

# RAPPORT SUR L'INVENTAIRE DES ELEPHANTS DU PARC NATIONAL DE TAI DANS LE SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE

JUILLET 2011



Par

**YAW BOAFO†**  
**CITES-MIKE AFRIQUE DE L'OUEST**  
&  
**NANDJUI AWO†**  
**WWF CÔTE D'IVOIRE**

**Avec l'appui technique de :** Massalatchi M. Sani, Lt. Col Tondossama Adama, Lt. Yapi Fabrice, Capitaine T. Roland, Commandant D. G. Fernand, Lt. T. Dallo Felix, Lt. T. Guei Sébastien, Lt. Kodjo Casimir, Lt. N'djomon Nicolas, Lt. Yao Koffi, Lt. Aman Kodjo Casimir, Sgt. Attoungbre Denis, S/Lt. Djifofo Apollinaire.

---

† Décédé.



Ce rapport est dédié à la mémoire de Nandjui Awo et Yaw Boafo, co-auteurs, qui nous ont quitté avant la publication de ce rapport. Ils ont consacré ses vies à la conservation des éléphants en Afrique de l'Ouest. Sa passion pour le travail laissera un grand vide.

## TABLE DES MATIERES

RESUME .....	3
1.0 INTRODUCTION.....	4
<b>2.0 METHODES</b> .....	5
<b>2.1 Zone de l'étude</b> .....	5
2.2 <i>Etude de la dégradation des crottes</i> .....	5
2.3 <i>L'inventaire des layons</i> .....	6
2.4 <i>Analyses des données</i> .....	8
2.4.1 <i>Estimation des taux de dégradation des tas de crottes</i> .....	8
2.4.2 <i>Estimation de la densité des éléphants</i> .....	8
2.4.3 <i>Identification des facteurs qui influencent la distribution des éléphants</i> .....	9
<b>3.0 RESULTATS</b> .....	10
3.1 <i>Estimation de la densité de crottes</i> .....	10
3.2 <i>Taux de dégradation des crottes</i> .....	12
3.3 <i>Estimation de l'effectif des éléphants</i> .....	12
3.4 <i>Facteurs d'investigation influençant la distribution des éléphants</i> .....	13
3.4.1 <i>Braconnage et distribution des tas de crottes</i> .....	13
3.4.2 <i>Forêt marécageuses et distribution des déjections</i> .....	16
3.4.4 <i>Modélisation des facteurs pour expliquer la distribution</i> .....	18
<b>4.0 Renforcement des capacités de l'équipe de suivi écologique de Taï en techniques standard de suivi des éléphants de forêt.</b> .....	21
<b>5.0 DISCUSSION</b> .....	22
5.1 <i>Les effectifs des éléphants</i> .....	22
5.2 <i>Distribution des éléphants</i> .....	22
<b>6.0 CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS DE GESTION</b> .....	24
<b>7.0 REFERENCES</b> .....	25
<b>8.0 REMERCIEMENTS</b> .....	27
<b>9.0 ANNEXES</b> .....	28

## RESUME

Le Parc National de Taï est l'un des sites en Côte d'Ivoire dont la population d'éléphants est suivie par le programme CITES-MIKE. C'est aussi un domaine prioritaire du Plan d'Action sur les Espèces de WWF. Le programme CITES-MIKE, en collaboration avec le programme sur l'Eléphant d'Afrique de WWF et l'Office Ivoirien des Parcs Nationaux et des Réserves, a entrepris un inventaire complet des éléphants au moyen de la méthode de comptage des déjections dans le parc national de Taï. L'inventaire avait pour but d'actualiser les informations sur la situation de la population des éléphants de ce parc.

L'inventaire a été réalisé entre février et avril 2010 sur quatre-vingt layons mesurant un kilomètre chacun et disposés de manière systématique, en utilisant la méthode standard des transects linéaires. La densité des tas de crotte a été estimée à 144,27 par km<sup>2</sup> avec un intervalle de confiance de 95% allant de 73,60 à 282,82.

En prélude à l'inventaire des layons, nous avons marqué et suivi quatre vingt dix tas de crottes entre octobre 2009 et janvier 2010 afin d'en estimer le taux de dégradation. Nous avons estimé le temps moyen de survie des tas de crotte à 57,8278 jours avec une erreur standard de la moyenne (ES) égale à 4,0519. Ces estimations combinées au taux de défécation des éléphants de forêt, 19,77 déjections par jour d'après Tchamba (1992) ainsi qu'à la surface sur laquelle nous avons recensé ces signes d'éléphant (1495,21 km<sup>2</sup>) donnent une estimation de 189 éléphants (95% d'intervalle de confiance de 54 à 324).

La distribution spatiale de la population d'éléphants était négativement influencée par le braconnage et la densité par la distance des points d'eau. La densité des éléphants par exemple, était forte près des points d'eau. Nous avons trouvé deux zones de concentration des éléphants: une au nord et l'autre dans la partie méridionale du parc. Les équipes qui patrouillaient entre les deux secteurs à l'Est ne couvraient pas entièrement la zone. Elles laissaient un vide que les braconniers exploitaient. Nous suggérons que les responsables de ce secteur accordent une attention particulière aux zones de concentration de l'éléphant afin d'assurer la survie à long terme de la population.

## 1.0 INTRODUCTION

Les populations d'éléphants de l'Afrique de l'Ouest sont en baisse depuis la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, se confinant sur environ 70 petites aires de répartition fragmentées et isolées (Barnes *et al.*, 1999). Dans l'écosystème forestier en Haute Guinée, le complexe forestier de Taï-Grebo est la plus grande aire de répartition d'éléphants en forêt tropicale.

On utilise souvent le comptage des déjections pour estimer l'abondance et la distribution des éléphants dans la forêt. Il est reconnu que cette méthode donne des estimations fiables et précises (Barnes 2001, 2002). La détermination du statut des éléphants a toujours été une priorité pour les aménagistes de la faune de la sous-région ouest-africaine (AfESG, 1999).

Plusieurs études ont été conduites pour établir l'abondance et la distribution des éléphants du Parc National de Taï (Merz 1986, Hoppe-Dominik, 1989, Eggert 2004a) cependant, pour la plupart de ces études, les échantillons collectés étaient de petites tailles. D'où le doute sur le statut réel de la population des éléphants de Taï. Depuis 2005, la *Wild Chimpanzee Foundation*, en collaboration avec l'Office des Parcs et Réserves de la Côte d'Ivoire, a mis en place un programme de suivi de plusieurs espèces animales dans le Parc National de Taï. Ce programme a pour objectif de fournir des informations biologiques afin de mieux orienter les décisions de gestion durable de ce site. C'est dans le cadre de ce programme que s'inscrit la présente étude d'inventaire des éléphants de ce parc.

Le Parc National de Taï est l'un des sites de la Côte d'Ivoire dont la population d'éléphants est suivie par le programme CITES-MIKE. MIKE est l'abréviation de *Monitoring the Illegal Killing of Elephants* (Suivi de l'abattage illégal des éléphants). Il a été mis en place par les Parties à la Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages menacées d'extinction (CITES) pour fournir des informations qui faciliteront le dialogue et permettront la prise de décisions concernant les éléphants. Le Parc National de Taï est aussi un site prioritaire du Plan d'Action sur les Espèces de WWF. Le dernier inventaire des éléphants de Taï conduit par le programme MIKE utilisait la méthode de capture-recapture basée sur l'ADN (Eggert 2004a). Cet inventaire était aussi limité en termes de couverture de la zone d'étude dû à des contraintes de temps. C'est pourquoi le programme MIKE, en collaboration avec le programme sur l'Eléphant d'Afrique de WWF et l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), a entrepris un inventaire complet des éléphants du Parc National de Taï en utilisant les procédures standard de MIKE en matière d'inventaire d'éléphants (Hedges et Lawson, 2006). L'objectif global était de mettre à jour les données statistiques de la population d'éléphants de Taï afin d'améliorer la planification et la gestion à long-terme des espèces.

Les objectifs spécifiques de l'inventaire étaient de :

1. fournir des données actualisées sur la densité, l'abondance et la distribution spatiale de la population d'éléphants dans le Parc National de Taï.
2. identifier les menaces et autres facteurs qui influencent la densité et la distribution des éléphants dans le parc et comprendre leurs interrelations.
3. renforcer les capacités de l'équipe de suivi écologique de Taï en techniques standard de suivi des éléphants de forêt.

## 2.0 METHODES

### 2.1 Zone de l'étude

Le Parc National de Taï s'étend entre les latitudes 5°08'- 6°24' N et longitudes 6°47'- 7°25' W (figure 1) et entre les deux principaux fleuves, le Cavally et le Sassandra. La forêt de Taï a été déclarée réserve forestière et refuge de faune en 1926 et désignée Parc National en 1972 avec une superficie de 3500 km<sup>2</sup>. Elle fût reconnue comme Réserve de Biosphère de l'UNESCO en 1978 et Site Naturel du Patrimoine Mondial en 1982.

La végétation est de type forêt de plaine à feuillage persistant, riche en diversité biologique. Environ 1300 espèces de plantes ont été identifiées dans le parc. De plus amples informations sur le profil floral du parc sont données par Merz (1986). Des 140 espèces de mammifères identifiées, 12 espèces comme par exemple l'hippopotame nain *Hexaprotodon liberiensis*, les singes diana (*Cercopithecus diana*), le céphalophe de Jentink (*Cephalophus jentinki*) et le céphalophe-zèbre (*Cephalophus zebra*) sont endémiques. Le chimpanzé occidental (*Pan troglodytes*) et l'hippopotame nain par exemple sont classés espèces en danger (UICN 2011). Le Parc National de Taï est un important site pour la recherche sur les primates en Afrique de l'Ouest.

La température moyenne annuelle se situe entre 24 et 30°C (Anderson *et al.* 2005) et la pluviométrie annuelle varie d'une moyenne de 1700 mm au nord à 2200 mm au sud-ouest avec deux pics bimodaux. La principale saison humide va d'avril à juillet, et il y'a une plus courte période humide de septembre à octobre. Le parc est arrosé par les affluents des Fleuves Meno et Hana.

La forêt de Taï repose sur une pénéplaine de granite précambrien de migmatites, biotites et gneiss. Elle est relativement plate, à l'exception du plus haut point, le Mont Nienokoué qui atteint 396 m (DPN 1998).

Le parc est confronté à diverses menaces telles que le braconnage, l'exploitation minière et l'agriculture (Marc Patry; site Internet de l'UNESCO visité le 08 février 2011). Il est entouré par plus de 70 villages.

### 2.2 Etude de la dégradation des crottes

Laing *et al.* (2003), Hedges et Lawson (2006) recommandent qu'une étude rétrospective de la dégradation des crottes soit effectuée avant de commencer l'inventaire des déjections. L'étude de la dégradation permet d'obtenir le taux de dégradation des tas de crottes. C'est l'une des variables nécessaires pour convertir les densités de déjections en densités d'éléphants.

