiquement
le : 22-08-2020



**UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique**

**ANNEE UNIVERSITAIRE :
2019-2020**

N° D'ORDRE :...../2020

THESE

**Pour l'obtention du grade de Docteur de
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Mention : Ecologie, Biodiversité et Evolution

Spécialité : Ecologie Tropicale Animale

CANDIDAT

Nom : KELY

Prénoms : Malé Roger

Distribution, abondance, structure sociale et activité de l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900) au Parc National de Taï (sud-ouest de la Côte d'Ivoire)

JURY

**Président : M. KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. KOFFI Béné Jean-Claude, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Rapporteur : M. KADJO Blaise, Maître de Conférences,
Université Félix HOUPHOUET BOIGNY**

**Examineurs : M. OUATTARA Karim, Maître de Conférences,
Université Félix HOUPHOUET BOIGNY**

**M. KOUAME Djaha, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Soutenue publiquement
le : 22-08-2020**

TABLE DES MATIERES	PAGE
DEDICACE.....	iv
AVANT-PROPOS	v
REMERCIEMENTS	vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES FIGURES	xii
LISTE DES ANNEXES.....	xiii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES	6
I-1- Milieu d'étude.....	7
I-1-1- Situation géographique et administrative du Parc National de Taï	7
I-1-2- Historique du Parc National de Taï	7
I-1-3- Climat	10
I-1-4- Hydrographie	12
I-1-5- Géologie, relief et sols	12
I-1-6- Flore et végétation	13
I-1-7- Richesse faunique	14
I-1-7-1- Invertébrés	14
I-1-7-2- Poissons	15
I-1-7-3- Amphibiens.....	15
I-1-7-4- Reptiles	15
I-1-7-5- Oiseaux	15
I-1-7-6- Mammifères.....	15
I-1-8- Populations humaines à la périphérie du Parc National de Taï	16
I-1-9- Activités économiques à la périphérie du Parc National de Taï.....	16
I-2- Famille des éléphantidés.....	17
I-2-1- Taxonomie	17
I-2-1-1- Eléphant d'Afrique	18
I-2-1-2- Eléphant d'Asie	18
I-2-2- Distribution géographique	19
I-2-2-1- Eléphant d'Afrique	19

I-2-2-2- Eléphant d'Asie	21
I-2-3- Biologie	21
I-2-3-1- Structure sociale	21
I-2-3-2- Reproduction	21
I-2-3-3- Régime alimentaire.....	22
I-2-4- Importance des éléphants.....	22
I-2-4-1- Importance écologique.....	22
I-2-4-2- Importance économique	23
I-2-5- Pressions et menaces sur les éléphants	24
I-3- Piégeage photographique.....	25
I-3-1- Historique du piégeage photographique	25
I-3-2- Caractéristiques d'un piège photographique	26
I-3-2-1- Vitesse de déclenchement.....	26
I-3-2-2- Temps de récupération.....	27
I-3-2-3- Zone de détection et le champ de vision.....	27
I-3-2-4- Nature des photographies ou vidéos nocturnes	27
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	28
II-1- Matériel	29
II-1-1- Matériel biologique	29
II-1-2- Matériel technique.....	30
II-1-2-1- Matériel de collecte de données	30
II-1-2-1-1- Piège photographique.....	30
II-1-2-1-2- Matériel additionnel	30
II-1-2-2- Matériel de stockage de données.....	33
II-2- Méthodes	33
II-2-1- Méthodes de collecte des données.....	33
II-2-1-1- Choix de site et dispositif de piégeage photographique des éléphants	33
II-2-1-2- Déploiement des pièges photographiques	33
II-2-1-3- Pose et retrait des pièges photographiques.....	35
II-2-1-3-1- Réglage des pièges photographiques.....	35

II-2-1-3-2- Installation des pièges photographiques.....	35
II-2-1-3-3- Retrait des pièges photographiques.....	40
II-2-2- Méthodes d'analyse des données	40
II-2-2-1- Téléchargement et tri des vidéos et images.....	40
II-2-2-2- Détermination de la distribution des éléphants observée	42
II-2-2-3- Détermination des facteurs de distribution des éléphants	42
II-2-2-4- Réalisation de la carte de distribution prédictive des éléphants.....	45
II-2-2-5- Détermination de l'abondance des éléphants	45
II-2-2-6- Détermination de la structure sociale des éléphants.....	46
II-2-2-7- Détermination des périodes d'activité nyctémérales des éléphants	48
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	49
III- 1- Résultats	50
III-1-1- Composition des vidéos et des images enregistrées au Parc National de Taï.....	50
III-1-2- Distribution et facteurs de distribution des éléphants au Parc National de Taï ...	50
III-1-2-1- Distribution des éléphants observée.....	50
III-1-2-2- Facteurs de distribution des éléphants	53
III-1-2-2-1- Meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants	53
III-1-2-2-2- Distribution prédictive des éléphants selon les modèles retenus dans chaque zone	59
III-1-3- Abondance des éléphants	61
III-1-4- Structure sociale des éléphants	63
III-1-5- Activités nyctémérales des éléphants.....	65
III-1-5-1- Périodes d'activité de l'ensemble des éléphants.....	65
III-1-5-2- Périodes d'activité des éléphants solitaires.....	65
III-1-5-3- Périodes d'activité des "unités familiales" d'éléphants	65
III-2- Discussion	69
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	77
REFERENCES.....	80
ANNEXES	

DEDICACE

Ce travail est un hommage à toi,

Le détenteur du tout premier BEPC de Gaolé-Graba,

Mon Oncle, mon formateur, mon père, mon modèle de don de soi.

Tu n'as cessé de me coacher, malgré ton départ que je juge prématuré.

Chaque fois que la lourdeur et l'épuisement prenait le pas sur moi,

Je me rappelais ton implication à la tâche pour notre réussite,

Ton sens du sacrifice.

Chef Blé,

Si les hommes passent,

Leurs philosophies de vie, si elles sont nobles ne passent.

Espérons-nous marcher dans l'immense sentier ébauché par toi ;

Celui du don de soi, pour sa famille, pour sa communauté et pour l'humanité.

Si cela avait été possible, tu l'aurais fait.

Donc quoi de plus juste que ton poulain, ton fils le fasse ?

Le tout premier DOCTORAT de Gaolé-Graba.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet de recherche intitulé "Suivi des populations de grands mammifères sauvages pour la gestion et la conservation au Parc National de Taï (PNT), Côte d'Ivoire". Ce projet a été financé par la Fondation Volkswagen et a bénéficié des soutiens administratifs du Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) en Côte d'Ivoire, de l'Université Leibniz Hanovre et de l'Institut Max-Planck pour l'Anthropologie Evolutionnaire en Allemagne.

L'objectif général du projet était de contribuer à l'amélioration du programme de suivi écologique pour une meilleure gestion et conservation du PNT.

En effet, depuis 2005, un programme de suivi écologique couvrant toute la surface du PNT, a été développé et mis en œuvre par la Fondation pour les Chimpanzés Sauvages (WCF-Wild Chimpanzee Foundation) en collaboration avec l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR). Malheureusement, ce programme ne fournit pas toutes les informations nécessaires à la connaissance de la situation précise de chaque espèce. Ainsi, les mentions « céphalophe », « bovidé » ou « singe à queue » communément utilisées dans les différents rapports du programme sont insuffisantes pour évaluer les caractéristiques des populations des différentes espèces considérées isolément, or ces espèces ont des statuts de conservation différents et nécessiteraient donc des informations spécifiées. De plus, pour des espèces cryptiques comme l'éléphant de forêt, les observations se limitent à des détections d'indices de présence (crottes, empreintes, pistes, etc.). Avec de telles données, nous n'avons que très peu d'informations sur les caractéristiques de la population de l'espèce.

Le présent travail de thèse vise à améliorer les résultats du programme de suivi écologique au PNT, à travers l'usage d'un outil plus performant : le piège photographique. Cette thèse s'intéresse particulièrement à l'étude de la population d'éléphant de forêt au PNT.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit de la conjugaison de plusieurs efforts. Il n'aurait pu aboutir sans la contribution et le soutien de personnes physiques et morales à qui j'exprime ma profonde gratitude.

J'aimerais très sincèrement traduire ma reconnaissance à l'endroit :

- du **Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE**, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE (UJLoG), pour son oreille attentive à l'ensemble des étudiants ;
- du **Professeur KONE Tidiani**, Vice-président de l'UJLoG, chargé de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique, pour son implication dans la résolution des problèmes des étudiants de l'UJLoG ;
- du **Docteur AKAFFOU Doffou Sélastique** (Maître de Conférences), Vice-président de l'UJLoG, chargé de la planification et des relations extérieures, pour ses efforts visant le bien-être des étudiants et les conseils dont j'ai pu bénéficier de sa part ;
- du **Professeur KONE Inza**, Directeur Général du Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) en Côte d'Ivoire, pour ses conseils avisés et toutes ses initiatives en faveur des chercheurs du CSRS ;
- du **Docteur KOUASSI Kouakou Lazare** (Maître de Conférences), Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement de l'UJLoG, pour son implication dans le suivi de l'évolution des travaux des doctorants de ladite UFR ;
- du **Docteur KOFFI Béné Jean-Claude** (Maître de Conférences), Responsable du Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale de l'UJLoG et Directeur scientifique de cette thèse, pour m'avoir recruté au sein de son laboratoire. Je lui suis reconnaissant pour son implication dans la réalisation de ces travaux et surtout pour m'avoir fait bénéficier de son immense expérience scientifique. Il a toujours été disponible chaque fois que je l'ai sollicité et a toujours su me motiver quand je me laissais envahir par le découragement ;
- du **Professeur KOUADIO Yatty Justin**, Enseignant-chercheur à l'UJLoG, pour avoir accepté de présider le jury de soutenance de cette thèse ;
- du **Docteur KADJO Blaise** (Maître de Conférences), Enseignant-chercheur à l'Université Félix HOUPHOUET BOIGNY (UFHB), pour avoir instruit ce travail de thèse et pour ses critiques constructives qui ont permis de rehausser la qualité de cette thèse ;

- du **Docteur OUATTARA Karim** (Maître de Conférences), Enseignant-chercheur à l'UFHB, Responsable du Groupe de Recherche « Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles » au CSRS, pour les formations en analyse statistique et en rédaction de projet dont il a bien voulu me faire bénéficier. Je lui suis reconnaissant pour avoir accepté de faire le déplacement pour examiner ce travail ;
- du **Docteur KOUAME Djaha** (Maître de Conférences), Enseignant-chercheur à l'UJLoG, pour avoir accepté d'examiner ce travail. J'espère bénéficier de son immense expérience ;
- du **Docteur BARIMA Yao Sadaïou Sabas** (Maître de Conférences), président du conseil scientifique de l'UFR Environnement de l'UJLoG, pour ses critiques constructives ;
- du **Docteur KOUAKOU Yao Célestin** (Maître-assistant), Enseignant-chercheur à l'UJLoG, pour m'avoir accepté dans son projet, pour sa grande disponibilité et sa patience durant toute l'assistance qu'il m'a apporté notamment pour les analyses statistiques ;
- du **Docteur N'GUESSAN Kouamé Antoine** (Maître-assistant), Enseignant-chercheur à l'UJLoG, pour avoir mis à ma disposition sa documentation ;
- de tous **les Enseignants-chercheurs de l'UJLoG et tous les Chercheurs du CSRS**, pour leur attention et leurs aides dans le traitement des données et la rédaction du mémoire ;
- de **Monsieur BAMBA Issiaka**, Directeur du Centre Régional des Œuvres Universitaires (CROU) de Daloa, pour le "papa" qu'il n'a cessé d'être pour l'ensemble des étudiants de Daloa et particulièrement pour moi ;
- du **Colonel DIARRASSOUBA Abdoulaye**, Directeur de la zone sud-ouest de l'OIPR et ses agents, notamment le **Capitaine TIEDOUE Roland**, en charge du suivi écologique, pour leur implication dans la réussite de mes travaux de collecte de données ;
- de tous **les auxiliaires villageois** du programme de suivi écologique du PNT, pour m'avoir fait bénéficier de leur riche expérience du PNT et s'être impliqués dans la réussite de chacune des missions ;
- de tous **mes parents**, qui ont accepté de rêver avec moi dans ce projet de Doctorat, malgré toutes les charges qui en découlaient ;
- de tous **les étudiants de l'UJLoG**, pour leurs différentes aides.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail et qui n'ont pas été citées ici.

Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements aux institutions suivantes pour leur accompagnement :

- **la Fondation Volkswagen** qui a bien voulu financer ce projet dans lequel s'est déroulée la présente étude ;
- **le Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire**, un pôle d'excellence qui m'a ouvert ses portes et dans lequel j'ai pu réellement évaluer les efforts qu'il me reste à faire pour parvenir à mon idéal c'est-à-dire faire carrière dans la recherche ;
- **l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves**, pour m'avoir donné l'autorisation d'accéder au Parc National de Taï et m'avoir fourni le personnel nécessaire pendant la phase de collecte des données.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ADK	:	Atelier De Kahankro
ADN	:	Acide Désoxyribonucléique
AIC	:	<i>Akaike Information Criterion</i> (Critère d'information d'Akaike)
AIR	:	<i>Active Infrared</i> (Infrarouge Actif)
AP	:	Aire Protégée
BEPC	:	Brevet d'Etude du Premier Cycle
CHE	:	Conflit Homme-Eléphant
CFA	:	Communauté Financière Africaine
CITES	:	Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages menacées d'Extinction
CMOS	:	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i> (Oxide métallique semi-conducteur complémentaire)
CROU	:	Centre Régional des Œuvres Universitaires
CSRS	:	Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire
DDL	:	Degré de Liberté
DEL	:	Diode Electroluminescente
FIT	:	Front Intertropical
FIV	:	Facteur d'Inflation de la Variance
GPS	:	<i>Global Positioning System</i> (Système de Positionnement Global)
GSEAf	:	Groupe de Spécialistes de l'Eléphant d'Afrique
IDW	:	<i>Inverse Distance Weighted</i> (Pondération inverse à la distance)
LCD	:	<i>Liquid Cristal Display</i> (Ecran à cristaux liquides)
MAB	:	<i>Man and Biosphere</i> (L'homme et la Biosphère)
MINEF	:	Ministère des Eaux et Forêts
OIPR	:	Office Ivoirien des Parcs et Réserves
PAPACO	:	Programme sur les Aires Protégées d'Afrique & Conservation
PIR	:	<i>Passive Infrared</i> (Infrarouge Passif)

PNT	:	Parc National de Taï
PNUE	:	Programme des Nations Unies pour Environnement
PP	:	Piège Photographique
SDHC	:	<i>Secure Digital High Capacity</i> (Sécurité numérique haute capacité)
SIG	:	Système d'Information Géographique
SODEFOR	:	Société de Développement des Forêts
UFHB	:	Université Félix HOUPHOUET BOIGNY
UFR	:	Unité de Formation et de Recherche
UICN	:	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UJLoG	:	Iniversité Jean LOROUGNON GUEDE
UNESCO	:	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture)
USD	:	<i>United States Dollar</i> (Dollar des Etats-Unis)
WCF	:	<i>Wild Chimpanzee Fondation</i> (Fondation pour les chimpanzés sauvages)
WWF	:	<i>World Wildlife Fund</i> (Fond Mondial pour la Nature)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Limites administratives du Parc National de Taï.....	9
Tableau II : Paramètres de réglage des pièges photographiques.....	36
Tableau III : Composition des enregistrements, suivant les pièges photographiques.....	51
Tableau IV : Valeurs des différentes variables explicatives suivant les points d’installation des pièges photographiques	54
Tableau V : Matrice de détection des éléphants au Parc National de Taï pendant notre étude	56
Tableau VI : Facteurs d’Inflation de la Variance (FIV) des variables explicatives	57
Tableau VII : Modèles explicatifs de la distribution des éléphants au Parc National de Taï...	58
Tableau VIII : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans la zone sud du Parc National de Taï suivant les modèles M1 et M2.....	58
Tableau IX : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans la zone nord du Parc National de Taï suivant les modèles M’1, M’2 et M’3	60
Tableau X : Comparaison des modèles permettant d’estimer l’abondance des éléphants au Parc National de Taï	62
Tableau XI : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de l’abondance des éléphants au Parc National de Taï suivant les modèles retenus	62
Tableau XII : Estimation du nombre d’éléphants au Parc National de Taï selon le modèle impliquant la distance à la périphérie et la distance à la zone de recherche ou d’écotourisme	62
Tableau XIII : Fréquence d’observation et nombre d’individus des unités familiales et des individus solitaires.....	64
Tableau XIV : Composition des groupes d’éléphants du Parc National de Taï, selon la catégorie d’âge des individus.....	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte localisant le Parc National de Taï	8
Figure 2 : Diagramme ombrothermique du Parc National de Taï entre 2008 et 2015	11
Figure 3 : Carte de l'aire de distribution naturelle des éléphants d'Afrique	20
Figure 4 : Eléphant de forêt, photographié au Parc National de Taï	29
Figure 5 : Piège photographique Trophy Cam HD Essential E3 vu de face (a) et ouvert (b)..	31
Figure 6 : Quelques matériels techniques utilisés	32
Figure 7 : Carte du dispositif de piégeage photographique, au Parc National de Taï	34
Figure 8 : Arbre dont l'écorce est consommée par les éléphants au Parc National de Taï	36
Figure 9 : Arbre dont les fruits sont consommés par les éléphants au Parc National de Taï ...	37
Figure 10 : Saline exploitée par les éléphants au Parc National de Taï	37
Figure 11 : Lieu de bain de boue des éléphants au Parc National de Taï.....	38
Figure 12 : Piste d'éléphants au Parc National de Taï	38
Figure 13 : Piège photographique fixé à un tronc d'arbre, au Parc National de Taï.....	39
Figure 14 : Photographie marquant la fin d'activité d'un piège photographique	41
Figure 15 : Carte de distribution des observations d'éléphants au Parc National de Taï.....	52
Figure 16 : Carte de distribution prédictive des éléphants au Parc National de Taï	60
Figure 17 : Fréquence d'observation des tailles de groupes d'éléphants de forêt au Parc National de Taï.....	64
Figure 18 : Activité nyctémérale de l'ensemble des éléphants au Parc National de Taï	66
Figure 19 : Eléphant de forêt solitaire photographié la journée, au Parc National de Taï (piège photographique 64)	67
Figure 20 : Activité nyctémérale des éléphants solitaires au Parc National de Taï	67
Figure 21 : Groupe d'éléphants de forêt photographié la nuit, au Parc National de Taï (piège photographique 45)	68
Figure 22 : Activité nyctémérale des groupes d'éléphants au Parc National de Taï.....	68

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques du piège photographique TROPHY CAM HD, modèle 119837

Annexe 2 : Fiche d'installation de pièges photographiques pour le suivi des éléphants au Parc National de Taï

Annexe 3 : Fiche de retrait de pièges photographiques

Annexe 4 : Point d'installation des pièges photographiques et leurs coordonnées

Annexe 5 : Détectabilité des éléphants au Parc National de Taï suivant les sites d'installation des pièges photographiques

Annexe 6 : Estimation de l'abondance des éléphants au Parc National de Taï suivant les points d'installation des pièges photographiques

INTRODUCTION

La biodiversité s'effondre à un rythme accéléré à l'échelle du globe terrestre. Entre 1970 et 2014, la population des vertébrés a chuté de 60% (WWF, 2018). Les éléphants d'Afrique ne pourraient être qu'un lointain souvenir, d'ici quelques années. En effet, selon Maisels *et al.* (2013), de 1980 à 2012, la population des éléphants d'Afrique a chuté de 65%, passant de 1 200 000 à 420 000 individus. Les causes de ce déclin sont essentiellement liées aux activités anthropiques notamment, le braconnage pour le marché de l'ivoire et la perte de l'habitat naturel du fait de l'exploitation anarchique des forêts et des pratiques agricoles peu durables (Blanc, 2008 ; Lavigne *et al.*, 2012 ; Lauriane, 2013 ; Maisels *et al.*, 2013 ; Naidoo *et al.*, 2016 ; MINEF, 2018a).

Les forêts tropicales qui abritent une riche diversité biologique, n'échappent malheureusement pas à ce désastre écologique. Elles représentent même les écosystèmes les plus soumis à l'action dévastatrice de l'Homme (Merz & Hoppe-Dominik, 1991 ; WWF, 2018). Dans les régions tropicales, les activités telles que l'exploitation forestière et minière, l'agriculture et la chasse sont des menaces croissantes pour la faune sauvage (Caspary, 1999 ; Caspary *et al.*, 2001 ; Refisch & Koné, 2001 ; UICN/PAPACO, 2009).

La Côte d'Ivoire, pays situé en zone tropicale Ouest africaine, ne fait pas l'exception. En effet, les statistiques les plus récentes sur la couverture forestière indiquent que la superficie des forêts ivoiriennes est passée de 16 millions d'hectares en 1960 à 3,4 millions d'hectares en 2015 (Coulibaly, 1998 ; Mighty earth, 2017 ; MINEF, 2018b). Pour prévenir la perte de sa biodiversité, la Côte d'Ivoire a mis en place un réseau d'aires protégées (Parcs Nationaux et Réserves Naturelles) ainsi que des Forêts Classées, à l'instar des autres pays du monde (Merz & Hoppe-Dominik, 1991). Depuis 2002, ce réseau d'aires protégées (AP) est géré par l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR). Malgré les efforts consentis pour la conservation des AP et des Forêts Classées, celles-ci sont soumises à diverses pressions de nature anthropique au rang desquelles, le braconnage, l'infiltration à des fins agricoles et l'orpaillage (MINEF, 2004 ; Barima *et al.*, 2016 ; Thouless *et al.*, 2016 ; Tiedoué *et al.*, 2018 ; Van Bockstael, 2019 ; Ousmane *et al.*, 2020). L'empiétement des populations humaines sur les AP et les Forêts Classées s'est accentué pendant de la période de crise militaro-politique de 2002 à 2011 (Thouless *et al.*, 2016 ; Ousmane *et al.*, 2020). Ainsi, selon Mighty earth (2017), plus de 90% des terres des zones protégées sont aujourd'hui occupées par des cultures de cacaoyers. Cette occupation n'est pas sans conséquence pour la faune et les communautés riveraines des AP. En effet, l'on assiste à une recrudescence des conflits hommes-faunes qui ont pour corolaire des pertes en vies humaines, des pertes de récoltes et des morts d'animaux sauvages (Adjewodah

et al., 2005 ; Sam *et al.*, 2005 ; Ouattara, 2007 ; Ouattara *et al.*, 2010 ; Monney *et al.*, 2010 ; Atta *et al.*, 2016 ; Thouless *et al.*, 2016 ; Kouao *et al.*, 2018).

Malgré la situation préoccupante des AP et des Forêts Classées en Côte d'Ivoire, certaines, telles que le Parc National de Taï (PNT), font l'exception. En effet, le PNT est aujourd'hui le massif forestier le plus important en Côte d'Ivoire et l'un des derniers Parcs forestiers les mieux conservés dans la sous-région (Chatelain *et al.*, 2001 ; Schweter, 2004 ; Kolongo *et al.*, 2006 ; PNUE, 2015). En raison de sa riche biodiversité, le PNT a été classé comme Réserve de la Biosphère en 1978 et Patrimoine Mondial en 1982 dans le cadre du programme MAB-UNESCO (Bousquet, 1978 ; Chatelain *et al.*, 2001 ; OIPR, 2014). Le PNT reste, l'un des derniers refuges pour la faune sauvage en général et les grands mammifères en particulier, dont l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900).

Les éléphants du PNT ont fait l'objet de certaines études. Ces études ont porté sur différents aspects de leur écologie notamment, la niche trophique (Alexandre, 1978 ; Merz, 1981), les conflits homme-éléphants (Ouattara *et al.*, 2010) et la dynamique de la population (Hoppe-Dominik *et al.*, 2011). Les études se rapportant à leur abondance (Merz, 1986a ; Boafo & Nandjui, 2011), à la structure de leur population (Merz, 1986b) et à leur distribution (Boafo & Nandjui, 2011) sont relativement anciennes, pour certaines. En outre, ces études n'ont couvert que très partiellement l'aire de distribution des éléphants. Le programme de suivi écologique exécuté chaque année par l'OIPR sur toute l'étendue du PNT a pour objet de renseigner sur la distribution et l'abondance des espèces cibles de conservation dont l'éléphant. Ce programme renseigne également les facteurs de pressions sur le Parc. Mais, comme les études antérieures relatives à l'abondance, le suivi écologique utilise la méthode de comptage de crottes d'éléphants sur transects. La précision de cette méthode est conditionnée par la précision de l'estimation du taux de production et de la vitesse de dégradation des crottes sur le site d'échantillonnage (Hedges & Lawson, 2006). Au PNT, la vitesse de dégradation des crottes d'éléphants a été estimée à 57,83 jours en moyenne (Boafo & Nandjui, 2011). Cependant, le taux de production des crottes n'a pas encore fait objet d'étude au PNT (Boafo & Nandjui, 2011 ; Tiedoué *et al.*, 2015 ; 2016 ; 2018). La valeur utilisée actuellement (19,77 déjections/jour) est celle obtenue dans la réserve Santchou au Cameroun par Tchamba (1992). Par conséquent, les résultats de travaux utilisant le comptage de crottes sur transects au PNT pourraient être affectés de biais non négligeables. Pour la distribution, les rapports de suivi écologique ne fournissent pas de lien entre les facteurs de pression sur le Parc et la distribution des éléphants. Par ailleurs, aucune étude ne traite des périodes d'activité nyctémérales des éléphants au PNT.

Au regard de ces constats, les questions suivantes se posent :

- Quelle est la distribution actuelle des éléphants au PNT et les facteurs qui conditionnent cette distribution ?
- Combien d'éléphants renferme le PNT ?
- Comment les éléphants du PNT sont-ils socialement organisés ?
- A quels moments de la journée les éléphants sont-ils actifs au PNT ?

En vue d'apporter une réponse à ces différentes questions, cette étude a été initiée pour couvrir toute l'aire de distribution des éléphants, permettre une actualisation des informations relatives à l'abondance et à la structure de la population et permettre également de renseigner les facteurs de distribution et les périodes d'activité nycthémérales des éléphants au PNT.

Pour disposer de plus amples informations sur la population d'éléphants du PNT, la collecte de données s'est faite par piégeage photographique. Cette méthodologie se veut l'une des plus avancées et appropriées pour l'étude de la faune (Meek *et al.*, 2014 ; Rovero *et al.*, 2014 ; Burton *et al.*, 2015). Contrairement aux méthodologies antérieures telles que le comptage aérien ou le radiopistage (radiotracking) qui sont coûteuses, logistiquement exigeantes et comportant souvent des limites éthiques ; le piégeage photographique, offre une alternative moins invasive et potentiellement plus éthique et économique (Meek *et al.*, 2014). En outre, l'avènement des pièges photographiques a facilité l'étude des animaux rares, cryptiques, à mœurs nocturnes, très sensibles à la présence humaine, utilisant de grands domaines vitaux ou vivant dans des habitats difficiles d'accès, tels que les forêts tropicales denses (Ancrenaz *et al.*, 2012 ; Meek *et al.*, 2014 ; Trolliet *et al.*, 2014 ; Burton *et al.*, 2015).

L'objectif général de cette thèse est de contribuer à une meilleure gestion et conservation des éléphants au PNT en fournissant par piégeage photographique, des données scientifiques actualisées et plus fiables de leur population. De manière spécifique, il s'agit, dans le PNT, de :

- déterminer la distribution et les facteurs de distribution des éléphants ;
- estimer l'abondance de la population d'éléphants ;
- déterminer la structure sociale de la population d'éléphants ;
- déterminer les périodes d'activité nycthémérales des éléphants.

Outre l'introduction qui situe le contexte, la problématique et les objectifs de ces travaux, ce mémoire comprend trois parties :

- une première partie qui présente les généralités sur le milieu d'étude, les éléphants et le piégeage photographique ;

- une deuxième partie, décrivant le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour mener à bien cette étude ;
- une troisième partie, présentant les résultats obtenus et leur discussion.

Ce mémoire se termine par une conclusion qui présente une synthèse des principaux résultats, suivie des recommandations et des perspectives.

CHAPITRE I :

GENERALITES

I-1- Milieu d'étude

I-1-1- Situation géographique et administrative du Parc National de Taï

Le Parc National de Taï (PNT) est situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, entre les fleuves Cavally et Sassandra, dans un quadrilatère formé par les villes de Guiglo, Buyo, San Pédro et Tabou (OIPR, 2014). Il se localise entre 5°08' et 6°24' de latitude nord et 6°47' et 7°25' de longitude ouest (Figure 1).

Au plan administratif, le PNT s'étend sur trois régions (la région de la Nawa, la région de San Pédro et la région du Cavally), six départements (Méagui, Tabou, Guiglo, Buyo, Taï et San Pédro) et 12 sous-préfectures (Tableau I).

I-1-2- Historique du Parc National de Taï

En 1926, fut créé dans la vaste région forestière inhabitée ou presque du sud-ouest de la Côte d'Ivoire, le « Parc Refuge de la région forestière ». Ce Parc avait les statuts d'une Forêt Classée et d'une Réserve de Faune avec une superficie de 560 000 ha.

En 1956, les limites du Parc Refuge furent modifiées et la superficie protégée, portée à 425 000 ha, le statut étant celui de « Réserve totale de Faune » avec le maintien de quelques droits d'usage.

En 1972, sous la Côte d'Ivoire indépendante, les parties centrale et sud de la Réserve devinrent « Parc National de Taï » par décret n°72-544 du 28 août 1972 et la partie nord « Réserve partielle de Faune du N'Zo » par décret n° 72-545 du 28 août 1972. Les superficies respectives sont alors de 350 000 ha et 75 000 ha.

En 1973, le Parc fut amputé d'une surface de 20 000 ha au profit de la Réserve du N'Zo par décret n°73-132 du 21 mars 1973.

En 1977, une zone périphérique de protection du Parc National de Taï d'une superficie de 96 000 ha, est créée à l'ouest et au nord-est par décret n°77-348 du 03 juin 1977.

Vu la richesse du Parc National de Taï, il a été inscrit comme Réserve de la Biosphère en 1978 et comme Patrimoine Mondiale de l'UNESCO en 1982 dans le cadre du programme MAB-UNESCO (Bousquet, 1978 ; Allport *et al.*, 1994 ; Chatelain *et al.*, 2001 ; OIPR, 2014).

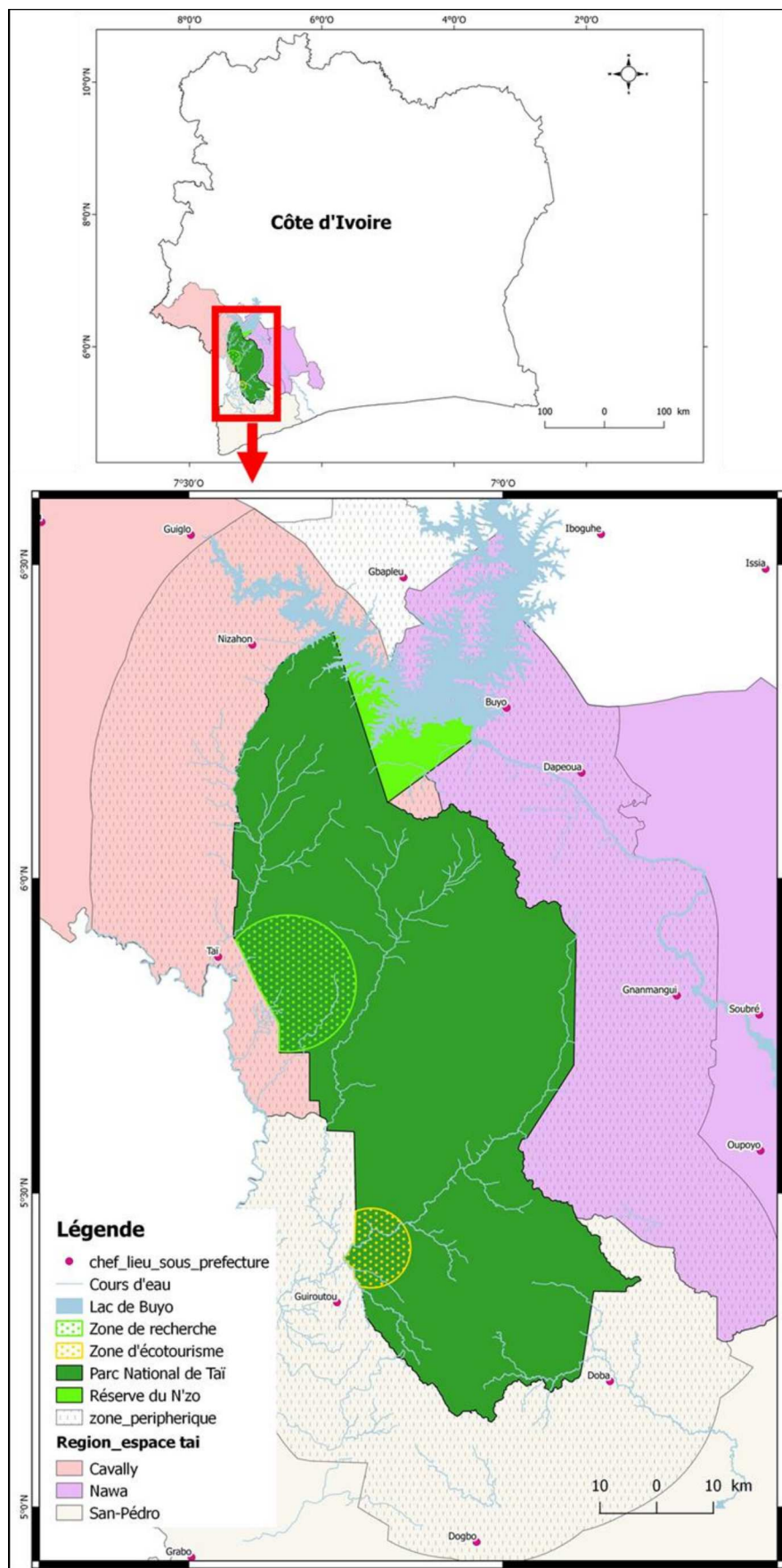


Figure 1 : Carte localisant le Parc National de Taï

Tableau I : Limites administratives du Parc National de Taï

Localisation	Régions	Départements	Sous-préfectures
Est	Nawa	Méagui	- Méagui - Oupoyo - Gnanmangui
Ouest	San-Pédro	Tabou	- Guiroutou
	Cavally	Guiglo	- Guiglo - Nizahon (V16)
		Taï	- Taï - Zagné
Nord	Nawa	Buyo	- Buyo - Dapéoua
Sud	San-Pédro	San Pédro	- Dogbo - Doba

Le Parc National de Taï tire son nom de la ville de Taï, située entre sa limite ouest et le fleuve Cavally, faisant frontière entre la Côte d'Ivoire et le Libéria (OIPR, 2014).

