

Fichier: Rapport inventaire FC Zياما v5 Fr 07juillet05.doc  
Date: Le 07 juillet 2005

**RAPPORT SUR L'INVENTAIRE DES ELEPHANTS  
DE LA FORET CLASSEE DE ZIAMMA  
(JUILLET – DECEMBRE 2004)**

**CITES/MIKE, LE CENTRE FORESTIER, N'ZEREKORE  
ET CONSERVATION INTERNATIONAL**

**Mars 2005**

Richard F.W. Barnes  
Section on Evolution, Behavior & Ecology  
Division of Biological Sciences 0116  
University of California San Diego  
La Jolla CA 92093-0116, U.S.A.  
Tel/fax: 858-292-0803 Email: [rfbarnes@ucsd.edu](mailto:rfbarnes@ucsd.edu)

Nandjui Awo  
Conservation International/Wild Chimpanzee Foundation  
Coordonnateur du projet « Sapo-Tail Elephant Corridor »  
04 B.P 2920 Abidjan 04  
Tel: - 00 225 23452913  
- 00 225 05983734  
Email: [nandjuia@yahoo.fr](mailto:nandjuia@yahoo.fr)

## Tables des Matières

RESUME	3
1. INTRODUCTION	3
2. DESCRIPTION DU SITE D'ETUDES	4
3. METHODES	7
3.1. Estimation de la densité des crottes	7
3.2. Répartition des layons	7
3.3. Exécution des layons	9
3.4. Estimation du taux de dégradation des crottes	10
3.5. Répartition des éléphants	11
4. RESULTATS	11
4.1. La densité de crottes	11
4.2. Le taux de dégradation de crottes	14
4.3. Estimation de l'effectif d'éléphants	15
4.4. Répartition d'éléphants	17
5. DISCUSSION	24
5.1. Estimation de la taille de la population	24
5.2. Distribution des éléphants	24
5.3. Dégâts de cultures par les éléphants	25
6. REMERCIEMENTS	26
7. REFERENCES	26
ANNEXE 1: Liste des membres de l'équipe	29
ANNEXE 2: Résultats du logiciel DISTANCE	30
ANNEXE 3: Calcul du taux de dégradation de crottes	43
ANNEXE 4 : Expérience : échantillonnage optimum pour l'estimation du taux de dégradation de crottes	47

## RESUME

Un inventaire des populations d'éléphants s'est déroulé dans la forêt classée de Zياما de juillet à décembre 2004. Comme recommandé par MIKE, cinquante-quatre layons ont été arrangés selon le modèle "systematic segmented track line". C'est la clé *half normal* plus l'ajustement cosinus du logiciel Distance 4.0 qui sied le mieux à nos données de distances perpendiculaires, ainsi la densité moyenne de crottes a été estimée à 542 crottes par km<sup>2</sup> (intervalle de confiance de 382 à 768.)

Deux cents cinquante-quatre crottes ont été marquées entre juillet et octobre 2004 pour l'expérience sur le taux de dégradation des crottes. La durée moyenne de vie est estimée à 57.79 jours. Ces estimations ont été combinées avec le taux de défécation des éléphants de forêt de Tchamba (1992) pour donner une estimation de 214 éléphants avec un CV de 18.5% et un intervalle de confiance de 141 à 295.

Une analyse multi-variables a montré que trois variables expliquent mieux la distribution des éléphants: distance séparant le layon à la sous-préfecture la plus proche, distance séparant le layon à la route nationale principale et la proportion de marécage sur le layon. Les deux premiers agissent toute l'année durant, tandis le troisième change de manière saisonnière.

## 1. INTRODUCTION

Le système de suivi de l'abattage illicite des éléphants / Monitoring the Illegal Killing of Elephants (MIKE) a été établi suite à une résolution de la Conférence des parties à la CITES en 1997. L'objectif principal de MIKE est de fournir des informations pour la gestion des éléphants et de renforcer les capacités sur chaque site. Les autres objectifs sont d'évaluer le niveau et les tendances de la chasse illicite des éléphants, déterminer les changements de ces tendances dans le temps, déterminer les facteurs capables d'influencer ces changements, et évaluer jusqu'à quel niveau les tendances observées sont une conséquence des décisions de la CITES.

Il y a un à trois sites MIKE dans chaque pays renfermant des populations d'éléphants. MIKE a l'intention d'estimer le nombre d'éléphants tous les deux ou trois ans dans chaque site, en utilisant des méthodes standard, dans le but de déterminer la tendance au sein des populations d'éléphants. La Forêt Classée de Zياما est le site MIKE de la Guinée. La population d'éléphants de Zياما était estimée à 108 individus en 1998 par la Direction Nationale des Forêts et Faune (1999, cité in Blanc *et al*, 2003), et à 200 en 2000 par M. Cécé Papa Condé (pers. comm.) et ses collègues. L'inventaire dont il est question dans ce rapport est le premier qui se fait dans Zياما en utilisant des méthodes standards prescrites par MIKE.