Cinq groupes de tas de crottes d'éléphant ont été marqués à trois semaines d'intervalles. La recherche a commencé en octobre 2009 et a pris fin en janvier 2010. Il était prévu de marquer six groupes de tas de crottes mais aucune déjection fraîche n'a pu être trouvée et marquée au cours de la 6<sup>ème</sup> mission sur le terrain. Des traces fraîches d'éléphants ont été recherchées et suivies pour obtenir des tas de crottes fraîches dans les catégories S1 et S2 (Hedges et Lawson, 2006). Les tas de crottes ont été numérotés et marqués avec une matière fluorescente rouge. Leurs positions ont été marquées avec le GPS. Les autres notes inscrites sur chaque tas de crottes marqué concernaient: la date d'observation, le nombre de crottes (boules) intactes,

le type de végétation et l'altitude. Tous les tas de crottes ont été revisités à mi-parcours de l'inventaire des layons afin de savoir si elles étaient toujours présentes où avaient complètement disparu.

### 2.3 L'inventaire des layons

Un logiciel SIG, ArcView 3.2, a été utilisé pour apposer une grille mesurant 5x5km<sup>2</sup> sur une carte du PN de Taï. L'intersection des lignes a été prise comme point de départ de chaque layon. Les layons ont été systématiquement répartis (Hedges et Lawson, 2006). Les layons ont été orientés perpendiculairement aux principales lignes de drainage. Nous avons localisé les points de départ sur le terrain en navigant avec la boussole et le GPS.

La méthode de transect linéaire (Buckland *et al.*, 2001) a été utilisée durant l'inventaire. Un boussolier aligne un jalon que tient une personne. Une fois le jalon piqué, le traceur de lignes trace la ligne définie et tous les autres membres de l'équipe, conduits par le boussolier marchent en file indienne en scrutant leur côté gauche et droit à la recherche de tas de crottes.

Quatre vingt quinze layons ont été répartis, mais seulement 80 ont pu être inventoriés. Chaque layon mesurait 1km de long, à l'exception de deux qui mesuraient 0,68 et 0,52 km (figure 1). Six équipes d'inventaire de quatre personnes chacune (sans les porteurs et l'agent des eaux et forêts qui s'occupait de la sécurité) ont été maintenues durant tout l'inventaire afin d'assurer une certaine consistance des procédures de collecte de données. Trois missions de terrain ont été organisées entre février et avril et chaque mission durait en moyenne douze jours.

Les notes suivantes ont été prises chaque fois qu'un tas de crottes était aperçu: la distance perpendiculaire des tas de crottes à l'axe principal du layon était mesurée en utilisant un mètre ruban, la distance le long du layon mesurée en utilisant un topo fil. Des notes ont aussi été prises sur les déjections et les activités illégales aperçues en dehors des layons c'est-à-dire, pendant la navigation entre les layons. Le niveau de dégradation de chaque tas de crottes a été classé selon le *MIKE S System* (Hedges et Lawson, 2006) :

S1 : toutes les boules sont intactes.

S2 : une ou plusieurs boules sont intactes.

S3 : aucune boule n'est intacte.

S4: le tas de crottes ne contient plus de matières fécales si ce n'est des traces, par exemple, de débris végétaux.

S5: Aucune matière fécale, y compris les débris végétaux, n'est présente.

Certaines variables liées à l'habitat, aux activités illégales et d'autres notes comprenant les variables dérivées du SIG pour chaque layon apparaissent dans le tableau 1.

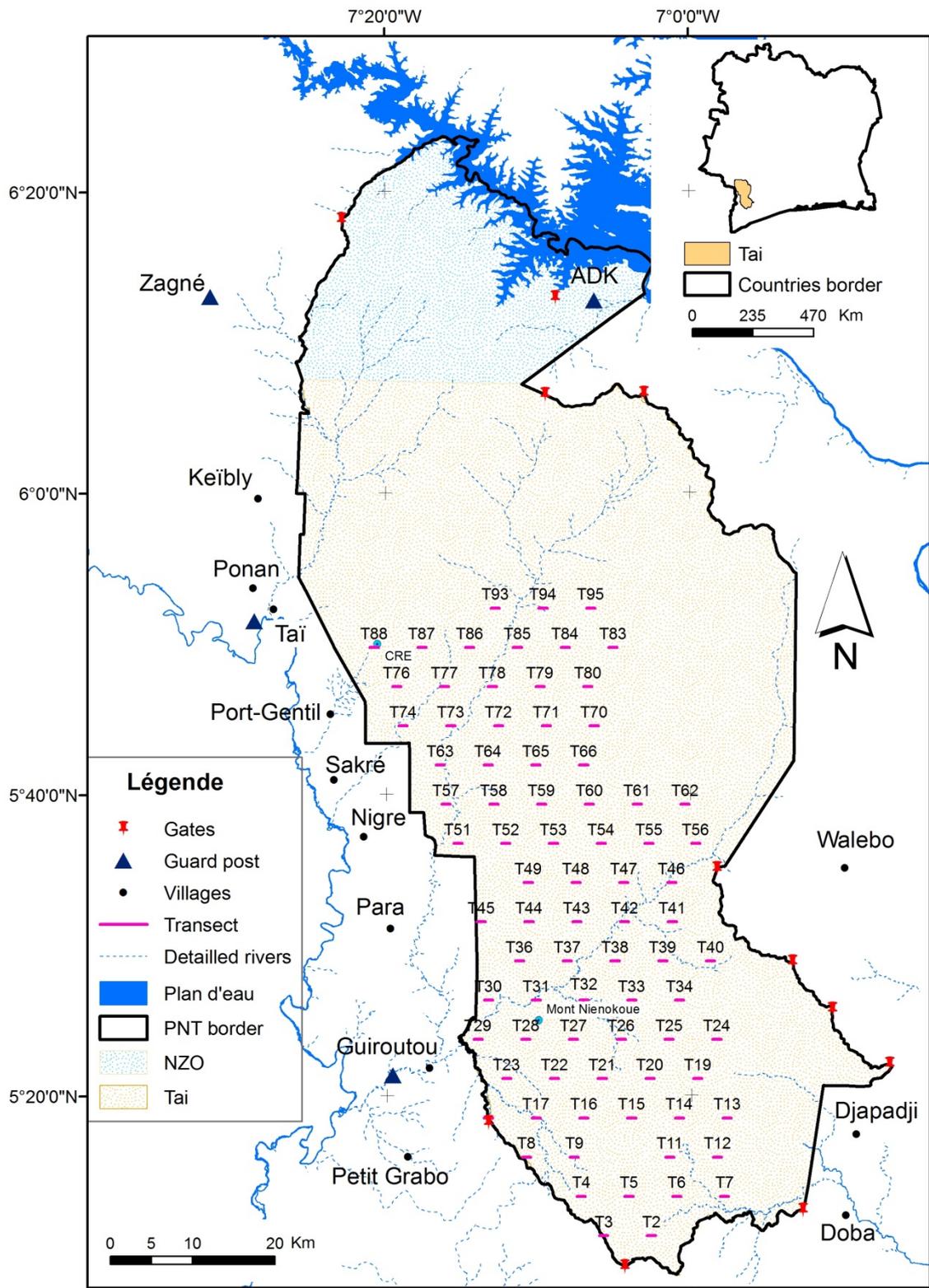


Figure 1: Carte montrant l'emplacement de Tai en Côte d'Ivoire, le design des layons et leur répartition pour l'inventaire des éléphants.

Tableau 1 : Liste de certaines variables enregistrées sur les layons ou obtenues en utilisant le SIG.

Variabiles	Description
X1	Nombre de signes d'activités de braconnage à l'exception, par exemple, des chemins et des coupes faites par les braconniers sur le layon
X2	Nombre des autres signes humains (les chemins et les coupes faites par les braconniers, etc.)
X3	Nombre de tous les signes de braconnage
X4	Longueur de forêt primaire
X5	Longueur de forêt secondaire
X6	Longueur de forêt inondée
X7	Longueur de marécages à raphia
X8	Nombre de trous à la canopée de la forêt
X9	Longueur du trou à la canopée de la forêt
X10	Nombre d'arbres fruitiers rencontrés sur le layon
X11	Nombre de sources d'eau
X12	Pourcentage de forêts marécages (forêt inondée et marécages à raphia combinés)
X13	Distance à la limite du parc
X14	Distance à la route la plus proche (km)
X15	Distance au village le plus proche (km)
X16	Distance aux sources d'eau les plus proches
X17	Distance au poste de gardes forestiers

## 2.4 Analyses des données

### 2.4.1 Estimation des taux de dégradation des tas de crottes

Nous avons accordé la note 0 à chaque tas de crottes qui avait complètement disparu et la note 1 à chaque tas qui était toujours présent lors de notre deuxième passage. Nous avons adapté une courbe de régression logistique à ces données binaires et le nombre de jours entre le jour du marquage et celui de la revisite de chaque tas de crottes dans le but d'estimer le temps de dégradation moyen. Nous avons utilisé le programme GENSTAT écrit par R.W. Burn pour calculer le temps de survie moyen des crottes.

### 2.4.2 Estimation de la densité des éléphants

Le programme DISTANCE 6.0 (Thomas *et al.* 2009) a été utilisé pour analyser la distance perpendiculaire et estimer la densité des tas de crottes. Nous avons utilisé la formule de Laing *et al.* (2003) :

$$D_a = \frac{D_s}{pt} \quad \text{----- eqn 1}$$

pour convertir la densité des tas de crottes en densité d'éléphants, où

$D_a$  est la densité des éléphants,  $D_s$  est la densité des tas de crottes au km<sup>2</sup>,  $p$  est le taux de défécation par jour et  $t$  est la durée moyenne de survie des tas de crottes. Merz (1986) a estimé le taux de défécation des éléphants de Taï mais son estimation était basée sur un petit échantillon et ne prenait pas en compte les éventuelles variations saisonnières. Le taux de défécation des éléphants de forêt 19,77 tas de crottes/ jour ± variance = 0,911 (Tchamba 1992) a été utilisé. Le  $D_a$  a été calculé en utilisant une feuille de calcul qui utilise la méthode Delta pour estimer l'erreur standard (Seber 1982). La densité multipliée par la surface (en km<sup>2</sup>) sur laquelle nous avons trouvé les signes d'éléphant a donné le nombre d'éléphants.

Le programme DISTANCE a aussi été utilisé pour calculer directement la densité par la méthode de bootstrapping en utilisant les mêmes variables de taux de dégradation et de défécation. Cela donne des intervalles de confiance asymétriques et habituellement des quantiles étroits inférieur et supérieur de l'estimation de la densité.