En 2018, le décret n°2018-495 du 23 mai 2018 portant modification des limites de la Réserve partielle de Faune du N'Zo et le décret n°2018-496 du 23 mai 2018 portant modification des limites du Parc National de Taï, autorisent une augmentation de la superficie dudit Parc au détriment de la Réserve du N'Zo. Ainsi, l'actuelle superficie du Parc est de 508 186 ha et celle de la Réserve est de 27 830 ha.

En raison de l'harmonisation du mode de gestion du Parc National de Taï et de la Réserve partielle de Faune du N'Zo, les deux entités sont regroupées sous la dénomination « Parc National de Taï » avec une superficie cumulée de 536 016 ha. Dans notre travail, la dénomination Parc National de Taï (PNT), désigne les deux entités.

I-1-3- Climat

Le climat au PNT est de type subéquatorial (OIPR, 2014). Les déplacements saisonniers du F.I.T (Front Intertropical) en latitude, sont responsables de l'existence de quatre saisons : deux saisons des pluies et deux saisons sèches (Bousquet, 1978). Suivant les données collectées entre 2008 et 2015 à la station météorologique de la zone de recherche en écologie (Kablan, 2019), les saisons du PNT se répartissent comme suit : la grande saison des pluies se situe entre mars et juin et la petite saison des pluies se situe entre septembre et octobre. Elles alternent avec la petite saison sèche, de juillet à août et la grande saison sèche, de novembre à février (Figure 2). Mais il n'existe pas de mois sans pluie, au PNT. Ainsi, les saisons sèches sont plutôt des périodes de moindre pluviosité (Adou *et al.*, 2005). La pluviométrie moyenne annuelle au PNT varie de 1700 mm au Nord à 2200 mm au Sud (Adou *et al.*, 2005).

Les températures moyennes mensuelles sont peu élevées au PNT. La température varie très peu durant toute l'année. Elle se situe entre 23°C et 28°C (Hoppe-Dominik, 1995 ; Kablan, 2019). L'humidité atmosphérique relative est toujours très élevée, variant de 85 à 90% sous couvert forestier ; l'air est pratiquement saturé toute la nuit (Bousquet, 1978). L'harmattan y est irrégulier et très peu ressenti ; une à deux semaines au maximum entre décembre et janvier (Adou *et al.*, 2005).

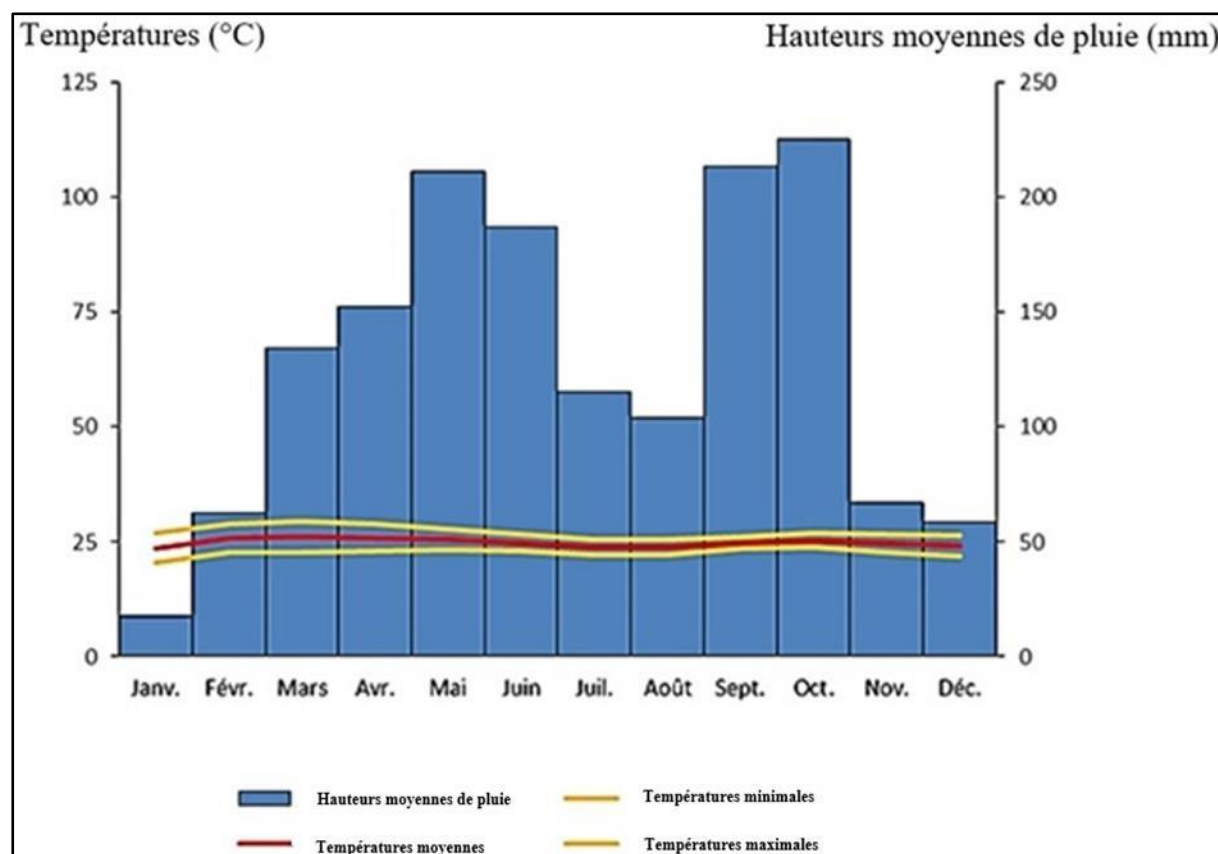


Figure 2 : Diagramme ombrothermique du Parc National de Taï entre 2008 et 2015 (Kablan, 2019)

I-1-4- Hydrographie

Deux grands fleuves délimitent le Sud-Ouest ivoirien à savoir le fleuve Cavally à l'ouest et le fleuve Sassandra à l'est. Près de 80% de la surface du Parc est drainée par les tributaires du fleuve Cavally (OIPR, 2014). La Hana, principal tributaire du Cavally, forme un bassin versant d'environ 4 300 km² occupé à 77% par le Parc (Collinet *et al.*, 1984). Le nord du massif forestier (soit les 2/3 de la Réserve du N'Zo) est drainé vers le nord-est par les affluents du Sassandra ou du N'Zo. La construction du barrage de Buyo en 1981, a provoqué l'inondation de 8 400 ha de la surface protégée (OIPR, 2006).

En plus des deux grands fleuves, environ 10,5% du PNT, au Sud-Est, appartiennent aux bassins de deux fleuves côtiers, à savoir le San Pédro avec son affluent le Palabob, sur environ 556 km² et le Néro sur 6 km² (OIPR, 2006 ; 2014).

Les cours d'eau du PNT se caractérisent par un régime relativement régulier dû au massif forestier. En période de pluies, les débits sont forts et les crues importantes avec des zones d'inondation assez large. En saison sèche, seuls les petits cours d'eau tarissent (OIPR, 2014).

I-1-5- Géologie, relief et sols

Les formations géologiques du PNT appartiennent au socle primaire précambrien et correspondent aux deux grands cycles orogéniques successifs libérien et éburnéen. Les formations du mégacycle libérien s'étendent au nord-ouest et au sud-est du Parc. Elles sont dominées par des migmatites avec, dans la partie septentrionale, des gneiss à biotite et des granitoïdes. Dans la pointe sud-ouest, de Grabo et en remontant vers le nord-est, l'on rencontre l'unité métamorphique éburnéenne appelée « Hana-Lobo » prenant en écharpe la partie centrale du massif (OIPR, 2006). A proximité du Sassandra et sur seulement 3 à 4 km de large, se trouve une bande de tufs, rhyolites métamorphiques et amphibolites, formation dite « de Buyo-Guessabo ». Dans tout le domaine compris entre le Sassandra et le Cavally, le relief est constitué d'un ensemble de collines "mamelonnées" assez uniforme et sillonné par de nombreux cours d'eau très ramifiés. L'on note la présence de quelques plateaux, à modèle très accidenté qui atteignent à peine 150 à 200 m d'altitude. Les bas-fonds sont plats, larges de 100 à 150 m, marécageux et de pente longitudinale faible. Mais, la région sud de la basse Hana présente un relief particulièrement accidenté. L'on y rencontre le Mont Niénokoué, le plus haut sommet du PNT qui culmine à 396 m et la chaîne de Grabo, longue de 50 km et large de 2 km, dominant la plaine environnante (Collinet *et al.*, 1984 ; OIPR, 2014).

Les sols du PNT se classent en deux grands types (Bousquet, 1978). Nous avons sur la quasi-totalité du Parc, les sols ferrallitiques fortement saturés et remaniés, caractéristiques d'une région chaude et humide toute l'année, avec un horizon humifère mince, acide et pauvre en matières organiques. Particulièrement, en bordure du Méno et de la Hana, nous avons les sols hydromorphes à gley et pseudogley.

I-1-6- Flore et végétation

Le PNT appartient à la région phytogéographique Guinéo-Congolaise, plus précisément à la sous-région de la Haute-Guinée, caractérisée par une forêt dense humide sempervirente (Kouamé, 2000). Le PNT constitue l'un des derniers vestiges du refuge forestier du quaternaire (Chatelain *et al.*, 2001). Il représente plus de 50% de la superficie totale des zones forestières Ouest-africaines placées sous le statut de haute protection, 25% de forêt dense humide ivoirienne et 75% de la superficie de forêt tropicale hyper-ombrophile encore existante en Côte d'Ivoire (N'Guessan, 2000).

Selon Adou & N'Guessan (2005), la liste floristique exhaustive du PNT n'existe toujours pas, car les études et les inventaires floristiques sont loin d'être complets. En effet, certains habitats spéciaux au sud du Parc, comme les collines amphibolitiques ou les rives des cours d'eau, n'ont pas encore été prospectés. De la même manière, dans l'ensemble du PNT, toutes les zones nord et est restent quasiment inconnues aux botanistes. Mais, l'analyse des publications concernant la flore du PNT, montre que le Parc est riche d'au moins 1 350 espèces végétales (Chatelain *et al.*, 2001). Le PNT à lui seul présente le tiers de la richesse floristique nationale (Adou *et al.*, 2005). Il renferme plusieurs espèces végétales consommées par les éléphants à savoir *Tieghemella heckelii* (A.Chev) Pierre ex Dubard (Sapotaceae), *Panda oleosa* Pierre (Pandaceae), *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb. (Humiriaceae), *Massularia acuminata* (G.Don) Bullock et Hoyle (Rubiaceae), *Garcinia kola* Heckel (Clusiaceae), *Irvingia gabonensis* Baill. ex Lanen. (Irvingiaceae), *Klainedoxa gabonensis* Pierre (Irvingiaceae), *Parinari holstii* Engl. (Chrysobalanaceae) (Alexandre, 1978).

En ce qui concerne la végétation, la physionomie générale du Parc pourrait être perçue comme homogène d'un point de vue aérien laissant entrevoir une canopée quasi ininterrompue (Scoupe, 2011). La couverture forestière du Parc est estimée à 99,5% (Schweter, 2004). Les raisons d'ordre climatique et édaphique font distinguer deux grands types botaniques de forêt dans le PNT selon Bousquet (1978) :

- la forêt dense sempervirente à *Eremospatha macrocarpa* H.Wendl. (Arecaceae) et *Diospyros* spp (Ebenaceae) ;
- la forêt dense sempervirente à *Diospyros* spp. et *Mapania* spp. (Cyperaceae).

Le premier type occupe principalement le nord et le nord-ouest du Parc. Le second type trouve son plein épanouissement dans le sud du Parc, sur les sols riches en éléments fins et à forte capacité de rétention en eau (Scoupe, 2011).

Outre ces deux formations principales qui couvrent la majeure partie du PNT, on trouve divers groupements particuliers liés aux conditions locales (OIPR, 2014) :

- les forêts sur sol hydromorphes qui sont des forêts marécageuses, ripicoles ou périodiquement inondées ;
- la végétation de rochers découverts qui est un ensemble de formations xérophiles localisées au mont Niénokoué ;
- la végétation aquatique, dans les cours d'eaux permanents et dans les eaux du lac de Buyo ;
- les formations végétales anthropiques qui sont des mosaïques de cultures et de lambeaux de forêt dépendant des terroirs de Djapadji, Walèbo et Sarakagui à l'est du PNT ; il s'agit d'exploitations qui ne sont plus entretenues.

I-1-7- Richesse faunique

La faune des forêts du bloc ivoiro-libérien se caractérise par une grande richesse en espèces et sous-espèces. Le cas du PNT est encore plus spécifique, à cause de son isolement dû aux deux grands fleuves (Cavally et Sassandra) qui coulent de part et d'autre du Parc dans le sens nord-sud. Ces fleuves représentent pour beaucoup d'espèces animales, des barrières géographiques favorisant la spéciation (Chatelain *et al.*, 2001).

I-1-7-1- Invertébrés

Pour les invertébrés, des inventaires faits dans les années 1980 ont permis entre autres, de recenser dans le PNT, 44 espèces de Termites, 24 espèces de Nématodes phytopathogènes, 95 espèces de fourmis, 78 espèces Coléoptères coprophages, 51 espèces d'Odonates, 109 espèces de Diptères Drosophilidae et 51 espèces de cochenilles. Toutefois, ce sont, vraisemblablement, de nombreuses espèces qui restent inconnues de la science dans l'ensemble biogéographique que représente le PNT (Allport *et al.*, 1994 ; N'Guessan, 2000).

I-1-7-2- Poissons

Il a été inventorié 60 espèces de poissons réparties en 20 familles et 37 genres dans les cours d'eau du PNT (Grell *et al.*, 2013). Les familles dont les espèces sont les plus abondantes au PNT sont : les Mormyridae (*Marcusenius senegalensis* Steindachner, 1870, *Marcusenius ussheri* Gunther, 1867 et *Mormyrops anguilloides* Linnaeus, 1758), les Clariidae (*Clarias buettikoferi* Steindachner, 1894, *Gymnallables typus* Günther, 1867 et *Malapterurus electricus* Gmelin, 1739), les Alestidae (*Brycinus imberi* Petres, 1852 et *Micralestes eburneensis* Daget, 1964), polypteridae (*Polypterus palmas* Ayes, 1850), Schilbeidae (*Schilbe mandibularis* Günther, 1867) et Cichlidae (*Hemichromis fasciatus* Peters, 1852, *Chromidotilapia guntheri* Sauvage, 1882, *Hemichromis bimaculatus* Gill, 1862 et *Chromidotilapia cavalliensis* Thys van den Audenaerde & Loiselle, 1971) (OIPR, 2014 ; Kamelan *et al.*, 2014).

I-1-7-3- Amphibiens

Il est dénombré 57 espèces d'Amphibiens au PNT dont trois espèces sont endémiques à savoir *Hyperolius nienokouensis* Rödel, 1999, *Phrynobatrachus taiensis* Perret, 1988 et *Sclerophrys taiensis* Rödel & Ernst, 2000 comme indiqué par Rödel (2000).

I-1-7-4- Reptiles

Trente-neuf espèces de Reptiles sont actuellement connues au PNT. On y observe des serpents tels que la vipère rhinocéros (*Bitis rhinoceros* Schlegel, 1855) et la vipère de brousse verte (*Atheris chlorechis* Pel, 1851), des tortues à savoir la kinixys de Home (*Kinixys homeana* Bell, 1827) et la kinixys rongée (*Kinixys erosa* Schweigger, 1812), des crocodiles dont le crocodile à front large (*Osteolaemus tetraspis* Faire face, 1861), des varans, des caméléons et des lézards (UICN/PAPACO, 2009 ; Tiedoué *et al.*, 2018).

I-1-7-5- Oiseaux

Près de 240 espèces d'Oiseaux ont été inventoriées dans le PNT. Certaines espèces comme le Gobemouche noir du Nimba (*Melaenornis annamarulae* Fores-Watson, 1970) et la pintade à poitrine blanche (*Agelastes meleagrides* Bonaparte, 1850) sont très rares (UICN/PAPACO, 2009 ; OIPR, 2014). On y trouve, notamment, l'aigle couronné (*Stephanoaetus coronatus* Linnaeus, 1766), le touraco géant (*Corythaëola cristata* Vieillot, 1816), le calao casqué (*Rhabdotorrhinus corrugatus* Temminck, 1832) (OIPR, 2014).

I-1-7-6- Mammifères

Le PNT abrite environ 145 espèces de mammifères, correspondant à 93% des espèces de mammifères de la zone forestière Ouest-africaine. Douze espèces sont endémiques à la

région (de la Sierra Leone à Taï, en Côte d'Ivoire), parmi lesquelles le céphalophe de Jentink (*Cephalophus jentinki* Thomas, 1892), le céphalophe zébré (*Cephalophus zebra* Gray, 1838) et le cercopithèque diane (*Cercopithecus diana* Linnaeus, 1758). L'hippopotame pygmée (*Choeropsis liberiensis* Morton, 1849) ne vit plus que dans l'est du Libéria et dans la région de Taï. Plus d'un millier de vertébrés (mammifères et oiseaux de forêt ombrophile) sont présents dans le Parc (N'Guessan, 2000 ; UICN/PAPACO, 2009). L'ordre des Primates est représenté au PNT par 12 espèces appartenant à quatre familles : Pongidae, Cercopithecidae, Loridae et Galagonidae (Béné, 2000 ; 2007 ; Koné, 2000 ; Béné & Zuberbueler, 2009 ; Béné *et al.*, 2012 ; Béné & Bitty, 2013). L'ordre des Artiodactyles est représenté par quatre familles : Bovidae, Tragulidae, Hippotamidae et Suidae. La famille des Bovidés est la plus diversifiée, avec 11 espèces (Monfort & Monfort, 1973 ; Guillaumet & Boesch, 1984 ; Newing, 1994 ; Radl, 2000 ; Chatelain *et al.*, 2001 ; Hoppe-Dominik *et al.*, 2011). L'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*), objet de cette étude, fait partir du riche patrimoine du PNT et est l'une des espèces cibles de conservation de ce Parc (Tiedoué *et al.*, 2015 ; 2016).

I-1-8- Populations humaines à la périphérie du Parc National de Taï

L'espace Taï est caractérisé par une grande diversité de populations où cohabitent des communautés autochtones (Bakwé, Kroumen, Oubi, Wê, Bété et Kouzié), allochtones (Baoulé, Koulango, Sénoufo, Dioula, etc.) et allogènes, principalement des burkinabés, guinéens, maliens et libériens. Les communautés autochtones sont aujourd'hui caractérisées par leur faible poids démographique (moins de 10%) par rapport aux migrants (OIPR, 2006 ; Varlet, 2013).

I-1-9- Activités économiques à la périphérie du Parc National de Taï

L'activité économique principale exercée autour du PNT est l'agriculture (Varlet, 2013 ; Komena, 2014). L'agriculture occupe environ 55% de la population. Les surfaces cultivées se répartissent entre les cultures pérennes (92%) et les cultures vivrières (8%). Pour les cultures pérennes, 69% des surfaces cultivées sont consacrées à la cacaoculture, 14% à l'hévéaculture, 8% à la caféiculture et 1,7% à la culture du palmier à huile (Varlet, 2013).

La culture vivrière dominante est la riziculture. Chez les autochtones, la riziculture pluviale est dominante. La riziculture de bas-fonds en saison sèche ayant été abandonnée après l'introduction du caféier. Les étrangers des régions soudaniennes pratiquent de plus en plus cette riziculture de bas-fonds. Si les étrangers savent s'adapter au nouveau contexte agro-climatique, ils pratiquent préférentiellement les cultures vivrières de leur région d'origine : maïs pour les migrants des savanes du Nord, igname pour ceux du Centre et de l'Est. La banane

plantain est aussi très répandue, étant une composante essentielle du système pionnier de mise en place de la cacaoyère (OIPR, 2014).

La pêche pratiquée sur le lac de Buyo, est économiquement rentable et produit environ la moitié de la production en poissons des villes de Buyo, Guessabo et Béhablo avec environ 8 000 tonnes par an. Cette activité est majoritairement pratiquée par les non-nationaux (OIPR, 2014).

Le braconnage demeure l'une des sources de revenu non négligeable des populations riveraines du PNT. Pourtant, cette activité est doublement illégale au PNT, du fait de l'interdiction générale de la chasse en Côte d'Ivoire depuis 1974 et du statut de stricte protection du PNT (OIPR, 2014). Selon Caspary *et al.* (2001), les prélèvements annuels des braconniers à la périphérie du PNT sont estimés entre 1 500 à 3 000 tonnes, pour une valeur marchande comprise entre un et deux milliards de francs CFA. Le braconnage constitue ainsi l'un des problèmes majeurs auxquels les gestionnaires du PNT sont confrontés (Koné, 2000 ; 2004 ; N'Guessan, 2000 ; Adou *et al.*, 2005).

L'exploitation minière artisanale est également en pleine expansion dans l'espace Taï, notamment l'orpaillage. Cette activité représente l'un des motifs essentiels de présence des délinquants au sein du Parc. En fin d'année 2012, le nombre de délinquants, orpailleurs appréhendés dans le PNT était supérieur pour la première fois au nombre de braconniers. Cette tendance a été confirmée en 2013 avec 188 orpailleurs contre 66 braconniers appréhendés (N'Guessan, 2000 ; OIPR, 2014).

I-2- Famille des éléphantidés

I-2-1- Taxonomie

La famille des éléphantidés est le seul représentant de l'ordre des Proboscidiens, apparus à l'ère du cénozoïque, il y a environ 60 millions d'années. Autrefois, les Proboscidiens constituaient un groupe varié de grands herbivores, comprenant au moins 175 espèces et sous-espèces appartenant à 42 genres et 10 familles. Ils étaient répandus aux quatre coins du monde à l'exception de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et de l'Antarctique (Shoshani *et al.*, 2001 ; Shoshani & Tassy, 2005 ; Lavigne *et al.*, 2012). Aujourd'hui, il ne reste qu'une seule famille (les éléphantidés), représentée par deux espèces reconnues par l'UICN que sont l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797) et l'éléphant d'Asie (*Elephas maximus* Linnaeus, 1758) (Blanc, 2008 ; Choudhury *et al.*, 2008).

I-2-1-1- Eléphant d'Afrique

L'éléphant d'Afrique, est représenté par deux sous-espèces que sont l'éléphant de forêt d'Afrique (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900) et l'éléphant de savane d'Afrique (*Loxodonta africana africana* Blumenbach, 1797) (Owen-Smith, 1992 ; Poole, 1996 ; Grubb *et al.*, 2000). L'éléphant de forêt est morphologiquement différent de l'éléphant de savane d'Afrique. En effet, à l'âge adulte, l'éléphant de forêt est caractérisé par une taille plus petite que celle de l'éléphant de savane. La hauteur au garrot est généralement comprise entre 1,8 m et 3 m avec un poids de 2 à 4 tonnes. La tête et les oreilles de l'éléphant de forêt sont arrondies par rapport à celles de l'éléphant de savane. Les défenses sont minces, droites et orientées vers le bas et de coloration sombre (Grubb *et al.*, 2000 ; Roca *et al.*, 2001 ; Ouattara, 2007 ; Furstenburg, 2010).

Le fait de reconnaître ces deux phénotypes d'éléphant d'Afrique comme appartenant à une même espèce, est sujet à débat. En effet, des récentes recherches en génétique ont permis de démontrer qu'il y a des différences notables entre elles, permettant de conclure en l'existence de deux espèces d'éléphant en Afrique à savoir *Loxodonta africana* et *Loxodonta cyclotis*, respectivement l'éléphant de savane et l'éléphant de forêt (Grubb *et al.*, 2000 ; Roca *et al.*, 2001 ; Comstock *et al.*, 2002). Malgré ces preuves, l'UICN continue de les reconnaître comme étant les sous-espèces de l'unique espèce *Loxodonta africana*. En effet, selon le groupe de spécialistes de l'éléphant d'Afrique (GSEAf) de l'UICN, des études plus approfondies seraient nécessaires (Blanc, 2008). Cette tendance à assimiler les éléphants d'Afrique à une seule espèce pourrait avoir des conséquences dommageables sur la stratégie de conservation et entraîner une sous-évaluation des risques encourus par chaque phénotype (Lavigne *et al.*, 2012).

I-2-1-2- Eléphant d'Asie

L'éléphant d'Asie, est représenté par trois sous-espèces (Shoshani & Eisenberg, 1982 ; Gopala *et al.*, 2011). Il s'agit de *Elephas maximus indicus* Cuvier, 1798, *Elephas maximus maximus* Linnaeus, 1758 et *Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847. Les travaux de Fernando *et al.* (2003) identifient l'éléphant de l'île de Bornéo comme ayant des caractéristiques génétiques suffisamment distinctes de celles des autres sous-espèces d'éléphants d'Asie. Ainsi, l'éléphant de Bornéo serait une sous-espèce à part entière selon Fernando *et al.* (2003). L'existence de cette quatrième sous-espèce est encore controversée (Cranbrook *et al.*, 2008 ; Alfred *et al.*, 2010). Pour certains auteurs, cette sous-espèce est incluse dans *Elephas maximus indicus* (Shoshani & Eisenberg, 1982) ou dans *Elephas maximus sumatranus* (Andaya, 1979).

I-2-2- Distribution géographique

I-2-2-1- Eléphant d'Afrique

Les éléphants d'Afrique étaient autrefois présents sur tout le continent (Figure 3). Aujourd'hui, ils ne se rencontrent que dans 37 pays (Blanc, 2008). Ces éléphants n'ont qu'une distribution fragmentaire, se limitant en grande partie à des aires protégées (Blanc *et al.*, 2003 ; Blanc, 2008 ; Furstenberg, 2010 ; Lavigne *et al.*, 2012 ; Bouché, 2012). Pour l'éléphant de forêt d'Afrique, il est particulièrement inféodé aux forêts, donc ne se rencontrent que dans les forêts ombrophiles du Bassin du Congo et dans la forêt guinéenne (Guillaumet & Boesch, 1984 ; Blanc *et al.*, 2007 ; Furstenberg, 2010 ; Lavigne *et al.*, 2012). Les éléphants de savane d'Afrique quant à eux sont présents sur le reste du continent, allant des limites des déserts (Namib et Sahara) à la limite de forêt dense humide (Blanc *et al.*, 2007 ; Furstenberg, 2010).

En Côte d'Ivoire, l'on rencontre les deux sous-espèces d'éléphant d'Afrique, l'éléphant de forêt dans la zone forestière du Sud, du Sud-Est et du Sud-Ouest et l'éléphant de savane d'Afrique dans le Nord et l'Est (MINEF, 2004 ; Fischer, 2005).

La situation des populations d'éléphant en Côte d'Ivoire est similaire à celle des éléphants de l'ensemble du continent. En effet, l'ensemble du territoire ivoirien était considéré en 1930 comme l'habitat potentiel des éléphants. Aujourd'hui, la répartition des éléphants est très réduite et se résume à quelques habitats constitués d'aires protégées (AP), de forêts classées, de plantations industrielles et de quelques lambeaux de forêt ou savane encore intacts. Ainsi, l'éléphant, symbole de la Côte d'Ivoire, est une espèce en voie de disparition sur le territoire ivoirien, avec une abondance relativement faible sur les différents sites (MINEF, 2004 ; Fischer, 2005 ; Thouless *et al.*, 2016). Certaines de ces populations ont survécu pendant des périodes très longues, mais il y en a beaucoup pour lesquelles il n'y a pas d'informations récentes. Par conséquent, un certain nombre d'entre elles a probablement disparu. Le PNT, l'un des Parcs les mieux conservés, et abritant probablement la plus grande population d'éléphant du pays, ne renferme qu'une population d'éléphants de forêt (Thouless *et al.*, 2016). Le statut des éléphants du Parc National de la Comoé, la plus grande AP du pays, est inconnu (Schweter, 2004 ; Thouless *et al.*, 2016). Le Parc National de la Marahoué est aujourd'hui considéré comme dépourvu d'éléphants, à la suite de l'invasion du Parc par les populations. Pourtant, elle représentait auparavant l'une des plus grandes populations d'éléphants de forêt du pays, estimée à 70 individus (Merz & Hoppe-Dominik, 1991 ; Thouless *et al.*, 2016).

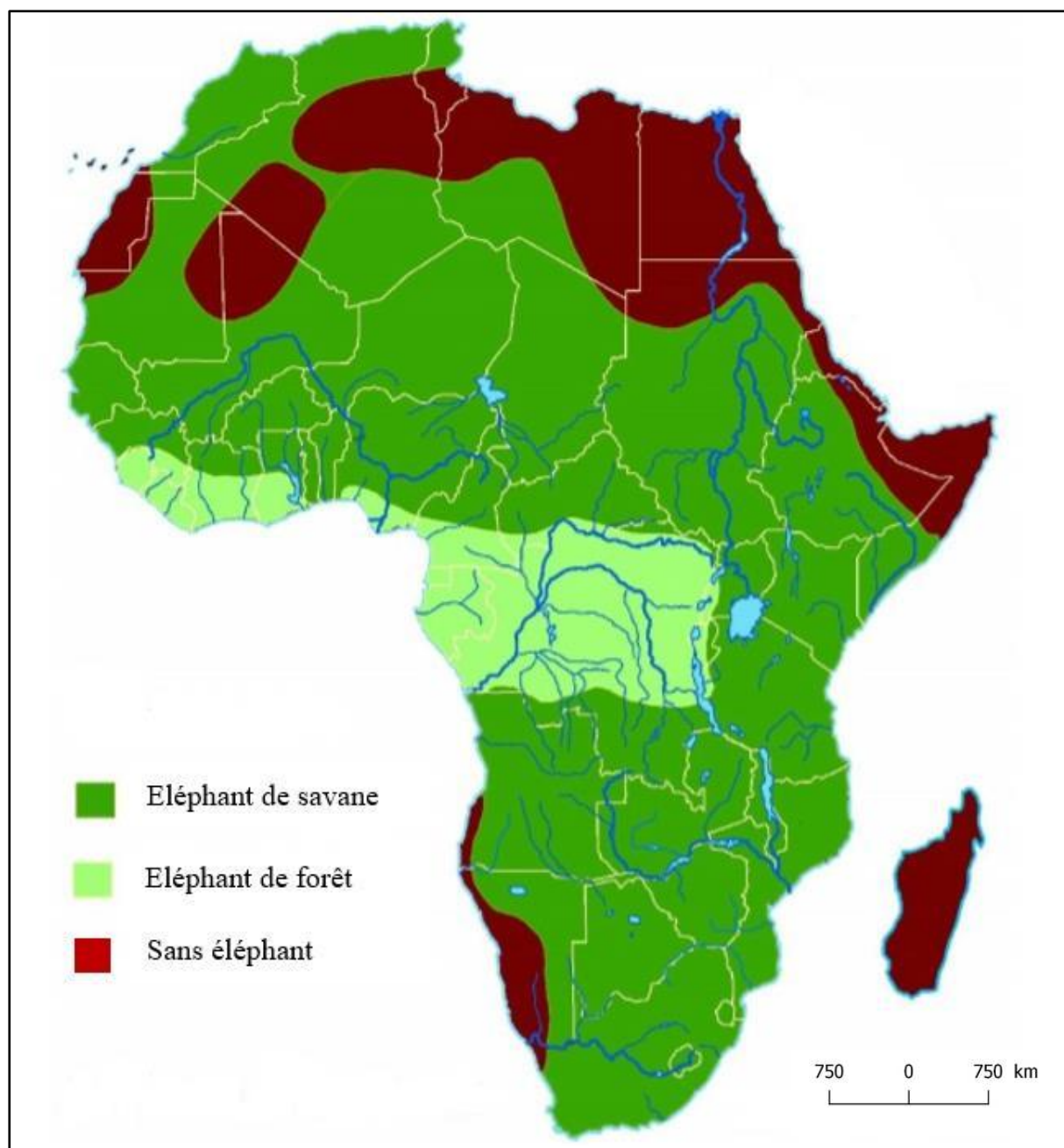


Figure 3 : Carte de l'aire de distribution naturelle des éléphants d'Afrique (Furstenburg, 2010)

I-2-2-2- Eléphant d'Asie

L'éléphant d'Asie également était présent sur tout le continent asiatique, occupant une zone allant de l'Asie occidentale jusqu'en Inde, en passant par les côtes iraniennes et l'Asie du Sud-Est. L'ancienne aire de répartition couvrait neuf millions de km². Aujourd'hui, les éléphants ne sont présents que dans 13 pays, avec des populations très fragmentées. L'aire de répartition actuelle est estimée à 486 800 km² (Choudhury *et al.*, 2008 ; Lavigne *et al.*, 2012).

I-2-3- Biologie

I-2-3-1- Structure sociale

La structure sociale des éléphants, est complexe et très flexible suivant les conditions environnementales (Poole, 1996 ; Payne, 2003). Le groupe nucléaire chez les éléphants d'Afrique est le plus souvent composé d'une femelle adulte avec un à trois petits de différents âges. Cependant, on trouve généralement deux à quatre mères associées dans des groupes de quatre à 12 individus. Plusieurs de ces groupes se composent d'une vieille femelle appelée matrone (âgée de 38 à 60 ans) avec ses filles matures et leurs petits (Owen-Smith, 1992 ; White *et al.*, 1993). Les mâles matures de plus de 16 ans quant à eux, vivent généralement en solitaire et ne s'associent que transitoirement aux groupes de femelles. Ils peuvent également former temporairement des groupes de mâles, de deux à quatre individus (Poole, 1996). L'éléphant d'Asie a une organisation sociale semblable à celle de l'éléphant d'Afrique (Owen-Smith, 1992).