Les activités de terrain ont débuté en juillet 2004 avec le marquage d'échantillon de crottes fraîches qui constitue la première étape dans l'expérience du taux de dégradation. D'autres groupes de crottes ont été marqués à intervalles réguliers jusqu'à la fin du mois d'octobre. Les layons ont été coupés en novembre et décembre 2004 et les données analysées à N'Zérékoré en janvier 2005.

## **2. DESCRIPTION DU SITE D'ETUDES**

Les paragraphes suivants sont un résumé d'une description détaillée dans le document du plan d'aménagement de la Forêt Classée de Ziama (PROGERFOR, 1995).

La forêt de Ziama fait partie de la région de la Guinée Forestière, au Sud-est du pays. Elle se situe entre 8°03' à 8°32' de latitude Nord et entre 9°08' à 9°32' de longitude Ouest, près des forêts denses humides du Liberia et de la Côte d'Ivoire (Fig. 1). Elle a été classée en 1942 et déclarée en 1981 comme réserve de la Biosphère. Elle a une superficie de 1190 km carrés.

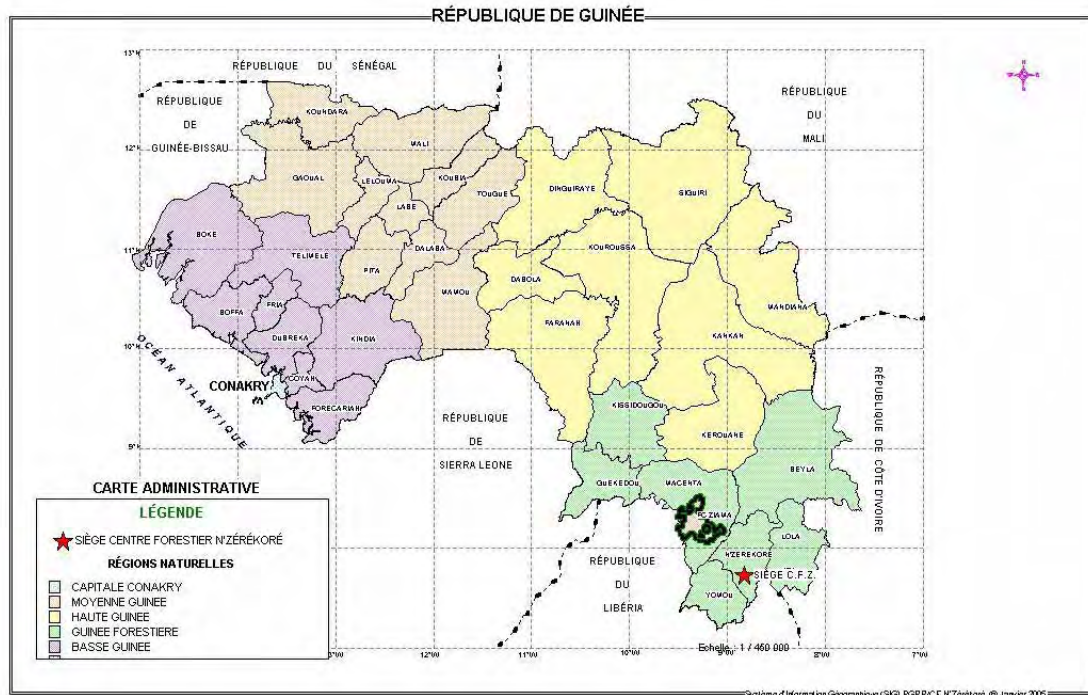
Le chaînon de Ziama fait partie de la "dorsale guinéenne" qui est caractérisée par un relief localement très accidenté. Entre ces reliefs, il existe une pénéplaine avec quelques bas-fonds. De nombreux marigots entrecoupent cette forêt. La combinaison entre le relief prononcé et les hautes précipitations naturelles font que le chaînon de Ziama a une fonction essentielle sur le système hydrographique de la région.

Le climat est de type tropical humide. Pour Macenta les pluies sont de l'ordre de 2700 mm par an avec environ 170 jours de pluie. La saison des pluies dure de mars à novembre compris. L'humidité ambiante varie de 81% à 96%.