#### 2.4.3 Identification des facteurs qui influencent la distribution des éléphants

Nos données de comptage contenaient plusieurs zéros ; les layons où aucun tas de crottes n'a été enregistré. Les relations initiales univariées entre la variable dépendante Y (nombre de tas de crottes/km) et chacune des variables explicatives ont été explorées. Nous avons fait l'analyse de la composante principale en utilisant R (R Development Core Team 2010) pour évaluer les modèles et identifier d'éventuelles corrélations entre les variables explicatives. L'objectif était d'avoir le moins de variables prédictives qui captent la plus grande variation de Y. Douze variables qui pouvaient éventuellement influencer la distribution ont été identifiées sur les 17 variables enregistrées. Le test de Moran a été utilisé en premier lieu pour trouver une éventuelle autocorrélation spatiale entre les données de variable de réponse. Un modèle linéaire généralisé (McCullagh et Nelder 1989) qui suppose une distribution d'erreurs de Poisson et qui correspondait par un maximum de ressemblance, ne s'adaptait pas à nos données de comptage. L'hypothèse de base de Poisson (moyenne de Y égale à la variance) n'était pas satisfaite. La distribution de Y indiquait une distribution binomiale négative. Nous avons utilisé R pour adapter le modèle de régression binomiale négative à la variable réponse et à chacune des variables explicatives. Mais nous avons trouvé qu'un modèle binomial négatif *Zero-inflated* s'adaptait mieux à nos données que le binomial négatif standard (Long 1997). Un modèle de régression *Zero-inflated* est en deux parties : le comptage des zéros, la partie gonflée est séparément mais simultanément modelée avec les comptages où Y>0. Le langage R et l'environnement pour le calcul statistique selon *R Development Core Team* (2010) a été utilisé pour cette analyse. La section 3.4.4 donne plus de détails sur le processus de modélisation. L'éventualité d'une autocorrélation entre les résiduels du modèle final a aussi été examinée.

### 3.0 RESULTATS

#### 3.1 Estimation de la densité de crottes

En tout, 84 tas de crottes ont été enregistrés sur un total de 79,2 km de layons. Les tas de crottes ont été enregistrés sur 19 des 80 layons de l'échantillonnage. Une stratification *post facto* de la zone d'étude a donc été faite avant d'estimer la densité des déjections. Il a ainsi été défini deux strates. Une strate de densité nulle où aucune observation de déjection n'avait pu être effectuée et une strate de prédilection des éléphants constituée par le reste de la zone inventoriée (1495.21 km<sup>2</sup>). Le nombre de déjections observées dans la strate de prédilection des éléphants est resté le même tandis que l'effort estimé était de 56,52 km. Les inventaires conduits sur les layons situés hors de la zone redéfinie (figure 2) n'ont révélé aucun signe d'éléphant.

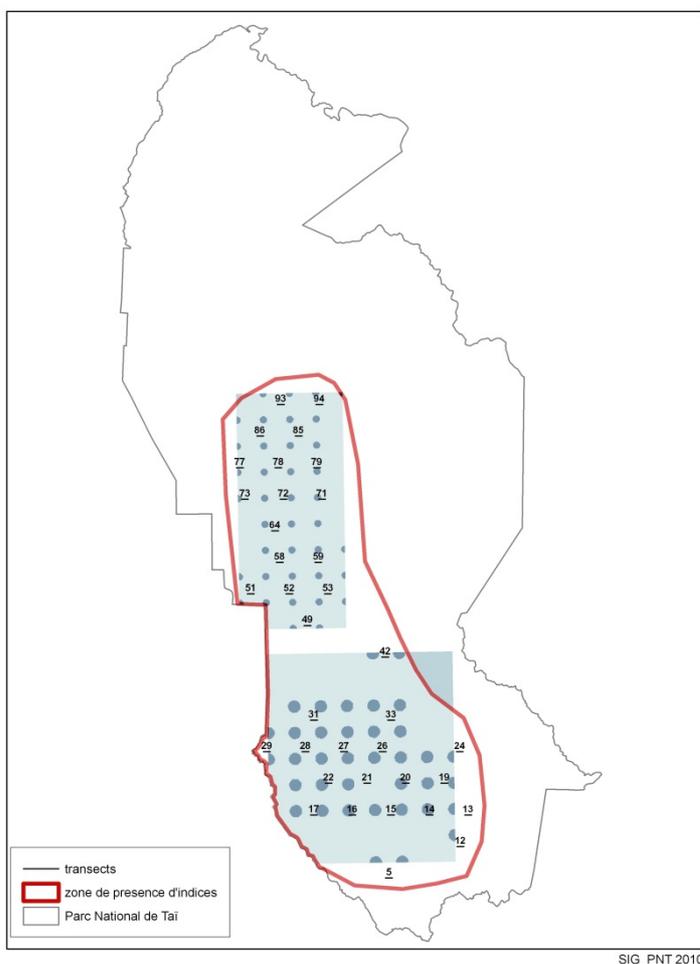


Figure 2: L'aire de répartition des éléphants est délimitée en rouge. Les zones où des signes d'éléphants ont été vus pendant cette étude sont indiquées par les deux polygones en bleu (carte par Yapi Fabrice).

Les possibilités de modèles du programme DISTANCE s'adaptent à l'histogramme des données de distance perpendiculaire. Nous avons procédé à une troncation (suppression) de 5% des données de distance perpendiculaire (y compris les valeurs aberrantes) afin d'améliorer la convenance des différents modèles aux données (Buckland *et al.* 2001). Les distances maximales d'observation étaient fixées à 14m, 10m et 8m et le programme a

fonctionné pour chaque modèle. Le modèle ayant la plus faible valeur du Critère d'Information d'Akaike (valeur AIC), le *Half normal with cosine adjustments* et une distance maximale d'observation fixée à 8m a été choisi comme meilleur modèle (Tableau 2). Le profil de visibilité du modèle choisi apparaît à la figure 3.

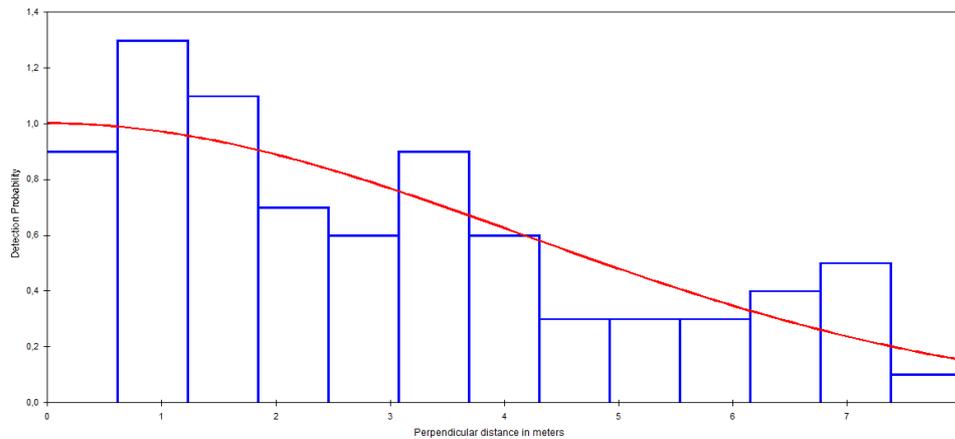


Figure 3: Le profil de visibilité du modèle *Half normal with cosine adjustments* s'adapte mieux aux données de distance perpendiculaire.

La densité des tas de crottes a été estimée à 144,27 par km<sup>2</sup> avec 95% d'intervalle de confiance de 73,60 à 282,82.

Tableau 2 : Synthèse des résultats du programme DISTANCE avec troncation des distances perpendiculaires à 8m.

Paramètre	Uniform + cosine	Uniform + Hermite polynomial	Half normal + cosine	Half normal + Hermite polynomial	Hazard + cosine	Hazard + Hermite polynomial
<sup>1</sup> D (km <sup>-2</sup> )	144,31	129,28	144,27	144,27	161,33	161,33
<sup>2</sup> f(0)	0,20	0,18	0,20	0,20	0,23	0,23
<sup>3</sup> AIC	316,44	317,87	316,42	316,42	317,18	317,18
SE	49,53	43,91	50,03	50,03	62,0	62,0
% CV	34,32	33,96	34,68	34,68	38,43	38,43
Lower CL	74,07	66,75	73,60	73,60	77,19	77,19
Upper CL	281,19	250,37	282,82	282,82	337,19	337,19
<sup>4</sup> χ <sup>2</sup>	7,78	9,98	8,27	8,27	6,55	6,55
n/L	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42

<sup>1</sup> D est le nombre de tas de crottes au km<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Valeurs de la fonction probabilité de densité ayant une distance perpendiculaire égale à zéro.

<sup>3</sup> Le critère d'information d'Akaike (AIC) indique la convenance du modèle aux données. Plus la valeur de l'AIC est faible, mieux est la correspondance.

<sup>4</sup>  $\chi^2$ : Le chi carré compare la convenance de la courbe de visibilité à l'histogramme des données de la distance perpendiculaire. Plus la valeur est petite, mieux est la correspondance. n/L est le nombre de tas de crottes par kilomètre.

### 3.2 Taux de dégradation des crottes

Quatre vingt-dix tas de crottes ont été trouvés et marqués en vue d'estimer leur taux de dégradation. Les tas de crottes étaient répartis en cinq groupes et chaque groupe contenait entre 13 et 24 tas (Tableau 3). Sur les 90 tas de crottes, quatre n'ont pas pu être relocalisés lors de la revisite. Notre estimation du taux de dégradation était donc basée sur 86 tas de crottes.

Tableau 3 : Nombre de tas de crottes marqués par groupe et relocalisés lors de l'étude de la dégradation.

Groupe de tas de crottes	Nombre de tas de crottes trouvés et Marqués	Nombre de tas de crottes relocalisés et inspectés	Pourcentage restant lors de l'inspection finale
1	17	17	0
2	24	20	0
3	20	20	0
4	13	13	46
5	16	16	87
Total	90	86	23

Le temps moyen de survie a été estimé à 57,8278 jours et l'erreur standard de la moyenne était ES=4,0519. Le taux de dégradation par jour, c'est-à-dire, l'inverse du temps moyen de survie a été estimé à 0,01729±00121.

### 3.3 Estimation de l'effectif des éléphants

De l'équation 1 nous avons estimé la densité à 0,1262 km<sup>2</sup> avec 95% de limites de confiance ± 0.0904. Cette densité multipliée par la surface où les signes d'éléphant ont été trouvés (1495,21 km<sup>2</sup>) donne 189 éléphants (intervalle de confiance de 54 à 324).

L'utilisation du programme DISTANCE, les multiplicateurs et le bootstrapping des variances des multiplicateurs donnent une densité légèrement supérieure de 0,1409 par km<sup>2</sup> et les quantiles 2,5% et 97,5% de l'estimation d'intervalle de confiance selon le bootstrap étaient de 0,0557 à 0,2622. Nous avons retenu l'estimation de 189 éléphants (intervalle de confiance de 54 à 324) à partir de la méthode standard comme, au plus bas mot, le nombre des éléphants de la forêt de Tai.

### 3.4 Facteurs d'investigation influençant la distribution des éléphants

Le nombre de tas de crottes par layon variait de 0 à 22. Il y'avait des zones de forte concentration, ce qui indiquait la possibilité qu'ils soient répartis en groupe : un des groupes se trouvait près de la Rivière Meno, à l'est du Centre de recherche de Taï (en abrégiation CRE à la figure 1) et l'autre groupe au niveau du Mont Nienokoué dans la partie sud du parc, figures 4 et 5. La figure 5 est un affinement de la figure 4 et combine les observations faites (tas de crottes/km) aussi bien le long des layons qu'au cours des marches hors des layons.