I-2-3-2- Reproduction

Chez toutes les espèces d'éléphants, les mâles présentent des périodes d'activités sexuelles accrues, nommées "musth". Le "musth" est associé à une sécrétion abondante de glande temporale et de testostérone. Le mâle dans cet état, erre d'un troupeau à l'autre à la recherche de femelles en œstrus. Un mâle en "musth" manifeste de la domination sur tous les autres mâles "non-musth" (Owen-Smith, 1992 ; Poole, 1996). La femelle, dans ses premiers jours d'œstrus, se comporte de manière ostentatoire de sorte à attirer les mâles. Ainsi un grand nombre de mâles se rassemblent à proximité de la femelle concernée. L'œstrus persiste pendant deux à six jours, période au cours de laquelle la femelle est susceptible de s'accoupler avec différents mâles (Owen-Smith, 1992).

Après 21,5 mois de gestation, la femelle donne naissance à un seul petit, bien que des rares cas de portées gémellaires existent (Poole, 1996). L'éléphanteau à la naissance pèse entre 90 et 120 kg (Poole, 1996). Pendant les trois premiers mois de vie, celui-ci se nourrit uniquement de lait maternel. Passée cette période, il commence à se nourrir de végétaux.

L'allaitement se poursuit généralement jusqu'à la naissance suivante, après quatre à cinq ans (Moss, 1996 ; Owen-Smith, 1992 ; Poole, 1996).

I-2-3-3- Régime alimentaire

En tant que mégaherbivore, les éléphants consomment une proportion importante d'herbe dans le régime alimentaire selon les conditions du milieu (Owen-Smith, 1992 ; Campos-Arceiz & Blake, 2011). L'herbe représente 60 à 95% de leur régime alimentaire dans les prairies et dans les savanes boisées. La consommation d'herbe occupe 40 à 70% du temps d'alimentation en saison des pluies et seulement 2 à 40% en saison sèche (Owen-Smith, 1992). Cependant, l'herbe est insignifiante dans le régime alimentaire de l'éléphant de forêt, où la consommation d'autres items est dominante (bourgeons, écorce, fruits, racines, etc.) (Alexandre, 1978 ; 1999 ; White *et al.*, 1993 ; Maurois *et al.*, 1997 ; Kouamé, 2009 ; Kouamé *et al.*, 2010 ; 2017).

Les besoins en eau de l'éléphant sont importants car il boit une à trois fois par jour quand l'eau est disponible. Il peut, ainsi, boire 120 litres d'eau par jour (Furstenberg, 2010). Par conséquent, au cours de la saison sèche, les éléphants parcourent de longues distances à la recherche d'eau et ils peuvent ne pas boire pendant trois jours (Owen-Smith, 1992).

I-2-4- Importance des éléphants

I-2-4-1- Importance écologique

L'éléphant est une espèce essentielle de l'écosystème dans lequel il vit et son impact est très important (Poole, 1996 ; Bouché, 2012). L'extinction de l'éléphant dans les forêts ombrophiles africaines entraînera une perte de 7% de leur capacité de stockage de carbone, ce qui mènera à l'accélération du changement climatique (Berzaghi *et al.*, 2019). En effet, l'éléphant participe à la dissémination des diaspores, étape essentielle de la régénération végétale, particulièrement en forêt tropicale où les chances de survie de la plantule au voisinage du pied parent sont réduites (Janzen, 1970 ; Guillaumet & Boesch, 1984 ; Kouamé *et al.*, 2010). Également, le passage des graines de certaines espèces dans le tube digestif de l'éléphant contribue à améliorer la vitesse et le taux de germination et favorise la croissance des jeunes plants (Alexandre, 1978 ; Kouamé, 2009 ; Kouamé *et al.*, 2010). Au Parc National de Taï, la dissémination de 37 espèces végétales par les éléphants a été révélée par Alexandre (1978). Parmi ces espèces, seulement sept sont efficacement disséminées par d'autres animaux. Pour les autres espèces rencontrées (30), l'éléphant semble être le disséminateur adapté (Alexandre, 1978). Pour une grande partie des grands arbres, l'éléphant est probablement le seul

disséminateur et la régénération de ces espèces peut être freinée par sa disparition. Il paraît ainsi indéniable que l'éléphant est l'espèce la plus importante pour la bonne tenue et le rajeunissement de la forêt (Guillaumet & Boesch, 1984 ; Alexandre, 1999 ; Chatelain *et al.*, 2001) et la diversité spécifique animale et végétale (Western, 1989 ; Poole, 1996 ; Kouamé, 2009). La dispersion des graines par les éléphants est connue sous le nom de « loxodontochorie », et Les espèces dispersées sont dites loxodontochores (Alexandre, 1978). L'éléphant d'Asie a aussi, un rôle essentiel dans la dispersion des graines. Selon McConkey *et al.* (2018), leur disparition entraînerait un manque à gagner pour la reproduction de la flore que les autres animaux risquent de ne pas pouvoir compenser. Cela pourrait avoir des répercussions sur tout l'écosystème et les services écosystémiques tels que la fixation du gaz carbonique (CO₂). Ainsi, selon ces auteurs, préserver les éléphants, c'est préserver la forêt et par extension, les services écosystémiques rendus par ces forêts. Par ailleurs, l'éléphant est aussi considéré comme un architecte du milieu où il vit. Il ouvre des passages dans des végétations fermées, créant ainsi des passages pour les autres animaux. Il creuse des trous d'eau pratiques et favorables pour d'autres herbivores (Bouché, 2012 ; Maisels *et al.*, 2013).

I-2-4-2- Importance économique

Sur le plan économique, selon Naidoo *et al.* (2016), la densité des éléphants dans une Aire Protégée (AP) en Afrique est positivement corrélée au nombre de touristes qui la visitent. Ainsi, les pertes économiques directes annuelles liées à la réduction du nombre de visites des AP due au braconnage des éléphants sont estimées à 9,1 millions de dollars USD (5 500 950 000 Francs CFA). En plus, il y a une perte moyenne supplémentaire de 16,4 millions de dollars USD (9 913 800 000 Francs CFA) en dépenses indirectes et induites à l'échelle du continent africain. En général, les touristes sont attirés par les "big five" représentés par le lion (*Panthera leo* Linnaeus, 1758), le léopard (*Panthera pardus* Linnaeus, 1758), l'éléphant (*Loxodonta africana* Blumenbach, 1797), le rhinocéros noir (*Diceros bicornis* Linnaeus, 1758) et le buffle (*Syncerus caffer* Sparrman, 1779). L'éléphant est l'espèce la plus populaire et la plus emblématique des cinq (Lauriane, 2013).

Par ailleurs, la contribution des éléphants n'est pas que positive. En effet, les éléphants sont responsables de nombreux dégâts sur les cultures (Ouattara *et al.*, 2010 ; Atta *et al.*, 2016 ; Kouao *et al.*, 2018). Par exemple, à la périphérie du PNT, les pertes moyennes annuelles de la production agricole ont été estimées à 13,7% (Ouattara *et al.*, 2010).

I-2-5- Pressions et menaces sur les éléphants

Le commerce international d'ivoire a depuis toujours été une menace pour les populations d'éléphants (Barnes, 1999). Ainsi, dès 500 ans avant Jésus-Christ, les éléphants du moyen orient se sont éteints à la suite de leur chasse intensive. Egalement, les éléphants de l'Afrique du Nord se sont éteints entre le 4^e et le 7^e siècle de notre ère, du fait de la demande romaine en ivoire (Spinage, 1973 ; Seaver, 2009). Bien que la demande actuelle d'ivoire reste un mystère, celle-ci reste potentiellement énorme. Même si tous les éléphants vivants aujourd'hui étaient tués, il est fort probable que l'ivoire ne suffise pas à répondre à la demande (Lavigne *et al.*, 2012). Les facteurs stimulateurs actuels du braconnage en Afrique sont entre autres, la pauvreté et la modicité des moyens engagés dans la lutte contre les actes criminels visant la faune. En outre, l'augmentation sans cesse de la demande des pays asiatiques en ivoires (Chine, Thaïlande et Viet-Nam) est un facteur aggravant (Lavigne *et al.*, 2012 ; Xu *et al.*, 2016). Le braconnage pour l'ivoire affecte particulièrement les éléphants d'Afrique, mais les éléphants d'Asie ne sont pas épargnés (Carollynne, 2017). Les mâles d'éléphant d'Asie porteurs de défenses sont abattus de manière sélective, conduisant à une modification du sexe ratio (Stiles, 2009 ; Chelliah *et al.*, 2013 ; Gupta *et al.*, 2016). En outre, le trafic d'animaux vivants constitue également une grave préoccupation pour la sauvegarde des éléphants. En effet, de nombreux animaux sont retirés du milieu naturel pour la domestication au Sri Lanka, pour le secteur du cirque chinois et pour le tourisme en Thaïlande (Lavigne *et al.*, 2012 ; Carollynne, 2017). Pendant que le braconnage continue d'être une préoccupation, c'est la dégradation de l'habitat, sa fragmentation et sa destruction, générées par la croissance ininterrompue de la population humaine qui sont désormais considérées comme constituant les pires menaces pour les éléphants où qu'ils soient (Lavigne *et al.*, 2012 ; WWF, 2018).

L'accroissement effréné de la population humaine implique l'expansion rapide des espaces occupés pour la construction d'habitations, d'infrastructures (barrages hydroélectriques, routes, etc.) et surtout les exploitations agricoles (WWF, 2018).

Par ailleurs, l'augmentation de la population humaine accompagnée d'une réduction de l'espace vital pour les éléphants est la cause de nombreux conflits homme-éléphants (CHE) à l'origine de pertes en vies humaines, de morts d'éléphants et de destruction de récoltes (Blanc, 2008 ; Choudhury *et al.*, 2008 ; Ouattara *et al.*, 2010 ; Lavigne *et al.*, 2012 ; Lauriane, 2013 ; Atta *et al.*, 2016 ; Carollynne, 2017).

Les changements climatiques, une des conséquences de la démographie galopante de la population humaine, représentent également un péril pour les éléphants. En effet, les

sécheresses prolongées peuvent occasionner des morts d'animaux généralement et plus particulièrement des éléphants (Bouché, 2012 ; Lavigne *et al.*, 2012).

La situation de l'éléphant en Côte d'Ivoire n'est pas différente. Aujourd'hui, le pays renferme moins de 500 éléphants (MINEF, 2004 ; 2018a).

Au vu de ces menaces, les éléphants d'Afrique sont considérés comme vulnérables sur la liste rouge de l'UICN (Blanc, 2008). Ils sont aussi inscrits en annexe I de la convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et Flore sauvages Menacées d'Extinction (CITES), à l'exception des populations vivant en Afrique du Sud, au Botswana, en Namibie et au Zimbabwe, qui sont inscrites en annexe II (CITES, 2017).

Quant aux éléphants d'Asie, ils figurent sur la liste rouge de l'UICN parmi les espèces en danger et sont inscrits en annexe I de la CITES (Choudhury *et al.*, 2008 ; CITES, 2017).

L'inscription des éléphants en annexe I de la CITES, signifie que le commerce international des spécimens est généralement interdit, sauf pour les détenteurs de permis d'exportation. L'inscription en annexe II des populations d'éléphants de l'Afrique du Sud, du Botswana, de la Namibie et du Zimbabwe, signifie que les transactions non commerciales portant sur des trophées de chasse et le commerce des animaux vivants vers des destinataires appropriés (Botswana et Zimbabwe) ou pour des programmes de conservation *in situ* (Afrique du Sud et Namibie), sont autorisés.

I-3- Piégeage photographique

I-3-1- Historique du piégeage photographique

Le naturaliste américain, George Shiras III est considéré comme le père du piégeage photographique. Dès la fin du XIX^e siècle, il utilisa un appareil photographique couplé à un flash déclenché manuellement pour enregistrer les premières images nocturnes de la faune sauvage (Brower, 2008 ; Rovero *et al.*, 2010 ; Merciez, 2012). George Shiras III fut également le premier dans les années 1890 à développer une méthode utilisant un fil déclencheur lié à un système de flash permettant de photographier la faune sauvage sans la présence humaine (Brower, 2008 ; Kucera & Barrett, 2011).

Les premières décennies du XX^e siècle ont enregistré plusieurs succès de la photographie animale. Au milieu du XX^e siècle, on assiste à une modernisation de l'équipement photographique. En effet, la poudre de magnésium, maladroite et dangereuse utilisée comme flash dans le modèle de Shiras est remplacée par une ampoule alimentée par une batterie (Gysel & Davis, 1956 ; Kucera & Barrett, 2011). Le modèle présenté par Gysel et Davis en 1956 a été

amélioré par Pearson en 1959. Dans ce nouveau modèle, le fil déclencheur a été remplacé par un faisceau lumineux et sur les images obtenues, sont inscrites la date, l'heure et l'humidité relative, permettant ainsi de déterminer les périodes d'activité des espèces détectées (Pearson, 1959 ; 1960).

Le modèle actuel de piège photographique (PP) apparaît dans les années 1980. Ce modèle diffère de celui de Pearson (1959) car il utilise un mécanisme de capteur à infrarouge, considérablement moins lourd et facile à installer (Cutler & Swann, 1999). Mais les pièges photographiques disponibles dans le commerce dans les années 1980 étaient dotés de système de flash blanc à xénon avec des circuits séparés de la caméra. Ils étaient également dotés de capteur à infrarouge actif (AIR).

Les progrès technologiques ont conduit à la création de systèmes intégrés sophistiqués. Les PP modernes, sont composés d'un ensemble autonome comprenant un capteur et une caméra. Ils sont majoritairement dotés de capteur à infrarouge passif (PIR) capable de détecter le mouvement et la différence de température entre un sujet et la température de fond (Rovero *et al.*, 2013a).

I-3-2- Caractéristiques d'un piège photographique

Les caractéristiques principales à prendre en compte dans le choix d'un piège photographique sont : la vitesse de déclenchement, la zone de détection, le champ de vision, le temps de récupération, la nature des photographies et vidéos de nuit, la résolution de l'image, la durée de la batterie et le coût du piège photographique (Ancrenaz *et al.*, 2012 ; Rovero *et al.*, 2013a ; Trolliet *et al.*, 2014 ; Wearn & Glover-Kapfer, 2017).

I-3-2-1- Vitesse de déclenchement

C'est le délai nécessaire au PP pour prendre une photographie ou enregistrer une vidéo, une fois qu'un animal a interrompu le faisceau infrarouge dans la zone de détection. Ce délai varie de 0,19 s à 4,2 secondes, selon le modèle de PP (marque et numéro de série). Compte tenu du champ de vision relativement étroit de la plupart des objectifs de capture, une vitesse de déclenchement lente ne permet pas de photographier les animaux à déplacement rapide. Ainsi, le choix du modèle de PP pour une étude doit se faire en fonction de l'espèce cible et de la méthodologie utilisée. Si l'étude porte sur des sites de nourrissage, des points d'eau, des nids ou utilise des appâts, l'animal est sensé y rester pendant un temps relative long. La vitesse de déclenchement importe donc peu. Contrairement, pour une étude nécessitant l'installation des

PP en des points aléatoires de l'habitat ou sur des pistes d'animaux, il faudra tenir compte de la rapidité du déclenchement (Rovero *et al.*, 2013a ; Trolliet *et al.*, 2014).

I-3-2-2- Temps de récupération

Le temps de récupération est le temps nécessaire à l'appareil pour se préparer à prendre la photographie ou vidéo suivante, après l'enregistrement de la précédente. Etant donné les grandes différences de temps de récupération pour différents modèles, cette caractéristique doit être prise en compte, car elle peut constituer un aspect très important pour certains objectifs de l'étude. Si un appareil a un temps de récupération trop long, il ne permettra pas d'enregistrer des informations telles que le nombre d'individus dans un groupe d'animaux en mouvement devant le PP ou encore de constater qu'un animal se déplace avec son petit. Il est donc préférable de choisir des modèles à temps de récupération court ou réglable selon vos besoins (Trolliet *et al.*, 2014).

I-3-2-3- Zone de détection et le champ de vision

La zone de détection est la zone couverte par le faisceau infrarouge émis par le PP, dans laquelle un mouvement peut être détecté. Quant au champ de vision, c'est la zone couverte par l'objectif de la caméra et qui apparaît sur les images (Rovero *et al.*, 2013a ; Trolliet *et al.*, 2014).

I-3-2-4- Nature des photographies ou vidéos nocturnes

Les images nocturnes sont très utiles, car un grand nombre de taxons présentent des activités nocturnes. Il existe deux types de flash utilisés pour la photographie nocturne avec PP, que sont le flash incandescent et la lumière infrarouge. Le flash incandescent permet de prendre des photographies ou vidéos en couleur, généralement de meilleure résolution et de meilleure qualité. Dans cette méthode, la quantité de lumière capturée est supérieure à celle obtenue avec la lumière infrarouge, ce qui peut être essentiel pour l'identification d'un animal à l'aide de balises ou de marques naturelles. La limite de cette méthode est que le flash a un fort risque d'effrayer l'animal. La lumière infrarouge au contraire est beaucoup plus discrète et par conséquent, très utile. La lumière infrarouge émise par une série de diodes électroluminescentes (DEL), permet à l'appareil photographique de prendre des images en noir et blanc la nuit (Trolliet *et al.*, 2014).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II-1- Matériel

Le matériel de cette étude est composé d'un matériel biologique et d'un matériel technique.

II-1-1- Matériel biologique

Le matériel biologique de cette étude est l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900) (Figure 4).

La position systématique de cette sous-espèce est la suivante (Blanc, 2008) :

Règne	:	Animalia
Embranchement	:	Chordata
Sous embranchement	:	Vertebrata
Classe	:	Mammalia
Ordre	:	Proboscidea
Famille	:	Elephantidae
Genre	:	<i>Loxodonta</i>
Espèce	:	<i>Loxodonta africana</i>
Sous-espèce	:	<i>Loxodonta africana cyclotis</i>



Figure 4 : Eléphant de forêt, photographié au Parc National de Taï (Kely *et al.*, 2019)

II-1-2- Matériel technique

II-1-2-1- Matériel de collecte de données

II-1-2-1-1- Piège photographique

Pour la collecte des données relatives aux éléphants au PNT, nous avons utilisé des pièges photographiques (PP) de marque Bushnell, Trophy Cam HD Essential E3, modèle 119837 (Figure 5). Ce modèle de PP dispose d'un détecteur de mouvement et de chaleur ultrasensible à capteur infrarouge passif. Il est capable de prendre des photographies de haute qualité, pouvant atteindre 16 Mpx de résolution ou des séquences vidéo sonorisées. Cet appareil consomme très peu d'énergie (moins de 0,08 mA) en mode surveillance. Ce PP est équipé de diodes électroluminescentes (DEL) à infrarouge intégrées qui fonctionnent comme un flash pour fournir des photographies et des vidéos en noir et blanc dans l'obscurité ou dans des conditions de faible luminosité. Il peut prendre des photos ou enregistrer des vidéos en couleur lorsqu'il y a assez de lumière ambiante. En outre, il peut être utilisé dans différents milieux car il offre une bonne résistance à l'eau et à la neige. Il offre de nombreuses fonctionnalités (annexe 1). Cet appareil est parfaitement discret car il est doté d'antireflet, permettant de rendre entièrement invisible le flash des DEL à infrarouges (Bushnell, 2017). Ces types d'appareil sont les plus adaptés à l'étude de la faune, car ne provoquant pas de modification de comportement des espèces photographiées (Trolliet *et al.*, 2014).

Pour l'alimentation énergétique des PP, nous avons utilisé des piles de marque Energizer afin de leur garantir une autonomie maximale (Bushnell, 2014 ; 2017). Egalement, nous avons utilisé des cartes mémoires SDHC (Secure Digital High Capacity) de capacité de stockage 32 Go pour l'enregistrement d'un maximum de données.

II-1-2-1-2- Matériel additionnel

En plus des pièges photographiques, le matériel additionnel qui a été nécessaire pour mener à bien cette étude se compose de :

- GPS pour la navigation en vue du repérage des sites d'installation des PP et la prise des coordonnées des points réels d'installation (Figure 6a) ;
- boussole pour s'orienter pendant la navigation au sein du Parc (Figure 6b) ;
- décamètre pour mesurer la distance de "l'arbre tuteur" au point visé et la hauteur à laquelle le PP doit être installé sur "l'arbre tuteur" (Figure 6c) ;
- carte du Parc sur laquelle sont projetés les différents points d'installation des PP ;
- appareil photographique numérique pour des prises de vues (Figure 6d) ;



Figure 5 : Piège photographique Trophy Cam HD Essential E3 vu de face (a) et ouvert (b)

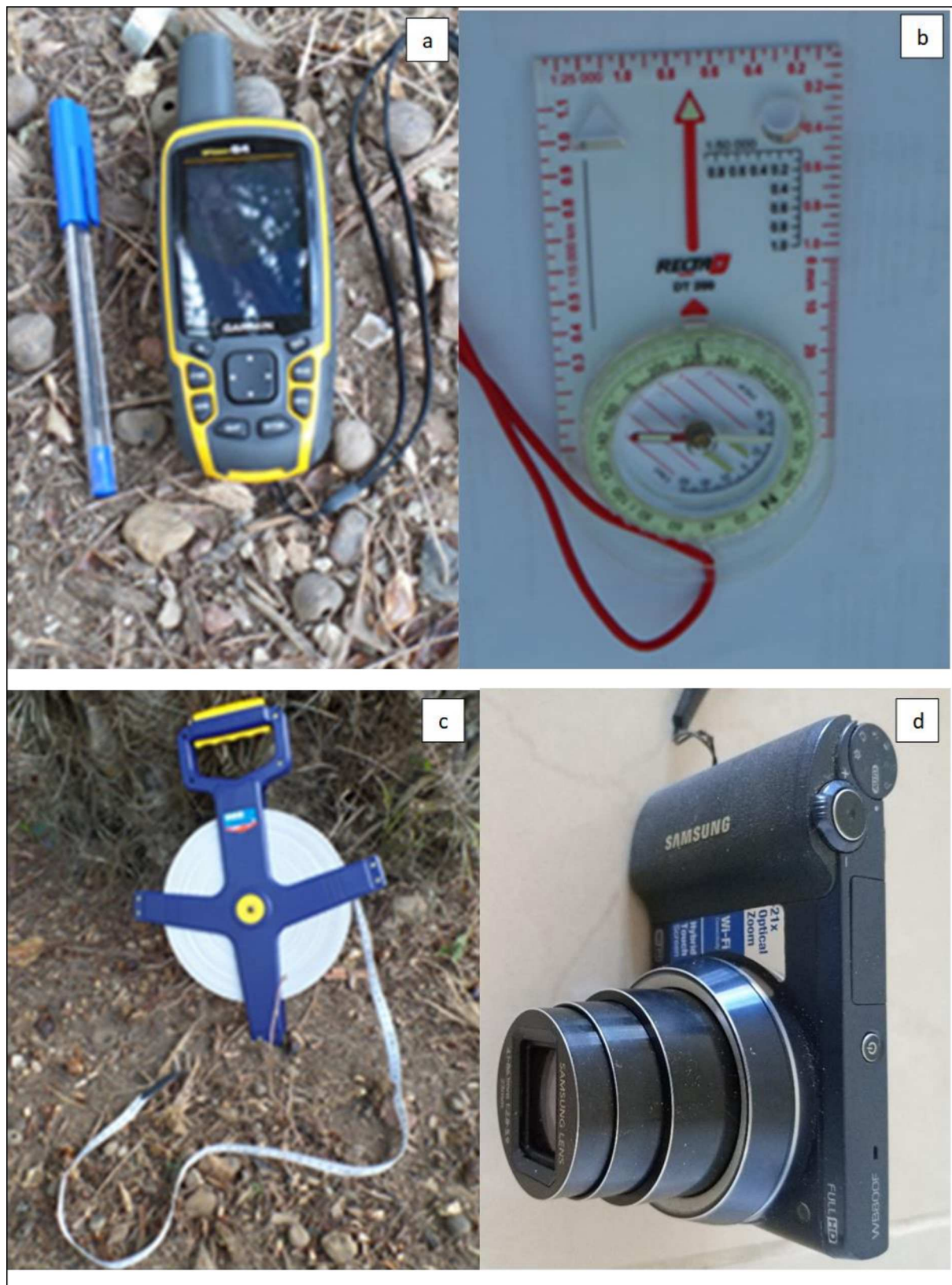


Figure 6 : Quelques matériels techniques utilisés
a : GPS, b : Boussole, c : Décimètre, d : Appareil photographique

- scotch à papier et marqueurs pour identifier les cartes mémoires ;
- fiches de collecte des données pour l'installation, le retrait des PP et pour l'enregistrement des caractéristiques environnementales des sites (annexe 2 et 3) ;
- matériel de camping, pour les séjours prolongés en forêt.

II-1-2-2- Matériel de stockage de données

Les données enregistrées par chaque PP ont été compilées et analysées à partir d'un ordinateur de marque DELL Latitude E6420. Un disque dur externe de capacité 500 Go a été utilisé pour la sauvegarde des données.

II-2- Méthodes

II-2-1- Méthodes de collecte des données

II-2-1-1- Choix de site et dispositif de piégeage photographique des éléphants

Pour le choix du site de piégeage des éléphants au PNT, un dispositif systématique constitué d'une grille de maille 6×6 km a été superposé à la carte du Parc, à l'aide du logiciel Qgis 2.18.7. Le centre de chaque carré (6×6 km) a été pris comme le point d'installation d'un piège photographique (PP). Ainsi, une distance de 6 km séparait deux sites d'installation de PP consécutifs. Vu le nombre limité de PP disponibles pour cette étude, seules les mailles se superposant à la zone probablement occupée par les éléphants au PNT ont été retenues. Cette zone de probable présence des éléphants a été déterminée à partir des différents rapports de suivi écologiques et de patrouilles de surveillance de 2005 à 2015. Ainsi, les mailles de l'extrême nord du Parc et de la Réserve du N'Zo ont été exclues, car aucun indice de présence des éléphants n'a été observé dans ces zones durant ces 10 dernières années (2005-2015). Le dispositif final se composait de 87 points d'installation de PP (Figure 7). Les coordonnées géographiques des 87 points d'installation de PP retenus sont présentés à l'annexe 4.

II-2-1-2- Déploiement des pièges photographiques

La collecte des données s'est faite sur deux périodes de deux mois chacune. La première période a été effectuée du 09 juin au 08 août 2016. La seconde période de piégeage quant à elle s'est déroulée du 10 octobre au 09 décembre 2017. Tous les pièges photographiques (87) ont été déployés pendant la première période. Pour la seconde période, seulement 77 PP ont été installés, 10 PP étant défectueux.

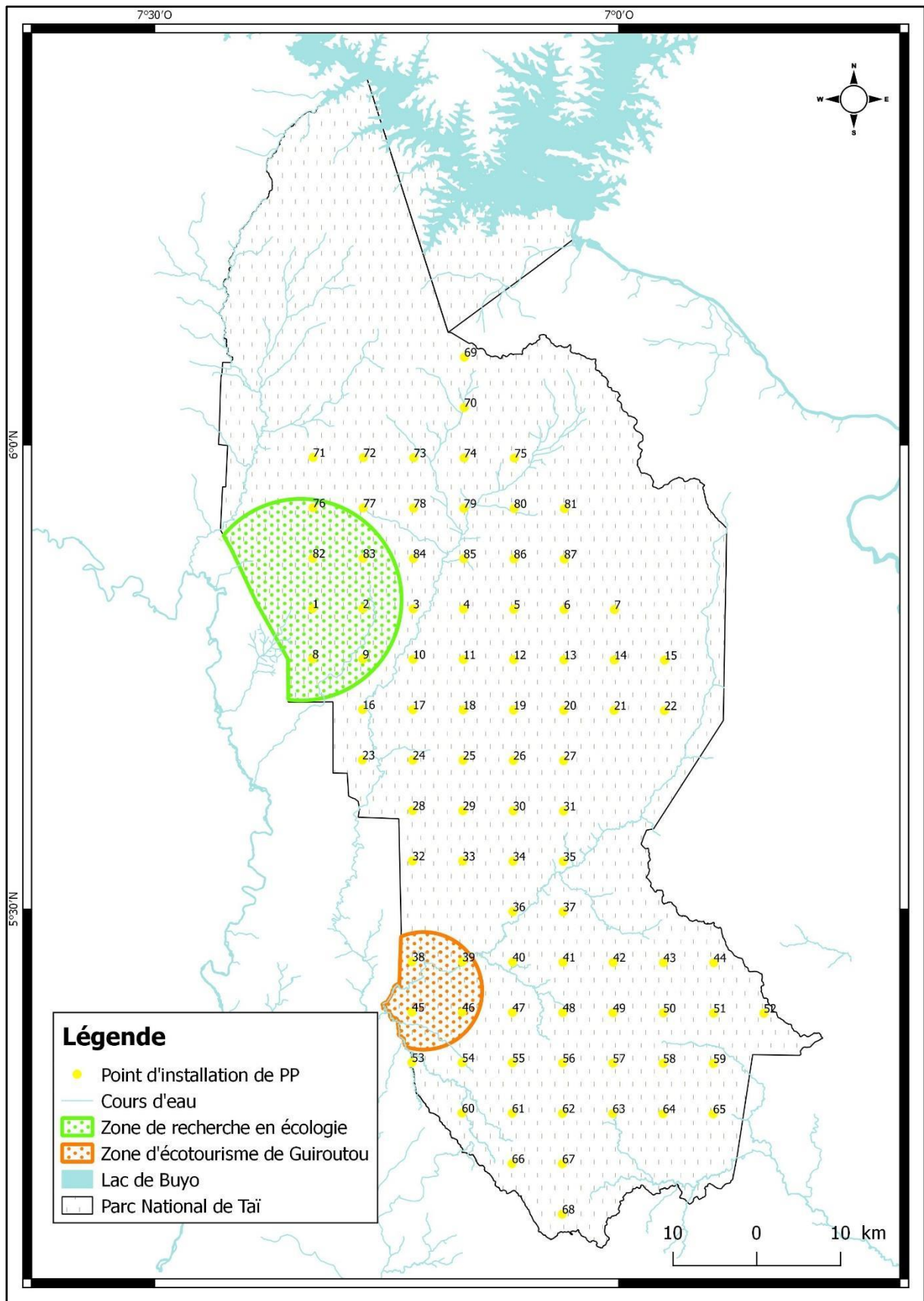


Figure 7 : Carte du dispositif de piégeage photographique, au Parc National de Taï

II-2-1-3- Pose et retrait des pièges photographiques

II-2-1-3-1- Réglage des pièges photographiques

Pour l'installation des PP, ils ont été réglés en mode hybride, c'est-à-dire permettant l'enregistrement de séquences vidéo alternées de photographies. La résolution des photographies a été minimisée (5 Mpx) afin de permettre aux cartes mémoires d'enregistrer un plus grand nombre de données. Nous avons néanmoins choisi une durée plus longue des séquences vidéo (60 secondes) et un intervalle entre deux détections successives plus court (1 seconde), pour enregistrer toutes les informations relatives à un éléphant ou à un groupe d'éléphants en mouvement dans le champ de vision du PP. Le tableau II présente l'ensemble des paramètres de réglage des PP.

II-2-1-3-2- Installation des pièges photographiques

L'installation des pièges photographiques s'est faite conformément à la méthodologie proposée par Ancrenaz *et al.* (2012) et Mermod (2012). L'accès au point d'installation de chaque PP s'est fait par navigation à l'aide du GPS et de la boussole. Une fois au point indiqué pour l'installation d'un PP spécifique (position théorique), nous avons prospecté dans un rayon de 200 m pour choisir la position la plus appropriée, en vue d'optimiser les détections d'éléphants (position réelle). Cette position réelle a été choisie sur la base d'indices de présence des éléphants qui peuvent être un arbre dont l'écorce est consommée par les éléphants (Figure 8), un arbre fruitier visité par les éléphants (Figure 9), une saline (Figure 10), un lieu de bain de boue des éléphants (Figure 11) ou une piste d'éléphants (Figure 12).

Une fois le site d'installation choisi, le piège a été fixé sur un arbre dit "arbre tuteur", à 1,5 m du sol (Figure 13). L'"arbre tuteur" choisi était assez robuste, un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 15 cm. Le PP a été orienté de sorte à éviter un arrière-plan trop exposé à l'incidence du soleil. Il a été installé de sorte à ne pas avoir dans le champ de vision, des végétaux susceptibles d'être mus par le vent ou des obstacles tels que des troncs d'arbres. En effet, un arbre tuteur trop souple ou des plantules dans le champ de vision pourraient déclencher le système de détection de l'appareil en cas de vent (Meek *et al.*, 2012a ; Rovero *et al.*, 2013a). En outre, l'exposition de l'appareil au soleil pourrait induire des déclenchements inutiles pendant les heures chaudes de la journée, selon Vimercati (2009).

Tableau II : Paramètres de réglage des pièges photographiques

Paramètre	Réglage
Mode	Hybride
Résolution de la photographie	5 Mpx
Durée de la vidéo	60 s
Résolution de la vidéo	1280*720 px
Nombre de prises de vue en rafale	3
Intervalle de déclenchement	1 s
Sensibilité de l'infrarouge passif	Elevée
Impression date et heure	Activée
Horloge	24 h



Figure 8 : Arbre dont l'écorce est consommée par les éléphants au Parc National de Tai



Figure 9 : Arbre dont les fruits sont consommés par les éléphants au Parc National de Taiï



Figure 10 : Saline exploitée par les éléphants au Parc National de Taiï



Figure 11 : Lieu de bain de boue des éléphants au Parc National de Taï



Figure 12 : Piste d'éléphants au Parc National de Taï



Figure 13 : Piège photographique fixé à un tronc d'arbre, au Parc National de Taï

A l'issue de l'installation, la position du PP a été géoréférencée et l'habitat a été décrit : canopée, caractéristiques du sous-bois et nature du site d'installation (point d'eau, arbre fruitier, piste, etc.). Une fois le piège installé et le site caractérisé, un des membres de l'équipe d'installation se mettait face au piège photographique avec une affiche sur laquelle était mentionné, le numéro de position, la date et l'heure d'installation du PP en vue de prendre la photographie initiale, conformément à la méthodologie utilisée par Vimercati (2009). Cette photographie nous indiquait le début de l'activité du PP considéré.

II-2-1-3-3- Retrait des pièges photographiques

Après deux mois successifs de piégeage au même point, les PP ont été retirés. Une fois au point d'installation du PP, une photographie de fin d'installation est prise de la même façon que la photographie de début d'installation (Figure 14). Cette photographie visait à vérifier que le piège était resté fonctionnel pendant les deux mois. Ensuite, la fiche de retrait a été renseignée. Enfin, la carte mémoire a été retirée puis identifiée avec le numéro de la position du PP.