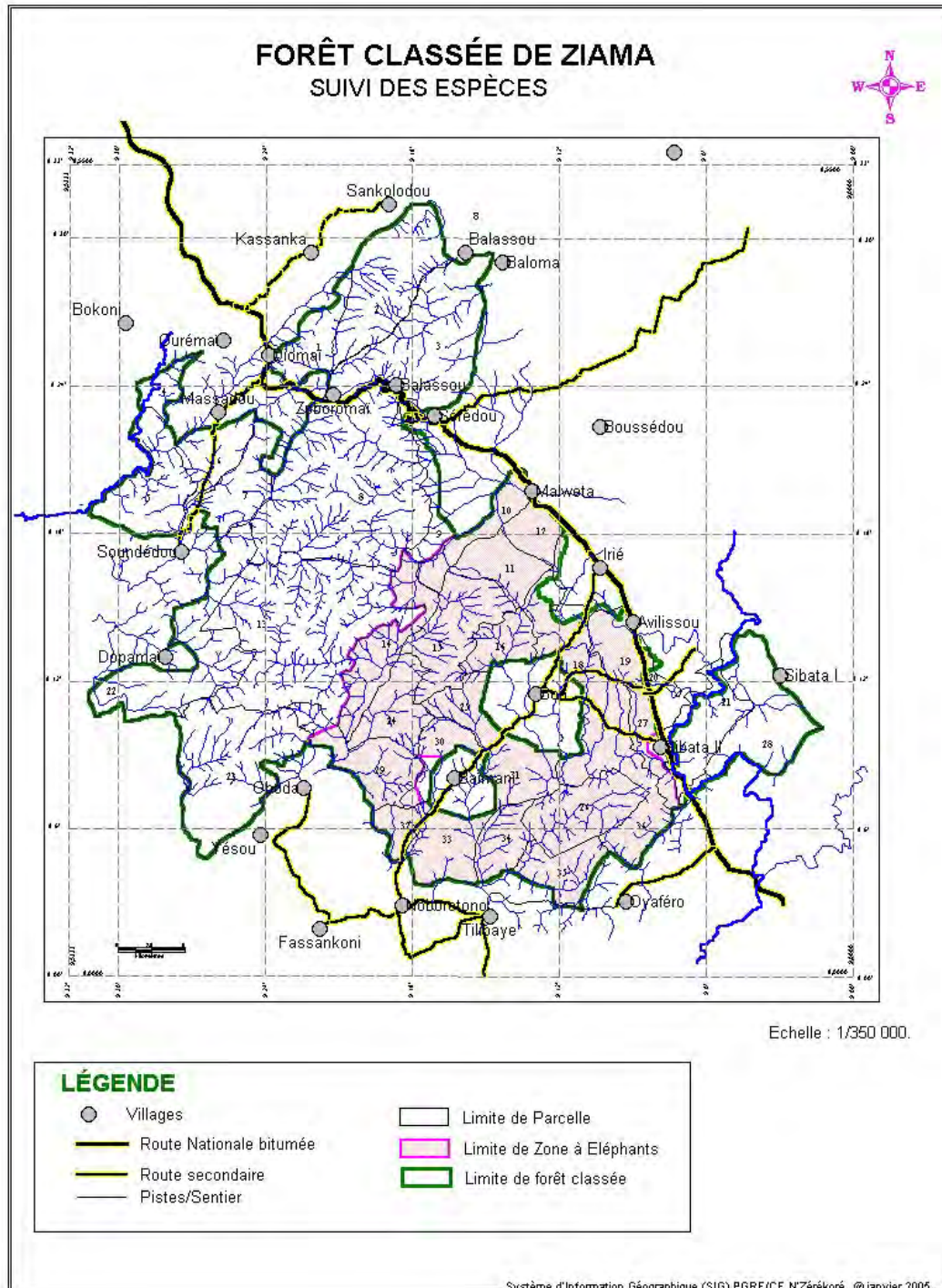
La forêt est située essentiellement sur un socle granitique précambrien. Elle est de type dense sempervirente ou semi-caducifoliée. Il existe deux étages de végétation en Guinée forestière: étage inférieur et étage montagnard. Le premier englobe à Ziama les groupements végétaux des plaines, situés au pied des montagnes ainsi que sur les versants jusqu'à une altitude de 950-1000 m. La végétation des basses altitudes passe graduellement à celle de l'étage supérieur. Le parcours des éléphants se trouve dans cette zone des basses altitudes (Fig. 2). Les formations végétales de cette zone comprennent la forêt primaire (y inclus la végétation climatique ou végétation de terre ferme et la végétation édaphique) et la végétation secondaire (forêt secondaire, recrus forestiers, jachères, etc). Il y a aussi des plantations de reboisement. Pour plus de détails voir PROGERFOR (1995, pages 21-26).

Pour les mammifères, 124 espèces ont été trouvées dans la forêt de Ziama, et 286 espèces d'oiseaux. Cette forêt est un refuge pour plusieurs espèces rares, vulnérables et menacées. Les éléphants se trouvent dans la moitié sud, en utilisant une superficie de 452 km carrés (Fig. 2).

**Fig. 1.** Carte de la Guinée montrant la position de F.C. Ziama.



**Fig. 2.** Carte de la F.C. de Zياما montrant l'aire utilisée par les éléphants ou “zone à éléphants”.



### 3. METHODES

#### 3.1. Estimation de la densité de crottes

Il est pratiquement impossible de compter directement les éléphants dans les écosystèmes forestiers comme celui du massif de Ziama à cause de la mauvaise visibilité.

Pour cela, nous avons effectué notre inventaire par le comptage de crottes, en utilisant la méthode des layons linéaires (Burnham *et al.*, 1980; Buckland *et al.*, 1993, 2001) et adaptée au comptage des crottes d'éléphants en forêt (e.g. Barnes *et al.*, 1997). Un logiciel statistique (DISTANCE 4.1) facilite l'analyse de données (Thomas *et al.*, 2002).