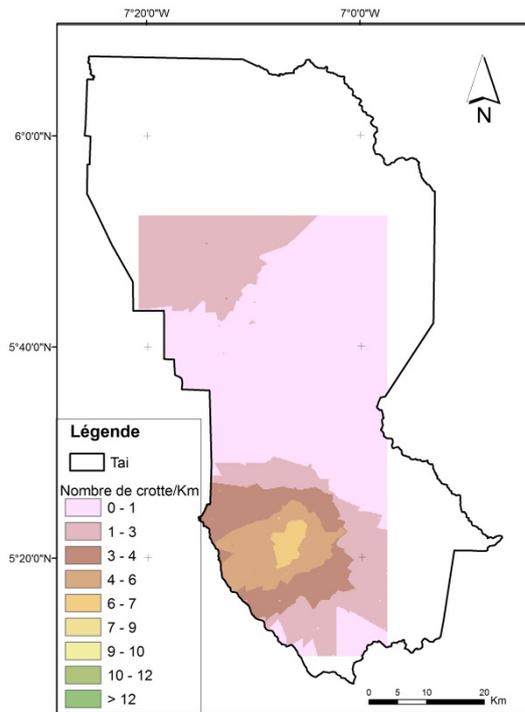


Figure 4: Distribution des tas de crottes sur les layons.

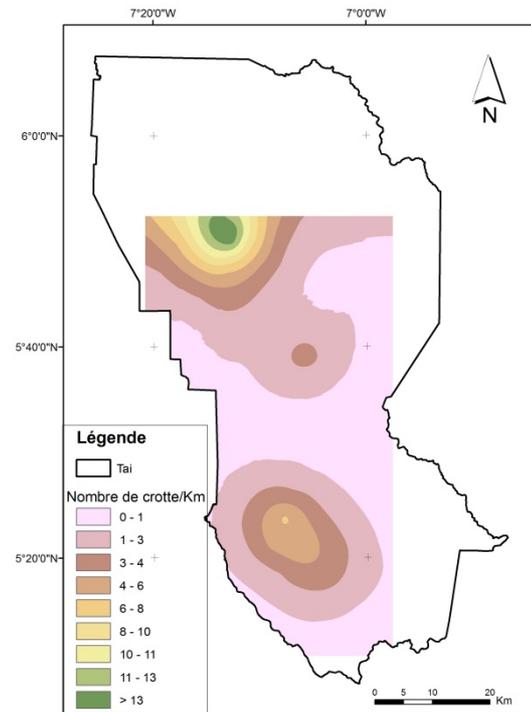


Figure 5: Distribution des tas de crottes sur et hors des layons.

La forêt de Taï est entourée de plantations de cacao, café et hévéa qui subissent des dommages causés par les éléphants (Ouattara *et al.* 2010). Cependant, la déprédation des cultures par les éléphants ne semble pas être un problème majeur ; ainsi, aucun éventuel impact des plantations sur la distribution des éléphants n'a été pris en compte dans cette étude.

#### 3.4.1 Braconnage et distribution des tas de crottes

Mis à part les chemins et les coupes d'arbres faites par les braconniers, les signes de braconnage recensés aussi bien le long des layons qu'au cours des marches hors layons étaient en majorité des étuis de cartouches (Tableau 4).

Tableau 4: Activités de braconnage recensées.

Preuves de braconnage	Sur layon		Hors layon	
	Total	signes/km	Total	signes/km
Braconniers vus	0	0	0	0
Campements de braconniers	2	0,02	4	0,02
Coups de feu entendus	1	0,01	23	0,12
Étuis de cartouches	21	0,26	63	0,33
Pièges	3	0,04	8	0,04
Autres signes humains	41	0,52	NA	

NB. L'échantillonnage effectué hors des layons portait sur 188,04 km. L'équipe d'inventaire avançait plus vite entre les layons que dans les layons.

Nous avons enregistré le plus grand nombre d'étuis de cartouches, 5/km sur le layon périphérique (T57) à Nigré. Aucun braconnier n'a été rencontré et les camps de braconnier observés étaient vieux. En général, les indices de braconnage relevés sur et hors des layons étaient similaires, à l'exception des étuis de cartouches trouvés pendant la navigation entre les layons (Tableau 4). Il est important de noter que le nombre de pièges trouvés hors des layons pourrait avoir été sous-estimé car l'équipe d'inventaire n'a pas pris beaucoup de temps pour fouiller le sol de la forêt. La distribution spatiale des signes de braconnage sur les layons (figure 6) et hors des layons (figure 7) indique la zone de Guiroutou, le sud-ouest en blanc rosacé et la zone de recherche de Taï (la zone blanc rosacé la plus au nord) comme étant les zones où il y'a moins de braconnage.

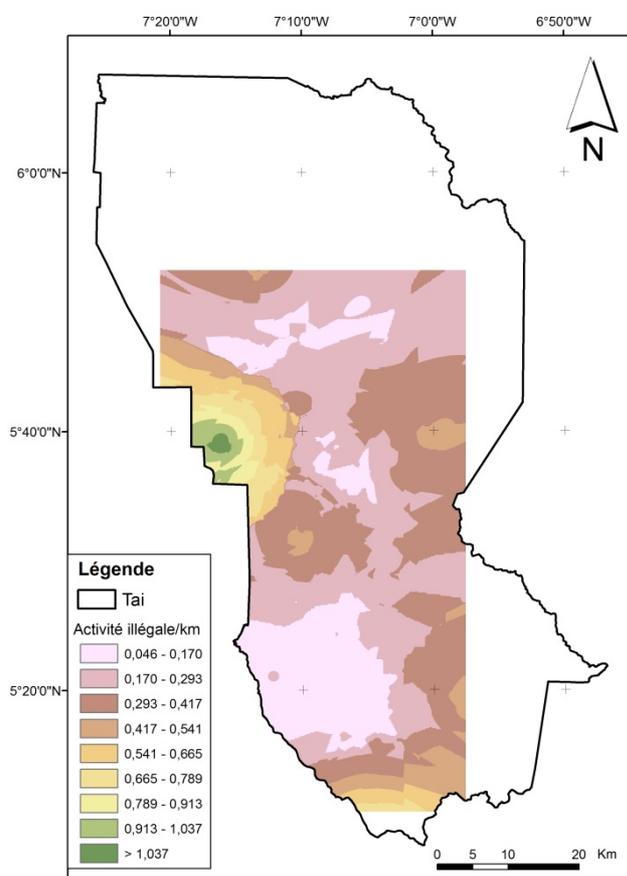


Figure 6: Distribution spatiale des signes de braconnage sur les layons.

La zone de Nigré était celle où il y avait le plus de braconnage (couleur verte). Environ 200 km<sup>2</sup> du Centre de Recherche de Taï était une zone « inaccessible » pour les braconniers. Le niveau de braconnage remontait au delà du Centre de Recherche. Le plus grand nombre de coups de feu (14) par nuit a été enregistré à environ 26 km au nord ouest du Centre de Recherche.

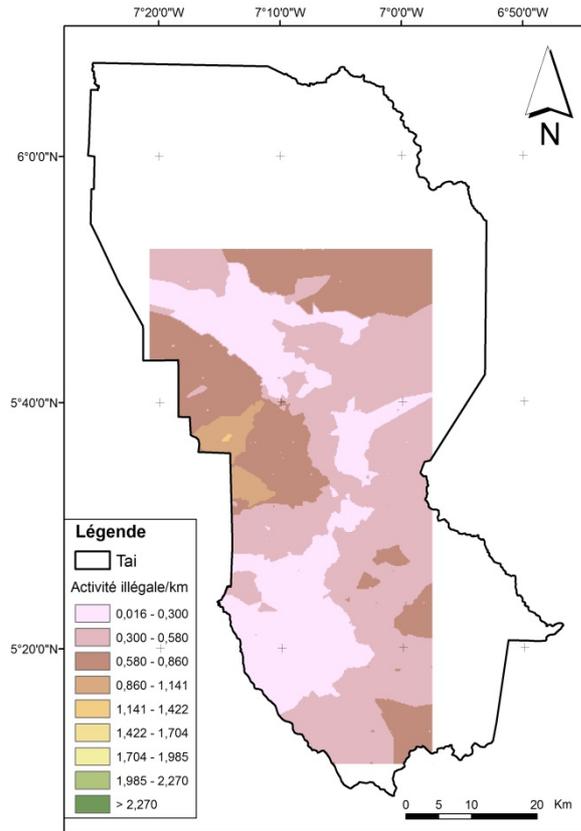


Figure 7: Distribution spatiale des signes de braconnage sur et hors des layons.

La différence d'intensité de braconnage dans la section Est comparée à la figure ci-dessus est une question d'interpolation spatiale. La gamme de données utilisée pour ces figures n'est pas la même. Donc, la prédiction des zones sans données en utilisant les données des zones proches sera différente.

Les relations univariées entre l'abondance des tas de crottes et les suites de certaines éventuelles variables explicatives n'étaient pas évidentes (figures 8 à 11).

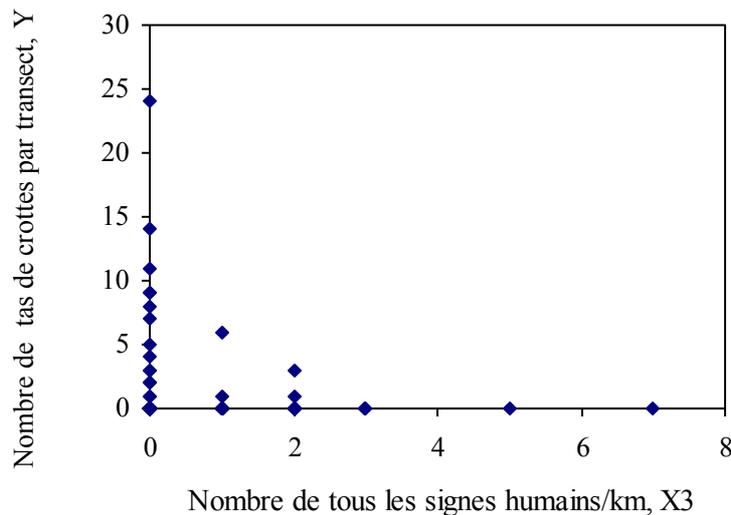


Figure 8: Graphe de l'abondance des tas de crottes et des signes de braconnage aperçus sur les layons.

### 3.4.2 Forêt marécageuses et distribution des déjections

La grande forêt marécageuse de la zone de la rivière Meno à l'est du CRE, attire différentes espèces de mammifères. Nous avons observé deux éléphants vivants et beaucoup d'activités de bongos et d'hippopotames dans la zone marécageuse. La relation entre l'abondance des tas de crottes et la forêt marécageuse est montrée à la figure 9.