II-2-2- Méthodes d'analyse des données

II-2-2-1- Téléchargement et tri des vidéos et images

Après deux mois d'installation au sein du PNT, les PP ont été retirés. Les données contenues sur les différentes cartes mémoires ont été transférées sur un ordinateur afin de les trier et les classer pour chaque PP. La méthodologie de tri des données que nous avons adoptée, s'inspire de celle de Mermod (2012). Les données ont été classées suivant les modalités ci-dessous :

- les observations d'éléphants ou détections d'éléphants, ce sont les vidéos et photographies sur lesquelles l'on observe au moins un éléphant ;
- les observations d'autres animaux, ce sont les vidéos et photographies sur lesquelles l'on identifie au moins une autre espèce animale ;
- les vidéos et photographies vides, sur lesquelles l'on n'identifie aucune espèce animale.

Les PP ayant détecté au moins un éléphant ont été définis comme PP positifs, alors que ceux n'ayant pas fait de détection d'éléphants étaient dits PP négatifs, comme stipulé par Doré *et al.* (2011).



Figure 14 : Photographie marquant la fin d'activité d'un piège photographique

II-2-2-2- Détermination de la distribution des éléphants observée

Nous avons d'abord déterminé l'occupation naïve du site par les éléphants, connue sous le terme anglo-saxon de "naïve occupancy", selon la formule utilisée par Rovero *et al.* (2014) et Hedwig *et al.* (2018). L'occupation naïve est la proportion du site occupée par les éléphants. Elle désigne la proportion de PP positifs par rapport à l'ensemble des PP fonctionnels (Rovero *et al.*, 2014 ; Hedwig *et al.*, 2018). La formule de l'occupation naïve est suivante :

$$\text{Occupation naïve} = \frac{\text{Nombre de PP positifs}}{\text{Nombre total de PP fonctionnels}} \times 100 \quad (1)$$

Ensuite, nous avons réalisé la carte de distribution des éléphants observée, en présentant les sites de détection des éléphants, à l'aide du logiciel Qgis 2.18.7.

II-2-2-3- Détermination des facteurs de distribution des éléphants

Pour la détermination des facteurs qui influencent la distribution des éléphants au PNT, cinq variables explicatives ont été retenues. Il s'agit de la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme, la distance à la périphérie du Parc, la distance au cours d'eau le plus proche, le taux d'indices de braconnage et l'altitude.

- La distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (V1), représente la distance qui sépare le point d'installation de chaque PP et la zone de recherche ou à la zone d'écotourisme, suivant celle qui est la plus proche. En effet, selon Köndgen *et al.*, (2008), la présence des zones de recherche et de tourisme dans le PNT, contribue à réduire la pression du braconnage. Au PNT, il existe une zone de recherche qui est la zone de recherche en écologie, situé dans la moitié supérieure du Parc, proche de la ville de Taï et une zone d'écotourisme qui est la zone d'écotourisme de Guiroutou, situé dans le sud-ouest du PNT.
- La distance à la périphérie du Parc (V2) désigne la distance qui sépare le point d'installation de chaque PP et la limite du Parc la plus proche. L'extérieur du Parc représenterait la présence d'installations humaines, des infrastructures et d'activités humaines diverses (villes, villages, campements, champs, voies de circulation, etc.).
- La distance au cours d'eau le plus proche (V3) représente la distance qui sépare le point d'installation de chaque PP et le cours d'eau le plus proche (fleuve ou rivière).

- Le taux d'indices de braconnage (V4) désigne l'indice kilométrique d'abondance des signes d'activités de braconnage (cartouches, camps de braconniers et pistes de braconniers) à chaque site d'installation de PP.

Le taux d'indices de braconnage est utilisé dans le cadre de cette étude comme l'équivalent de l'intensité du braconnage (Köndgen *et al.*, 2008 ; Bogui *et al.*, 2016).

- L'altitude (V5) est la hauteur du point d'installation de chaque PP par rapport au niveau de la mer.

Le choix de ces variables s'appuie sur la connaissance de l'écologie des éléphants de forêt et des résultats d'autres travaux qui ont utilisé de tels prédicteurs pour expliquer la distribution de la faune, en général et de l'éléphant, en particulier (Blake, 2002 ; Foley, 2002 ; Barnes & Nandjui, 2005 ; Köndgen *et al.*, 2008 ; Campbell *et al.*, 2011 ; Boafo & Nandjui, 2011 ; N'Goran *et al.*, 2012 ; Mugerwa *et al.*, 2013 ; Bogui *et al.*, 2016 ; Danquah, 2016 ; Ashiagbor & Danquah, 2017 ; Gaynor *et al.*, 2018 ; Green *et al.*, 2018 ; Diarrassouba *et al.*, 2019).

Les distances respectives du point d'installation de chaque PP à la périphérie, au cours d'eau et à la zone de recherche ou d'écotourisme la plus proche ont été obtenues à partir des systèmes d'information géographique (SIG). L'altitude du point d'installation de chaque PP a été déterminée par les équipes d'installation avec le GPS. Le taux d'indices de braconnage, considéré comme l'indice kilométrique d'abondance des signes d'activités de braconnage par site d'installation a été calculé sur la base des données collectées par l'OIPR lors de la phase 12 du suivi écologique (2016-2017). Cette phase a été choisie car c'est elle qui couvre la période d'installation des PP au PNT. Le suivi écologique, au PNT se fait par la méthode des transects linéaires. Le dispositif d'échantillonnage comprend 294 transects linéaires de 2 km, orientés de façon perpendiculaire aux principaux cours d'eau et répartis systématiquement sur toute l'étendue du Parc (Tiedoué *et al.*, 2018). Le taux d'indices de braconnage sur chaque transect a été obtenu en divisant le nombre de signes d'activités de braconnage (indices de braconnage) dénombrés par la distance Parcourue sur le transect. Ainsi, le taux d'indices de braconnage sur le transect le plus proche du site d'installation de chaque PP lui a été attribué.

La présence de multicolinéarité entre les différentes variables explicatives a été testée à travers le calcul des Facteurs d'Inflation de la Variance (FIV) de chacune de ces variables. Pour calculer le FIV, nous avons d'abord effectué des régressions linéaires de chacune des variables en fonction des autres. Ensuite, à partir des coefficients de détermination (R^2) des différents modèles correspondants à chaque variable, nous avons calculé les FIV respectifs. Le FIV est

défini par la formule ci-dessous, selon Chesneau (2017). Les variables ayant des FIV supérieurs au seuil de 2,5 ont été exclues de la modélisation de la probabilité de présence des éléphants car ces variables sont colinéaires avec d'autres.

$$FIV = \frac{1}{1 - R^2} \quad (2)$$

Pour déterminer parmi ces facteurs, les meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants au PNT et le sens de la contribution de chaque variable, des données de présence/absence des éléphants ont été utilisées. A partir de ces données, la probabilité d'occupation (probabilité de présence) d'éléphants pour chaque site d'installation a été estimée sur la base d'un modèle d'occupation de site, développé par MacKenzie *et al.* (2002). Le modèle d'occupation de site prend en compte les différentes variables susceptibles d'expliquer la distribution des éléphants. Ce modèle, permet de résoudre le problème d'imparfaite détection des espèces liée à l'usage des PP (MacKenzie *et al.*, 2002 ; Ancrenaz *et al.*, 2012). En effet, en intégrant les variables de l'habitat et la détection observée, il est possible, avec ce modèle, d'estimer la probabilité d'occupation de l'espèce (probabilité de présence) suivant les caractéristiques du site d'installation de chaque PP (Ancrenaz *et al.*, 2012). Cette modélisation a été faite au moyen du logiciel PRESENCE version 2.12.29 (Hines, 2006).

Nous avons d'abord généré un modèle nul qui suppose que la distribution des éléphants est homogène au PNT, c'est-à-dire qu'elle n'est influencée par aucun facteur. Ce modèle n'implique donc aucune variable explicative. Ensuite, nous avons généré des modèles successifs impliquant respectivement une ou plusieurs variables explicatives. Enfin, nous avons choisi les modèles expliquant le mieux la distribution des éléphants au PNT (meilleurs modèles), en comparant les valeurs du Critère d'Information d'Akaike (AIC) des différents modèles impliquant les variables à celle du modèle nul. Nous avons également tenu compte de la variation de la valeur de l'AIC entre le premier modèle (ayant la plus petite valeur d'AIC) et les modèles successifs. Cette variation est donnée par le "Delta AIC" des différents modèles. En effet, les modèles ayant les valeurs d'AIC inférieures à celle du modèle nul (les valeurs d'AIC les plus faibles) et des valeurs de "Delta AIC" inférieurs à deux, sont considérés comme les meilleurs modèles (Akaike, 1974 ; Wagenmakers & Farrell, 2004).

Les variables induisant les meilleurs modèles, sont les meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants au PNT. En nous référant au signe du "coefficient bêta" des variables

impliquées dans les modèles retenus (meilleurs modèles), nous avons défini le sens de la corrélation entre chaque variable explicative et la variable réponse (probabilité de présence des éléphants).

En vue de réaliser la modélisation, les données des variables explicatives ont été centrées et réduites, pour palier l'écart de grandeur entre les valeurs prises par les différentes variables.

Pour réaliser la modélisation, les sites d'installation des PP ont été stratifiés en deux zones : les PP proches de la zone de recherche en écologie et les PP proches de la zone d'écotourisme de Guiroutou. Cette stratification se justifie par le fait que deux zones sont reconnues au PNT, comme les aires de distribution préférentielle des éléphants. Il s'agit de l'est de la zone de recherche en écologie, dans la partie centrale du Parc et le sud-ouest du Parc, couvrant la zone d'écotourisme de Guiroutou (Boafo & Nandjui, 2011 ; Hoppe-Dominik *et al.*, 2011 ; Tiedoué *et al.*, 2015 ; 2018). Les sites d'installation proches de la zone de recherche en écologie ont été regroupés sous l'appellation de "zone nord" et les sites proches de la zone d'écotourisme, "zone sud". Ainsi, nous avons 46 PP dans la "zone nord" et 41 PP dans la "zone sud". L'objectif visé par cette stratification du site d'étude est de déterminer les variables responsables respectivement de la distribution des éléphants dans la moitié nord et dans la partie sud du PNT.

II-2-2-4- Réalisation de la carte de distribution prédictive des éléphants

La méthodologie utilisée s'inspire de celle de Rovero *et al.* (2013b ; 2014). Pour la réalisation de la carte de distribution prédictive des éléphants au PNT, le logiciel Qgis 2.18.7 a été utilisé. Les estimations de la probabilité d'occupation des éléphants par site d'installation ont été obtenues à l'aide d'une moyenne des valeurs fournies par les meilleurs modèles, connue sous le terme anglo-saxon de "model averaging" (MacKenzie *et al.*, 2006). Les coordonnées de chaque site d'installation de PP ont été liées aux valeurs d'occupation obtenue à l'issue de la modélisation, pour produire la carte de distribution prédictive des éléphants au PNT. La méthode d'interpolation spatiale des probabilités de présence par pondération inverse à la distance, connue sous le terme anglo-saxon "Inverse Distance Weighted" (IDW) a été utilisée.

II-2-2-5- Détermination de l'abondance des éléphants

Pour la détermination de l'abondance des éléphants au PNT, nous avons eu recours au modèle d'hétérogénéité de Royle/Nichols, développé par Royle & Nichols (2003). Ce modèle permet d'estimer le nombre d'éléphants à partir des données de présence/absence répliquées dans le temps sur plusieurs sites d'échantillonnage. Ce modèle s'appuie sur l'hypothèse selon

laquelle l'hétérogénéité de la détection entre différents sites est due à une hétérogénéité de l'abondance suivant ces différents sites. En d'autres termes, une variation de la probabilité de détection d'une espèce entre différents sites entraîne une variation de l'abondance de cette espèce selon ces sites. Ainsi, une probabilité de détection élevée sur un site, témoignerait d'une abondance élevée. Les tailles de la population générées pour chaque site ont été additionnées et divisées par le nombre de sites pour fournir une estimation de taille de la population d'éléphants du PNT, comme suggéré par MacKenzie *et al.* (2006).

Pour appliquer ce modèle à nos données, elles ont été organisées comme proposé par MacKenzie *et al.* (2002 ; 2006) et Royle & Nichols (2003). Les données collectées sur quatre mois (120 jours), ont été réparties suivant chaque mois (30 jours). Le mois a été considéré comme une visite. Nous avons ainsi obtenu une matrice à quatre colonnes, correspondant aux visites et 87 lignes, correspondant aux points d'installation des PP. Cette matrice a fourni l'histoire de détection des éléphants en chaque site. Dans cette matrice, la mention "1" est utilisée pour notifier la présence de l'éléphant pendant une visite, la mention "0" est utilisée en cas de non-détection de l'éléphant et la mention "." est utilisée si le site n'a pas fait objet d'échantillonnage au cours d'une visite.

Nous avons ainsi modélisé l'abondance des éléphants en impliquant respectivement les variables susceptibles d'influencer cette abondance, que sont : la distance à la périphérie du Parc, la distance au cours d'eau le plus proche, la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme, l'altitude et le taux d'indices de braconnage.

Le choix des meilleurs modèles s'est fait conformément à la méthodologie ci-dessus expliquée.

II-2-2-6- Détermination de la structure sociale des éléphants

La méthodologie appliquée s'inspire de celle utilisée par Bezerra *et al.* (2014) et McCarthy *et al.* (2018). Pour une position de PP donnée, les détections successives d'éléphants intervenant dans un laps de temps inférieur à 30 minutes, ont été considérés comme un seul évènement. Cependant, pour la même position, une détection qui intervient après un intervalle de temps supérieur ou égal 30 minutes de la première détection de l'évènement précédent, est considérée comme indépendante et marque le début d'un nouvel évènement. L'évènement représente un ensemble d'enregistrements successifs (images et/ou vidéos) intervenant dans un laps de temps inférieur à 30 minutes. Ces enregistrements sont supposés présenter le même

individu qui se traîne dans le champ de vision du PP ou les membres d'un même groupe d'éléphants.

Le choix du temps d'indépendance entre détections successives reste l'un des problèmes liés à l'usage des PP. En effet, aucune étude n'a été encore menée pour orienter sur le choix du temps approprié d'indépendance (Meek *et al.*, 2014 ; Wearn & Glover-Kapfer, 2017). Mais, les intervalles communément utilisés sont de 30 minutes et 1 heure (Wearn & Glover-Kapfer, 2017).

Après le regroupement des détections en évènements, nous avons ensuite décompté le nombre d'individus distincts pour chaque évènement. Ce nombre est considéré comme la taille du groupe observé. Les observations constituées de deux ou plusieurs individus ont été considérées comme des "unités familiales", conformément aux travaux de White *et al.* (1993) et Maréchal *et al.* (1998).

Nous avons calculé la taille moyenne des groupes d'éléphants au PNT avec les individus solitaires et la taille moyenne des groupes sans les individus solitaires, c'est-à-dire des "unités familiales". Nous avons également déterminé la fréquence de distribution des tailles de groupe.

Enfin, à partir des traits morphologiques tels que la taille relative des individus et l'absence ou la taille des ivoires, deux classes d'âge ont été constituées, suivant des critères énoncés par Buss & Savidge (1966) et Laws (1966) :

- la classe des jeunes, composée d'individus dont la hauteur au garrot ne dépasse pas 1,9 m (environ 75% de la taille d'une femelle adulte, évaluée au maximum à 2,50 m au garrot) et dépourvus d'ivoires ou ayant des ivoires très peu développées, de longueur inférieure à 30 cm ;
- la classe des adultes, composée d'individus relativement grands, en moyenne 2,25 m de hauteur au garrot et ayant des ivoires suffisamment développées, de longueur supérieure à 30 cm.

Ainsi, nous avons déterminé le nombre et la proportion d'individus de chaque classe d'âge au sein de chaque "unité familiale" et de la population. Le test de Wilcoxon a été utilisé pour comparer le nombre d'adultes et de jeunes dans les "unités familiales".

Les intervalles de confiance des différentes moyennes ont été calculés en utilisant la formule suivante :

$$\boxed{\text{Intervalle de confiance} = m \pm 1,96 \times sd} \quad (3)$$

m : moyenne, sd : écart-type

Pour les proportions, les intervalles de confiance ont été calculés en utilisant la méthode "exact". Ces intervalles de confiance ont été estimés à 95%.

Le logiciel R 3.5.1 a été utilisé pour le calcul des intervalles de confiance et pour faire les tests de comparaison. Les tests sont significatifs pour P-Value $\leq 0,05$.

II-2-2-7- Détermination des périodes d'activité nycthémerales des éléphants

Pour cette analyse, l'heure de début du premier enregistrement vidéo ou de la première photographie de chaque événement de capture d'éléphants a été considérée comme l'heure de capture de l'évènement, en nous référant aux travaux de Howe *et al.* (2017), Gaynor *et al.* (2018) et Green *et al.* (2018).

Les périodes d'activité nycthémerales des éléphants au PNT ont ainsi, été établies à partir des heures de capture des différents évènements, comme réalisé par Pearson (1959), Meek *et al.* (2012b), Howe *et al.* (2017), Gaynor *et al.* (2018), Green *et al.* (2018) et Hedwig *et al.* (2018). A cet effet, les deux périodes du nycthémeraire ont été considérées : la journée, allant de 6 h 00 à 17 h 59 min et la nuit, allant de 18 h 00 à 5 h 59 min.

En vue de vérifier si les fréquences de détection des éléphants se répartissent conformément à une distribution temporelle équitable entre la journée et la nuit, c'est-à-dire 50% de détections la journée et 50% de détections la nuit, nous avons eu recours au test du Khi-deux de conformité.

En outre, Pour tester le lien entre les périodes d'activité nycthémerales et le type d'association chez les éléphants du PNT, nous avons eu recours au test du Khi-deux d'indépendance. Nous avons pris en compte deux types d'association, à savoir les individus solitaires et les "unités familiales" ou groupes d'éléphants.

Le logiciel R 3.5.1 a été utilisé pour faire les différents tests statistiques. Les tests sont significatifs pour P-Value $\leq 0,05$.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III- 1- Résultats

III-1-1- Composition des vidéos et des images enregistrées au Parc National de Taï

Au terme des deux périodes de piégeage, les données de 77 PP ont été prises en compte dans notre analyse. Les 10 autres PP n'ont pas fonctionné normalement pendant la première période et n'ont pas été installés pour la seconde. Ainsi, 11,49% des PP du dispositif ont été exclus. Parmi ces 77 pièges photographiques, 23 ont été positifs à la présence éléphants. Ces 23 PP totalisent 37 événements de capture, sur lesquels nous décomptons 100 éléphants, avec de probables recomptes (Tableau III).

III-1-2- Distribution et facteurs de distribution des éléphants au Parc National de Taï

III-1-2-1- Distribution des éléphants observée

En considérant les 23 PP qui ont capturé au moins un éléphant sur les 77 PP, l'occupation brute du PNT par les éléphants ou « naïve occupancy » est de 29,87%.

La carte de distribution des éléphants observée au PNT (Figure 15), laisse entrevoir trois zones de détection importantes des éléphants au sein du Parc : une zone supérieure, une zone médiane et une zone inférieure.

La zone nord se situe à l'est de la zone de recherche en écologie, dans les ramifications du Méno. Les éléphants y ont été détectés dans six sites de piégeage. La zone médiane se situe au cœur du Parc, en direction du village de Nigré. Ici, les éléphants ont été observés dans quatre sites de piégeage. Quant à la zone sud, elle recouvre la zone d'écotourisme de Guiroutou et ses environs. Les éléphants y ont été détectés dans 13 sites de piégeage. La zone sud a enregistré le plus de PP positifs par rapport aux autres zones (56,52% ; N= 23). Dans cette zone, les observations d'éléphants se sont faites au cœur du Parc et à la périphérie. La zone nord et la zone médiane ont enregistré des proportions plus faibles de PP positifs, respectivement 26,09% (N= 23) et 17,39% (N= 23). Toutes les observations d'éléphants dans ces deux zones ont été faites plus au cœur du Parc, relativement loin de la périphérie.

Tableau III : Composition des enregistrements, suivant les pièges photographiques

Identifiant du PP	Nombre d'évènements	Nombre d'éléphants observés	Nombre de jeunes	Nombre d'adultes
4	1	8	5	3
17	1	3	2	1
19	3	3	0	3
20	2	12	6	6
26	2	4	1	3
39	2	4	0	4
45	3	14	8	6
46	2	4	1	3
49	1	1	0	1
55	1	1	0	1
56	4	10	4	6
58	1	1	0	1
60	1	2	1	1
61	2	6	3	3
62	1	2	0	2
63	1	4	2	2
64	1	1	0	1
67	1	1	0	1
78	2	11	4	7
79	1	1	0	1
83	1	4	2	2
84	1	1	0	1
85	2	2	0	2
Total général	37	100	39	61

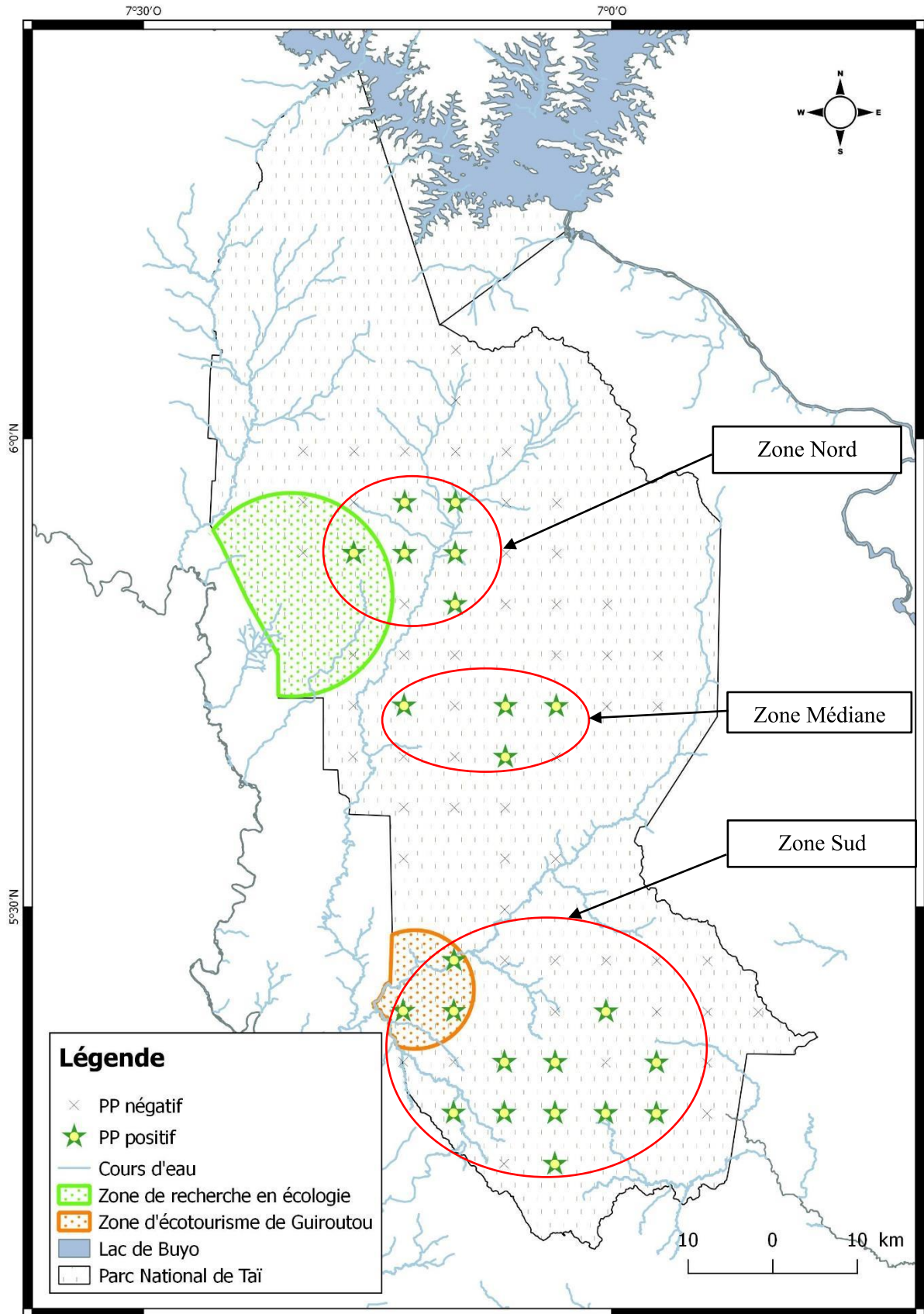


Figure 15 : Carte de distribution des observations d'éléphants au Parc National de Tai

III-1-2-2- Facteurs de distribution des éléphants

Le tableau IV présente les valeurs prises par les cinq variables explicatives considérées dans notre étude suivant les points d'installation des PP. Il s'agit de la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme la plus proche (V1), de la distance à la périphérie du Parc (V2), de la distance au cours d'eau le plus proche (V3), du taux d'indices de braconnage des sites d'installation des PP (V4) et de l'altitude des points d'installation des PP (V5). Le tableau V présente la matrice de détection des éléphants au PNT. Cette matrice est la chronologie de détection des éléphants au PNT suivant les quatre mois et les sites d'échantillonnage.

III-1-2-2-1- Meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants

Les Facteurs d'Inflation de la Variance (FIV) respectifs des différentes variables explicatives sont inférieurs à la valeur seuil 2,5 (Tableau VI). Par conséquent, les cinq variables proposées pour expliquer la probabilité de présence des éléphants au PNT ne présentent pas de relation de multicollinéarité entre elles.

Une comparaison des modèles impliquant les différentes variables explicatives, suivant les deux zones de répartition des PP est illustrée dans le tableau VII.

Pour la zone sud, les modèles M1 et M2 impliquant les variables "altitude" (V5), "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" (V1) et "distance au cours d'eau" le plus proche (V3) ont des "Delta AIC" inférieurs à deux et des valeurs d'AIC inférieurs à celui du modèle nul (111,96). Ces modèles sont donc ceux qui expliquent mieux la distribution des éléphants dans la zone sud du PNT. Les variables "altitude", "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (zone d'écotourisme de Guiroutou)" et "distance au cours d'eau" le plus proche sont ainsi, les meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans cette zone du Parc. L'analyse des résultats des modèles M1 et M2 montre que la variable "altitude" conserve un "coefficient bêta" positif (Tableau VIII). Ainsi, la probabilité de présence des éléphants croît avec l'augmentation de l'altitude dans le sud du Parc. Cependant, les variables "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" et "distance au cours d'eau" le plus proche ont des "coefficients bêta" négatifs suivant les différents modèles. Ce qui implique que tout rapprochement à la zone d'écotourisme de Guiroutou et/ou au cours d'eau le plus proche s'accompagne d'une augmentation de la probabilité de présence des éléphants dans cette zone du Parc.

Tableau IV : Valeurs des différentes variables explicatives suivant les points d'installation des pièges photographiques

Identifiant-PP	V1 (km)	V2 (km)	V3 (km)	V4 (indices/km)	V5 (m)
1	0,00	6,59	2,57	0,00	170,00
2	0,00	10,76	1,25	0,00	180,00
3	1,44	14,63	1,29	0,00	181,00
4	7,42	19,10	3,77	0,00	201,00
5	13,42	22,11	6,74	0,88	217,00
6	19,41	18,07	11,73	0,38	225,00
7	25,41	13,22	10,36	0,38	186,00
8	0,00	2,91	2,69	0,16	185,00
9	0,00	6,20	1,23	0,25	192,00
10	3,14	10,82	1,34	0,00	150,00
11	8,64	16,36	6,13	0,00	197,00
12	14,36	22,14	11,53	0,40	216,00
13	20,18	20,00	15,23	0,75	203,00
14	26,06	14,33	11,12	0,38	186,00
15	31,97	9,10	5,25	0,75	196,00
16	3,01	3,66	0,50	0,38	180,00
17	6,71	9,59	4,19	0,25	176,00
18	11,38	15,07	6,23	0,00	195,00
19	16,56	18,84	11,05	0,00	213,00
20	22,00	17,36	14,12	0,00	230,00
21	27,61	13,10	9,46	0,50	167,00
22	33,32	7,14	4,38	0,75	191,00
23	8,45	2,41	1,26	0,38	186,00
24	11,30	7,19	1,11	0,75	176,00
25	15,19	10,36	4,13	0,00	210,00
26	19,75	15,33	10,02	0,00	209,00
27	24,73	12,90	8,57	0,13	166,00
28	14,51	1,92	5,32	0,75	172,00
29	14,96	7,70	8,20	0,75	210,00
30	16,95	13,67	6,88	0,38	138,00
31	20,15	10,04	2,63	0,38	144,00
32	8,52	4,24	6,03	3,00	178,00
33	9,14	8,43	8,91	1,50	165,00
34	11,77	14,00	4,58	0,50	152,00
35	15,71	9,53	0,81	0,38	138,00
36	7,23	13,51	0,86	0,50	140,00
37	12,13	10,75	2,61	0,50	145,00
38	0,00	3,17	1,26	1,50	127,00
39	0,00	8,03	0,02	2,30	132,00
40	4,18	13,73	0,60	0,25	154,00
41	9,99	13,80	2,62	0,75	151,00
42	15,89	9,20	3,54	0,38	172,00
43	21,84	5,92	3,32	0,38	165,00

Tableau IV : Valeurs des différentes variables explicatives suivant les points d'installation des pièges photographiques (Suite)

Identifiant-PP	V1 (km)	V2 (km)	V3 (km)	V4 (indices/km)	V5 (m)
44	27,80	2,34	8,02	0,50	150,00
45	0,00	1,92	1,47	2,30	132,00
46	0,00	7,63	3,87	0,25	172,00
47	3,93	13,08	3,26	0,00	161,00
48	9,82	17,67	0,42	0,00	167,00
49	15,77	14,04	5,53	0,38	222,00
50	21,74	10,83	3,36	1,88	215,00
51	27,72	6,22	3,78	0,13	200,00
52	33,71	1,03	6,31	1,50	160,00
53	1,65	0,10	0,18	1,17	123,00
54	2,71	5,88	0,27	0,13	162,00
55	6,63	10,87	4,67	0,00	192,00
56	11,69	15,29	3,20	0,00	183,00
57	17,19	14,91	6,14	0,13	188,00
58	22,88	10,74	2,45	0,13	213,00
59	28,67	4,81	1,89	0,13	172,00
60	8,26	2,56	0,03	1,25	153,00
61	11,01	6,81	2,32	1,25	221,00
62	15,09	10,82	5,03	0,13	230,00
63	19,90	9,18	0,16	0,38	134,00
64	25,11	8,58	5,37	0,38	172,00
65	30,56	5,91	4,20	0,13	161,00
66	16,12	2,88	2,06	2,00	188,00
67	19,43	6,21	4,91	2,00	198,00
68	24,32	2,10	3,95	3,00	230,00
69	22,84	1,72	2,09	1,67	226,00
70	18,04	6,85	0,12	1,00	181,00
71	5,00	10,28	2,55	0,25	205,00
72	6,48	16,25	5,18	0,25	212,00
73	9,59	15,04	1,03	0,75	201,00
74	13,75	12,50	2,99	0,75	184,00
75	18,52	11,96	1,69	1,00	216,00
76	0,00	10,69	6,04	0,13	191,00
77	1,20	16,47	0,06	0,13	180,00
78	5,29	20,26	2,50	0,00	191,00
79	10,27	18,35	0,41	0,75	196,00
80	15,65	15,57	0,36	0,25	157,00
81	21,25	10,07	3,31	0,50	191,00
82	0,00	8,61	6,55	0,00	184,00
83	0,00	13,75	3,31	0,00	185,00
84	2,28	19,16	2,27	0,13	155,00
85	8,01	23,10	0,14	0,88	168,00
86	13,87	18,29	4,80	0,25	209,00
87	19,78	13,65	6,26	0,25	223,00

V1 : Distance à la zone de recherche ou d'écotourisme, V2 : Distance à la périphérie, V3 : Distance au cours d'eau le plus proche, V4 : Taux d'indices de braconnage, V5 : Altitude.

Tableau V : Matrice de détection des éléphants au Parc National de Taï pendant notre étude

Identifiant-PP	Mois-1	Mois-2	Mois-3	Mois-4
1	.	.	.	.
2	.	.	.	.
3	0	0	0	0
4	0	0	1	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	.	.	.	.
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	.	.	.	.
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	1	0	0
18	0	0	0	0
19	1	1	0	0
20	0	0	0	1
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	1	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	.	.	.	.
32	0	0	0	0
33	.	.	.	.
34	0	0	0	0
35	0	0	0	0
36	0	0	0	0
37	.	.	.	.
38	.	.	.	.
39	0	0	0	1
40	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	1	1	1	0
46	1	1	0	0
47	.	.	.	.
48	0	0	0	0
49	0	1	0	0
50	0	0	0	0

Tableau V : Matrice de détection des éléphants au Parc National de Taï pendant notre étude (Suite)

Identifiant-PP	Mois-1	Mois-2	Mois-3	Mois-4
51	0	0	0	0
52	0	0	0	0
53	0	0	0	0
54	0	0	0	0
55	0	1	0	0
56	1	1	1	0
57	0	0	0	0
58	1	0	0	0
59	0	0	0	0
60	1	0	0	0
61	0	0	1	1
62	0	0	0	1
63	0	0	0	1
64	0	0	1	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	1	0	0
68	.	.	.	.
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0
72	0	0	0	0
73	0	0	0	0
74	0	0	0	0
75	0	0	0	0
76	0	0	0	0
77	0	0	0	0
78	1	0	1	0
79	0	0	1	0
80	0	0	0	0
81	0	0	0	0
82	0	0	0	0
83	0	1	0	0
84	1	0	0	0
85	1	1	0	0
86	0	0	0	0
87	0	0	0	0

1 : Présence, 0 : Absence, . : Non échantillonné

Tableau VI : Facteurs d'Inflation de la Variance (FIV) des variables explicatives

Variables	Altitude	Distance à la zone de recherche ou d'écotourisme	Distance à la périphérie	Distance au cours d'eau le plus proche	Taux d'indices de braconnage
FIV	1,26	1,37	1,48	1,56	1,25

Tableau VII : Modèles explicatifs de la distribution des éléphants au Parc National de Taï

Zones du Parc	Modèles	Variables	AIC	Delta AIC	Poids d'Akaike	Vraisemblances
Zone sud	M1	V1 et V5	110,76	0	0,227	1
	M2	V1, V3 et V5	111,38	0,62	0,166	0,73
	M3	Aucune variable	111,96	1,2	0,124	0,55
	M4	V1	112,03	1,27	0,12	0,53
	M5	V5	112,18	1,42	0,111	0,49
	M6	V1, V3, V4 et V5	113,22	2,46	0,066	0,29
	M7	V3	113,33	2,57	0,063	0,28
	M8	V4	113,79	3,03	0,05	0,22
	M9	V2	113,84	3,08	0,049	0,21
	M10	V1, V2, V3, V4 et V5	115,22	4,46	0,024	0,11
Zone nord	M'1	V2 et V4	85,15	0	0,367	1
	M'2	V2	85,45	0,3	0,315	0,86
	M'3	V1, V2 et V4	86,22	1,07	0,215	0,59
	M'4	V1, V2, V3 et V4	88,91	3,76	0,056	0,15
	M'5	V1, V2, V3, V4 et V5	90,85	5,7	0,021	0,06
	M'6	V4	92,39	7,24	0,01	0,03
	M'7	Aucune variable	93,37	8,22	0,006	0,02
	M'8	V1	93,39	8,24	0,006	0,02
	M'9	V3	95,25	10,1	0,002	0,01
	M'10	V5	95,36	10,21	0,002	0,01

V1 : Distance à la zone de recherche ou d'écotourisme, V2 : Distance à la périphérie, V3 : Distance au cours d'eau le plus proche, V4 : Taux d'indices de braconnage, V5 : Altitude.