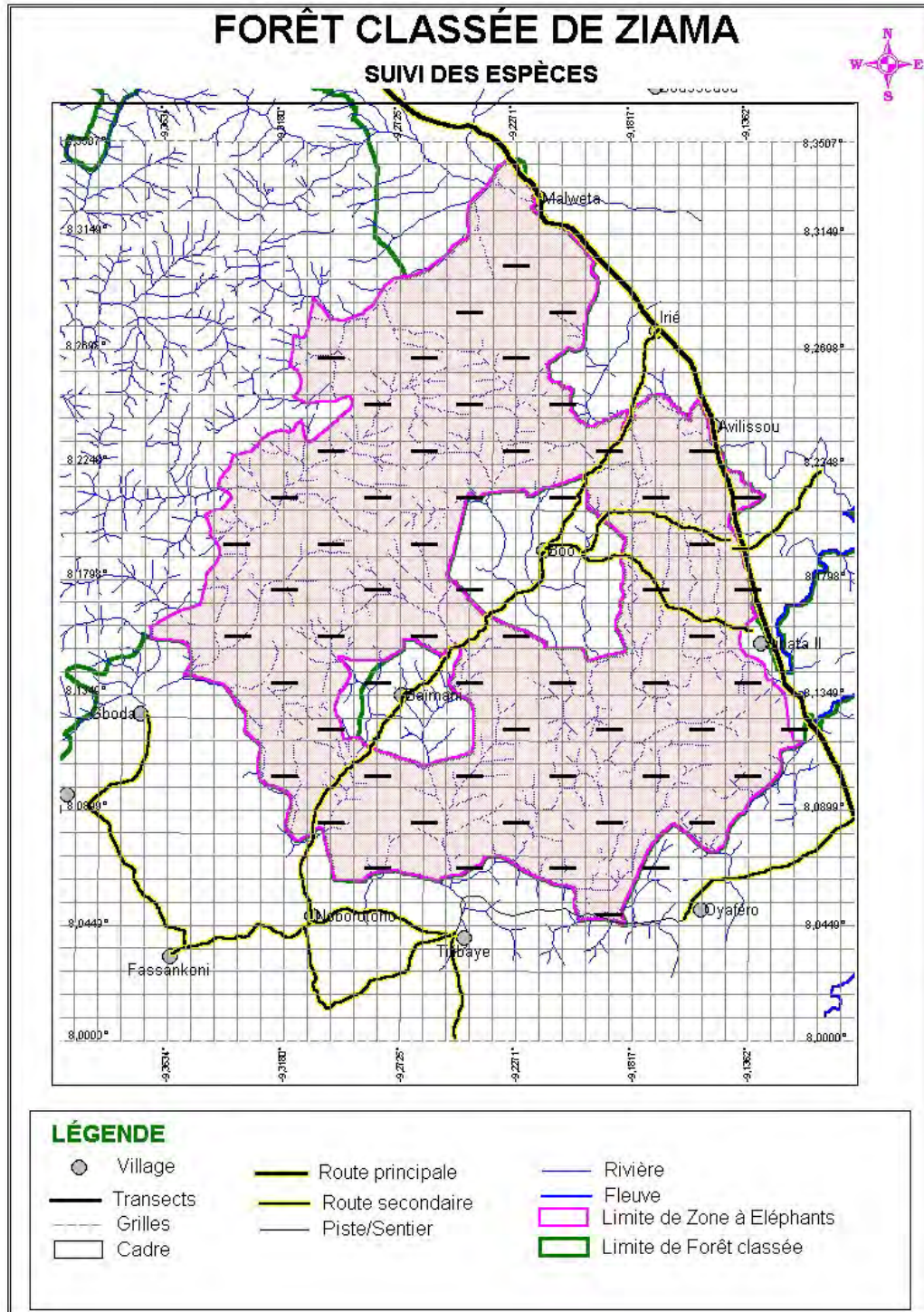
#### 3.2. Répartition des layons

L'inventaire des crottes d'éléphants s'est réalisé par l'intermédiaire d'un réseau de 54 layons de 1 km de long chacun. La répartition de ces layons s'est faite de façon systématique pour couvrir toute la superficie du site d'étude. En utilisant le logiciel MAPINFO on a superposé une grille de cellules de 2km x 2km au hasard sur la carte du site, le début de chaque layon étant l'angle de la grille. Ceci a donné 54 layons conformément au système *systematic segmented line transect design* exigé par MIKE (Fig. 3).

L'orientation des layons est perpendiculaire à la direction des principaux cours d'eau de la région. Les principaux cours d'eau de Ziama coulent dans la direction Nord-Sud. Nos layons sont ainsi orientés dans la direction Ouest-Est.



Fig. 3. Carte de la F.C. de Zياما montrant la répartition des layons.





### 3.3. Exécution des layons

Pour arriver au début du layon, une navigation à l'aide du GPS et de la boussole est nécessaire. Une fois sur le layon, seules les crottes observées à partir du layon sont prises en compte.