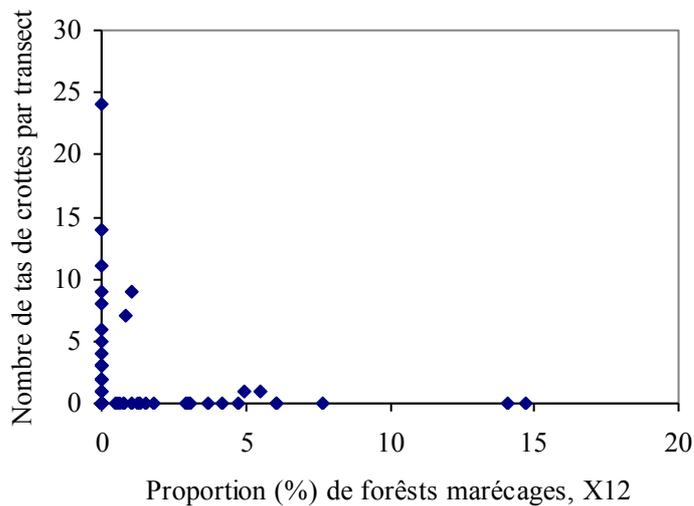


Figure 9: Graphe de l'abondance des tas de crottes et proportion de forêt marécageuse sur les layons.

### 3.4.3 Installations humaines, distribution des routes et des tas de crottes

Les figures 10 et 11 montrent respectivement la relation entre le nombre de tas de crottes par layon et les installations humaines et les routes autour du parc.

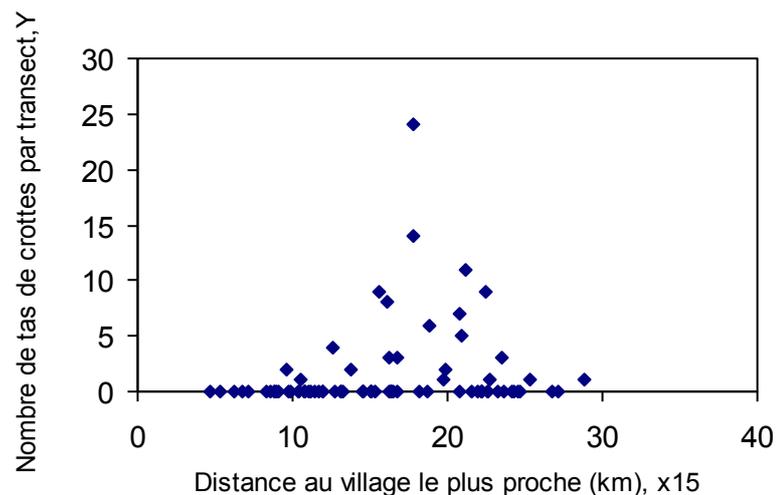


Figure 10: Graphe de l'abondance des tas de crottes et la distance avec le village le plus proche.

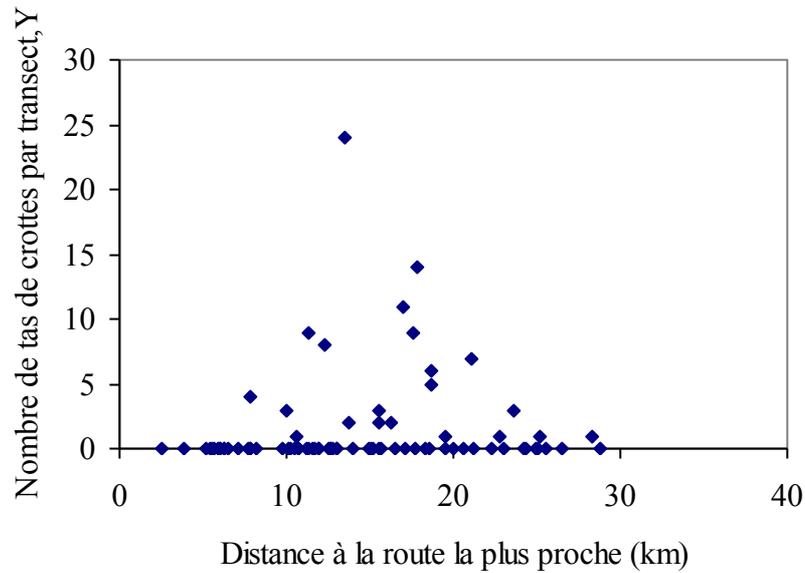


Figure 11: Graphe de l'abondance des tas de crottes et la distance avec la route la plus proche.

Les graphes ci-dessus de facteur prédictif-réponse sont loin d'être linéaires suggérant qu'une seule variable ne peut probablement pas clairement expliquer les relations. Un modèle de régression binomiale négative ajustait mieux la variable réponse et toutes les variables explicatives possibles montraient quelques unes des relations significatives (Tableau 5).

Tableau 5: Synthèse des coefficients de certaines variables explicatives après avoir ajusté le modèle binomial négatif (fonction=log).

Description des variables	Estimation	AICc	Erreur Standard	Valeur de z	Probabilité (> z )
Null model (Intercept only model)	0,3716	202,44	0,3474	1,069	0,285
(Intercept)	0,7568		0,3789	1,997	0,04578
Tous les signes de braconnage, x3	-1,1357	197,77	0,4101	-2,770	0,00561
(Intercept)	0,6093		0,3699	1,647	0,0995
Pourcentage de forêts marécageuses, x12	-0,0093	200,20	0,0047	-1,980	0,0477
(Intercept)	-1,45036		0,69747	-2,079	0,03758
Distance à la limite du parc, x13	0,16344	201,70	0,05691	2,872	0,00408
(Intercept)	-3,06952		1,05447	-2,911	0,00360
Distance au village le plus proche, x15	0,19856	200,14	0,05934	3,346	0,00082

La relation entre Y (nombre de tas de crottes/km) et l'activité de braconnage, par exemple, peut s'exprimer comme suit :

$$Y = \exp(0,7568 - 1,1357X_3)$$

### 3.4.4 Modélisation des facteurs pour expliquer la distribution

La figure 12 montre la distribution de la variable réponse,  $Y$ . La variance de  $Y$  est 9,8 fois la moyenne. Le test de l'Indice de Moran a montré la variable réponse  $Y$  affichant une faible et insignifiante autocorrélation spatiale au stade initial avant la *modélisation* (l'I de Moran: -0,079 ; attendu:  $0,0126 \pm 0,0511$ ,  $p < 0,191$ ).

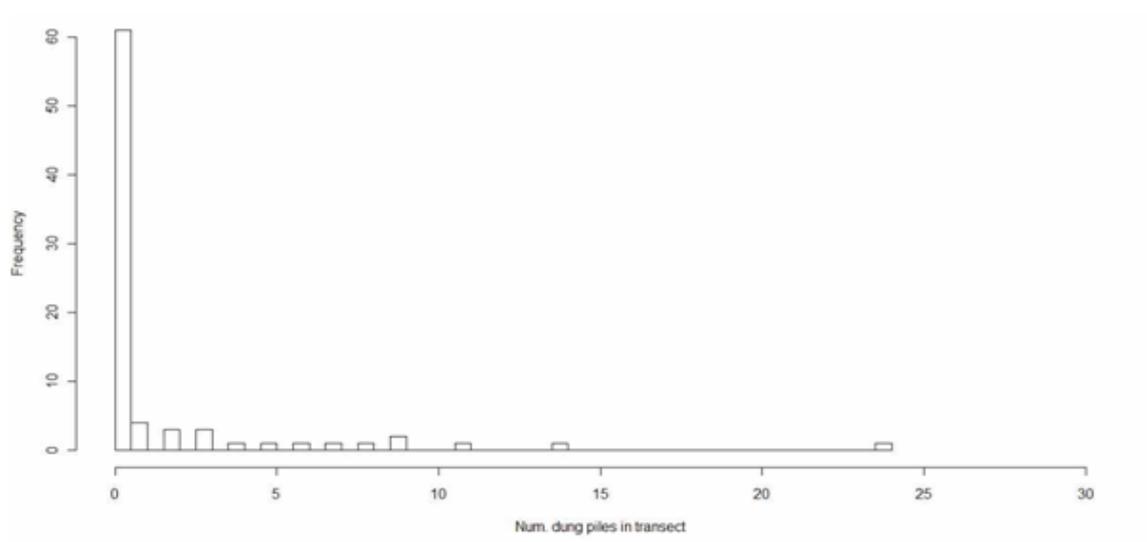


Figure 12 : Distribution des tas de crottes sur les layons.

Nous avons d'abord fait correspondre un modèle de régression binomial négatif en ajoutant les variables explicatives l'une après l'autre et en retenant le modèle ayant les valeurs AICc (critère d'information d'Akaike corrigées pour les petits échantillons) les plus faibles. Le modèle binomial négatif initial obtenu a été comparé au modèle *intercept* seul, c'est-à-dire, le modèle nul qui suppose une distribution homogène des tas de crottes. L'ajustement des variables au modèle binomial négatif a été répété jusqu'à ce que la valeur AICc arrête de diminuer. Les variables qui entraînaient une baisse des valeurs AICc d'au moins 2 ont été retenues. Dans le modèle binomial, les variables explicatives qui s'adaptent le mieux ont été retenues pour la construction du modèle *Zero-inflated*.

Les interactions possibles des variables sélectionnées dans le modèle *Zero-inflated* ont été recherchées en ajustant les termes de l'interaction l'une après l'autre et en retenant ceux qui ont entraîné la réduction des valeurs AICc d'au moins 2. Aucune interaction n'a été significative. Le test de Vuong a été utilisé pour évaluer la supériorité du modèle *Zero-inflated*. Les modèles ont été comparés en se basant sur le ratio de l'évidence (le nombre de fois qu'un modèle est meilleur que le précédent), les différences AICc et les poids AICc, Tableau 6. Ainsi, le premier modèle binomial négatif qui implique deux variables explicatives ( $x_3$  et  $x_7$ ) est 72 fois mieux que le modèle nul. Le deuxième modèle est 1,6 fois mieux que le premier et ainsi de suite. Le dernier modèle (en gras) est le modèle *Zero-inflated* et les variables impliquées sont  $x_3$  (signes de braconnage),  $x_{15}$  (distance avec les villages les plus proches) et  $x_{16}$  (distance avec les sources d'eau les plus proches). Ces variables dans le modèle *Zero-inflation* portent 63% du poids AICc.

Tableau 6 : Comparaison des modèles candidats avec la fonction *binomial log link*.

Modèles candidats (les chiffres indiquent les numéros des variables incluses dans le modèle)	AICc	AICc $\Delta_i$	AICc weights	Evidence ratio
glm.nb3.7	193.89	3.19	0.13	72
glm.nb3.7.15.16	192.97	2.27	0.20	1.58
glm.nb3.15.16	196.13	5.53	0.04	0.21
<b>t15zi_glm.nb3.16</b>	190.70	0	0.63	15.11

Le modèle final a inclus deux variables explicatives qui étaient statistiquement significatives (Tableau 7a). La partie du modèle inflation qui inclut les coefficients logit pour prédire les zéros en excès est montré au Tableau 7b.