Tableau VIII : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans la zone sud du Parc National de Taï suivant les modèles M1 et M2

Variable	Coefficient bêta	
	M1	M2
Distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (V1)	-0,94	-0,81
Distance au cours d'eau le plus proche (V3)	NA	-1,34
Altitude (V5)	0,8	1,17

NA : variable non impliquée dans le modèle

Pour la zone nord, les modèles M'1, M'2 et M'3 impliquant les variables "distance à la périphérie" (V2), "taux d'indices de braconnage" (V4) et "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" (V1) sont les seuls modèles ayant des "Delta AIC" inférieurs à deux. Ces trois modèles sont donc les meilleurs pour expliquer la distribution des éléphants dans la partie nord du Parc. Par conséquent, les variables "distance à la périphérie", "taux d'indices de braconnage" et "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" (zone de recherche en écologie) sont les meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans cette zone du Parc. L'analyse des résultats des modèles M'1, M'2 et M'3, montre que la variable "distance à la périphérie" du Parc conserve un "coefficient bêta" positif (tableau IX). Ainsi, la probabilité de présence des éléphants croît avec l'augmentation de la distance à la périphérie dans le nord du Parc. Cependant, les variables "taux d'indices de braconnage" et "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" ont des "coefficients bêta" négatifs suivant les différents modèles. Ce qui implique que l'intensification des indices de braconnage, donc l'augmentation de la pression du braconnage entraîne une réduction de la probabilité de présence des éléphants dans cette zone du Parc. En outre, l'éloignement à la zone de recherche en écologie s'accompagne d'une réduction de la probabilité de présence des éléphants dans cette zone.

III-1-2-2-2- Distribution prédictive des éléphants selon les modèles retenus dans chaque zone

En utilisant les résultats issus des meilleurs modèles suivant chaque zone (Annexe 5), nous avons établi la carte de distribution prédictive des éléphants au PNT (Figure 16). Cette carte présente deux grandes zones de distribution des éléphants. La première se situe au centre du Parc (à l'est de la zone de recherche en écologie) et ne recouvre que très partiellement l'extrémité est de la zone de recherche en écologie. La deuxième zone se situe dans la partie sud-ouest du Parc et recouvre la totalité de la zone d'écotourisme de Guiroutou. L'on note un contact entre les deux zones de distribution des éléphants dans la partie médiane du Parc. Les parties est, nord et nord-ouest du PNT sont les zones à faible détectabilité des éléphants. De façon générale, la probabilité de présence des éléphants est importante vers la bordure ouest du Parc, contrairement à la bordure est.

Tableau IX : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans la zone nord du Parc National de Taï suivant les modèles M'1, M'2 et M'3

Variable	Coefficient bêta		
	M'1	M'2	M'3
Distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (V1)	NA	NA	-0,66
Distance à la périphérie (V2)	2,15	2,23	2,24
Taux d'indices de braconnage (V4)	-1,9	NA	-1,89

NA : variable non impliquée dans le modèle

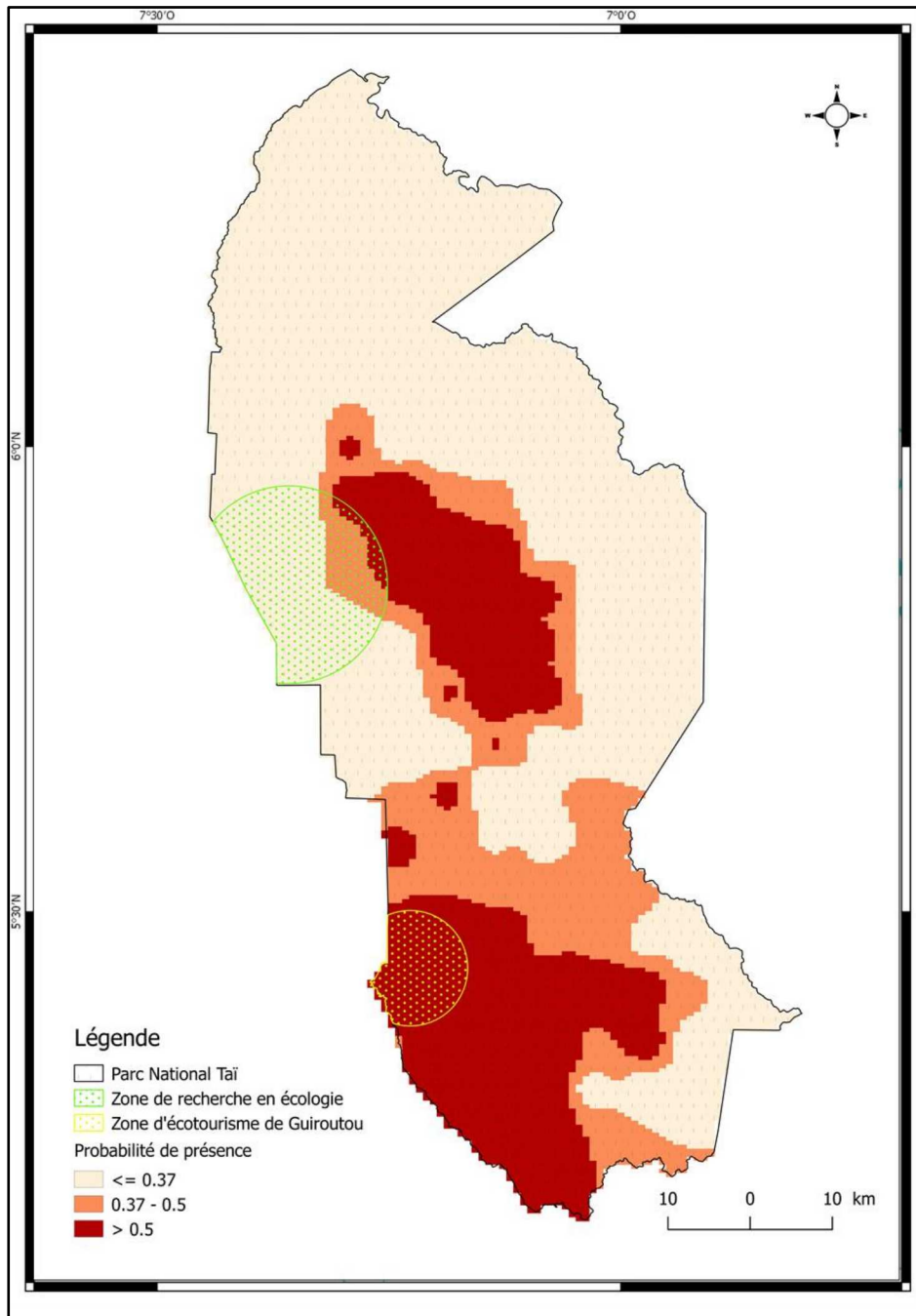


Figure 16 : Carte de distribution prédictive des éléphants au Parc National de Tai

III-1-3- Abondance des éléphants

L'analyse des modèles permettant de déterminer l'abondance des éléphants au PNT, a permis d'identifier trois variables comme étant les meilleurs prédicteurs de l'abondance des éléphants au PNT. Il s'agit de la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme, de la distance à la périphérie du Parc et de l'altitude du site. En effet, les modèles 1 ; 2 ; 3 et 4 impliquant ces variables sont les meilleurs modèles, car ils ont des valeurs d'AIC (Critères d'Information d'Akaike) inférieures à celles des autres modèles candidats et des valeurs de "Delta AIC" inférieures à deux (Tableau X).

Le "coefficient bêta" lié à la variable "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" reste négatif suivant les modèles (Tableau XI). Ainsi, l'éloignement à la zone de recherche ou d'écotourisme, s'accompagne de la réduction de l'abondance des éléphants au PNT. Le "coefficient bêta" lié à la variable "distance à la périphérie" reste positif suivant les modèles. De plus, le "coefficient bêta" lié à la variable "altitude" est positif pour le modèle 3. Par conséquent, toute augmentation de la distance à la périphérie et/ou de l'altitude s'accompagne d'une augmentation de l'abondance des éléphants au PNT.

En considérant le modèle 2, impliquant les variables "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" et "distance à la périphérie", nous estimons la taille de la population d'éléphants du PNT à 76,89 individus (minimum=23,37 et maximum=253,03) pour un intervalle de confiance à 95% (Tableau XII). Les détails de l'estimation de la taille de la population par point d'échantillonnage sont donnés en l'annexe 6.

Tableau X : Comparaison des modèles permettant d’estimer l’abondance des éléphants au Parc National de Taï

Modèles	Variables	AIC	Delta AIC	Poids d’Akaike	Vraisemblances
Modèle 1	V1	200,96	0	0,2951	1
Modèle 2	V1 et V2	201,33	0,37	0,2453	0,83
Modèle 3	V1 et V5	202,32	1,36	0,1495	0,51
Modèle 4	V2	202,93	1,97	0,1102	0,37
Modèle 5	V1, V2 et V5	203,12	2,16	0,1002	0,34
Modèle 6	Aucune variable	203,13	2,17	0,0997	0,34

V1 : Distance à la zone de recherche ou d’écotourisme, V2 : Distance à la périphérie, V3 : Distance au cours d’eau le plus proche, V4 : Taux d’indices de braconnage, V5 : Altitude.

Tableau XI : Coefficients bêta des meilleurs prédicteurs de l’abondance des éléphants au Parc National de Taï suivant les modèles retenus

Variables	Coefficient bêta			
	Modèle1	Modèle2	Modèle3	Modèle4
Distance à la zone de recherche ou d’écotourisme (V1)	-0,43	-0,42	-0,48	NA
Distance à la périphérie (V2)	NA	0,27	NA	0,32
Altitude (V5)	NA	NA	0,17	NA

NA : variable non impliquée dans le modèle

Tableau XII : Estimation du nombre d’éléphants au Parc National de Taï selon le modèle impliquant la distance à la périphérie et la distance à la zone de recherche ou d’écotourisme

Abondance	Intervalle de confiance à 95%	
	Minimum	Maximum
76,89	23,37	253,03

III-1-4- Structure sociale des éléphants

Les 37 évènements indépendants de capture d'éléphants que nous avons enregistrés, ont permis décompter 100 éléphants, avec de probables recomptes. La taille moyenne des groupes, y compris les individus solitaires, est ainsi, de $2,7 \pm 0,75$ individus.

Une comparaison de la fréquence d'observation des groupes suivant leur taille, montre que la fréquence d'observations des groupes, décroît avec l'augmentation de la taille du groupe (Figure 17). Ainsi, les groupes de sept, huit et 10 individus n'ont été observés qu'une seule fois. Cependant, les observations d'individus solitaires ont été les plus fréquentes avec 19 évènements, correspondant à 51,35% (N=37) des évènements de capture.

Les "unités familiales" (taille de groupe supérieure ou égale deux) ont été observées à 18 reprises correspondant à 48,65% (N=37) des évènements (Tableau XIII). La taille modale des "unités familiales" est de deux individus, avec quatre évènements. La taille moyenne des "unités familiales" est de $4,5 \pm 1,04$ individus. La taille maximale observée des "unités familiales" est de 10 individus.

En considérant la proportion en abondance de chaque catégorie sociale, on note 19% d'individus solitaires (compris entre 11,84% et 28,07%) et 81% d'individus vivant au sein des "unités familiales" (compris entre 71,93% et 88,16%).

Quant à la répartition des individus en classes d'âge, il a été dénombré 39 jeunes, représentant 39% de la population (compris entre 29,40% et 49,27%) et 61 adultes, représentant 61% de la population (compris entre 50,73% et 70,60%). Tous les individus solitaires observés sont des adultes (Tableau XIV). En considérant les "unités familiales" uniquement, nous avons observé 39 jeunes, correspondant à 48,15% (N=81) des individus vivant au sein d'une unité familiale et 42 adultes, correspondant à 51,85% (N=81). Nous avons une moyenne de 2,33 adultes par "unité familiale" et une moyenne de 2,17 jeunes. Le nombre de jeunes n'est pas significativement différent du nombre d'adultes dans les "unités familiales", selon le test de Wilcoxon (P-Value= 0,5).

Sur les 18 "unités familiales" observées, seules trois sont constituées d'adultes uniquement ; ce sont tous des groupes à deux individus.

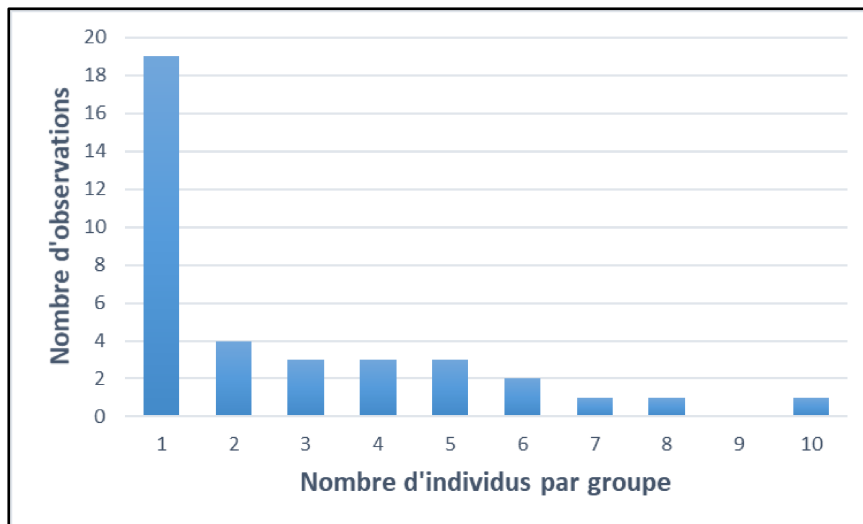


Figure 17 : Fréquence d'observation des tailles de groupes d'éléphants de forêt au Parc National de Taï

Tableau XIII : Fréquence d'observation et nombre d'individus des unités familiales et des individus solitaires

	Unités Familiales	Individus solitaires
Fréquence d'observation	18	19
Nombre total d'individus	81	19
Moyenne d'individus	4,5±1,04	1

Tableau XIV : Composition des groupes d'éléphants du Parc National de Taï, selon la catégorie d'âge des individus

	Taille de groupe	Structure du groupe	Fréquence d'observation	Nombre total d'adultes	Nombre total de jeunes	Nombre total d'individus
Individus solitaires	1	1 Ad	19	19	0	19
	2	2 Ad	3	6	0	6
Unités familiales	2	1 Ad + 1 Jeu	1	1	1	2
	3	1 Ad + 2 Jeu	1	1	2	3
	3	2 Ad + 1 Jeu	2	4	2	6
	4	2 Ad + 2 Jeu	3	6	6	12
	5	2 Ad + 3 Jeu	3	6	9	15
	6	3 Ad + 3 Jeu	2	6	6	12
	7	3 Ad + 4 Jeu	1	3	4	7
	8	3 Ad + 5 Jeu	1	3	5	8
	10	6 Ad + 4 Jeu	1	6	4	10
	Total			37	61	39	100

Ad : Adulte, Jeu : Jeune

III-1-5- Activités nycthémérales des éléphants

III-1-5-1- Périodes d'activité de l'ensemble des éléphants

En considérant tous les évènements de capture (individus solitaires et "unités familiales"), nous avons constaté que les éléphants du PNT sont actifs pendant les deux périodes du nycthémère. Une analyse du nombre d'évènements de capture pendant chaque période du nycthémère, révèle que sur les 37 évènements de capture d'éléphants, 19 ont été faits la journée (51,35%), contre 18 la nuit (48,65%) (Figure 18). Une comparaison de ces valeurs avec celles d'une distribution temporelle équitable (50% de détections la journée et 50% de détections la nuit), montre qu'il n'y a pas une différence significative entre la distribution temporelle observée et la distribution théorique équitable, selon le test du Khi-deux de conformité (P-Value= 0,91). Par conséquent, il n'y a pas de différence significative entre l'intensité des activités diurnes et celle des activités nocturnes, chez l'ensemble des éléphants du PNT.

Après avoir réparti les évènements de capture d'éléphants par type d'association et par période du nycthémère, le test de Khi-deux d'indépendance a permis de constater une influence hautement significative du type d'association sur les périodes d'activité (P= 0,005). Ainsi, les individus solitaires ont un rythme d'activité différent de celui des "unités familiales" d'éléphants suivant les deux périodes du nycthémère.

III-1-5-2- Périodes d'activité des éléphants solitaires

Pour les individus solitaires, nous décomptons 14 évènements la journée pour cinq évènements la nuit, correspondant respectivement à 73,68% et 26,32% des évènements de capture. Nous constatons ainsi que les éléphants observés solitairement au PNT sont préférentiellement diurnes (Figure 19 et Figure 20).

III-1-5-3- Périodes d'activité des "unités familiales" d'éléphants

Pour les "unités familiales", nous décomptons cinq évènements la journée pour 13 évènements la nuit, correspondant respectivement à 27,78% et 72,22% des évènements de capture. Nous notons ainsi que les "unités familiales" sont prioritairement actives la nuit (Figure 21 et Figure 22).

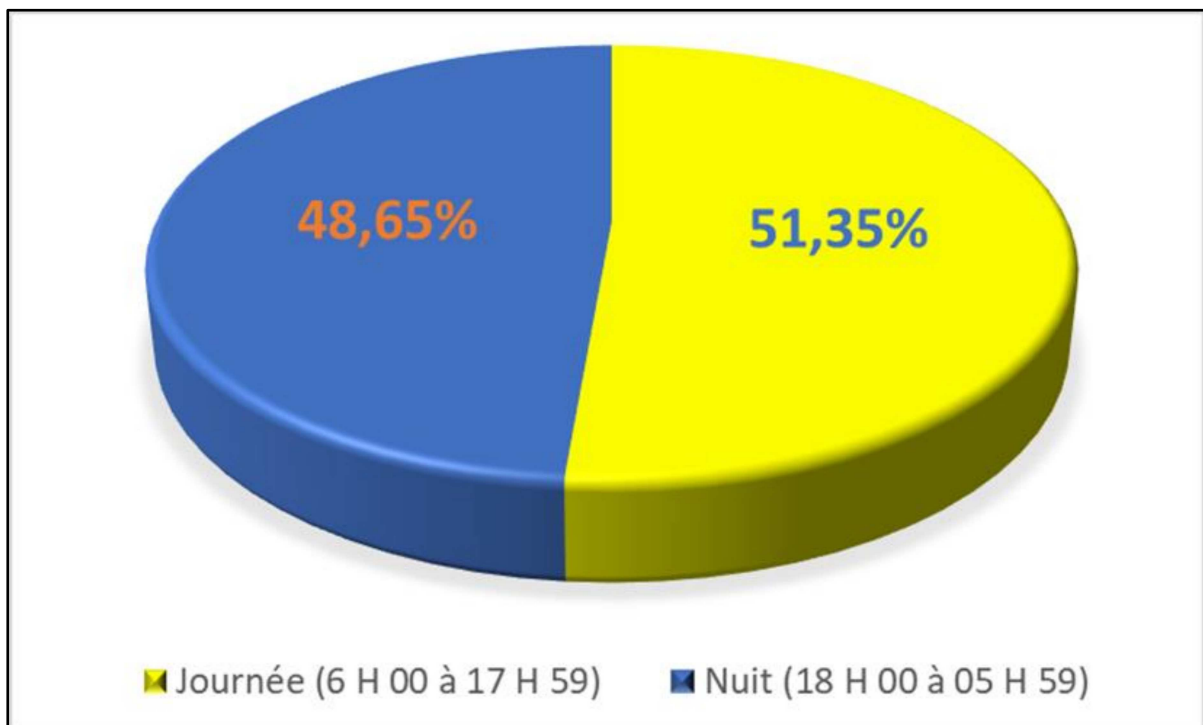


Figure 18 : Activité nyctémérale de l'ensemble des éléphants au Parc National de Tai



Figure 19 : Eléphant de forêt solitaire photographié la journée, au Parc National de Taï (piège photographique 64)

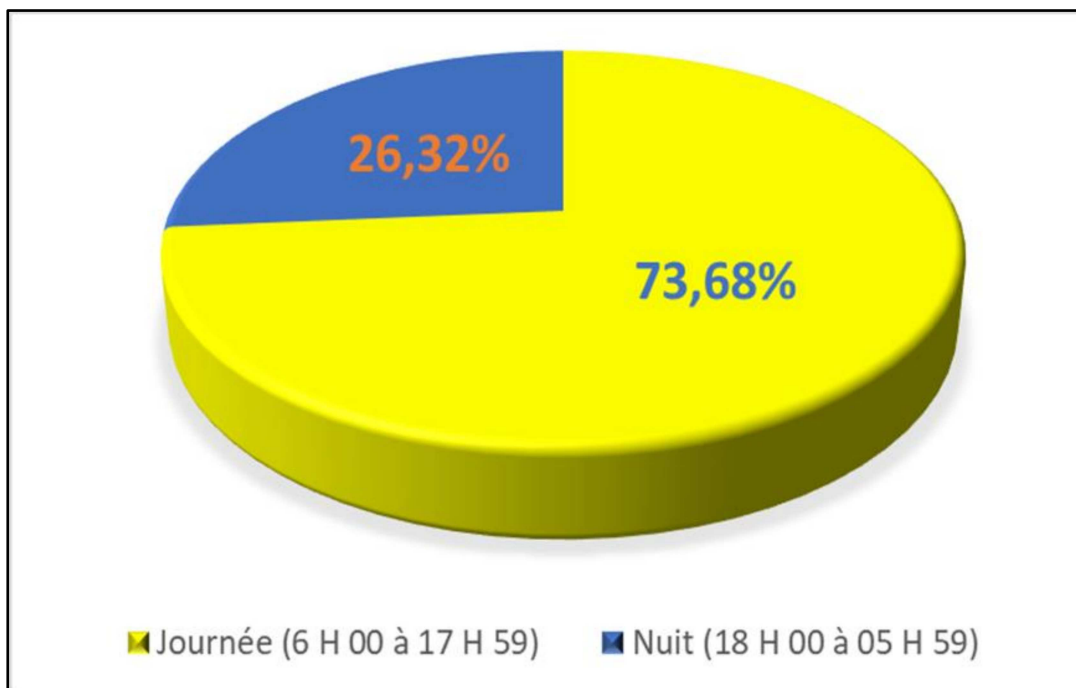


Figure 20 : Activité nyctémérale des éléphants solitaires au Parc National de Taï



Figure 21 : Groupe d'éléphants de forêt photographié la nuit, au Parc National de Taï (piège photographique 45)

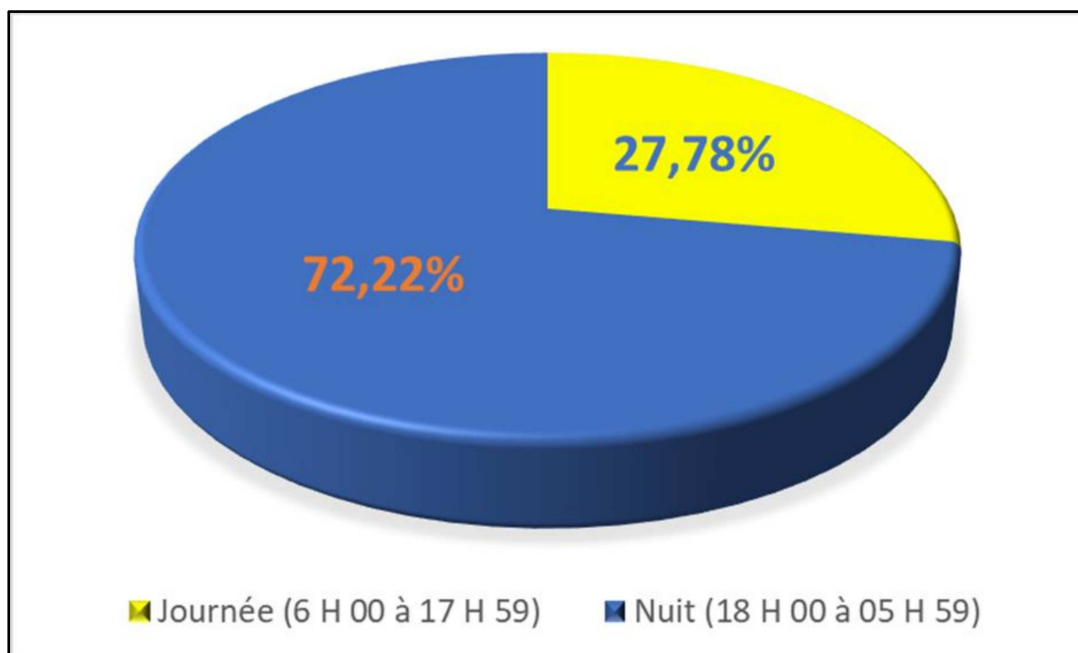


Figure 22 : Activité nyctémérale des groupes d'éléphants au Parc National de Taï

III-2- Discussion

L'analyse de la carte de distribution observée des éléphants au Parc National de Taï laisse entrevoir trois zones régulièrement fréquentées par les éléphants : une zone nord, une zone médiane et une zone sud. Cette observation corrobore celles de Tiedoué *et al.* (2016 ; 2018) qui ont notifié ces mêmes zones de répartition des éléphants au PNT. Les parties du Parc, couverte par ces trois zones, avaient également été identifiées par Boafo & Nandjui (2011), comme les aires de distribution préférentielle des éléphants au PNT. Cependant, ces auteurs les avaient regroupées en deux zones : une zone à l'est de la zone de recherche en écologie et une zone située dans le sud-ouest du Parc.

Parmi ces trois zones, la zone sud est la plus fréquentée par les éléphants. A l'opposé des deux autres zones (zone nord et zone médiane), nous avons constaté dans la zone sud, une distribution qui s'étend jusqu'à la périphérie du Parc. Ces observations sont conformes à celles de Hoppe-Dominik *et al.* (2011), qui avaient constaté que malgré le déclin important de la population d'éléphant entre 1977 et 2004 dans tous les secteurs du PNT, le secteur de Guiroutou, situé dans la partie sud du Parc, était une exception. En effet, dans ce secteur, le taux de rencontre des crottes d'éléphants était resté très élevé, contrairement aux autres secteurs.

L'analyse des facteurs influençant la distribution des éléphants dans les deux zones du Parc, reconnues comme les aires préférentielles de distribution des éléphants au PNT, montre que les prédicteurs de leur distribution diffèrent d'une zone à l'autre. Trois variables se sont révélées comme étant les meilleurs prédicteurs de la distribution des éléphants dans la zone sud. Il s'agit de l'altitude du site, la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (zone d'écotourisme de Guiroutou) et la distance au cours d'eau le plus proche. Dans la zone nord, les variables les plus influentes sont la distance à la périphérie, la distance à la zone de recherche ou d'écotourisme (zone de recherche en écologie) et le taux d'indices de braconnage. La variable "distance à la zone de recherche ou d'écotourisme" est le prédicteur commun aux deux zones. Les zones de recherche et d'écotourisme ont une influence positive sur la présence des éléphants sur notre site d'étude. Ainsi, le rapprochement à la zone de recherche ou d'écotourisme (zone de recherche en écologie et zone d'écotourisme de Guiroutou) s'accompagne d'une augmentation de la probabilité de présence des éléphants, ce qui montre la contribution de la zone de recherche ou d'écotourisme à la réduction des facteurs de pression sur les éléphants au PNT. Ce constat corrobore celui de Campbell *et al.* (2011) qui avaient constaté que la proximité de la zone de recherche ou d'écotourisme avait une influence positive et significative sur la présence des céphalophes et des primates au PNT. En effet, plusieurs

études ont montré que la zone de recherche et d'écotourisme contribuaient à la lutte anti-braconnage au PNT, car la présence quasi permanente des chercheurs et des éco-guides dans ces zones constituait un facteur de dissuasion des braconniers et autres exploitants illégaux du Parc (Köndgen *et al.*, 2008 ; Campbell *et al.*, 2011 ; Boafo & Nandjui, 2011 ; Hoppe-Dominik *et al.*, 2011 ; N'Goran *et al.*, 2012). La contribution à la conservation des aires de recherche à long terme et des zones d'écotourisme, au sein des sites protégés, a été observée dans l'ouest de la Tanzanie sur neuf espèces de mammifère les plus observées dans la région (Piel *et al.*, 2015) et dans le Complexe de Conservation Dja, au sud-est du Cameroun sur les grands singes (Tagg *et al.*, 2015). Snyder *et al.* (2019) ont également montré que le risque d'occurrence des activités illégales augmentait avec l'augmentation de la distance aux camps permanents de scouts, considérés comme des zones de protection, dans le corridor ouest du Parc National de Serengeti, au nord de la Tanzanie.

Bien que nos travaux aient révélé que la proximité des zones de recherche ou d'écotourisme a un impact positif sur la présence des éléphants au PNT, nous avons constaté une différence dans la distribution des éléphants, entre la zone de recherche en écologie et la zone d'écotourisme de Guiroutou. En effet, la distribution des éléphants recouvre entièrement la zone d'écotourisme de Guiroutou, tandis qu'elle ne couvre que très partiellement la bordure est de la zone de recherche en écologie. Ce constat pourrait se justifier par la grande superficie de la zone de recherche en écologie, avec un nombre plus important de chercheurs par rapport à la zone d'écotourisme de Guiroutou. Ainsi, la partie centrale de la zone de recherche en écologie, plus fréquentée par les chercheurs serait évitée par les éléphants qui craignent les contacts avec les humains, comme souligné par Blake *et al.* (2001), Lauriane (2013), Gaynor *et al.* (2018), Green *et al.* (2018) et Ihwagi *et al.* (2018).

Dans la zone nord du PNT, la périphérie du Parc a une influence négative sur la probabilité de présence des éléphants. Ainsi, les PP installés loin de la périphérie ont plus de chance de détecter des éléphants que ceux installés proche de la périphérie. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que la périphérie représenterait une combinaison de l'impact des activités anthropiques incluant le braconnage, les activités agricoles, l'exploitation des ressources du Parc (orpaillage, produits forestiers non ligneux, etc.) et la circulation de véhicules, comme notifié par Barnes & Nandjui (2005), Bogui *et al.* (2016), Danquah (2016) et Diarrassouba *et al.* (2019). Ces activités sont reconnues comme ayant un impact négatif sur la présence des éléphants, selon Barnes & Nandjui (2005), Danquah (2016) et Gaynor *et al.* (2018). La périphérie s'est également révélée comme un prédicteur majeur de la distribution du

chimpanzé (Köndgen *et al.*, 2008), de l'hippopotame pygmée (*Choeropsis liberiensis* Morton, 1849) (Bogui *et al.*, 2016) et des céphalophes (Diarrassouba *et al.*, 2019), au PNT, avec une influence négative comme dans le cas des éléphants. Contrairement à nos observations, Gaynor *et al.* (2018) avaient constaté un fort taux d'activités journalières des éléphants le long des limites du Parc National de Gorongosa, au Mozambique. Cette importance d'activités des éléphants dans la zone périphérique se justifiait selon eux, par la disponibilité des ressources alimentaires, notamment les cultures vivrières.

En outre, dans la zone nord du Parc, la présence des éléphants, en plus d'être influencée négativement par la périphérie, est influencée négativement par l'augmentation du taux d'indices de braconnage. Par conséquent, la zone périphérique du Parc est plus soumise au braconnage que la zone centrale. En effet, les braconniers viendraient chasser nuitamment à la périphérie du PNT. Pour ces derniers, s'aventurer dans des zones plus éloignées, impliquerait un séjour plus long en forêt, ce qui nécessiterait beaucoup plus d'efforts, sans oublier le risque de se faire appréhender par les agents de surveillance. Cette importance du taux d'indices de braconnage enregistrée à la périphérie du Parc a aussi été observée dans d'autres études menées dans le PNT (Köndgen *et al.*, 2008 ; Tiedoué *et al.*, 2018 ; Diarrassouba *et al.*, 2019). Ces auteurs avaient constaté que les zones de forte concentration d'indices de présence d'activités humaines illégales se situaient à la lisière du PNT, à une distance inférieure à 10 km de la périphérie. L'influence négative de la pression du braconnage sur la présence des éléphants avait également été démontrée au PNT par Boafo & Nandjui (2011) et dans le bloc forestier de Bia-Goaso à l'ouest du Ghana par Danquah (2016). En effet, les éléphants sont très sensibles aux pressions dues au braconnage (Blake *et al.*, 2002 ; Foley, 2002 ; Lauriane, 2013 ; Ihwagi *et al.*, 2018). Contrairement à nos observations qui montrent que les éléphants évitent les zones soumises au braconnage, Kablan *et al.* (2017) avaient démontré que le taux de rencontre des éléphants au PNT était inversement proportionnel à l'effort de patrouille des agents de surveillance de l'OIPR, suivant les secteurs. Par conséquent, les éléphants seraient plus abondants dans des zones peu surveillées (moins visitées par les gardes), donc censées être plus sujettes au braconnage que les zones mieux surveillées telles que la zone de recherche en écologie.