Quatre ou cinq personnes marchent en rang le long du layon. Un boussolier aligne un jalon que tient une personne. Une fois le jalon piqué, tous marchent en file indienne vers le jalon, tout en scrutant leur côté gauche et droit à la recherche de crottes. La longueur du layon est mesurée à l'aide d'un topo file.

Quand une crotte est repérée, les paramètres suivants sont collectés :

- La longueur du layon, mesurée par le topo-fil;
- La distance qui sépare la crotte de l'axe principal du layon. Cette distance mesurée perpendiculairement au layon à l'aide d'un ruban mètre;
- le niveau de dégradation de la crotte selon une échelle qui va de S1 à S4:

Il existe plusieurs niveaux de dégradation des crottes (MIKE, 2004).

- Niveau S1 : toutes les boules sont intactes dans la crotte ;
- Niveau S2 : une partie des boules est désintégrée ;
- Niveau S3 : aucune boule n'est intacte;
- Niveau S4 : la crotte ne contient plus de matière fécale, seuls les débris végétaux sont présents;

D'autres informations sont également collectées sur le layon. Il s'agit notamment des facteurs écologiques susceptibles d'expliquer la distribution des éléphants dans le parc.

- Le type de végétation ;
- La nature du terrain ;
- Les points d'eau ;
- Les indices d'activités humaines ;

En utilisant le SIG, nous avons mesuré également la distance qui sépare chaque layon, de la sous-préfecture la plus proche, du village le plus proche, de la route nationale bitumée, de la route secondaire la plus proche, du sentier le plus proche, du poste de surveillance le plus proche, de la limite la plus proche de la forêt. Voir Tableau 1 pour la liste totale de ces variables.

**Tableau 1.** Liste des variables collectées pour chaque layon.

Variable	Description de la variable
X1	Distance à la sous-préfecture la plus proche (km)
X2	Distance au village le plus proche (km)
X3	Distance à la route nationale bitumée (km)
X4	Distance à la route secondaire la plus proche (km)
X5	Distance à la piste la plus proche (km)
X6	Distance à la frontière libérienne (km)
X7	Distance au lieu le plus proche où un éléphant a été abattu (km)
X8	Distance à la grande rivière la plus proche (km)
X9	Distance à la petite rivière la plus proche (km)
X10	Distance au poste de surveillance le plus proche (km)
X11	Pourcentage de marécage sur le layon (sans les marécages à raphia)
X12	Pourcentage de marécage à raphia sur le layon
X13	Pourcentage de forêt secondaire jeune sur le layon
X14	Pourcentage de forêt secondaire vieux sur le layon
X15	Pourcentage de forêt secondaire sur le layon (aussi bien vieux que jeune)
X16	Pourcentage de plantation forestière sur le layon
X17	Nombre de signes d'activités humaines identifiées sur le layon
X18	Date d'exécution du layon
X19	Distance à la délimitation de la forêt (km)
X20	Pourcentage de tous les marécages sur le layon
X21	Nombre d'arbres fruitiers rencontrés sur le layon

#### 3.4. Estimation du taux de dégradation des crottes

Pour estimer le taux de dégradation de crottes dans le massif de Ziama, nous avons marqué une série de crottes fraîches pendant 6 phases à intervalle régulier allant de juillet à octobre 2004 (Laing *et al.*, 2003). Le site d'étude fut stratifié en tenant compte des facteurs écologiques susceptibles d'influencer la dégradation des crottes. Ainsi 5 strates ont été définies : la forêt fermée en zone de montagne (FF/ZM), forêt ouverte en zone de montagne (FO/ZM), forêt fermée zone plate (FF/ZP), forêt ouverte en zone plate (FO/ZP) et forêt secondaire en zone plate (FS/ZP). En considérant la forêt secondaire en zone de plaine comme étant une forêt ouverte, on revient à 4 strates. A intervalles réguliers de 3 semaines, des crottes fraîches ont été marquées dans ces différents secteurs pendant six phases. 24 à 48 heures avant la période de marquage dans une strate donnée, une prospection était effectuée pour y repérer les activités fraîches d'éléphants. Des facteurs

comme la présence d'insectes, l'odeur et l'humidité de la surface nous permettaient de reconnaître les crottes fraîches. Pour toute crotte fraîche identifiée,

- un code unique lui est affecté
- son niveau de dégradation est noté (S1-S4)
- la position GPS est marquée
- l'endroit où la crotte est trouvée est marqué par un drapeau de couleur facilement repérable sur lequel le code est lisiblement inscrit
- le diamètre des boules de la crotte est mesuré dans le cas où il y aurait des boules mesurables

254 crottes fut ainsi marquée pendant toute la période de l'étude avant le début des layons.

Après le vingt cinquième layon, soit à mi-chemin de la réalisation de la totalité des layons, toutes les crottes marquées ont été revisitées. Pour accéder à chaque crotte, une navigation à l'aide du GPS et de la boussole fut nécessaire. À l'occasion de cette revisite, l'équipe a noté le niveau de dégradation.