Tableau 7a : Coefficients résumés du modèle *Zero- inflation negative binomial* à la fonction log link.

Variables du modèle	Estimation des coefficients	Erreur Standard	Valeur de z	Probabilité ( $> z $ )	Niveau significatif
(Intercept)	2.08	0.5615	3.704	$2.1 \times 10^{-4}$	0.001
Signes de braconnage, x3	-1.039	0.4438	-2.341	$1.925 \times 10^{-2}$	0.05
Distance avec les sources d'eau les plus proches, x16	-0.267	0.1122	-2.379	$1.736 \times 10^{-2}$	0.05
Log(theta)*	-1.042	0.4271	-2.893	$9.732 \times 10^{-3}$	0.01

Tableau 7b : Coefficients du modèle Zero- inflation.

Variables du modèle	Estimation des coefficients	Erreur Standard	Valeur de z	Probabilité ( $> z $ )
(Intercept)	6.6204	3.2136	2.060	0.0394
Proximité au village, x15	-0.4676	0.2465	-1.897	0.0579

Theta = 0,3184, Log-likelihood: -86,87 sur 7 Df

Nous avons trouvé le modèle Zero- inflated choisi meilleur au modèle binomial négatif standard en utilisant les mêmes variables : x3, x15 et x16 (test de Vuong- statistique=-1.5959,  $p < 0.055$ ). La qualité du  $\chi^2$  du test d'adaptation montre aussi une meilleure adaptation du modèle choisi ( $\chi^2 = 18.88$ ,  $df = 3$ ,  $p < 0.00029$ ).

Nous pouvons mieux exprimer la relation entre le nombre de tas de crottes par layon et les variables prédictives au moment de l'inventaire de la manière suivante :

$$\text{Log Y} = 2.08 - 1.039X3 - 0.267X16 \mid X15$$

Cela se traduit ainsi:  $Y$  est fonction de l'activité de braconnage et de la distance aux sources d'eau, étant donné la distance des villages autour du parc. Cela signifie que les changements attendus de  $\log(Y)$  pour un kilomètre augmentent avec la distance aux sources d'eau, et est par exemple, de 0,267.

#### **4.0 Renforcement des capacités de l'équipe de suivi écologique de Taï en techniques standard de suivi des éléphants de forêt.**

Nous avons formé douze membres de l'équipe de suivi écologique (EMT) du parc basés à Guiroutou, V15 et le village de Taï à l'utilisation de la technique standard d'inventaire des éléphants de forêt. Cela exclut les agents de patrouille et les membres de l'équipe d'inventaire issus des communautés vivant en périphérie du parc. Même si l'EMT avait une bonne connaissance en navigation et en conduite d'inventaire en général, il était impératif de s'assurer que les équipes de terrain avaient les compétences techniques nécessaires pour le travail de terrain. La formation portait essentiellement sur la méthode standard de layon linéaire, le système 'S' de MIKE de classification des tas de crottes par stade de dégradation, la mesure de la distance perpendiculaire des tas de crottes éparpillés, la détermination du nombre de déjections que contient un tas de crottes, etc. Les sessions de formation ont été organisées dans les secteurs de Guiroutou et Tai (voir photo de groupe sur la page de couverture). La session de Guiroutou a duré cinq jours et regroupait en majorité des membres des communautés voisines recrutés pour appuyer l'EMT pour la réalisation de l'inventaire.

## 5.0 DISCUSSION

### 5.1 *Les effectifs des éléphants*

Le nombre d'éléphants a été estimé à 189 individus. Ceci est dans l'ordre des estimations (Herbinger and Dowd 2008) trouvées par le programme multi-espèces biologiques de la *Wild Chimpanzee Foundation* en cours à Taï. Il y a deux décennies, Alers cité par Douglas-Hamilton *et al.* (1992) a estimé 300 éléphants. Cependant, Hoppe-Dominik (1998) a rapporté que cette population avait diminué à 75 individus. Eggert (2004a) l'a estimé à approximativement 60 individus en se basant sur l'ADN extrait des tas de crottes ainsi que sur des échantillons de deux zones de concentration des éléphants. Notre estimation ne devrait pas être comparée aux estimations mentionnées ci-dessus en raison des différentes méthodes de prélèvement utilisées. Mais ce qui est sûr c'est que notre estimation a été faite sur la base du plus grand échantillon de population jamais prélevé jusque là.

L'estimation par la méthode de *bootstrapping interval confidence* a résulté en une plus grande limite de confiance que l'on ne l'espérait. Des estimations précises de population sont nécessaires afin de permettre le suivi des tendances des populations au fil du temps. Notre coefficient de variation est élevé, 35,79%. La zone de l'étude devait avoir été stratifiée avant les inventaires en déployant plus d'efforts pour prélever des échantillons dans les deux zones de concentration d'éléphant (figure 5) pour améliorer la précision.

Notre temps moyen de survie des tas de crottes en début de saison sèche (57,83 jours) était le même que celui estimé dans la forêt guinéenne de Ziama en 2004 pendant la saison des pluies (57,79 jours) par Barnes et Nandjui (2005). Nous avons marqué cinq lots de tas de crottes avec une moyenne de 18 tas de crottes par lot au lieu des six lots avec une moyenne de 20 tas de crottes par lot tels qu'initialement prévus et recommandés par Laing *et al.* (2003). Afin de réduire les efforts requis pour localiser les sites de crottes fraîches d'éléphants en vue d'une étude de leur dégradation, les études futures devraient concentrer leurs efforts pour localiser les deux zones de concentration des éléphants.

### 5.2 *Distribution des éléphants*

Les deux zones de concentration des éléphants identifiées par cette étude confirment l'observation d'Eggert (2004a). Cependant, le comptage de crottes n'a pas permis de déterminer s'il y avait un contact entre les deux populations tel que rapporté par les agents. Nous avons trouvé un vide spatial où il n'y avait aucun signe d'éléphant entre les deux groupes de populations (figure 2).

La densité des éléphants était négativement influencée par la proximité des sources d'eau. Aussi, les activités humaines comme le braconnage ont une relation négative avec la distribution des éléphants. Il n'est pas étonnant qu'au moment où nous avons conduit l'inventaire, ces deux variables se soient révélées être des facteurs influents sur la population des éléphants. Il est courant de voir les éléphants s'agglutiner autour des cours d'eau et devenir des cibles faciles pour les braconniers, particulièrement en saison sèche. Il y'a beaucoup de documents sur l'influence du braconnage sur la plupart des populations d'éléphants en Afrique de l'ouest (Blanc *et al.* 2007). L'activité de braconnage hors des layons et en dehors des pistes (0,47/km) était plus élevée que celle trouvée sur les layons (0,34/km). En général, peu de signes de braconnage ont été trouvés par rapport à ce qui a été

rapporté (1,09/km) pendant la phase 3 de la période de suivi (Fabrice et N’Goran 2008). L’intensité du braconnage sur les layons est similaire à ce qui a été trouvé au Parc National de Sapo, 0,25/km (Boafo, 2010). Il y’avait moins de braconnage dans le Centre de Recherche de Taï et dans les sections de Guiroutou (figure 7) peut-être du fait de la constante présence des chercheurs et des agents. Dans le secteur de Guiroutou par exemple, un programme d’accoutumance des chimpanzés de WWF, qui amenait le personnel à fréquenter cette zone, était en cours. Le déploiement de routine des agents de patrouille a été fait avant notre étude sur le terrain et des braconniers ont été arrêtés. Aussi, l’équipe de suivi biologique a-t-elle fait un suivi de routine deux semaines avant notre inventaire. Cela pourrait expliquer le peu de signes de braconnage rencontrés mais cela pourrait aussi être simplement un signe de baisse des tendances de braconnage.

## **6.0 CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS DE GESTION**

Cet inventaire d'éléphants est le plus complet jamais entrepris dans la forêt de Taï. Au titre des aires protégées des forêts tropicales de la Haute Guinée et des rapports d'inventaires connus depuis 2000, cette population pourrait être classée deuxième en termes d'importance des effectifs après celle de Ziama.

La zone du Centre de Recherche de Taï est la plus sécurisée pour la population d'éléphants qui s'y concentrera tant qu'une présence humaine constante y sera maintenue. Même si la population de Taï apparaît groupée, elle pourrait être en bonne santé. Les populations des deux zones de concentration ne se sont pas révélées être génétiquement discrètes et distinctes ; elles comportent des individus des deux sexes chacune (Eggert 2004a). Le ratio global par sexe en 2002 a été estimé à 62% pour les femelles et 38% pour les males (Eggert 2004a).

Peut être que les patrouilles des agents ne se croisent pas. Elles ont ainsi créé un vide entre les secteurs de Taï et de GuiROUTOU dans la zone de Nigre. Il est nécessaire d'intensifier les patrouilles à Nigre et dans les enclaves des éléphants, plus particulièrement dans la zone du Mont Nienokoué où on a trouvé le plus grand nombre de douilles, afin d'assurer la conservation à long terme des populations.

## 7.0 REFERENCES

- AfESG 1999. Strategy for the conservation of West African elephants. Unpublished, African Elephant Specialist Group, Ouagadougou.
- Anderson D.P, Nordheim EV, Moermond T.C, Bi ZBG, Boesch C. 2005. Factors influencing tree phenology in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Biotropica* 37:631–640.
- Barnes R.F.W., Craig, G.C., Dublin H.T., Overton, G., Simons W. & Thouless C.R. 1999. African elephant database 1998. IUCN/SSC African Elephant Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 249pp.
- Barnes R.F.W & Nandjui A. 2005. Report on the survey of the elephants of the Ziama Forest Reserve (July-December 2004), Nairobi, CITES MIKE. <http://www.cites.org/common/prog/mike/survey/ziama2004.pdf>
- 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. IUCN/SSC African Elephant Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. 276pp.
- Boafo Y. 2010. Report on the population status survey of elephants (*Loxodonta africana*) in the Sapo National Park, Liberia. CITES MIKE, Nairobi.
- Buckland S.T., Anderson D.R. Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L. & Thomas L. 2001. Introduction to Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press. UK
- Burnham K. P & Anderson D.R 2002. Model Selection and Multimodel Inference: a practical Information-Theoretic Approach. Second Edition. Springer-Verlag New York, Inc., 175 Fifth Avenue, New York, NY 10010, USA.
- DPN 1998. Direction des Parcs Nationaux et Réserves (1998). Plan d'Aménagement du Parc National de Taï 1998- 2007. Ministry of Water and Forest.
- Eggert L.S 2004a. The elephants of Parc National de Taï: genetic estimates of population size, demography and phylogeography ( Unpublished report). Nairobi. CITES MIKE.
- FABRICE Y. & N'GORAN, P. 2008. Etat du Parc National de Taï. Rapport de Resultats de Bio- monitoring. Phase III (Août 2007 –Mars 2008). Office Ivoirien des Parcs et Réserves. Unpublished report.
- Hedges S & Lawson D. 2006. Dung survey standards for the MIKE programme. Nairobi. CITES MIKE. Available at <http://www.citesmike.org>
- Hema E.M., Barnes R.F.W & Guenda W. 2010. Distribution of savannah elephants (*Loxodonta africana africana* Blumenbach 1797) within Nazinga game ranch, Southern Burkina Faso. *African Journal of Ecology*