Dans la zone sud du PNT, la présence des éléphants est positivement influencée par l'augmentation de l'altitude et par la proximité des cours d'eau. Cette influence positive des cours d'eau sur la présence des éléphants au PNT a aussi été observée par Boafo & Nandjui (2011). Ces auteurs avaient démontré que la densité des éléphants au PNT avait une association

positive avec la proximité des cours d'eau. La dépendance des éléphants aux ressources en eau a été largement étayée (Owen-Smith, 1992 ; Moss, 1996 ; Furstenberg, 2010 ; Lauriane, 2013 ; Danquah, 2016 ; Ashiagbor & Danquah, 2017). Aussi, il est à noter que l'influence des cours d'eau sur la distribution des éléphants est encore plus marquée en saison sèche (Owen-Smith, 1992 ; Blake, 2002 ; Lauriane, 2013). La corrélation positive enregistrée entre la présence des éléphants et l'altitude révèle que la probabilité de présence des éléphants augmente avec l'augmentation de l'altitude. Cette observation pourrait se justifier par le fait que les zones d'altitude élevée sont des terrains accidentés. Ces terrains sont donc difficiles d'accès pour les braconniers et autres exploitants illégaux du Parc. Les éléphants s'y réfugieraient, car les menaces y seraient moindres, selon Boafo & Nandjui (2011).

L'analyse de la carte de distribution prédictive des éléphants au PNT, laisse apparaître deux grandes zones à forte concentration d'éléphants. Il s'agit de l'est de la zone de recherche en écologie et de la zone sud-ouest du Parc, couvrant la zone d'écotourisme de GuiROUTOU et ses environs. Ces résultats corroborent ceux de Boafo & Nandjui (2011), de N'Goran *et al.* (2011) et de Tiedoué *et al.* (2016 ; 2018). Cependant, le vide spatial entre les deux grandes zones de présence d'éléphants, notifié par Boafo & Nandjui (2011), n'est plus une réalité. En effet, selon la carte de distribution prédictive des éléphants et les observations de terrain, les indices de présence des éléphants restent continus dans la partie médiane du Parc. Cette observation est corroborée par celles de Tiedoué *et al.* (2016 ; 2018) qui montrent également le lien entre les deux aires historiques de distribution des éléphants au PNT. Cependant, La surface de contact est restreinte et la détectabilité y est relativement faible. Cette surface de contact serait probablement un couloir de transition entre les deux grandes zones à forte concentration d'éléphants. Par ailleurs, cette étude montre que la distribution des éléphants au PNT, présente un gradient Est-Ouest, avec une détectabilité élevée à l'Ouest. Un tel gradient a été obtenu avec d'autres espèces au PNT, notamment l'hippopotame pygmée (Bogui *et al.*, 2016) et l'ensemble des singes à queue (N'Goran *et al.*, 2012). En outre, Hoppe-Dominik *et al.* (2011) ont montré que la densité des crottes de grands mammifères en général présentait de forts gradients Est-Ouest. Selon Hoppe-Dominik *et al.* (2011) et Bogui *et al.* (2016), ces constats seraient dûs au grand nombre d'infrastructures, à la densité élevée de la population humaine et à l'existence de grandes villes à l'Est du Parc, contrairement à l'Ouest.

Pour l'abondance de la population d'éléphants au PNT, nous avons estimé la taille de la population à 76,89 individus. Cette valeur est inférieure à celles fournies par le programme de suivi écologique au fil des années, à l'issue de ses différentes phases de collecte de données.

De la phase 1 (2005-2006) à la phase 12 (2016-2017), les valeurs enregistrées varient entre 108 et 208 éléphants (Tiedoué *et al.*, 2018). Les résultats de la phase 12 (2016-2017), correspondant à la période de collecte de nos données, indiquaient une moyenne de 181 éléphants au PNT (Tiedoué *et al.*, 2018). Merz (1986a), estimait la population d'éléphants du PNT à 800 individus. Hoppe-Dominik *et al.* (2011), estimaient cette population à 160 individus. Tandis que Boafo & Nandjui (2011) l'avaient estimé à 189 individus.

La taille de la population que nous avons estimée est relativement petite par rapport à celles fournies par ces auteurs. Plusieurs raisons pourraient justifier cette différence. Tout d'abord, le dysfonctionnement d'une dizaine de PP, représentant 11,5% des PP de notre dispositif a affecté les résultats à l'issue de nos travaux. Ensuite, la distance entre les PP (6 km) pourrait avoir réduit la probabilité de détection des éléphants au PNT, d'où l'accentuation de "l'imparfaite détection" liée au piégeage photographique, selon MacKenzie *et al.* (2002), Ancrenaz *et al.* (2012) et Wearn & Glover-Kapfer (2017). Par conséquent, la réduction de la distance entre les sites d'installation de PP pourrait permettre d'accroître la détectabilité des éléphants. Enfin, la faible détection des éléphants pourrait être fondamentalement liée à la faible densité de population d'éléphants du PNT. En effet, la densité a été estimée à 0,11 individu/km² par Merz & Hoppe-Dominik (1991), à 0,032 individu/km² par Tiedoué *et al.* (2016) et à 0,034 individu/km² par Tiedoué *et al.* (2018).

Par ailleurs, la différence entre l'abondance que nous avons obtenue et celles obtenus par Merz (1986a), Hoppe-Dominik *et al.* (2011), Boafo & Nandjui (2011) et Tiedoué *et al.* (2018) pourrait être due à la différence de méthodologie. En effet, tous ces auteurs ont eu recours à la méthode de comptage de crottes sur transects. La précision de l'estimation de l'abondance par l'usage du comptage de crottes sur transects dépend, pourtant, de la précision de l'estimation du taux de production et la vitesse de dégradation des crottes, selon Hedges & Lawson (2006). Au PNT, la vitesse de dégradation des crottes d'éléphants a été estimée à 57,83 jours en moyenne par Boafo & Nandjui (2011), mais, le taux de production des crottes n'a pas encore fait objet d'étude, selon Boafo & Nandjui (2011) et Tiedoué *et al.* (2015 ; 2016). La valeur utilisée actuellement (19,77 déjections/jour) est celle obtenue dans la réserve Santchou au Cameroun par Tchamba (1992). Par conséquent, les résultats des travaux utilisant le comptage de crottes sur transects pourraient être affectés de biais non négligeables. Comme alternative, Eggert (2004) a estimé la population d'éléphant du PNT à 60 individus en se basant sur l'ADN extrait des crottes. Ce dernier résultat est proche des estimations de cette étude (76,89 individus).

L'analyse de la structure sociale de l'éléphant de forêt au PNT à partir des images de pièges photographiques montre que la taille moyenne des groupes y compris les individus solitaires est de $2,7 \pm 0,75$ individus. Cette valeur reste proche de celles obtenues pour les éléphants de forêt sur d'autres sites, comprises entre 2,1 et 3,0 individus par groupe (Merz, 1986b ; White *et al.*, 1993 ; Turkalo, 1996 ; Vanleeuwe *et al.*, 1997 ; Maréchal *et al.*, 1998 ; Querouil *et al.*, 1999 ; Theuerkauf *et al.*, 2000). En outre, nous obtenons une taille moyenne des "unités familiales" qui est de $4,5 \pm 1,04$ individus, nettement supérieure à la valeur 3,4 enregistrée par Merz (1986b) au PNT entre 1978 et 1980. Aussi, nous avons enregistré 19% d'individus solitaires et 39% de jeunes au sein de la population. Ces autres valeurs sont relativement supérieures à celles de Merz (1986b) qui étaient de 16% d'individus solitaires et de 30,5% de jeunes au PNT. La supériorité des différentes valeurs par rapport à celles des années 1980, attesterait d'une amélioration des conditions de conservation de l'éléphant au PNT, par rapport aux années 1980. En effet, les années 1980 ont été marquées par de fortes pressions sur les éléphants du PNT, dues au braconnage (Merz & Hoppe-Dominik, 1991). La population initiale des années 1970 a perdu environ 90% de son effectif à la fin des années 1980, selon Merz & Hoppe-Dominik (1991) et Hoppe-Dominik *et al.* (2011). Le braconnage, en plus d'entraîner la réduction de la taille de la population a aussi des conséquences sur la structure sociale des éléphants (Lauriane, 2013). En effet, les braconniers ciblant les individus de grande taille pour leurs ivoires plus développées, sont plus portés vers les individus solitaires, qui sont des mâles adultes ou des femelles âgées, d'où la réduction de leur nombre au sein de la population (Barnes & Kapela, 1991). Par conséquent, l'augmentation de la proportion d'éléphants solitaires au PNT, résulterait de la réduction ou de la cessation du braconnage ciblant les éléphants. Par exemple, sur des sites fortement soumis au braconnage comme la Forêt Classée de Bossématié, les individus solitaires ont été estimés à 5% de la population, selon Theuerkauf *et al.* (2000). Par ailleurs, la valeur de 19% que nous avons enregistrée reste encore inférieure à celles obtenues sur des sites tels que la clairière de Dzanga en Centrafrique et la clairière de Maya au Congo où ont été enregistrées respectivement 29% et 35% d'individus solitaires (Turkalo, 1996 ; Querouil *et al.*, 1999). Par conséquent, les efforts de conservation entrepris par les gestionnaires doivent être maintenus et renforcés, afin de permettre à la population d'éléphants du PNT de se développer encore plus.

Pour ce qui est de la fréquence de distribution des tailles de groupe, nous constatons que le nombre de détection décroît avec l'augmentation de la taille du groupe. Nous constatons, ainsi, que les groupes de taille supérieure à sept individus sont rares chez les éléphants du PNT.

Cette observation confirme les résultats de Payne (2003), selon lesquels les groupes d'éléphants de forêt ayant une taille jusqu'à sept individus ne sont très rares. Ce constat corrobore également ceux de White *et al.* (1993) et Merz (1986b), qui stipulent que les associations de plus de huit éléphants sont exceptionnelles chez l'éléphant de forêt, notamment au PNT et à la Réserve de Lopé au Gabon. Selon ces auteurs, les groupes d'éléphants ont tendance à être plus petits dans les forêts tropicales que dans les savanes herbeuses, plus ouvertes. Les petits groupes auraient plus de facilité que les grands groupes d'exploiter des ressources alimentaires telles que les fruits, disponibles en petite quantité par endroit dans la forêt (Poole, 1996). En outre, le degré élevé de la pression de prédation (non-anthropique) qui est supposée conduire à la formation de grands groupes, chez les éléphants de savane semble moindre, chez les éléphants de forêt, selon Wittemyer *et al.* (2005).

Nous avons enregistré 19 observations d'individus solitaires, sur 37 événements de capture. Les observations d'individus solitaires se sont révélées les plus fréquentes, comme c'est le cas sur plusieurs autres sites, notamment à la Réserve de Lopé au Gabon (White *et al.*, 1993), à la clairière de Dzanga en Centrafrique (Turkalo, 1996), au Parc National d'Odzala au Congo-Brazaville (Vanleeuwe *et al.*, 1997) et à la clairière Maya au Congo-Brazaville (Querouil *et al.*, 1999).

Concernant les périodes d'activité des éléphants au PNT, nous avons constaté une activité cathémérale, sans différence significative entre l'intensité des activités diurnes (51,35%) et nocturnes (48,65%). Ce constat corrobore ceux de Hedwig *et al.* (2018), qui ont constaté que l'éléphant de forêt avait une activité cathémérale au Parc National du plateau des Batéké au Gabon. Cependant, il a été démontré que dans les circonstances normales, sans influence humaine, l'éléphant de forêt est plus actif la journée que la nuit, comme l'ont constaté Blake *et al.* (2001) et Foley (2002). L'éléphant de savane au contraire, éviterait d'être actif pendant les heures chaudes de la journée (fortement ensoleillées), à cause de son habitat ouvert. L'éléphant de forêt, bénéficiant de la protection de la couverture forestière, maintiendrait une activité plus diurne, selon Blake *et al.* (2001). Par conséquent, un niveau d'activité équivalent entre la journée et la nuit, chez l'éléphant de forêt, comme c'est le cas pour notre étude, dénoterait de l'existence de pressions anthropiques, comme stipulé par Foley (2002).

Cette activité cathémérale des éléphants au PNT n'est observée que lorsqu'on considère l'ensemble de la population. Une fois qu'on les partitionne, l'on constate que les individus solitaires sont plus actifs la journée, alors que les groupes d'individus sont plus actifs la nuit. Les individus observés seuls pourraient être des mâles, alors que les femelles d'une même

famille et leurs descendants immatures vivent dans des unités familiales matriarcales très serrées (White *et al.*, 1993 ; Poole, 1996). L'observation préférentielle des groupes d'éléphants la nuit au PNT serait la conséquence du braconnage qui constitue la principale source de pression pour le Parc (Koné, 2000 ; N'Guessan, 2000 ; Caspary *et al.*, 2001 ; Koné, 2004 ; Adou *et al.*, 2005 ; Boafo & Nandjui, 2011 ; PNUE, 2015). En effet, les éléphants deviennent plus actifs la nuit que la journée pour éviter particulièrement le braconnage ; selon Ihwagi *et al.* (2018) et de façon générale les rencontres d'humains et toutes les autres perturbations de nature anthropogénique (Blake *et al.*, 2001 ; Lauriane, 2013 ; Gaynor *et al.*, 2018 ; Green *et al.*, 2018). Ihwagi *et al.* (2018), soutiennent également que cette attitude est encore plus marquée chez les mères accompagnées de leurs progénitures, ce qui est attesté par la présente étude.

**CONCLUSION,
RECOMMENDATIONS ET
PERSPECTIVES**

Conclusion

La présente étude a permis de déterminer des caractéristiques de la population d'éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) du Parc National de Taï. Elle a permis d'établir la distribution et les facteurs de distribution, d'estimer l'abondance, de disposer de quelques informations sur la structure sociale et les périodes d'activité des éléphants au PNT.

Au terme de ces travaux, il ressort que les éléphants du PNT se rencontrent préférentiellement dans trois parties du Parc qui peuvent être regroupées en deux grandes zones. Il s'agit d'une zone située à l'est de la zone de recherche en écologie et d'une zone couvrant toute la partie sud-ouest du Parc. Cette dernière zone est la plus importante, elle recouvre le secteur de Guiroutou et une grande partie du secteur de Djapadji. Les parties est, nord et nord-ouest du Parc sont les parties à faible détectabilité des éléphants. De façon générale, la distribution des éléphants est plus importante vers la bordure Ouest du Parc. Les facteurs qui influencent la distribution des éléphants dans la moitié nord du Parc sont différents de ceux de la moitié sud. Pour la zone nord, plus l'on se rapproche de la périphérie du Parc, l'on observe une augmentation du taux d'indices de braconnage entraînant une réduction de la probabilité de présence des éléphants. Cependant, dans la zone sud du Parc, les cours d'eau et les terrains accidentés de cette partie, contribuent à accroître la probabilité de présence des éléphants. Dans les deux zones du Parc, les zones de recherche et d'écotourisme ont un impact positif sur la probabilité de présence des éléphants.

Concernant l'abondance, la population d'éléphants du PNT est estimée à 76,89 individus.

En ce qui concerne la structure sociale des éléphants du PNT, la taille moyenne de groupe est de $2,7 \pm 0,75$ individus pour l'ensemble de la population et une taille moyenne de $4,5 \pm 1,04$ individus pour les "unités familiales". Cette population renferme 19% d'individus solitaires. La répartition en classe d'âge est de 39% de jeunes et 61% d'adultes. Ces valeurs sont comparables à celles enregistrées avant les années 1980. Ce qui pourrait traduire une reconstitution de la population à la suite du braconnage intense des éléphants au PNT pendant les années 1980.

Pour les périodes d'activité, les individus solitaires ont une plus grande tendance à être diurnes, tandis que les "unités familiales" (groupes d'individus) sont préférentiellement nocturnes. Cette observation contraste avec les connaissances sur l'éléphant de forêt qui est reconnu comme étant préférentiellement diurne. Ainsi, l'observation préférentielle des groupes

d'éléphants la nuit pourrait être une réponse aux pressions de nature anthropique, notamment le braconnage.

Recommandations

En vue d'une meilleure gestion et conservation des éléphants au PNT, il est nécessaire de :

- Mettre en place un programme de suivi spécialement dédié aux éléphants, vue la taille réduite de la population, afin de disposer de manière continue d'informations fiables sur l'espèce ;
- Intensifier les patrouilles dans les zones de forte concentration des éléphants, afin d'éradiquer les activités illégales notamment, le braconnage et l'orpillage susceptibles de nuire à la conservation des éléphants ;
- Accroître la collaboration entre les gestionnaires du parc et les chercheurs et les professionnels du tourisme pour favoriser la mise en place davantage de zones permanentes de recherche et d'écotourisme, notamment dans la partie est du PNT qui est actuellement plus braconnée.

Perspectives

Cette étude offre plusieurs pistes de recherches futures. Il paraît essentiel de mener une telle étude en impliquant la phénologie des grands arbres dont l'éléphant de forêt se nourrit, pour mieux appréhender leur distribution.

L'usage d'autres méthodes d'inventaire, notamment l'analyse génétique d'échantillons de crottes collectés sur toute la surface du PNT s'avère indispensable pour affiner et consolider nos résultats sur l'abondance.

REFERENCES

- Adjewodah P., Beier P., Sam M.K. & Mason J.J. (2005). Elephant crop damage in the Red Volta Valley, north-eastern Ghana. *Pachyderm*, 38 : 39-48.
- Adou C.Y., Blom E.C., Dengueadhé K.T.S., Van Rompaey R.S.A.R., N'Guessan E.K., Wittebolle G. & Bongers F. (2005). Diversité floristique et végétation dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Abidjan, Tropenbos-Côte d'Ivoire série 5, 92 p.
- Adou Y.C., & N'Guessan E.K. (2005). Diversité botanique dans le Sud du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 1(2) : 295-313.
- Akaike H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on automatic control*, 19(6) : 716-723.
- Alexandre D.Y. (1978). Le rôle disséminateur des éléphants en forêt de Tai, Côte-d'Ivoire. *Terre et vie*, 32 : 47-72.
- Alexandre D.Y. (1999). Eléphants et gestion forestière. *Le Flamboyant*, 50 : 11-12.
- Alfred R., Ahmad A.H., Payne J., William C., & Ambu L. (2010). Density and population estimation of the Bornean elephant (*Elephas maximus borneensis*) in Sabah. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 10 (2) : 92-102.
- Allport G., Boesch C., Couturier G., Esser J., Merz G. & Piart J. (1994). La faune. In : Vooren, E.P. & Guillaumet, J.L. (Eds). Le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Pays-Bas, Tropenbos série 8, 98 p.
- Ancrenaz M., Andrew J.H., Ross J., Sollmann R. & Wilting A. (2012). Handbook for wildlife monitoring using camera-traps. BBEC II Secretariat publication, Kota Kinabalu, Malaisie, 57 p.
- Andaya B. (1979). Perak, the abode of grace : a study of an eighteenth-century Malay state. Kuala Lumpur : Oxford University Press, 462 p.
- Ashiagbor G. & Danquah E. (2017). Seasonal habitat use by Elephants (*Loxodonta africana*) in the Mole National Park of Ghana. *Ecology and evolution*, 7(11) : 3784-3795.
- Atta A.C.J., Soulemane O., Yao K.A., Kasse K.B. & Yaokokoré-Béibro K.H. (2016). Caractérisation des conflits homme-éléphant dans le Département de Sikensi (Sud-Est Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 28(3) : 30-41.

- Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Bamba I., Sangne Y.C., Godron M., Andrieu J. & Bogaert J. (2016). Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory coast). *Global Ecology and Conservation*, 8 : 85-98.
- Barnes R.F.W. (1999). Is there a future for elephants in West Africa? *Mammal Review*, 29(3) : 175-200.
- Barnes R.F.W. & Kapela E.B. (1991). Changes in the Ruaha elephant population caused by poaching. *African Journal of Ecology*, 29 (4) : 289-294.
- Barnes R.F.W. & Nandjui A. (2005). Rapport sur l'inventaire des éléphants de la Forêt Classée de Zياما (juillet – décembre 2004), cites/mike, le centre forestier, N'zérékoré et conservation international, 48 P.
- Béné J-C.K. (2000). Répertoire et contexte social d'un système graduel de vocalisation : le cas du colobe bai dans le Parc National de Taï. *In* : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan, Côte d'Ivoire : 86-95.
- Béné J-C.K. (2007). Les règles structurales du comportement vocal du colobe vert (*Procolobus verus*) dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 134 p.
- Béné J.K. & Zuberbueler K. (2009). Sex differences in the use of vocalizations in wild olive colobus monkeys. *European Journal of Scientific Research*, 25(2) : 266-279.
- Béné J.C.K., Ouattara K., Bitty E.A. & Koné I. (2012). Combination Calls in Olive Colobus Monkeys (*Procolobus verus*) in Tai National Park, Côte d'Ivoire. *Journal of Asian Scientific Research*, 2(9) : 466-477.
- Béné J.C.K. & Bitty E.A. (2013). Environmental and Social Parameters Effects on Olive Colobus Monkey's (*Procolobus verus*) Unit Calls in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Bulletin of Environnement Pharmacology and Life Sciences*, 2(5) : 55-61.
- Berzaghi F., Longo M., Ciais P., Blake S., Bretagnolle F., Vieira S., Scaranello M., Scarascia-Mugnozza G. & Doughty C.E. (2019). Carbon stocks in central African forests enhanced by elephant disturbance. *Nature Geoscience*, 12 : 725-729.
- Bezerra B.M., Bastos M., Souto A., Keasey M.P., Eason P., Schiel N. & Jones G. (2014). Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). *International Journal of Primatology*, 35 : 865-907.

- Blake S. (2002). The ecology of forest elephant distribution and its implications for conservation. Thesis submitted for the degree of University of Edinburgh, Ecosse, 307 p.
- Blake S., Douglas-Hamilton I. & Karesh W.B. (2001). GPS telemetry of forest elephants in central Africa : resultats of a preliminary study. *African Journal of Ecology*, 39 : 178-186.
- Blanc J. (2008). *Loxodonta africana*. The IUCN red list of threatened species 2008. Version 2017-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 June 2018.
- Blanc J.J., Thouless C.R., Hart J.A., Dublin H.T., Douglas-Hamilton I., Craig C.G. & Barnes R.F.W. (2003). Rapport de la situation de l'éléphant d'Afrique, 2002 : une actualisation de la base de données de l'éléphant d'Afrique. Occasional paper of the IUCN species survival commission, N° 29. Groupe de spécialistes de l'éléphant d'Afrique, UICN/CSE. IUCN, Gland, Suisse, 304 p.
- Blanc J.J., Barnes R.F.W., Craig G.C., Dublin H.T., Thouless C.R., Douglas-Hamilton I. & Hart J.A. (2007). African elephant status report 2007 : an update from the african elephant database. Occasional paper series of IUCN species survival commission, N°33. IUCN/SSC African Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland, 276 p.
- Boafo Y. & Nandjui A. (2011). Report on the survey of elephants in the Taï National Park in southwestern Côte d'Ivoire. MIKE, technical report, 35p.
- Bogui E.B., Koffi A.D., Koné I., Ouattara K. & Yao C. (2016). Distribution of Pygmy hippopotamus (*Choeropsis liberiensis*) in Taï National Park, Ivory Coast : Influences of natural and anthropogenic factors. *International Journal of Research in Biosciences*, 5(4) : 27-35.
- Bouché P. (2012). Evolution des effectifs des populations d'éléphants d'Afrique soudano-sahélienne : enjeux pour leur conservation. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, 178 p.
- Bousquet B. (1978). Un Parc de forêt dense en Afrique : le Parc National de Taï. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 179 : 27-46.
- Brower M. (2008). George Shiras and the Circulation of Wildlife Photography. *History of Photography*, 32(2) : 169-175.

- Burton A.C., Neilson E., Moreira D., Ladle A., Steenweg R., Fisher J.T., Bayne E. & Boutin S. (2015). Wildlife camera trapping : a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3) : 675-685.
- Bushnell (2014). Instruction manual. Models : 119676C/ 119677C/ 119678C, Canada, 36 p.
- Bushnell (2017). Instruction manual. Models : 119837, Canada, 193 p.
- Buss I.O. & Savidge J.M. (1966). Change in population number and reproductive rate of elephants in Uganda. *The Journal of Wildlife Management*, 30(4) : 791-809.
- Campbell G., Kuehl H., Diarrassouba A., N'Goran P.K. & Boesch C. (2011). Long-term research sites as refugia for threatened and over-harvested species. *Biology letters*, 7(5) : 723-726.
- Campos-Arceiz A. & Blake S. (2011). Megagardeners of the forest—the role of elephants in seed dispersal. *Acta Oecologica*, 37(6) : 542-553.
- Carollynne S. (2017). Stratégies de gestion durable pour atténuer les conflits humains-éléphants en Asie. Essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale, Université de Sherbrooke, Montréal, Québec, Canada, 90 P.
- Caspary H.U. (1999). Utilisation de la faune sauvage en Côte d'Ivoire et en Afrique de l'Ouest-potentiels et contraintes pour la coopération au développement, Eschborn, R.F.A., Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 147 p.
- Caspary H.U., Koné I., Prouot C. & De Pauw M. (2001). La chasse et la filière viande de brousse dans l'espace Taï, Côte d'Ivoire. Tropenbos- Côte d'Ivoire, série 2, 98 p.
- Chatelain C., Kadjo B., Koné I. & Refisch J. (2001). Relations Faune-Flore dans le Parc National de Taï : une étude bibliographique. Tropenbos-Côte d'Ivoire, 166 p.
- Chelliah K., Bukka H. & Sukumar R. (2013). Modeling harvest rates and numbers from age and sex ratios : A demonstration for elephant populations. *Biological conservation*, 165 : 54-61.
- Chesneau C. (2017). Modèles de régression. Cours pour master, Université de Caen, France, 124 p.
- Choudhury A., Lahiri Choudhury D.K., Desai A., Duckwort J.W., Easa P.S., Johnsingh A.J.T., Fernando P., Hedges S., Gunawardena M., Kurt F., Karanth U., Lister A., Menon

- V., Riddle H., Rubel A. & Wikramanayake E. (2008). *Elephants maximus*. The IUCN red list of threatened species 2008. Version 2017-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 June 2018.
- CITES (2017). Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, Annexes I, II et III, 75 p.
- Collinet J., Monteny B. & Pouyaud B. (1984). Le milieu physique. *In* : Recherche et aménagement en milieu forestier tropical humide : le projet Taï de Côte-d'Ivoire. Guillaumet J-L., Courtier G & Dosso H., UNESCO, Paris, France, : 35-58.
- Comstock K.E., Georgiadis N., Pecon-Slattery J., Roca A. L., Ostrander E.A., O'Brien S. J. & Wasser S.K. (2002). Patterns of molecular genetic variation among African elephant populations. *Molecular Ecology*, 11(12) : 2489-2498.
- Coulibaly N. (1998). Déforestation et activités agricoles en Côte d'Ivoire : recherche d'un nouvel équilibre. Thèse de Doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de Forestière et de Géomatique, Université Laval, Québec, 131 p.
- Cranbrook E., Payne J. & Leh C.M.U. (2008). Origin of the elephants *Elephas maximus* L. of Borneo. *Sarawak Museum Journal*, 63(84) : 95-125.
- Cutler T.L. & Swann D.E. (1999). Using remote photography in wildlife ecology : a review. *Wildlife Society Bulletin*, 27(3) : 571-581.
- Danquah E. (2016). Spatial Distribution of Elephants versus Human and Ecological Variables in Western Ghana. *Advances in Ecology*, 2016 : 1-8.
- Diarrassouba A., Gnagbo A., Kouakou C.Y., Campbell G., Tiedoué M.R., Tondossama A., Kühl H.S. & Koné I. (2019). Differential response of seven duiker species to human activities in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *African Journal of Ecology*, 2019 : 1-11.
- Doré F., Grillet P., Thirion J-M. Besnard A. & Cheylan M. (2011). Premiers résultats d'un suivi à long terme sur une population de lézard ocellé *Timon lepidus* sur l'île d'Oléron. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 66 : 205-2014.
- Eggert L.S. (2004). The elephants of Parc National de Taï : genetic estimates of population size, demography and phylogeography (Unpublished report). CITES MIKE report, Nairobi, Kenya, 40 p.

- Fernando P., Vidya T.C., Payne J., Stuewe M., Davison G., Alfred R.J., Andau P., Bossi E., Kilbourn A. & Melnick D.J. (2003). DNA analysis indicates that Asian elephants are native to Borneo and are therefore a high priority for conservation. *PLoS Biology*, 1(1) : 110-115.
- Fischer F. (2005). Elephants in Côte d'Ivoire- a warning for West African conservation. *Pachyderm*, 38 : 64-75.
- Fishlock V.L. (2010). Bai use in forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) : ecology, sociality and risk. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy Psychology, School of Natural Sciences, University of Stirling, Ecosse, 276 P.
- Foley L.S. (2002). The influence of environmental factors and human activity on elephant distribution in Tarangire National Park, Tanzania. Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Natural Resource Management, Rural Land Ecology, Enschede, The Netherlands, 47 p.
- Furstenberg D. (2010). Focus on the African elephant (*Loxodonta africana*). *SA Hunter*, 03038 : 56-59.
- Gaynor K.M., Branco P.S., Long R.A., Gonçalves D.D., Granli P.K. & Poole J.H. (2018). Effects of human settlement and roads on diel activity patterns of elephants (*Loxodonta africana*). *African Journal of Ecology*, 56 : 872-881.
- Gopala A., Hadian O., Sunarto, Sitompul A., Williams A., Leimgruber P., Chambliss S.E. & Gunaryadi D. (2011). *Elephas maximus ssp. sumatranus*. The IUCN Red List of Threatened species 2011. Version 2019-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 February 2020.
- Green S.E., Davidson Z., Kaaria T. & Doncaster C.P. (2018). Do wildlife corridors link or extend habitat ? Insights from elephant use of a Kenyan wildlife corridor. *African Journal of Ecology*, 56 : 860-871.
- Grell O., Thiessen H. & Kouamelan E.P. (2013). Etude approfondie (N°2) sur les écosystèmes aquatiques du Parc national de Taï, Patrimoine mondial, réserve de biosphère, GIZ, Côte d'Ivoire, 73 p.

- Grubb P., Groves C.P., Dudley J. P. & Shoshani J. (2000). Living African elephants belong to two species : *Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797) and *Loxodonta cyclotis* (Matschie, 1900). *Elephant*, 2(4) : 1-4.
- Guillaumet J-L. & Boesch C. (1984). Le Parc national et la protection de la nature. In : Recherche et aménagement en milieu forestier tropical humide : le projet Taï de Côte-d'Ivoire. Guillaumet J-L., Courtier G & Dosso H., UNESCO, Paris, France : 207-216.
- Gupta M., Ravindranath S., Prasad D. & Vidya T.N.C. (2016). Short-term variation in sex ratio estimates of asian elephants due to space use differences between the sexes. *Gajah*, 44 : 5-15.
- Gysel L.W. & Davis E.M. (1956). A simple automatic photographic unit for wildlife research. *The Journal of Wildlife Management*, 20(4) : 451-453.
- Hedges S. & Lawson D. (2006). Dung survey standards for the MIKE programme. Report for CITES MIKE Programme, Nairobi, Kenya, 80 p.
- Hedwig D., Kienast I., Bonnet M., Curran B.K., Courage A., Boesch C., Kühl H.S. & King T. (2018). A camera trap assessment of the forest mammal community within the transitional savannah-forest mosaic of the Batéké Plateau National Park, Gabon. *African Journal of Ecology*, 56(4) : 777-790.
- Hines J.E. (2006). PRESENCE software to estimates patch occupancy rates and related parameters. Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland. www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html.
- Hoppe-Dominik B. (1995). L'état actuel des effectifs des grands mammifères dans l'ensemble du Parc National de Taï. GmbH-GTZ, DPN, Abidjan (Côte d'Ivoire), 66 p.
- Hoppe-Dominik B., Kühl H.S., Radl G. & Fischer F. (2011). Long-term monitoring of large rainforest mammals in the biosphere reserve of Taï National Park, Côte d'Ivoire. *African Journal of ecology*, 49(4) : 450-458.
- Howe E.J., Buckland S.T., Després-Einspenner M.L., Kühl H.S. (2017). Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11) : 1558-1565.
- Ihwagi F.W., Thouless C., Wanga T., Skidmore A.K., Omondi P. & Douglas-Hamilton I. (2018). Night-day speed ratio of elephants as indicator of poaching levels. *Ecological Indicators*, 84 : 38-44.