### *3.5. Répartition des éléphants*

Les inventaires des crottes d'éléphants sur les layons ne sont souvent pas distribués normalement. En plus ils sont composés des nombres entiers avec souvent beaucoup de zéro (i.e. layons sur lesquels aucune crotte n'a été vue). Les modèles de régression linéaires généralisés supposent que la distribution de Poisson sied bien à ce genre de données (McCullough & Nelder, 1989; Crawley, 1994). De tels modèles ont été appliqués aux données sur les éléphants aussi bien en forêt qu'en savane au Ghana (Sam *et al.*, 2000; EBM/WD/MIKE, 2002; Barnes *et al.*, 2003). Dans ce cas présent le logiciel statistique GENSTAT a été utilisé. Les données apparaissaient légèrement trop dispersées, ainsi le paramètre de dispersion était calculé par le logiciel (plutôt que suppose qu'il est égal à un). L'objectif était de construire un modèle mathématique qui décrive la distribution des éléphants et incorporer ensuite ce modèle au SIG pour générer une carte à contours pour expliquer l'abondance des éléphants.

## **4. RESULTATS**

### *4.1. La densité de crottes*

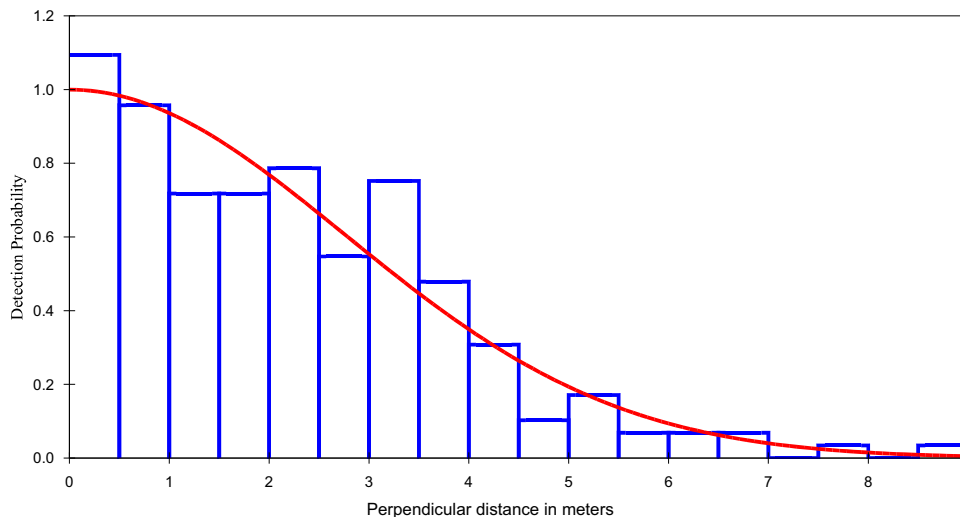
Deux cents deux crottes ont été recensées sur 54 layons. Les distances perpendiculaires mesurées sont montrées sur la Fig. 4. Ceci présente la courbe de visibilité typique des comptages de crottes en forêt. Aucune crotte n'a été vue au-delà de 9 mètres de la ligne centrale.

En utilisant DISTANCE 4.1 on a appliqué les six modèles recommandés par Buckland *et al* (2001). Les résultats sont montrés dans le Tableau 2. Le critère de choix le plus utile est le Critère d'Information d'Akaike (*Akaike's Information Criterion*, AIC): le modèle qui présente la plus petite valeur de AIC est celui qui sied mieux aux données. Le Tableau 2 montre que les modèles *half-normal+cosine* et *half-normal+hermite polynomial* sont les plus convenables. En fait, ils donnent des résultats identiques. La suite des analyses s'est faite avec le modèle *half-normal+cosine*.

Buckland *et al* (2001) recommande qu'on tronque les données, cela veut dire qu'on fait les analyses après avoir éliminé quelque crottes les plus éloignées (celles qui sont les plus éloignées de la ligne centrale du layon). Nous avons appliqué le modèle en réduisant la largeur maximale à 7 mètres, puis à 6 mètres et 5 mètres. Habituellement, la troncation rend le modèle plus efficace, mais ici tout en causant une toute petite différence au niveau de la densité crottes, elle entraîne une augmentation du CV. En d'autres termes la précision de l'estimation est réduite par la troncation, ainsi elle ne sera prise en compte pour la suite des analyses.

Le modèle *half-normal+cosine* sans troncation donne une estimation de 542 crottes par km<sup>2</sup> (intervalle de confiance de 382 à 768) et un CV = 17,6%.

**Fig. 4.** Histogramme produit par DISTANCE montrant les distances perpendiculaires et la courbe de visibilité associée (*half-normal + cosine*).