- Herbinger I. & Dowd D. 2008. Report on Biomonitoring Activities to improve the protection of wild chimpanzees and their habitat in West Africa, undertaken by the Wild Chimpanzee Foundation during January 2008 – December 2008. Abidjan. Unpublished report.
- Hoppe-Dominik B. 1989. Première recensement des grand mammifères dans le Parc National de la Marahoué en Côte d'Ivoire. *Journal of African Zoology* **103**: 21-26.
- IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.
- Laing S.E., Buckland S.T., Burn R.W., Lambie D & Amphlett A. 2003. Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology* **40**:1102–1111.
- Long J.S 1997. Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables. Thousand Oaks, CA: Sage Publications
- Merz G. 1986. 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.
- McCullagh P. & Nelder J.A. 1989. Generalized Linear Models. 2nd edition. Chapman & Hall, London.
- Ouattara F.A, Soulemane O, Nandjui A. & Tondoh E.J. 2010. Etat 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)
- Plumptre A.J. 2000. Monitoring mammal populations with line transect techniques in African forests. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 356–368.
- R Development Core Team 2010. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Seber G.A.F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Macmillan, New York.
- Tchamba M.N. 1992. Defecation by the African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) in the Santchou reserve, Cameroon. *Mammalia* **56**:155-158.
- Thomas L., Laake J.L., Strindberg S., Marques F.F.C., Buckland S.T., Borchers D.L., Anderson D.R., Burnham K.P. Hedley S.L. & Pollard J.H. 2009. Distance 6.0, Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, U.K.

## **8.0 REMERCIEMENTS**

Nous exprimons notre gratitude à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves du Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts pour l'autorisation qu'il nous a accordée pour faire cet inventaire. Nous remercions le Lt. Col. Tondossama Adama, Directeur du Parc de Taï pour ces appuis à la réalisation de ce projet, notamment en nous autorisant à utiliser les équipements de terrain de l'équipe de suivi écologique du parc du faite que les équipements commandés pour l'inventaire ont accusé un retard dans la livraison. Le Lt Yapi Fabrice a aidé à l'organisation de l'inventaire et la mobilisation des équipes de terrain. Nous l'en remercions. Nous exprimons notre reconnaissance pour les efforts inlassables de tous les responsables et les membres de l'EMT basés à Guiroutou, V15, Taï, Djapadji et les 20 membres du personnel issus des communautés locales vivant autour du parc et qui ont participé à l'inventaire. Nos remerciements vont également au chauffeur de WWF à Taï pour le transport à bon port des équipes. Enfin, nous remercions Edith SAWADOGO, Assistante MIKE Afrique de l'Ouest pour la traduction de la version anglaise vers le français et Emmanuel M. HEMA qui a largement contribué à finaliser la version française de ce rapport.

## 9.0 ANNEXES

### Annex 1: DISTANCE 6.0 Release 2 Output abridged-Model Half normal + cosine adjustments: max perpendicular distance fixed at 8m

#### Estimation Options Listing

##### Parameter Estimation Specification

-----  
Encounter rate for all data combined  
Detection probability for all data combined  
Density for all data combined

##### Distances:

-----  
Analysis based on exact distances  
Width specified as: 8.000000

##### Estimators:

-----  
Estimator 1  
Key: Half-normal  
Adjustments - Function : Cosines  
- Term selection mode : Sequential  
- Term selection criterion : Akaike Information Criterion (AIC)  
- Distances scaled by : W (right truncation distance)

##### Variances:

-----  
Bootstrap variance/confidence intervals for density. Random number seed = 50453865.  
Re-sampling will be across defined strata  
Samples will be re-sampled  
Variance of n: Empirical estimate from sample  
(design-derived estimator R2/P2)  
Variance of f(0): MLE estimate

##### Goodness of fit:

-----  
Cut points chosen by program

Effort : 56.52000  
# samples : 57  
Width : 8.000000  
# observations: 80

##### Model 1

Half-normal key,  $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$

##### Results:

Convergence was achieved with 8 function evaluations.  
Final Ln(likelihood) value = -157.21091  
Akaike information criterion = 316.42181

Bayesian information criterion = 318.80386  
 AICc = 316.47308  
 Final parameter values: 4.1324258

**Model 2**

Half-normal key,  $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$   
 Cosine adjustments of order(s) : 2

Results:

Convergence was achieved with 9 function evaluations.  
 Final Ln(likelihood) value = -156.55627  
 Akaike information criterion = 317.11255  
 Bayesian information criterion = 321.87659  
 AICc = 317.26840  
 Final parameter values: 4.2272049 0.18181815

Likelihood ratio test between models 1 and 2

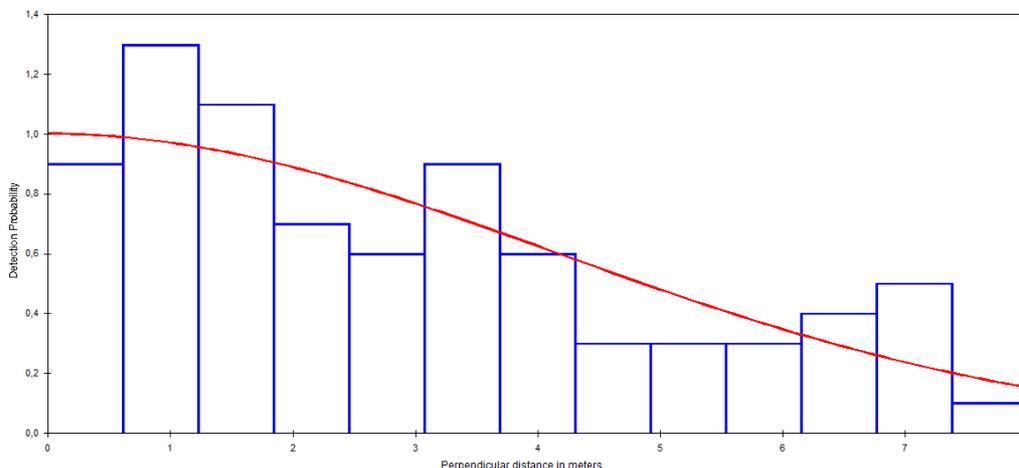
Likelihood ratio test value = 1.3093  
 Probability of a greater value = 0.252526

\*\*\* Model 1 selected over model 2 based on minimum AIC

Detection Fct/Global/Parameter Estimates

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	Coef.	95 Percent Confidence Interval	
A (1)	4.132	0.5065				
f(0)	0.20386	0.18730E-01	9.19	0.16985	0.24467	
p	0.61317	0.56338E-01	9.19	0.51089	0.73594	
ESW	4.9054	0.45070	9.19	4.0871	5.8875	

**Detection Fct/Global/Plot: Detection Probability 3**



Perpendicular distance in meters

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values	
1	0.000	0.615	9	10.00	0.100
2	0.615	1.23	13	9.78	1.060
3	1.23	1.85	11	9.36	0.289
4	1.85	2.46	7	8.76	0.352
5	2.46	3.08	6	8.01	0.506
6	3.08	3.69	9	7.17	0.465
7	3.69	4.31	6	6.28	0.013
8	4.31	4.92	3	5.38	1.053
9	4.92	5.54	3	4.51	0.504
10	5.54	6.15	3	3.69	0.130
11	6.15	6.77	4	2.96	0.366
12	6.77	7.38	5	2.32	3.096
13	7.38	8.00	1	1.78	0.341

Total Chi-square value = 8.2731 Degrees of Freedom = 11.00

Probability of a greater chi-square value, P = 0.68865

The program has limited capability for pooling. The user should judge the necessity for pooling and if necessary, do pooling by hand.

Goodness of Fit Testing with some Pooling

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values	
1	0.000	0.615	9	10.00	0.100
2	0.615	1.23	13	9.78	1.060
3	1.23	1.85	11	9.36	0.289
4	1.85	2.46	7	8.76	0.352
5	2.46	3.08	6	8.01	0.506
6	3.08	3.69	9	7.17	0.465
7	3.69	4.31	6	6.28	0.013
8	4.31	4.92	3	5.38	1.053
9	4.92	5.54	3	4.51	0.504
10	5.54	6.15	3	3.69	0.130
11	6.15	6.77	4	2.96	0.366
12	6.77	8.00	6	4.10	0.882

Total Chi-square value = 5.7182 Degrees of Freedom = 10.00

Probability of a greater chi-square value, P = 0.83836

Density Estimates/Global

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	Coef.	95% Percent Confidence Interval
D	144.27	50.031	34.68	73.597	282.82
N	0.25652E+06	88955.	34.68	0.13086E+06	0.50285E+06

Measurement Units

Density: Numbers/Sq. kilometers  
 ESW: meters

Component Percentages of Var(D)

Detection probability : 7.0  
 Encounter rate : 93.0

Estimation Summary - Encounter rates

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval
n	80.000			
k	57.000			
L	56.520			
n/L	1.4154	33.44	56.00	0.73730 2.7172
Left	0.0000			
Width	8.0000			

Estimation Summary - Detection probability

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval
Half-normal/Cosine				
m	1.0000			
LnL	-157.21			
AIC	316.42			
AICc	316.47			
BIC	318.80			
Chi-p	0.83836			
f(0)	0.20386	9.19	79.00	0.16985 0.24467
p	0.61317	9.19	79.00	0.51089 0.73594
ESW	4.9054	9.19	79.00	4.0871 5.8875

Estimation Summary – Density & Abundance

Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval
----------	-----	----	-------------------------

-----  
 Half-normal/Cosine  
 D 144.27 34.68 64.51 73.597 282.82  
 N 0.25652E+06 34.68 64.51 0.13086E+06 0.50285E+06

**ANNEX 2: ESTIMATE OF ELEPHANT DENSITY FROM THE DISTANCE PROGRAMME: HN+COSINE + MULTIPLIERS + BOOTSTRAPPING**

Estimation Options Listing

Parameter Estimation Specification

-----  
 Encounter rate for all data combined  
 Detection probability for all data combined  
 Density for all data combined

Distances:

-----  
 Analysis based on exact distances  
 Width specified as: 8.000000

Estimators:

-----  
 Estimator 1  
 Key: Half-normal  
 Adjustments - Function : Cosines  
 - Term selection mode : Sequential  
 - Term selection criterion : Akaike Information Criterion (AIC)  
 - Distances scaled by : W (right truncation distance)

Estimator selection: Choose estimator with minimum AIC  
 Estimation functions: constrained to be nearly monotone non-increasing

Multipliers:	Value	SE	DF
Dung Disap time	.17293E-01	.12117E-02	Inf
Dung Prod rate	.50582E-01	.24421E-02	Inf

Variances:

-----  
 Bootstrap variance/confidence intervals for density. Random number seed = 60889875.  
 Re-sampling will be across defined strata  
 Samples will be re-sampled  
 Variance of n: Empirical estimate from sample  
 (design-derived estimator R2/P2)  
 Variance of f(0): MLE estimate