- Janzen D.H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*, 104(940) : 501-528.
- Kablan Y.A. (2019). Impact des mesures de surveillance sur la distribution de quelques grands mammifères au Parc National de Taï (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 139 p.
- Kablan Y.A., Diarrassouba A., Mundry R., Campbell G., Normand E., Kühl H. S., Koné I. & Boesch C. (2017). Effects of anti-poaching patrols on the distribution of large mammals in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Oryx* :1-10.
- Kamelan T.M., Berté S., Bamba M., Yao S.S., N'Zi K.G. & Kouamélan E.P. (2014). Spatio-temporal patterns of fish assemblages and influential environmental gradients in a West African Basin (Taï National Park, Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 121 (2) : 145-160.
- Kely M.R., Kouakou C.Y., Bene J.C.K., Koffi A.D., N'guessan K.A. & Tiedoue M.R. (2019). Spatial distribution and period of activity of the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) at Taï National Park, south western Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 133(1) : 13542-13551.
- Kolongo D.T.S., Decocq G., Yao C.Y.A., Blom E.C & Van Rompaey R.S.A.R. (2006). Plant species in the southern part of the Taï National Park (Côte d'Ivoire). *Biodiversity and Conservation*, 15 (7) : 2123-2142.
- Komena K.B. (2014). Recompositions de l'espace Taï et gouvernance du Parc national dans un contexte de crise (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Ethique et Economique/Ethics and Economics*, 11(1) : 126-144.
- Köndgen S., Kühl H., N'Goran P.K., Walsh P.D., Schenk S., Ernst N., Briek R., Formenty P., Mätz-Rensing K., Schweiger B., Junglen S., Ellerbrok H., Nitsche A., Briese T., Lipkin W.I., Pauli G., Boesch C. & Leendertz F.H. (2008). Pandemic human viruses cause decline of endangered great apes. *Current Biology*, 18(4) : 260-264.
- Koné I. (2000). Analyse de l'impact du braconnage sur le comportement des singes dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. In : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan, Côte d'Ivoire : 96-101.
- Koné I. (2004). Effet du braconnage sur quelques aspects du comportement du colobe bai – *Procolobus [Ptilocolobus] badius* (Kerr) – et du cercopithèque diane –

- Cercopithecus diana diana* (L.) – dans le Parc National de Taï, Côte d’Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d’Ivoire, 98 p.
- Kouamé N.F. (2000). Centre de grande diversité floristique à l’Ouest de la Côte d’Ivoire. *In* : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). *Sempervira*, 9, Abidjan, Côte d’Ivoire : 142-145.
- Kouamé D (2009). Rôle des animaux frugivores dans la régénération et la conservation des forêts : cas de l’éléphant, *Loxodonta africana cyclotis*, 1900 (Elephantidae), dans le Parc National d’Azagny au Sud de la Côte d’Ivoire. Thèse de Doctorat en Ecologie Végétale, Option : Forestière, Université de Cocody-Abidjan, Côte d’Ivoire, 134 p.
- Kouamé D., Yao C.Y.A., Nandjui A. & N'guessan E.K. (2010). Le rôle de l’éléphant dans la germination des graines de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Balanites wilsoniana* (Balanitaceae), *Parinari excelsa* (Chrysobalanaceae) et *Sacoglottis gabonensis* (Humiriaceae) en forêt tropicale : cas du Parc National d’Azagny. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5) : 1442-1454.
- Kouamé D., Bertin G.B.Z., Bruno K.K., Claude K.B.J., Jean K.K., Aimé V.B.T. & Yves A.Y.C. (2017). Diversité et variabilité du régime alimentaire des éléphants du Parc National d’Azagny (Sud-Côte d’Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(21) : 98-115.
- Kouao M.L., Béné J-C.K., Koffi A.D., Kouamé B.A. & Koné I. (2018). Caractéristique des dégâts provoqués par la faune sauvage à la périphérie de la forêt des Marais Tanoé-Ehy au Sud-Est de la Côte d’Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (4) : 1717-1730.
- Kucera T.E. & Barrett R.H. (2011). A history of camera trapping. *In* : Camera traps in animal ecology. Method and analyses. O’Connell A.F., Nichols J.D., Karanth K.U. Springer, New York : 9-26.
- Lauriane D. (2013). La cohabitation homme-éléphants en Afrique australe : les enjeux liés à la surpopulation et les différents moyens de régulation. Présenté à l’Université Claude-Bernard- Lyon I (Médecine-Pharmacie) pour l’obtention du grade de Docteur Vétérinaire, Lyon, France, 143 p.

- Lavigne D., Alie K., Bell J., Bradshaw G. & Njumbi S. (2012). Les éléphants et l'ivoire. Publié par IFAW_ Fonds international pour la protection des animaux, Washington, Etats-Unis, 97 p.
- Laws R.M. (1966). Age criteria for the African elephant : *Loxodonta a. africana*. *African Journal of Ecology*, 4(1) : 1-37.
- MacKenzie D.I., Nichols J.D., Lachman G.B., Droege S., Royle A.J. & Langtimm C.A. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8): 2248-2255.
- MacKenzie D.I., Nichols J.D., Royle J.A., Pollock K.H., Bailey L.L. & Hines J.E. (2006). Occupancy estimation and modeling : inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier, New York (USA), 331 p.
- Maisels F., Strindberg S., Blake S., Wittemyer G., Hart J., Williamson E.A., Aba'a R., Abitsi G., Ambahe R.D. & Amsini F. (2013). Devastating decline of forest elephants in Central Africa. *PloS one*, 8(3): e59469.
- Maréchal C., Maurois C. & Chamberlan C. (1998). Size (and structure) of forest elephants groups (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900) in the Odzala National Park, Republic of Congo. *Mammalia*, 62(2) : 297-300.
- Maurois C., Chamberlan C. & Marechal C. (1997). Aperçu du régime alimentaire de l'éléphant de forêt, *Loxodonta africana cyclotis*, dans le Parc National d'Odzala, République du Congo. *Mammalia*, 61(1) : 127-130.
- McCarthy M.S., Després-Einspenner M-L., Samuni L., Mundry R., Lemoine S., Preis A., Wittig R.M., Boesch C. & Kühl H.S. (2018). An assessment of the efficacy of camera traps for studying demographic composition and variation in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology*, 80(9) : e22904.
- McConkey K.R., Nathalang A., Brockelman W.Y., Saralamba C., Santon J., Matmoon U., Somnuk R. & Srinoppawan K. (2018). Different megafauna vary in their seed dispersal effectiveness of the megafaunal fruit *Platymitra macrocarpa* (Annonaceae). *Plos One*, 13(7) : e0198960.
- Meek P.D., Fleming P. & Ballard G. (2012a). An introduction to camera trapping for wildlife surveys in Australia. PestSmart Toolkit publication, Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra, Australia, 79 p.

- Meek P.D., Zewe F. & Falzon G. (2012b). Temporal activity patterns of the swamp rat (*Rattus lutreolus*) and other rodents in north-eastern New South Wales, Australia. *Australian Mammalogy*, 34(2) : 223-233.
- Meek P.D., Ballard G., Claridge A., Kays R., Moseby K., O'Brien T., O'Connell A., Sanderson J., Swann D.E., Tobler M. & Townsend S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and conservation*, 23(9) : 2321-2343.
- Merciez N. (2012). Proposition de protocole pour le suivi de la faune sauvage par piégeage photographique sur les réserves naturelles catalanes. Rapport de stage de Master 1 en Sciences, Technologies, Santé. Mention Biologie Intégrée : Molécules, Population et Développement Durable, Université de Perpignan Via Domitia, France, 25 P.
- Mermod S. (2012). Etude et comparaison de la diversité spécifique des moyens et grands mammifères de aires protégées à statut de protection différent : Rukwa Game Reserve et Mlele Beekeeping Zone, région de Katavi-Tazanie. Thèse de Bachelor en gestion de la nature, Haute Ecole du Paysage d'Ingénierie et D'Architecture de Genève, Suisse, 68 p.
- Merz G. (1981). Recherches sur la biologie de nutrition et les habitats préférés de l'éléphant de forêt, *Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900. *Mammalia*, 45(3) : 299-312.
- Merz G. (1986a). Counting elephants *Loxodonta africana cyclotis* in tropical rainforest with particular reference to the Taï National Park, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 24 : 61-68.
- Merz G. (1986b). Movement patterns and group size of the African forest elephant, *Loxodonta africana cyclotis* in the Tai National Park, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 24 : 133-136.
- Merz G. & Hoppe-Dominik B. (1991). Distribution and status of the forest elephant in the Ivory Coast, West Africa. *Pachyderm*, 14 : 22-24.
- Mighty earth (2017). Chocolate's dark secret : how the cocoa industry destroys natural parks ? NGO Mighty earth report, Washington, United states of America, 24 p.
- MINEF (2004). Stratégie de conservation durable des éléphants en Côte d'Ivoire, Programme 2005 – 2015. Abidjan, Côte d'Ivoire, 99 P.

- MINEF (2018a). Alerte, la faune en danger. Magazine d'informations du Ministère des Eaux et Forêts de Côte d'Ivoire, N°4/ Décembre 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 41 p.
- MINEF (2018b). Politique nationale de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts. Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 p.
- Monfort A. & Monfort N. (1973). Quelques observations sur les grands mammifères du Parc National de Tai (Côte d'Ivoire). *La Terre et la vie*, 27 : 499-506.
- Monney K.A., Dakwa K.B. & Wiafe E.D. (2010). Assessment of crop raiding situation by elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) in farms around Kakum conservation area, Ghana. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2(9) : 243-249.
- Mugerwa B., Sheil D., Ssekiranda P., van Heist M. & Ezuma P. (2013). A camera trap assessment of terrestrial vertebrates in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *African Journal of Ecology*, 51(1) : 21-31.
- Naidoo R., Fisher B., Manica A. & Balmford A. (2016). Estimating economic losses to tourism in Africa from the illegal killing of elephants. *Nature communications*, 7 :1-9.
- Newing H.S. (1994). Behavioural ecology of duikers (*Cephalophus* spp.) in forest and secondary growth, Tai, Cote d'Ivoire. Thesis submitted for the degree of Ph. D, University of Stirling, Stirling, Ecosse, 211 p.
- N'Goran K.P., Yapi A.F., Normand E., Herbinger I., Diarrassouba A., Tondossama A. & Boesch C. (2011). Etat du Parc National de Taï : Rapport de résultats de biomonitoring phase VI (octobre 2010– mars 2011). Rapport final, WCF/OIPR, Abidjan, Côte d'Ivoire, 15 p.
- N'Goran K.P., Boesch C., Mundry R., N'Goran E.K., Herbinger I., Yapi A.F. & Kühl H.S. (2012). Hunting, law enforcement, and African primate conservation. *Conservation Biology*, 26 (3) : 565-571.
- N'Guessan Y.T. (2000). Allocution d'ouverture du représentant de Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. *In* : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan, Côte d'Ivoire : 3-4.
- OIPR (2006). Plan d'aménagement et de gestion du Parc National de Taï 2006-2015, Abidjan, Côte d'Ivoire, 99 p.

- OIPR (2014). Plan d'aménagement et de gestion du Parc National de Taï 2014-2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 131 p.
- Ouattara F.A. (2007). Relations homme-éléphant dans le Sud-Ouest du Parc National de Taï : caractérisation des facteurs déterminant la distribution des éléphants. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en gestion et valorisation des ressources naturelles, Option : Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes, UFR des Sciences de la Nature, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 35 p.
- Ouattara F.A., Soulemane O., Nandjui A. & Tondoh E.J. (2010). État des maraudes et des dégâts de cultures liés aux éléphants à l'Ouest du secteur de Djouroutou dans le Sud-Ouest du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). *Pachyderm*, 47 : 36-44.
- Ousmane S., N'da Dibi H., Kouassi K.H., Kouassi K.E. & Ouattara K. (2020). Crises politico-militaires et dynamique de la végétation du Parc national du Mont Péko en Côte d'Ivoire. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 343 : 27-37.
- Owen-Smith R.N. (1992). Megaherbivores : the influence of very large body size on ecology. Cambridge University Press, New York, United states of America, 363 p.
- Payne K. (2003). Sources of social complexity in the three elephant species. *In* : Animal social complexity : intelligence, culture, and individualized societies. De Waal F.B.M. & Tyack P.L., Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts : 57-85.
- Pearson O.P. (1959). A traffic survey of *Microtus-Reithrodontomys* Runways. *Journal of Mammalogy*, 40(2) : 169-180.
- Pearson O.P. (1960). Habits of *Microtus californicus* revealed by automatic photographic recorders. *Ecological Monographs*, 30(3) : 231-250.
- Piel A.K., Lenoel A., Johnson C. & Stewart F.A. (2015). Deterring poaching in western Tanzania: The presence of wildlife reseachers. *Global Ecology and Conservation*, 3 : 188-199.
- PNUE (2015). Côte d'Ivoire : évaluation environnementale post-conflit, rapport final, Nairobi (Kenya), 154 p.
- Poole J., (1996). L'éléphant d'Afrique. *In* : L'étude des éléphants, Edité par Kangwana K., 7, Nairobi (Kenya) : 1-9.

- Querouil S., Magliocca F. & Gautier-Hion A. (1999). Structure of population, grouping patterns and density of forest elephants in north-west Congo. *African Journal of Ecology*, 37(2) : 161-167.
- Radl G. (2000). Le biomonitoring dans le Parc National de Taï. *In* : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan, Côte d'Ivoire : 122-131.
- Refisch J. & Koné I. (2001). Influence du braconnage sur les populations simiennes et effets secondaires sur la végétation : un exemple tiré d'une région forestière de régime pluvieux en Côte d'Ivoire. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für, Technische Zusammenarbeit, TOEB numéro de série : F-IV/4f, 98 p.
- Roca A.L., Georgiadis N., Pecon-Slattery J. & O'brien S. J. (2001). Genetic evidence for two species of elephant in Africa. *Science*, 293 : 1473-1477.
- Rödel M.O. (2000). Les communautés d'amphibiens dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Les anoures comme bio-indicateurs de l'état des habitats. *In* : Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan : 108-113.
- Rovero F., Tobler M. & Sanderson J. (2010). Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates. *In* : Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories and monitoring. Eymann J., Degreef J., Häuser C., Monje J.C., Samyn Y., VandenSpiegel D., *Abc Taxa*, vol 8, Belgium : 100-128.
- Rovero F., Zimmermann F., Berzi D. & Meek P. (2013a). " Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*, 24(2) :148-156.
- Rovero F., Collett L., Ricci S., Martin E. & Spitale D. (2013b). Distribution, occupancy, and habitat associations of the gray-faced sengi (*Rhynchocyon udzungwensis*) as revealed by camera traps. *Journal of Mammalogy*, 94(4) : 792-800.
- Rovero F., Martin E., Rosa M., Ahumada J.A. & Spitale D. (2014). Estimating species richness and modelling habitat preferences of tropical forest mammals from camera trap data. *Plos One*, 9(7) : e103300.
- Royle J.A. & Nichols J.D. (2003). Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. *Ecology*, 84(3) : 777-790.

- Sam M.K., Danquah E., Oppong S.K. & Ashie E.A. (2005). Nature and extent of human-elephant conflict in Bia Conservation Area, Ghana. *Pachyderm*, 38 : 49-58.
- Schweter M. (2004). Suivi de la surface de forêt du Parc National de Taï. Rapport d'activité, Mannheim (Allemagne), 26 p.
- Scoupe M. (2011). Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Faculté des sciences, Université de Genève, 194 p.
- Seaver K.A. (2009). Desirable teeth : the medieval trade in Arctic and African ivory. *Journal of Global History*, 4(2) : 271-292.
- Shoshani J. & Eisenberg J.F. (1982). *Elephas maximus*. *Mammalian species*, 182 : 1-8.
- Shoshani J. & Tassy P. (2005). Advances in proboscidean taxonomy and classification, anatomy and physiology, and ecology and behavior. *Quaternary International*, 126 : 5-20.
- Shoshani J., Sanders W.J. & Tassy P. (2001). Elephants and other Proboscideans : a summary of recent findings and new taxonomic suggestions. In *La terra degli Elefanti—The world of Elephants, Proceedings of the 1st International Congress* : 676-679.
- Snyder D.K., Mneney P.B. & Wittemyer G. (2019). Predicting the risk of illegal activity and evaluating law enforcement interventions in the western Serengeti. *Conservation Science and Practice*, 1(9) : 1-13.
- Spinage C.A. (1973). A review of ivory exploitation and elephant population trends in Africa. *African Journal of Ecology*, 11(3-4) : 281-289.
- Stiles D. (2009). The elephant and ivory trade in Thailand. A Traffic Southeast Asia report, Petaling Java, Selangor, Malaysia, 62 p.
- Tagg N., Willie J., Duarte J., Petre C.-A. & Fa J.E. (2015). Conservation research presence protects: a case study of great ape abundance in the Dja region, Cameroon. *Animal Conservation*, 18 : 489-498.
- Tchamba M.N. (1992). Defaecation by the African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) in the Santchou reserve, Cameroon. *Mammalia*, 56 : 155-159.

- Theuerkauf J., Ellenberg H. & Guiro Y. (2000). Group structure of forest elephants in the Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 38(3) : 262-264.
- Thouless C.R., Dublin H.T., Blanc J.J., Skinner D.P., Daniel T.E., Taylor R.D., Maisels F., Frederick H.L. & Bouché P. (2016). African Elephant Status Report 2016 : an update from the African Elephant Database. Occasional Paper Series of the IUCN Species Survival Commission, No. 60 IUCN / SSC Africa Elephant Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland, 309 p.
- Tiedoué M.R., Normand E., Diarrassouba A., Tondossama A. & Boesch C. (2015). Etat de conservation du Parc national de Taï : Résultats du suivi écologique, Phase 10. Office Ivoirien des Parcs et Réserves/Direction de Zone Sud-Ouest. Soubré, Côte d'Ivoire, 38 p.
- Tiedoué M.R., Diarrassouba A., Tondossama A. (2016). Etat de conservation du Parc national de Taï : Résultats du suivi écologique, Phase 11. Office Ivoirien des Parcs et Réserves/Direction de Zone Sud-Ouest. Soubré, Côte d'Ivoire, 31 p.
- Tiedoué M.R., Koné S.S., Diarrassouba A. & Tondossama A., (2018). Etat de conservation du Parc national de Taï : Résultats du suivi écologique, Phase 12. Office Ivoirien des Parcs et Réserves/Direction de Zone Sud-Ouest. Soubré, Côte d'Ivoire, 37 p.
- Trolliet F., Vermeulen C., Huynen M.C. & Hambuckers A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies : a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18(3) : 446-454.
- Turkalo A. (1996). Studying forest elephants by direct observation in the Dzanga clearing : an update. *Pachyderm*, 22 : 59-60.
- UICN/PAPACO (2009). Patrimoine Mondial Naturel de l'Afrique de l'Ouest : état, valeurs du label et priorités de conservation. UICN-PACO-Programmes Aires Protégées (Voir www.papaco.org), Ouagadougou, Burkina Faso, 71 p.
- Van Bockstael S. (2019). Land grabbing "from below" ? Illicit artisanal gold mining and access to land in post-conflict Côte d'Ivoire. *Land use policy*, 81 : 904-914.
- Vanleeuwe H., Gautier-Hion A. & Cajani S. (1997). Forest clearings and the conservation of elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) in North East Congo Republic. *Pachyderm*, 24 : 46-52.

- Varlet F. (2013). Etude de la production du cacao en zone riveraine du Parc National de Taï, Patrimoine mondial, réserve de biosphère. Rapport, GIZ, Abidjan, 190 p.
- Vimercati E. (2009). Comparaison de différentes méthodes de comptage pour le monitoring de la moyenne et grande faune dans la Beekeeping Zone d'Inyonga, Ouest de la Tanzanie. Thèse de Bachelor en gestion de la nature, Haute Ecole du Paysage d'Ingénierie et D'Architecture de Genève, Suisse, 48 p.
- Wagenmakers E.J. & Farrell S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic bulletin & review*, 11(1) : 192-196.
- Wearn O.R. & Glover-Kapfer P. (2017). Camera-trapping for conservation : a guide to best-practices. *WWF Conservation Technology*, Series 1(1), United Kingdom, 180 p.
- Western D. (1989). The ecological role of elephants in Africa. *Pachyderm*, 12 : 42- 45.
- White L.J., Tutin C.E. & Fernandez M. (1993). Group composition and diet of forest elephants, *Loxodonta africana cyclotis* Matschie 1900, in the Lopé Reserve, Gabon. *African Journal of Ecology*, 31(3) : 181-199.
- Wittemyer G., Douglas-Hamilton I. & Getz W.M. (2005). The socioecology of elephants : analysis of the processes creating multitiered social structures. *Animal Behaviour*, 69 : 1357-1371.
- WWF (2018). Soyons ambitieux. Grooten M. & Almond R.E.A. (Eds). Rapport planète vivante, Gland, Suisse, 35 p.
- Xu Y., Xiao Y., Guan J. & Lau W. (2016). An action to save african elephants : a ban on commercial ivory trade in China, a feasibility study briefing. WWF and TRAFFIC, Beijing, China, 16 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques du piège photographique TROPHY CAM HD, modèle 119837

Caractéristiques	Valeur ou propriété
Capteur d'images	3 Mpx couleur CMOS
Résolution maximale	4624*3468 (16 Mpx)
Objectif	Focale=2,8 ; Champ de vision=38°
Portée du flash infrarouge	12-30 m
Ecran d'affichage	Affichage monochrome : 24*32 mm (1,5 pouces)
Carte mémoire	SD ou SDHC, capacité maximum 32 Go
Mémoire interne	64 Mo
Taille des photos	HD=1920*1440 ; 4 K=3840*2880 ; 16 Mpx=4624*3468
Taille des vidéos	1280*720 ; 640*360 (pixels)
Sensibilité du capteur PIR	Capteur PIR à 4 niveaux de sensibilité : auto, élevée, normale et faible
Fonctionnement	Programmable : 24 h, jour uniquement ou nuit uniquement
Vitesse de déclenchement	0,3s
Intervalle de déclenchement (Temps de récupération)	Programmable : 1s-60 Min
Nombres de prises de vue en rafale	Programmable : 1-3
Durée des vidéos	Programmable : 5s-60s (15s maximum pour les vidéos de nuit)
Alimentation	8 piles AA requises
Consommation en mode veille	0,08 mA (7 mA/Jour)
Interface utilisateur	Ecran LCD monochrome
Sécurité	Sangle, filetage sous l'appareil pour fixation sur pied
Température de fonctionnement	De -20°C à 60°C
Taux d'humidité acceptable	5% à 90%

Annexe 2 : Fiche d'installation de pièges photographiques pour le suivi des éléphants au Parc National de Taï

SUIVI DES ELEPHANTS AU PARC NATIONAL DE TAÏ

Fiche de collecte de données par piégeage photographique (installation)

Secteur : V6.

Zone du secteur : Soubré

Enquêteur : KOFFI... JVES RICHARD

Membres d'équipe d'installation : Antoine-Aimé... sgt/C. Oulai... sgt... Jean... Roch... ..

Camera ID (N° Piège photo)	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Altitude (m)	Date d'installation	Heure d'installation (h : min)	Habitat (FMSS, FMSF, FSH)	Canopée et strate* (F, O, H, M, B)	Distance du dernier cours d'eau	Commentaire
X87	71 49 57	65 00 17	218	10-10-017	13h 08	FMSF	F		pas de traces 146
X86	70 89 45	64 99 37	207	11-10-017		FMSF	F	464 m	traces avec présence 145 recense mac
X⑥	71 48 83	64 39 97	214	11-10-017	11 h 34	FMSD	O	843	1,50m sur piste ele
X4	70 20 24	64 40 90	160	13-10-017	9 h 22	FMSF	F	864	1,50m sur piste ele
X5	70 89 21	64 39 84	220	13-10-017	16 h 00	FMSF	F	2,69 km	1,48m sur piste ele
X12	70 89 00	63 80 10	196	14-10-017	9 h 53	FSHD	F	5 m	1,50m sur piste ele
X13	71 48 15	63 79 60	210	14-10-017	13 h 36	FMSF	F	1,26 km	1,26m piste et mac
X20	71 48 94	63 21 04	259	15-10-017	10 h 24	FMSD	O	2,05 km	1,50m piste eleph
X19	70 89 80	63 20 55	218	15-10-017	13 h 33	FMSF	F	1,15 km	1,44m croue et piste
X26	70 89 46	62 60 56	171	16-10-017	9 h 11	FMSF	F	977 m	1,50 m ancienne piste
X27	71 49 46	62 60 56	145	16-10-017	11 h 41	FMSD	O	1,37 km	1,32 m sur piste eleph
X21	72 09 59	63 20 57	158	16-10-017	15 h 41	FSHD	F	432 m	1,38 m piste Eleph.
7	72 10 98	64 19 10	210	17-10-017	12 h 36	FMSF	H	2,60 km	1,35m

Canopée / F : Fermée ; O : Ouverte

Strate : Basse (B); Moyenne (M); H(Haute)

Annexe 3 : Fiche de retrait de pièges photographiques

SUIVI DES ELEPHANTS AU PARC NATIONAL DE TAÏ

Fiche de collecte de données par piégeage photographique (retrait)

Secteur : V6

Zone du secteur : V6./Soubre

Enquêteur : KOFFI JVES RICHARD

Membres d'équipe d'installation : ANTOINE - AIME - YAPI - TRAORE

Camera ID (N° Piège photo)	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Altitude (m)	Date de retrait	Heure de retrait (h:min)	Habitat (FMSO, FMSF, FSH)	Canopée et strate* (F, O, H, M, B)	Distance du dernier cours d'eau	Commentaire
CAM81	071 47 44	065 59 97	205	13-12-017	15h13	FMSO	HO	-	PAS de trace
CAM80	0709 06 5	065 58 56	183	14-12-017	9:46	FMSO	BF	-	Ancienne trace
CAM85	0703 2 54	064 98 22	173	14-12-017	16:30	FMSO	HO	-	Anciennes traces
CAM86	070 89 43	064 99 36	189	15-12-017	10:43	FMSF	BF	464m	Anciens trace
CAM5	70 89 30	64 39 83	209	15-12-017	14:44	FMSF	HF	-	Ancienne trace
CAM4	70 30 20	64 40 92	181	16-12-017	08:37	FMSF	BF	-	Ancienne trace
CAM12	70 88 78	63 80 08	175	16-12-017	13:41	FSHD	BF	5m	Ancienne trace
CAM19	70 89 79	63 20 59	171	17-12-017	10:09	FMSF	HF	-	pas de trace
CAM26	70 89 57	62 60 61	140	17-12-017	12:55	FMSF	BF	977m	Ancienne trace
CAM27	71 49 56	62 60 56	159	17-12-017	16:18	FMSO	HO	102	Ancienne trace
CAM21	72 09 57	63 20 65	151	18-12-017	13:09	FSHD	BF	432	Ancienne trace
CAM20	71 48 85	63 21 09	196	18-12-017	16:51	FMSO	HO	-	trace récente
CAM13	71 48 08	63 79 61	203	19-12-017	11:02	FMSF	BF	315	pas de trace
CAM6	71 48 69	64 39 95	221	19-12-017	16:13	FMSO	O		pas de Nouvelle Trace

Canopée / F : Fermée ; O : Ouverte

Strate : Basse (B); Moyenne (M); H(Haute)

Annexe 4 : Point d'installation des pièges photographiques et leurs coordonnées

ID_PP	Longitude	Latitude
1	684928,13	643988,7
2	690928,13	643988,7
3	696928,13	643988,7
4	702928,13	643988,7
5	708928,13	643988,7
6	714928,13	643988,7
7	720928,13	643988,7
8	684928,13	637988,7
9	690928,13	637988,7
10	696928,13	637988,7
11	702928,13	637988,7
12	708928,13	637988,7
13	714928,13	637988,7
14	720928,13	637988,7
15	726928,13	637988,7
16	690928,13	631988,7
17	696928,13	631988,7
18	702928,13	631988,7
19	708928,13	631988,7
20	714928,13	631988,7
21	720928,13	631988,7
22	726928,13	631988,7
23	690928,13	625988,7
24	696928,13	625988,7

ID_PP	Longitude	Latitude
45	696928,13	595988,7
46	702928,13	595988,7
47	708928,13	595988,7
48	714928,13	595988,7
49	720928,13	595988,7
50	726928,13	595988,7
51	732928,13	595988,7
52	738928,13	595988,7
53	696928,13	589988,7
54	702928,13	589988,7
55	708928,13	589988,7
56	714928,13	589988,7
57	720928,13	589988,7
58	726928,13	589988,7
59	732928,13	589988,7
60	702928,13	583988,7
61	708928,13	583988,7
62	714928,13	583988,7
63	720928,13	583988,7
64	726928,13	583988,7
65	732928,13	583988,7
66	708928,13	577988,7
67	714928,13	577988,7
68	714928,13	571988,7

25	702928,13	625988,7
26	708928,13	625988,7
27	714928,13	625988,7
28	696928,13	619988,7
29	702928,13	619988,7
30	708928,13	619988,7
31	714928,13	619988,7
32	696928,13	613988,7
33	702928,13	613988,7
34	708928,13	613988,7
35	714928,13	613988,7
36	708928,13	607988,7
37	714928,13	607988,7
38	696928,13	601988,7
39	702928,13	601988,7
40	708928,13	601988,7
41	714928,13	601988,7
42	720928,13	601988,7
43	726928,13	601988,7
44	732928,13	601988,7

69	702928,13	673988,7
70	702928,13	667988,7
71	684928,13	661988,7
72	690928,13	661988,7
73	696928,13	661988,7
74	702928,13	661988,7
75	708928,13	661988,7
76	684928,13	655988,7
77	690928,13	655988,7
78	696928,13	655988,7
79	702928,13	655988,7
80	708928,13	655988,7
81	714928,13	655988,7
82	684928,13	649988,7
83	690928,13	649988,7
84	696928,13	649988,7
85	702928,13	649988,7
86	708928,13	649988,7
87	714928,13	649988,7

Annexe 5 : Détectabilité des éléphants au Parc National de Taï suivant les sites d'installation des pièges photographiques

ID_PP	Zone	Longitude	Latitude	Détectabilité
3	Nord	696932	644254	0,5199
4	Nord	703024	644090	0,8484
5	Nord	708921	643984	0,7127
6	Nord	714883	643997	0,5991
7	Nord	720928,133	643988,698	0,1803
9	Nord	690939	637936	0,0248
10	Nord	697114	637903	0,199
11	Nord	702711	637962	0,6543
13	Nord	714815	637960	0,5823
14	Nord	721013	638167	0,2502
15	Nord	726890	638058	0,0286
16	Nord	690911	631952	0,0067
17	Nord	696995	631784	0,077
18	Nord	703003	631993	0,5237
19	Nord	708694	631990	0,8163
20	Nord	714894	632104	0,6921
21	Nord	722039	634150	0,1483
22	Nord	726768	632055	0,0134
23	Nord	691026	626031	0,0037
24	Nord	696421	625567	0,0148
25	Nord	702969	625914	0,1392
26	Nord	709030	626001	0,5129
27	Nord	714946	626056	0,2303
28	Sud	696976	619844	0,417
29	Sud	703057	619847	0,6157
30	Sud	708813	620010	0,1399
32	Sud	696975	613919	0,5778
34	Sud	708683	614059	0,34
35	Sud	714934	614089	0,2806
36	Sud	708918	607957	0,4815
39	Sud	702799	602127	0,6153
40	Sud	708963	601738	0,6791
41	Sud	714981	602022	0,4425
42	Sud	720891	601750	0,453
43	Sud	727021	601923	0,273
44	Sud	732921	602015	0,0726
45	Sud	696899	596145	0,5575
46	Sud	703047	595958	0,7825
48	Sud	714851	595786	0,6648
49	Sud	720743	595909	0,788
50	Sud	726977	596212	0,6928
51	Sud	732947	596022	0,4139
52	Sud	739024	596000	0,0632
53	Sud	696906	589984	0,4896
54	Sud	702847	589931	0,7694

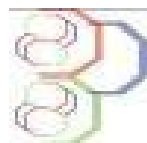
55	Sud	708858	589800	0,7755
56	Sud	714895	589848	0,6618
57	Sud	721083	589948	0,4621
58	Sud	727123	589882	0,6802
59	Sud	732866	590168	0,2478
60	Sud	702725	583845	0,6013
61	Sud	708979	583876	0,8967
62	Sud	714033	583106	0,8518
63	Sud	720826	584094	0,2055
64	Sud	726885	584010	0,2054
65	Sud	732859	584001	0,1085
66	Sud	709132	578150	0,6439
67	Sud	714960	578048	0,5476
69	Nord	702995	673784	0,0012
70	Nord	703008	667813	0,0109
71	Nord	684931	661952	0,1023
72	Nord	691081	661952	0,5395
73	Nord	696907	662003	0,2341
74	Nord	702941	661961	0,1045
75	Nord	708771	661921	0,0735
76	Nord	684934	655982	0,1629
77	Nord	690944	655942	0,6358
78	Nord	697194	656044	0,9005
79	Nord	702807	655875	0,4854
80	Nord	709057	655854	0,4336
81	Nord	714746	655994	0,0534
82	Nord	684930	649989	0,1032
83	Nord	690754	649886	0,4431
84	Nord	697108	649860	0,8306
85	Nord	702344	649826	0,7964
86	Nord	709237	649972	0,6991
87	Nord	714957	650017	0,2532

Annexe 6 : Estimation de l'abondance des éléphants au Parc National de Taï suivant les points d'installation des pièges photographiques

ID_PP	Abondance/site	Intervalle de confiance à 95%	
		Minimum	Maximum
3	142,68	43,36	469,5
4	134,47	40,87	442,5
5	118,1	35,89	388,61
6	73,56	22,36	242,07
7	44,05	13,39	144,96
9	101,18	30,75	332,95
10	109,56	33,29	360,5
11	111,29	33,82	366,2
13	77,98	23,7	256,58
14	45,13	13,71	148,5
15	26,64	8,09	87,65
16	77,83	23,65	256,1
17	87,54	26,6	288,05
18	92,11	27,99	303,1
19	87,12	26,47	286,66
20	63,06	19,16	207,51
21	39,56	12,02	130,17
22	22,75	6,91	74,86
23	56,97	17,31	187,46
24	63,01	19,15	207,33
25	61,42	18,66	202,1
26	63,37	19,26	208,52
27	44,77	13,6	147,3
28	42,05	12,78	138,37
29	54,57	16,58	179,56
30	66,54	20,22	218,95
32	62,05	18,86	204,17
34	85,9	26,1	282,65
35	57,61	17,51	189,56
36	103,4	31,42	340,26
39	110,57	33,6	363,85
40	120,3	36,56	395,87
41	92,33	28,05	303,81
42	56,21	17,08	184,96
43	36,42	11,07	119,84
44	23,24	7,06	76,48
45	82,15	24,96	270,31
46	108,45	32,96	356,87
48	112,33	34,14	369,63
49	71,54	21,74	235,42
50	46,44	14,11	152,82
51	28,17	8,56	92,71
52	16,6	5,05	54,63
53	69,71	21,18	229,37

54	87,87	26,7	289,14
55	93,48	28,41	307,6
56	91,76	27,89	301,96
57	69,91	21,24	230,04
58	43,89	13,34	144,44
59	25,18	7,65	82,85
60	57,89	17,59	190,5
61	62,69	19,05	206,3
62	63,12	19,18	207,71
63	46,69	14,19	153,64
64	35,64	10,83	117,28
65	24,34	7,4	80,1
66	40,9	12,43	134,6
67	41,3	12,55	135,91
69	28,36	8,62	93,33
70	45,41	13,8	149,44
71	97,99	29,78	322,44
72	122,29	37,16	402,41
73	99,87	30,35	328,63
74	72,85	22,14	239,73
75	56,95	17,31	187,39
76	125,86	38,25	414,14
77	157,71	47,93	518,96
78	157,02	47,72	516,68
79	113,75	34,57	374,32
80	77,47	23,54	254,94
81	45,81	13,92	150,73
82	113,74	34,56	374,27
83	146,03	44,38	480,51
84	171,06	51,98	562,89
85	159,01	48,32	523,24
86	96,04	29,19	316,04
87	58,34	17,73	191,96
Moyenne	76,89545455	23,36753247	253,031039

PUBLICATION ISSUE DE
LA THESE



Spatial distribution and period of activity of the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) at Taï National Park, south western Côte d'Ivoire

Malé Roger KELY^{1,2}, Célestin Yao KOUAKOU^{*1,2}, Jean-Claude Koffi BENE¹, André Djaha KOFFI^{1,2}, Kouamé Antoine N'GUESSAN¹, Manouhin Roland TIEDOUE³

¹Laboratoire de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes Tropicaux de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

³Office Ivoirien des Parcs et Réserves, Côte d'Ivoire,

*Corresponding author: Célestin Yao KOUAKOU Email: koyacel7@yahoo.fr or celestin.kouakou@csrs.ci

Original submitted in on 19th September 2018. Published online at www.m.elewa.org on 31st January 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v133i1.6>

ABSTRACT

Objective: This study aims at determining the spatial distribution and period of activities of the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) at Taï National Park (TNP) to contribute to its conservation.