**Tableau 2.** Les paramètres estimés par chacun des six modèles adaptables aux données de layon linéaire. Densité est le nombre de crottes par km<sup>2</sup>;  $\chi^2$  compare la convenabilité de la courbe de visibilité associée à l’histogramme des données des distances perpendiculaires et  $P(\chi^2)$  est la probabilité de  $\chi^2$  ; AIC est le Critère d’Information d’Akaike (*Akaike Information Criterion* ; Buckland *et al*, 2001).

Parameter	Uniform	Uniform	Half-normal	Half-normal	Hazard rate	Hazard rate
	+ cosine	+ simple polynomial	+ cosine	+ hermite polynomial	+ cosine	+ simple polynomial
f(0)	0,2887	0,1740	0,2896	0,2896	0,2742	0,2399
Density (km <sup>-2</sup> )	540	325	542	542	513	449
CV (%)	17,4	17,0	17,6	17,6	19,3	17,6
Upper CL	762	456	768	768	750	634
Lower CL	383	232	382	382	351	317
$\chi^2$	10,80	74,77	14,06	14,06	8,84	11,55
$P(\chi^2)$	0,77	<0,0001	0,59	0,59	0,84	0,71
AIC	983,00	1046,70	982,71	982,71	983,02	983,85

#### 4.2. Le taux de dégradation de crottes

Deux cent cinquante quatre (254) crottes ont été marquées en six groupes, mais 11 (ou 4%) n'ont pu être retrouvées. Les analyses se sont donc faites avec 243 (Tableau 3). Dans les trois premiers groupes, toutes les crottes étaient dégradées jusqu'au stade S4 (disparu) sauf une, ou complètement disparue au moment de la revisite en fin novembre. Toute celles du sixième groupe étaient facilement repérables lors de la revisite (Tableau 3).

Nous avons appliqué la méthode de Laing *et al.* (2003) et le module du logiciel écrit par R.W. Burn pour GENSTAT. Ceci a donné un temps de survie moyen de crotte estimé à 57,79 jours (ou un taux de dégradation estimé à 0,017 par jour) et SE = 2,398 or CV = 4,15%.

Il est clair qu'il y a des différences au niveau du taux de défécation en fonction du type d'habitat mais ceci fera l'objet d'analyses plus détaillées plus tard.

**Tableau 3.** Nombre de crottes marquées et retrouvées pendant l'expérience du taux de dégradation.

Groupe	Nombre de crottes marquées	Nombre de crottes retrouvées et inspectées	L'age médian des crottes à l'inspection finale (jours)	Pourcentage encore visible à l'inspection finale
1	55	48	134	0
2	43	43	112	2
3	33	31	90	0
4	50	48	70	33
5	34	34	49	50
6	39	39	27	100
Total	254	243	88	30



### 4.3. Estimation de l'effectif d'éléphants

Après avoir estimé la densité de crottes sur le terrain et le temps moyen de survie, si on prend un taux de défécation estimé ailleurs, on peut procéder au calcul du nombre d'éléphants. Nous avons pris le taux de défécation de Tchamba (1992) puisque c'est l'étude de défécation avec le plus grand échantillonnage. Les données dans le Tableau 1 de Tchamba donnent une moyenne de 19,77 défécations par jour et une variance de 0,911.

Les trois variables ont été combinées dans l'équation suivante:

$$E = \frac{Y}{s \times D}$$

Où  $E$  est la densité d'éléphants,  $Y$  est la densité de crottes par  $\text{km}^2$ ,  $s$  est le temps moyen de survie et  $D$  est le taux de défécation. Ce calcul s'est fait avec une feuille de calculs utilisant la méthode delta (Seber, 1982; Buckland *et al*, 2001) pour calculer la marge d'erreur (erreur standard, SE) de  $E$ . Ce qui donne une estimation de 0,47 éléphants par  $\text{km}^2$  (SE = 0,09, CV = 18,7%). Quand on multiplie par la superficie du site d'étude, ceci donne 214 éléphants (intervalle de confiance de 135 à 293).

DISTANCE facilite le calcul automatiquement en utilisant les multiplicateurs. Il offre aussi différentes méthodes pour calculer la variance. L'estimation de la densité d'éléphants résultant de ce calcul est montrée dans le Tableau 4a et l'estimation de la taille de la population dans le Tableau 4b. Il faut noter que DISTANCE donne des estimations avec des marges de confiance asymétriques. L'estimation avec les plus petites marges de confiance provient de 2,5% et 97,5% percentiles des estimations de *bootstrap*, donc nous retenons que notre meilleure estimation est : 214 éléphants (intervalle de confiance de 141 à 295)

**Tableau 4a.** Estimation de la densité d'éléphants à partir de DISTANCE avec différentes méthodes d'estimation de la variance.

Méthode de calcul	Estimation de la densité d'éléphants (par km <sup>2</sup> )	%CV	95% de la marge inférieure de confiance	95% de la marge supérieure de confiance
Méthode standard (page 77 de Buckland <i>et al</i> (2001))	0,47	18,7	0,33	0,69
Bootstrap SE et log-normal 95% intervalles	0,47	18,5	0,33	0,68
Estimation de 2,5% et 97,5% des percentiles estimées par bootstrap	0,47	18,5	0,31	0,65

**Table 4b.** Estimations du nombre d'éléphants à partir de DISTANCE avec différentes méthodes d'estimation de la variance.