Goodness of fit:

-----

Cut points chosen by program

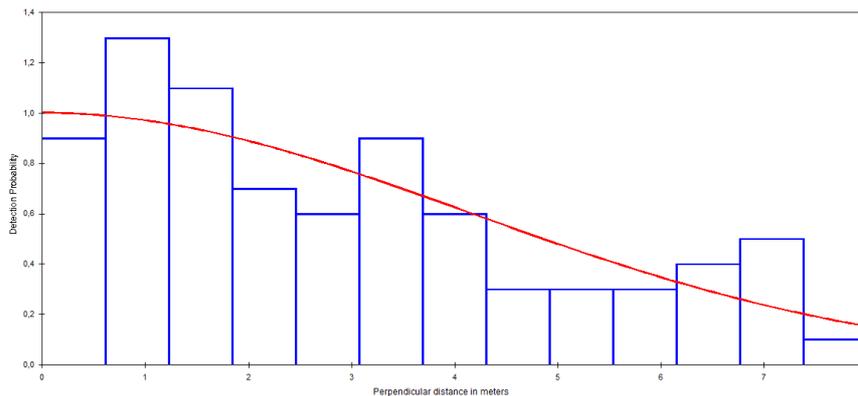
Effort : 56.52000  
 # samples : 57  
 Width : 8.000000  
 # observations: 80

Model

Half-normal key,  $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$

Point Parameter	Standard Estimate	Percent Error	Coef. of Variation	95 Percent Confidence Interval	
A (1)	4.160	0.5446			
f(0)	0.20284	0.19771E-01	9.75	0.16715	0.24616
p	0.61624	0.60066E-01	9.75	0.50780	0.74785
ESW	4.9299	0.48053	9.75	4.0624	5.9828

Detection Fct/Global/Plot: Detection Probability 3



Perpendicular distance in meters

Detection Fct/Global/Chi-sq GOF Test

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values	
1	0.000	0.615	9	9.94	0.090
2	0.615	1.23	13	9.73	1.100
3	1.23	1.85	11	9.39	0.277
4	1.85	2.46	7	8.65	0.315
5	2.46	3.08	6	8.06	0.525
6	3.08	3.69	9	7.11	0.504
7	3.69	4.31	6	6.34	0.018
8	4.31	4.92	3	5.35	1.033
9	4.92	5.54	3	4.57	0.538
10	5.54	6.15	3	3.69	0.130
11	6.15	6.77	5	3.02	1.303
12	6.77	7.38	4	2.33	1.187

13 7.38 8.00 1 1.83 0.374

-----  
 Total Chi-square value = 7.3934 Degrees of Freedom = 11.00

Probability of a greater chi-square value, P = 0.76639

The program has limited capability for pooling. The user should judge the necessity for pooling and if necessary, do pooling by hand.

Goodness of Fit Testing with some Pooling

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values	
1	0.000	0.615	9	9.94	0.090
2	0.615	1.23	13	9.73	1.100
3	1.23	1.85	11	9.39	0.277
4	1.85	2.46	7	8.65	0.315
5	2.46	3.08	6	8.06	0.525
6	3.08	3.69	9	7.11	0.504
7	3.69	4.31	6	6.34	0.018
8	4.31	4.92	3	5.35	1.033
9	4.92	5.54	3	4.57	0.538
10	5.54	6.15	3	3.69	0.130
11	6.15	6.77	5	3.02	1.303
12	6.77	8.00	5	4.16	0.169

-----  
 Total Chi-square value = 6.0009 Degrees of Freedom = 10.00

Probability of a greater chi-square value, P = 0.81518

Density Estimates/Global

Point Parameter	Standard Estimate	Percent Error	Coef. of Variation	95% Percent Confidence Interval
D	0.12557	0.45021E-01	35.85	0.62793E-01 0.25109
N	223.00	79.956	35.85	112.00 446.00

-----  
 Measurement Units

Density: Numbers/Sq. kilometres  
 ESW: meters

Component Percentages of Var(D)

-----  
 Detection probability : 7.4  
 Encounter rate : 87.0  
 Dung Disap time : 3.8

Dung Prod rate : 1.8

Estimation Summary - Encounter rates

Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
n	80.000			
k	57.000			
L	56.520			
n/L	1.4154	33.44	56.00	0.73730 2.7172
Left	0.0000			
Width	8.0000			

Estimation Summary - Detection probability

Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Half-normal/Cosine				
m	1.0000			
LnL	-196.31			
AIC	394.61			
AICc	394.67			
BIC	397.00			
Chi-p	0.81518			
f(0)	0.20284	9.75	79.00	0.16715 0.24616
p	0.61624	9.75	79.00	0.50780 0.74785
ESW	4.9299	9.75	79.00	4.0624 5.9828

Estimation Summary – Density & Abundance

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Half-normal/Cosine					
D	0.12557	35.85	73.65	0.62793E-01	0.25109
N	223.00	35.85	73.65	112.00	446.00

Bootstrap Summary- encounter rate

	Estimate	%CV	#	df	95% Confidence Interval	
Half-normal/Cosine						
n/L	1.4311	31.27	999	56.00	0.77620	2.6387
					0.70175	2.3860

Bootstrap Summary- Detection probability

	Estimate	%CV	#	df	95% Confidence Interval	
Half-normal/Cosine						
f(0)	0.22178	15.67	999	79.00	0.16266	0.30238
					0.16337	0.29366

Note: Confidence interval 1 uses bootstrap SE and log-normal 95% intervals.  
 Interval 2 is the 2.5% and 97.5% quantiles of the bootstrap estimates.

**Bootstrap Summary- Density & Abundance**

	Estimate	%CV	#	df	95% Confidence Interval	
-----						
Half-normal/Cosine						
D	0.14092	38.84	999	73.65	0.66771E-01	0.29739
					0.55724E-01	0.26225
Half-normal/Cosine						
N	250.55	38.84	999	73.65	119.00	529.00
				99.000	466.00	

Note: Confidence interval 1 uses bootstrap SE and log-normal 95% intervals.  
 Interval 2 is the 2.5% and 97.5% quantiles of the bootstrap estimates.

### ANNEX 3: RESULTS OF DUNG DECAY RATE ESTIMATION BY GENSTAT

GenStat Release 7.22 DE (PC/Windows)  
Copyright 2008, VSN International Ltd

03 June 2010 11:05:54

The GenStat Discovery Edition can be used for educational or not-for profit research purposes in qualifying countries. A list of qualifying countries can be viewed at <http://discovery.genstat.co.uk>. Commercial use of the GenStat Discovery Edition is strictly prohibited.

---

GenStat Discovery Edition 3  
GenStat Procedure Library Release PL15.2

---

```
1 %CD 'F:/'
2 "Data taken from File: \
-3 C:/Users/uicn/Desktop/Cote D'ivoire/Tai NP Survey/Tai survey data analyses/Tai
Dung_Decay DATABASE.xls\
-4 "
5 DELETE [Redefine=yes] _stitle_ : TEXT _stitle_
6 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_
10 PRINT [IPrint=*_] _stitle_ ; Just=Left
```

Data imported from Excel file: C:\Users\uicn\Desktop\Cote D'ivoire\Tai NP Survey\Tai survey data analyses\Tai Dung\_Decay DATABASE.xls  
on: 3-Jun-2010 11:10:39

taken from sheet ""Taidungdecaydat"", cells C2:D87

```
11 DELETE [redefine=yes] DAYS,STATE
12 UNITS [NVALUES=*_]
13 VARIATE [nvalues=86] DAYS
14 READ DAYS
  Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing
  DAYS 38.00 96.53 145.0 86 0
```

```
20 VARIATE [nvalues=86] STATE
21 READ STATE
```

```
  Identifier Minimum Mean Maximum Values Missing
  STATE 0.0000 0.2326 1.000 86 0 Skew
```

```
25
26 " Calculates mean decay time & s.e & c.v for retrospective dung/nest decay survey
data."
27 " Data should consist of two variables: DAYS = age in days"
28 " STATE = 0 if decayed, = 1 otherwise"
```

29 " First read in data from spreadsheet (or otherwise) and then execute the following commands."

30 " To do this, do ctrl-W to submit the commands in this window."

31 " Fit logistic regression model to STATE on DAYS"

32 MODEL [DISTRIBUTION=binomial; LINK=logit; DISPERSION=1] STATE;  
NBINOMIAL=1

33 FIT [PRINT=model,summary,esti; FPROB=yes; TPROB=yes] DAYS

33.....

\*\*\*\*\* Regression Analysis \*\*\*\*\*

Response variate: STATE

Binomial totals: 1

Distribution: Binomial

Link function: Logit

Fitted terms: Constant, DAYS

\*\*\* Summary of analysis \*\*\*

	d.f.	deviance	mean deviance	approx ratio	chi pr
Regression	1	63.82	63.8160	63.82	<.001
Residual	84	29.47	0.3508		
Total	85	93.28	1.0975		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1

Dispersion parameter is fixed at 1.00

\* MESSAGE: The residuals do not appear to be random;  
for example, fitted values in the range 0.00 to 0.43  
are consistently larger than observed values  
and fitted values in the range 0.90 to 0.91  
are consistently smaller than observed values

\* MESSAGE: The error variance does not appear to be constant:  
large responses are more variable than small responses

\* MESSAGE: The following units have high leverage:

Unit	Response	Leverage
58	0.00	0.064
59	0.00	0.064
60	0.00	0.064
61	0.00	0.064
62	0.00	0.060
63	1.00	0.060
64	0.00	0.060
65	0.00	0.060
66	1.00	0.060
67	1.00	0.060
68	1.00	0.060
69	1.00	0.060

70      1.00      0.060

\*\*\* Estimates of parameters \*\*\*

	estimate	s.e.	t(*)	t pr.	antilog of estimate
Constant	6.71	2.00	3.35	<.001	821.4
DAYS	-0.1162	0.0353	-3.29	0.001	0.8903

\* MESSAGE: s.e.s are based on dispersion parameter with value 1

```
34
35 " Save estimates, variances and covariance"
36 RKEEP; VCOVARIANCE=vcov; ESTIMATES=beta
37
38 " Calculate mean decay time"
39 CALC mean_decay = -(1+EXP(-beta$[1]))*LOG(1+EXP(beta$[1]))/beta$[2]
40
41 " Calculate s.e. & c.v. by delta method"
42 & var0 = vcov$[1;1]
43 & var1 = vcov$[2;2]
44 & cov = vcov$[2;1]
45 & deriv0 = -(1-EXP(-beta$[1])*LOG(1+EXP(beta$[1])))/beta$[2]
46 & deriv1 = -mean_decay/beta$[2]
47 & se_mean = SQRT(var0*deriv0**2 + 2*cov*deriv0*deriv1 + var1*deriv1**2)
48 & cv_mean = se_mean/mean_decay
49
50 " Display results"
51 PRINT mean_decay, se_mean, cv_mean; DEC=4

mean_decay    se_mean    cv_mean
57.8278      4.0519    0.0701
```

The mean decay rate per day=0.01729