Methodology and results: Observations of elephants at different locations and time periods were recorded by using 87 camera traps with date and time-stamped settings. Cameras were installed following a systematic placement approach, and their geographic coordinates were recorded using a GPS. After 120 days of trapping, we observed a high concentration of activities in the southern areas of the park. For the period of activities, we noted that observations of unit individuals were recurrent during the day while those of elephant groups were more important at night.

Conclusion and application of the results: The south of the park where there is a large distribution of elephants would be more favourable to these animals. The small number and remoteness of large cities on the periphery of this area of the park could explain that pattern. The distribution and activity period information is useful for park surveillance by rangers. In addition, further studies are needed for a better explanation on the distribution pattern of elephants at TNP.

Key words: Taï National Park, elephant, camera traps, distribution, activity period.

INTRODUCTION

The Ivorian territory has been one of the most important areas for elephant populations during the past centuries within the West African region. But, the country Côte d'Ivoire-also named Ivory Coast-was the centre of an extremely lucrative ivory trade and was recognised as one of the most important carving centres (Courouble *et al.*, 2003). The elephant, particularly sensitive to human pressure,

is now confined to a few protected areas, as in the rest of West Africa (Roth et Douglas-Hamilton, 1991; Barnes, 1999; Sam *et al.*, 2002; Hubert *et al.*, 2010). From independence (1960) to the present day, forest cover has been greatly reduced, leading to the loss of animal habitat (Coulibaly, 1998; Koné *et al.*, 2014; Béné *et al.*, 2015). To offset this erosion of biodiversity, the

Ivorian authorities have created a network of protected areas. Unfortunately, these protected areas, refuges for biodiversity in general, and the fauna in particular, are also subjected to aggressive human behaviour such as poaching, panning and infiltration for agricultural purposes (Coullin et Amadou, 2006). All these attacks have damaging consequences on the biodiversity of protected areas. Taï National Park (TNP) is one of the best-preserved parks in the sub-region (Schweter, 2004) and one of the few sites in Côte d'Ivoire where it is possible to say with confidence that the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) is present. Its presence in other parks such as Marahoué National Park, Mount Péko National Park and Mount Sangbé National Park remains hypothetical, given the pressures they face (Béné *et al.*, 2015). Research studies have focused on TNP elephants, particularly on the

ecological niche (Alexandre, 1978), biology and habitat (Merz, 1981), group size (Merz, 1986), spatial distribution (Merz and Hoppe-Dominik, 1991, Boafo and Nandjui, 2011), human-elephant conflict (Ouattara *et al.*, 2010) and abundance (Boafo and Nandjui, 2011). Although some of these studies have focused on the spatial distribution of elephants in TNP, this information requires updating. However, none of these studies focused on the period when the species is active. We therefore propose in this study to fill this information gap, since it is of interest to park managers in their surveillance activity. In addition, this information is essential to better understand the ecology of the species. The purpose of this study is to establish the current distribution of elephants in the PNT and to determine their periods of activity.

METHODS

Study site: This study took place in the Taï National Park (Figure 1), located in the south-west of Côte d'Ivoire, between the Cavally and Sassandra rivers, in a quadrilateral formed by the cities of Guiglo, Buyo, San Pédro and Taboo. It is located between 5 ° 08 'and 6 ° 24' north latitude and 6 ° 47 'and 7 ° 25' west longitude (Kouakou *et al.*, 2009). The park is subject to an equatorial four-season transition climate, characterized by two rainy seasons and two dry seasons. There is a big rainy season from mid-March to July and a small rainy season from September to October. They are separated by a short dry season (in August) and a long dry season (November to mid-March). The average annual rainfall is about 1800 mm. It ranges from 1700 mm in the north to 2200 mm in the south of the park (Chatelain *et al.*, 2001). The average temperature is 24.5 ° C in the north and 26 ° C in the south (Van Rompaey, 1994). The atmospheric relative humidity is always very high, ranging from 85% to 90% under forest cover, and the air is almost saturated all night

(Bousquet, 1978). The harmattan is irregular and very little felt; for a maximum of one or two weeks between December and January (Adou *et al.*, 2005). The TNP belongs to the ombrophile sector (Chatelain *et al.*, 2001). The flora is rich, with at least 1350 plant species, of which 80 are endemic and 26 are on the IUCN Red List (Chatelain et Kadjo, 2000). In terms of fauna, the 536,000 hectares park contains about 145 mammal species, corresponding to 93% of the species in this zoological group of the West Guinean forest zone; among which the Jentink's duiker (*Cephalophus jentinki*), the zebra duiker (*Cephalophus zebra*) and the Diana's cercopithecus (*Cercopithecus diana diana*) are endemic to the region from Sierra Leone to Taï (Bousquet, 1978). The forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*), a vulnerable species according to the IUCN Red List (IUCN, 2018) and listed in CITES Appendix I (CITES, 2017), is part of this rich faunal heritage.

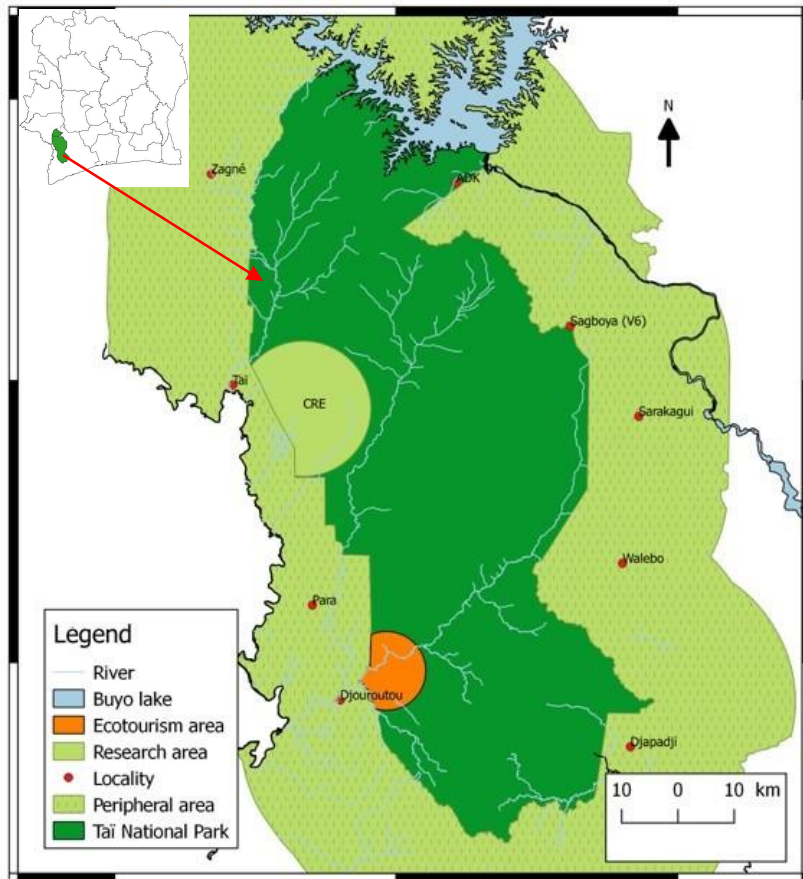


Figure 1: Study site

Data collection: Unlike conventional linear transect index counting methods in previous studies, data collection was done using Bushnell camera traps with passive infrared sensor. The installation of camera traps was done according to a systematic design in which the first point was chosen in a random way using the Qgis 2.10.1 Software; the distance between adjacent sampling points was 6 km. This design

generated 87 camera traps' (CTs) installation points throughout the TNP (Figure 2). Trapping was done for 120 days from 09 June 2016 to 08 August 2017 and from 10 October 2017 to 09 December 2017. CTs have been set to record photos alternating with 60 seconds video clips with the date and time of recording printed on them (date and time-stamped settings).

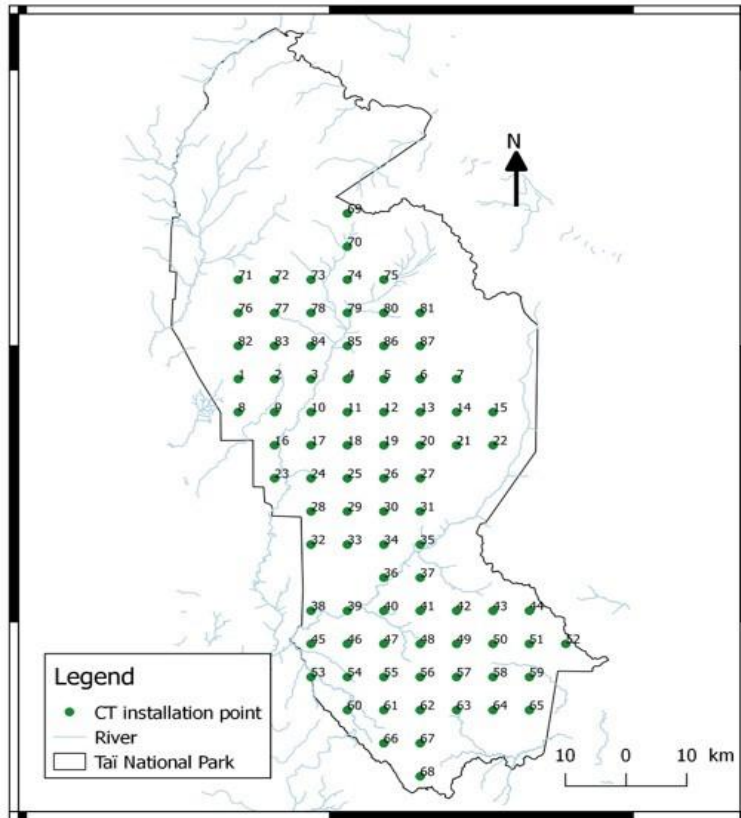


Figure 2: Trapping design for sampling elephants in Taï National Park.

CTs have been oriented to avoid having the sun in the lens. The installation position of the CT was marked using a GPS and the geographical coordinates noted on the data collection sheets. Then, the installation site of the photographic trap was characterized: canopy, characteristics of the undergrowth and type of index.

Data analysis: When analysing the data, the CT that has captured at least one elephant is rated CT positive while the CT that has not captured any elephant is rated CT negative. To analyse the influence of the type of association on the period of activity, we classify elephant captures into two categories: unit captures of individuals and group captures of individuals. For groups captures, we determined the total number of

individuals and the number of individuals for each age group (adult and young). From the time of each capture, we established the daily activity period of the elephants at TNP. For this purpose, the 24-hour day was divided into two periods of 12 hours each (the day from 6:00 to 17:59 and the night from 18:00 to 5:59). The notion of activity in this study refers to the period when the elephant is active, where it is moving about (Howe et al., 2017). The Qgis 2.10.1 software was used to generate elephants' distribution map. IBM SPSS Statistics version 22 software was used to perform comparison tests which were significant if the values of $P \leq 0.05$.

RESULTS

Spatial distribution of elephants of TNP: We recorded 77 CTs that actually worked, of which 23 captured at least one elephant. Thus, the proportion of positive CTs over the entire PNT is 29.87% of the PPs that actually worked. For the 23 positive CTs, we recorded 37 elephant captures including 19 individual unit captures and 18 group captures. We observed

elephants in the different areas of the TNP, but with a high concentration in the south of the park (Figure 3). In the centre and north of the park captures were made inland (far from the periphery). In the south, however, some captures have been made towards the western limits of the park.

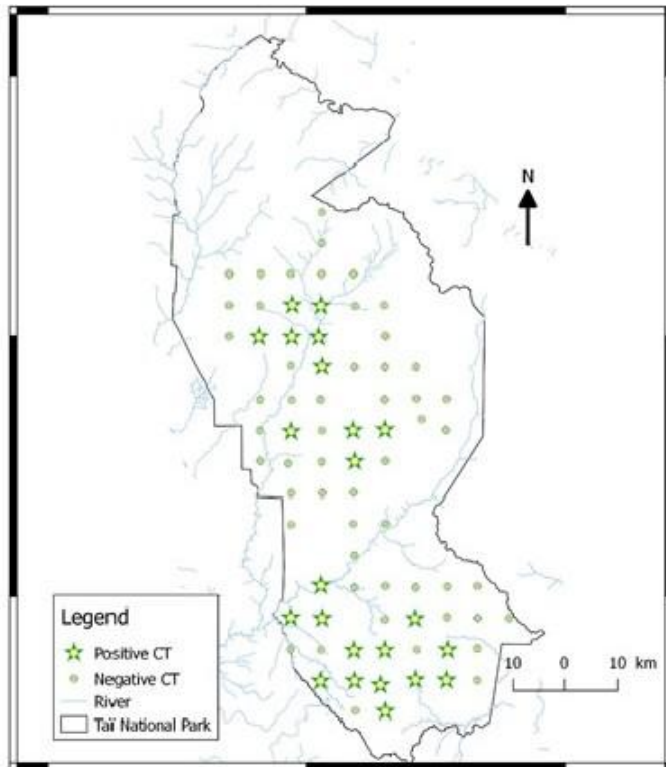


Figure 3: spatial distribution of elephants in Taï national Park

Daily activity period of TNP's elephants: Considering all captures (unit individual and group of individuals), we find that TNP elephants are active during all 24 hours of the day. A comparison of the number of captures during the two periods of the day (Figure 4) reveals that there is no significant difference between the intensity of daytime activities (51.35% of captures) and nocturnal activities (48.64% of captures), according to the t-test, (P-value = 0.819). The influence of the type of association on the activity period is highly significant (Pearson P-value chi-square test = 0.005).

Thus, a partition of the captures in individual unit captures and in group captures, makes it possible to establish the preferred periods of activity in each category. For individuals caught alone (Figure 5), we find a highly significant difference between daytime activity (73.68% of catches) and nocturnal activity (26.32% of catches), (P-value = 0.002), according to the t-test. For groups of individuals (Figure 6), we note a highly significant difference between nocturnal activity (72.22% of captures) and diurnal activity (27.78% of captures), according to t-test, (P- value = 0.006).

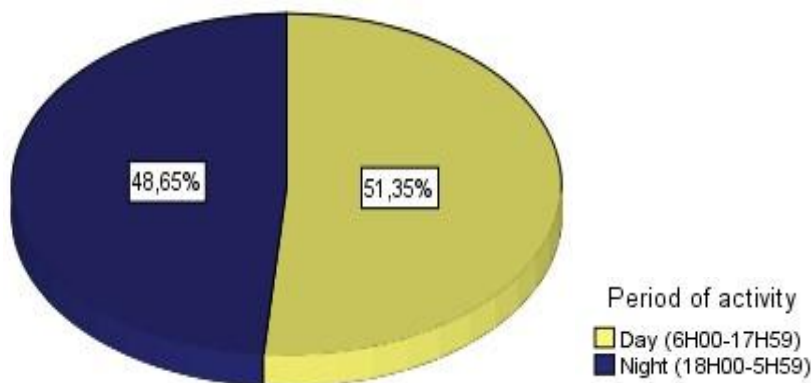


Figure 4: daily activity period of all elephants at PNT

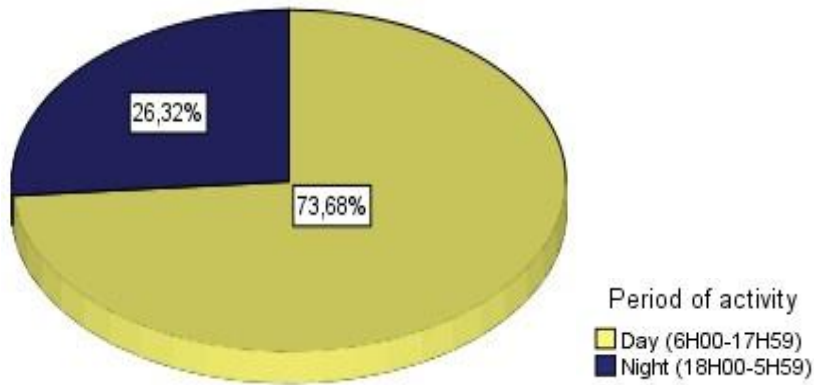


Figure 5: daily activity period of elephants detected alone at PNT

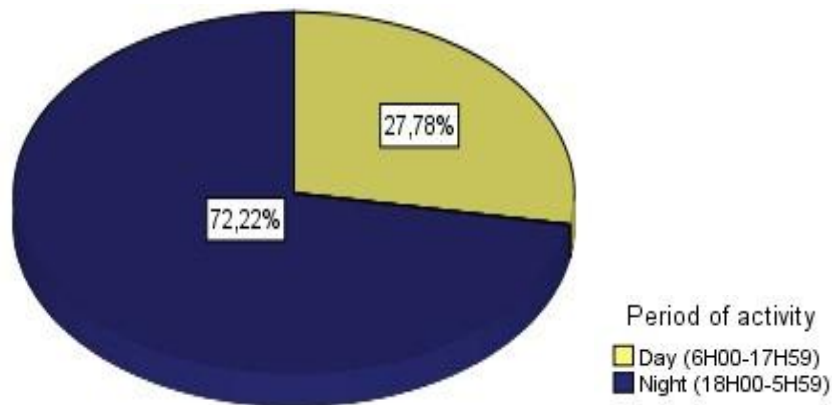
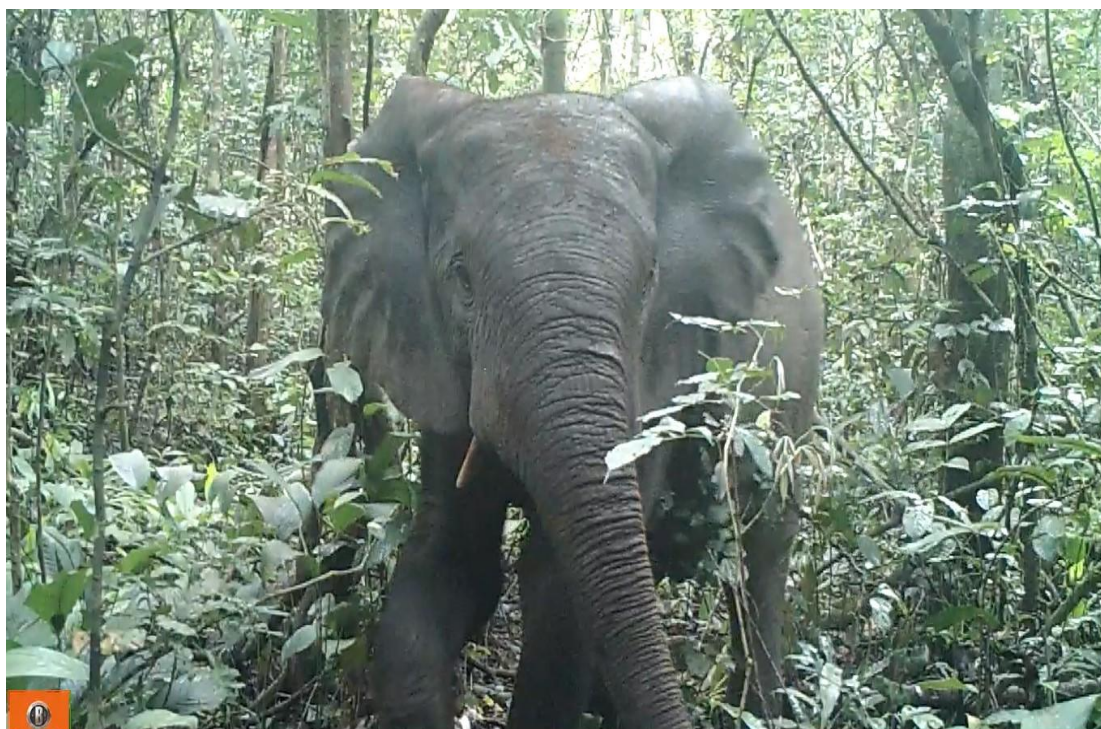


Figure 6: period of daily activity of elephant groups at PNT

An individual captured alone during daytime activity and a group of individuals captured during nocturnal activity

are illustrated with photograph 1 and photograph 2, respectively.



10-26-2017 12:02:09

Photograph 1: Forest elephant captured alone with camera trap during daytime activity at TNP



07-27-2016 19:07:38

Photograph 2: Forest elephants captured with camera trap in a group during nocturnal activity at TNP

DISCUSSION

This study provided updated information on two aspects of forest elephant ecology at the TNP: spatial distribution and daily activity period. The analysis of the elephant distribution map in the TNP suggests three areas of high elephant activity. This observation corroborates that of Tiedoué *et al.* (2016) who reported four large areas of elephant distribution at TNP. Indeed, the fourth zone located in the N'Zo reserve does not occur outside our sampling area. Among these three zones, the southern zone is the area most frequented by elephants and also, the area where we find a distribution both in the heart of the park and the periphery. This concentration of elephants in the south of the TNP could be explained by the small number and remoteness of large cities on the periphery of this area. Whereas in other areas, we encounter several large cities close to the park. The intensity and proximity of large cities could result in a density of human population which puts pressure on the park. This influence of cities on elephant distribution has been established by Barnes and Nandjui (2005) in the Zياما Reserve in Guinea. Regarding the elephant activity period at the TNP, we observed continuous elephant activity during all 24 hours of the day, with no significant difference between daytime and night time activity intensity. It has previously been shown that under normal circumstances, forest elephants are more active during the day than at night (Blake *et al.*, 2001; Foley,

2002). On the other hand, an equivalent level of activity between day and night would indicate the existence of anthropogenic pressures (Foley, 2002). But, this observation is only true when the captures of unitary individual and group of individuals are put together. Once partitioned, we find that individuals taken alone are more active during the day, whereas groups are more active at night. The individuals observed alone could be males, as it has been found that male elephants pursue an independent and more solitary existence with few social ties. Female members of the same family and their immature descendants live in very tight matriarchal family units (Poole, 1996). Thus, male elephants have a preferential daytime activity at TNP, whereas females have nocturnal activity. Opposition of activity peaks between males and females could have dramatic consequences on elephant breeding strategy at TNP (Ihwagi *et al.*, 2018). In addition, the increased sightings of elephant groups at night at the TNP is the result of poaching, which is the main source of pressure for the park (UNEP, 2015). According to Ihwagi *et al.* (2018), elephants become more active at night than during the day to avoid poaching. They also maintain that this attitude is even more pronounced in mothers accompanied by their offspring. Like any research involving camera traps, imperfect detection remains the major limitation of our study (Burton *et al.*, 2015).

CONCLUSION

At the end of this study, the presence of elephants in the different areas of the Taï National Park was noted, but with more activity in the south of the park. Regarding the period of activity of elephants at the TNP, it was noted that the individuals detected alone were preferentially diurnal whereas the groups were more nocturnal. This study recommends that, in the anti-poaching strategy at TNP the period of activity of

elephants and distribution should be taken into consideration. In addition, further studies are needed for a better explanation of the distribution pattern of elephants in TNP. Further investigation of spatio-temporal analyses of camera-trap data may be key for improving the understanding of how animal population, anthropogenic activities and surveillance activities within protected areas are interacting.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by the Volkswagen Foundation. We are very grateful to the Ivorian authorities, particularly, the Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable, and the Office Ivoirien des Parcs et Réserves, for their permission to conduct this research. We acknowledge the Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte

d'Ivoire, the Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology in Leipzig, and the Université Jean Lorougnon Guédé for their support during this study. We greatly acknowledge the numerous fieldwork assistants, Dr Hjalmar Kuehl and PD Dr Matthias Waltert for their help. We thank Elizabeth Kay for improving the English in this manuscript.

REFERENCES

- Adou CY, Blom EC, Dengueadé KTS, Van Rompaey RSAR, N'Guessan EK, Wittebolle G, Bongers F, 2005. Diversité floristique et végétation dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Abidjan, Tropenbos –Côte d'Ivoire série 5, 92 pp.
- Alexandre D Y, 1978. Le rôle disséminateur des éléphants en forêt de Taï, Côte-d'Ivoire. *Terre et vie* 32:47-72.
- Barnes R F W, 1999. Is there a future for elephants in West Africa? *Mammal Review*, 29:175 - 200.
- Barnes RFW and Nandjui A, 2005. Rapport sur l'inventaire des éléphants de la forêt classée de Ziama (juillet – décembre 2004), CITES/MIKE, le centre forestier, N'zérékoré et Conservation International, 48 pp.
- Béné J-C K, Daouda D, Eric N, 2015. Gestion durable de la faune et des ressources cynégétiques en Côte d'Ivoire. Rapport pour les Etats généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau, 100 pp.
- Blake S, Douglas-Hamilton I, Karesh WB, 2001. GPS telemetry of forest elephants in central Africa: results of a preliminary study. *African journal of ecology*, 39:78 -186.
- Boafo Y, Nandjui A, 2011. Report on the survey of elephants in the Taï National Park in south western Côte d'Ivoire. MIKE, technical report, 35 pp.
- Bousquet B, 1978. Un parc de forêt dense en Afrique: le parc national de Taï. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 179:27-46.
- Burton A C, Neilson E, Moreira D, Ladle A, Steenweg R, Fisher JT, Boutin S, 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52:675-685.
- Chatelain C and Kadjo B, 2000. Relations faune flore dans le PNT: une étude bibliographique. In Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). *Sempervira* 9, Abidjan: 134 - 136.
- Chatelain C, Kadjo B, Koné I, Refisch J, 2001. Relations Faune-Flore dans le Parc National de Taï: une étude bibliographique. Tropenbos-Côte d'Ivoire, 166 pp.
- CITES, 2017. Annexes I, II et III de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), valables à compter du 02 janvier 2017, 75 pp.
- Coulibaly N, 1998. Déforestation et activités agricoles en Côte d'Ivoire: recherche d'un nouvel équilibre. Thèse de doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt Faculté de Foresterie et de Géomatique Université Laval, Québec, 131 pp.
- Coullin G and Amadou B, 2006. Rapport de mission Suivi de l'état de la conservation du Parc National de Taï en Côte d'Ivoire, site de Patrimoine Mondial. IUCN & UNESCO, Switzerland & Paris, 27 pp.
- Courouble M, Hurst F, Milliken T, 2003. More Ivory than Elephants: domestic ivory markets in three West African countries. *Traffic Online Report series*, 8. 65 pp.
- Foley LS, 2002. The influence of environmental factors and human activity on elephant distribution. Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Natural Resource Management, Rural Land Ecology. 47 pp.
- Hibert F, Calenge C, Fritz H, Maillard D, Bouché P, Ipavec A, De Visscher MN, 2010. Spatial avoidance of invading pastoral cattle by wild ungulates: insights from using point process statistics. *Biodiversity and Conservation*, 19:2003-2024.
- Howe EJ, Buckland ST, Després-Einspenner ML, Kühl HS, 2017. Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, 8:1558-1565.
- Ihwagia FW, Thouless C, Wanga T, Skidmore AK, Omondi P, Douglas-Hamilton I, 2018. Night-day speed ratio of elephants as indicator of poaching levels, *Ecological Indicators*, 84:38-44.
- IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 13 August 2018.
- Koné M, Kouadio YL, Neuba DFR, Malan DF, Coulibaly L, 2014. Evolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7:782-794.
- Kouakou YC, Boesch C, Kuehl H, 2009. Estimating Chimpanzee Population Size with Nest

- Counts: Validating Methods in Taï National Park. *American Journal of Primatology*, 71:447-457.
- Merz G, 1981. Recherches sur la biologie de nutrition et les habitats préférés de l'éléphant de forêt, *Loxodonta africana cyclotis* Matschie, 1900. *Mammalia*, 45:299-312.
- Merz G, 1986. Movement patterns and group size of the African forest elephant *Loxodonta africana cyclotis* in the Tai National Park, Ivory Coast. *African journal of ecology*, 24:133-136.
- Merz G and Hoppe-Dominik B, 1991. Distribution and status of the forest elephant in the Ivory Coast, West Africa. *Pachyderm*, 14:22-24.
- Ouattara FA, Soulemane O, Nandjui A, Tondoh EJ, 2010. Etat des maraudes et des dégâts des cultures liés aux éléphants à l'ouest du secteur de Djouroutou dans le sud-ouest du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). *Pachyderm*, 47:36-44.
- PNUE, 2015. Côte d'Ivoire: évaluation environnementale post-conflit, rapport final, Nairobi (Kenya), 154 pp.
- Poole J, 1996. L'éléphant d'Afrique. In : l'étude des éléphants, Edité par Kangwana K., 7, Nairobi (Kenya) : 1-9.
- Roth HH and Douglas-Hamilton I, 1991. Distribution and status of elephants in West Africa (1). *Mammalia*, 55:489-528.
- Sam MK, Haizel CA, Barnes RFW, 2002. Do cattle determine elephant distribution in the Red Volta Valley of northern Ghana. *IUCN*, 39.
- Schweter M, 2004. Suivi de la surface de forêt du Parc National de Taï. Rapport d'activité, Mannheim (Allemagne), 26 pp.
- SCOUPPE M, 2011. Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Faculté des sciences, Université de Genève, 194 pp.
- Tiedoué MR, Diarrassouba A, Tondossama A, 2016. Etat de conservation du Parc national de Taï: Résultats du suivi écologique, Phase 11. Office Ivoirien des Parcs et Réserves/Direction de Zone Sud-ouest. Soubré, Côte d'Ivoire. 31 pp.
- UICN/PAPACO, 2009. Patrimoine Mondial Naturel de l'Afrique de l'Ouest: état, valeurs du label et priorités de conservation. UICN-PACO-Programmes Aires Protégées (Voir www.papaco.org), Ouagadougou (Burkina Faso), 71 pp.
- Van Rompaey RSAR, 1994. Le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Synthèse des connaissances. Riezebos EP, Vooren AP, Guillaumet JL (editor). Pays-Bas, Tropenbos série 8:42-50.

Résumé

La Côte d'Ivoire, pays situé en Afrique de l'Ouest, n'est pas en marge de l'effondrement généralisé de la biodiversité. Les Aires Protégées qui constituent les derniers refuges de la faune, sont également sous fortes pressions humaines. Le Parc National de Taï (PNT), reconnu comme l'un des parcs les mieux conservés du pays, renferme plusieurs espèces emblématiques, dont l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*). Bien que les éléphants du PNT aient fait l'objet de certaines études, il subsiste un déficit d'informations les concernant. Dans cette étude, nous nous sommes proposés de déterminer les caractéristiques de la population d'éléphants au PNT, par piégeage photographique, en vue de leur conservation durable au sein du Parc. Pour atteindre notre objectif, nous avons installé 87 pièges photographiques au sein du PNT, pendant 120 jours. Le modèle d'occupation de site a permis de déterminer deux grandes zones de forte activité des éléphants : une première zone, située à l'est de la zone de recherche en écologie et une deuxième zone dans la partie sud-ouest du parc. En outre, les prédictors de la distribution des éléphants dans la zone nord sont différents de ceux de la zone sud. Dans la zone nord du Parc, le rapprochement à la périphérie et l'augmentation du taux d'indices de braconnage entraînent une baisse de la probabilité de présence des éléphants. Cependant, dans la partie sud, le rapprochement au cours d'eau et l'augmentation de l'altitude influencent positivement la présence des éléphants. Le rapprochement aux zones de recherche ou d'écotourisme a un impact positif sur la présence des éléphants dans les deux zones. Le modèle d'hétérogénéité de Royle/Nichols a permis d'estimer la taille de la population d'éléphants du PNT à 77 individus. Pour la structure sociale, la taille moyenne des groupes a été estimée à $2,7 \pm 0,75$ individus (avec les individus solitaires) et à $4,5 \pm 1,04$ individus (sans les individus solitaires). Cette population est constituée de 39% de jeunes et de 19% d'individus solitaires. L'analyse de la période d'activité des éléphants révèle que les groupes ont une activité préférentiellement nocturne, contrairement aux individus solitaires qui ont une activité essentiellement diurne. Cette étude se veut importante dans la mesure où elle permet d'orienter les gestionnaires pour toute décision concernant les éléphants du PNT.

Mots clés : Parc National de Taï, Piège photographique, Eléphant de forêt, Abondance, Ecologie.

Abstract

Côte d'Ivoire, a country located in West Africa, is not spare of the general collapse of biodiversity. The protected areas, the last refuges for wildlife, are also subject to strong human pressure. The Taï National Park (TNP), recognized as one of the best protected area in the country, contains several emblematic species, including the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*). Although the TNP elephants have been the subject of some studies, there remains a lack of information concerning it biology and ecology. In this study, we set out to determine the characteristics of the elephant population at TNP, by camera trapping, for their sustainable conservation within the park. To achieve our objective, we installed 87 camera traps within the TNP, for 120 days. Occupancy model permitted to determine two main areas of high elephant activity: a first area located to the east of the ecological research area and a second area in the south-western part of the park. In addition, the predictors of elephant distribution in the northern zone are different from those in the southern zone. In the northern zone of the Park, the proximity to the periphery and the increase in the rate of poaching indices lead to a decrease in the elephants' occupancy. However in the southern part, the proximity to water resources and the increase in altitude positively influence the presence of elephants. The proximity to research or ecotourism areas has a positive impact on the presence of elephants in both areas. The Royle / Nichols heterogeneity model permitted to estimate the size of the TNP elephant population at 77 individuals. For social structure, the average group size was estimated at 2.7 ± 0.75 individuals (with solitary individuals) and 4.5 ± 1.04 individuals (without solitary individuals). This population is composed by 39% juveniles and 19% solitary individuals. Analysis of the period of activity of elephants reveals that groups are preferentially nocturnal, unlike solitary individuals who are essentially diurnal. This study is important because it provides guidance to managers in any decision concerning the elephants in the TNP.

Keywords : Taï National Park, Camera trap, Forest elephant, Abundance, Ecology