Méthode de calcul	Estimation du nombre d'éléphants	%CV	95% de la marge inférieure de confiance	95% de la marge supérieure de confiance
Standard method (page 77 of Buckland <i>et al</i> (2001))	214	18,7	148	311
Bootstrap SE et log-normal 95% intervalles	214	18,5	148	309
Estimation de 2,5% et 97,5% des quantiles estimées par bootstrap	214	18,5	141	295

#### 4.4. Répartition d'éléphants

La distribution de crottes est montrée par Fig. 5. Le nombre de crottes par layon varie de 0 à 22. Un grand nombre de variables auraient pu influencer la distribution des éléphants lors de l'inventaire. Certaines d'entre elles ont été mesurées à partir du SIG, quand d'autres furent extraites des fiches de données de terrain (Tableau 1). Le nombre de crottes par layon est tracé en corrélation avec chaque variable potentielle susceptible d'expliquer la distribution (e.g. Figs 6 – 10). Ces graphiques ont montré qu'aucune variable ne détermine seul clairement la distribution des éléphants. Ils montrent aussi que quelques variables ont une relation complexe, non linéaire avec la densité d'éléphants.

Chaque variable potentielle était ajoutée à tour de rôle au modèle linéaire généralisé nul. la variable qui explique la plus grande réduction de déviation est la distance à la sous préfecture la plus proche ( $X1$ ) quand il est exprimé comme quadratique (Tableau 5a):

$$Y = \exp(-5.15 + 1.12X1 - 0.046(X1)^2)$$

Où  $Y$  est le nombre de crottes vues sur chaque layon. La seconde étape fut d'ajouter chacun des autres potentiels au modèle incluant  $X1$  et  $(X1)^2$ . La distance à la principale route bitumée ( $X3$ ) émerge comme le plus important, encore dans la forme quadratique (Tableau 5b). A la troisième étape, le pourcentage de marécage (incluant les marécages à *Raphia*) était plus important. Une fois encore la relation était quadratique (Tableau 5c). Par conséquent, nous avons maintenant un modèle qui explique la distribution des éléphants avec trois variables, toutes sous la forme quadratique.

Le pourcentage de marécage n'a pas une distribution normale, car il y a plusieurs points sur la droite qui exerce un effet disproportionné sur le modèle (Fig. 10). En conséquence, nous avons essayé une transformation arcsin (Sokal & Rohlf, 1981). Ceci a amélioré considérablement la distribution de la variable  $X20$ , à l'exception du fossé à gauche entre les valeurs zéro et les valeurs suivantes (Fig. 11). Le modèle avec la transformation arcsin est montré dans le Tableau 5d.

Ce sont les meilleurs modèles, qui produisent la meilleure réduction de déviance. Un serait meilleur que l'autre? Celui montré dans le Tableau 5c donne la meilleure réduction de déviance. Mais un layon a une influence disproportionnée. Le modèle alternatif (Tableau 5d) explique moins la déviance, mais sied bien aux données. En plus il est plus parcimonieux, c'est qu'il a cinq variables au lieu de six.

Ces modèles nous permettent de calculer le nombre de crottes attendues sur un layon donné à une distance donnée de la sous préfecture la plus proche, et à une distance donnée de la route principale bitumée, en supposant un pourcentage de marécage donné sur ce layon. La prochaine étape est d'utiliser le SIG pour dessiner des contours de la densité d'éléphants pour le modèle incluant  $X1$  et  $X3$ , en supposant que  $X20$  demeure constant.

**Tableau 5a.** La première étape dans la construction d'un modèle qui explique la distribution des crottes d'éléphants par layon. Cette étape explique l'abondance d'éléphants en termes de distance à la sous-préfecture la plus proche ( $X1$ ). Ce modèle permet la réduction de la déviance de 60,7 ( $P < 0,01$ ).

	Estimation	S.E.	t <sub>51</sub>	P
Constante	-5,15	2,71	-1,90	0,063
$X1$	1,124	0,420	2,68	0,010
$(X1)^2$	-0,0457	0,0160	-2,85	0,006

**Tableau 5b.** La deuxième étape dans la construction d'un modèle qui explique la distribution des crottes d'éléphants par layon. Cette étape explique la distribution des crottes d'éléphants par layon en termes de distance à la sous-préfecture la plus proche ( $X1$ ) et la distance à la route nationale bitumée ( $X3$ ). Ce modèle permet une réduction de la déviance de 96,6 ( $P < 0,001$ ).

	Estimation	S.E.	t <sub>49</sub>	P
Constante	-4,69	2,35	-1,99	0,052
$X1$	0,918	0,374	2,46	0,018
$(X1)^2$	-0,0394	0,0143	-2,76	0,008
$X3$	0,2742	0,0982	2,79	0,007
$(X3)^2$	-0,01230	0,00421	-2,92	0,005

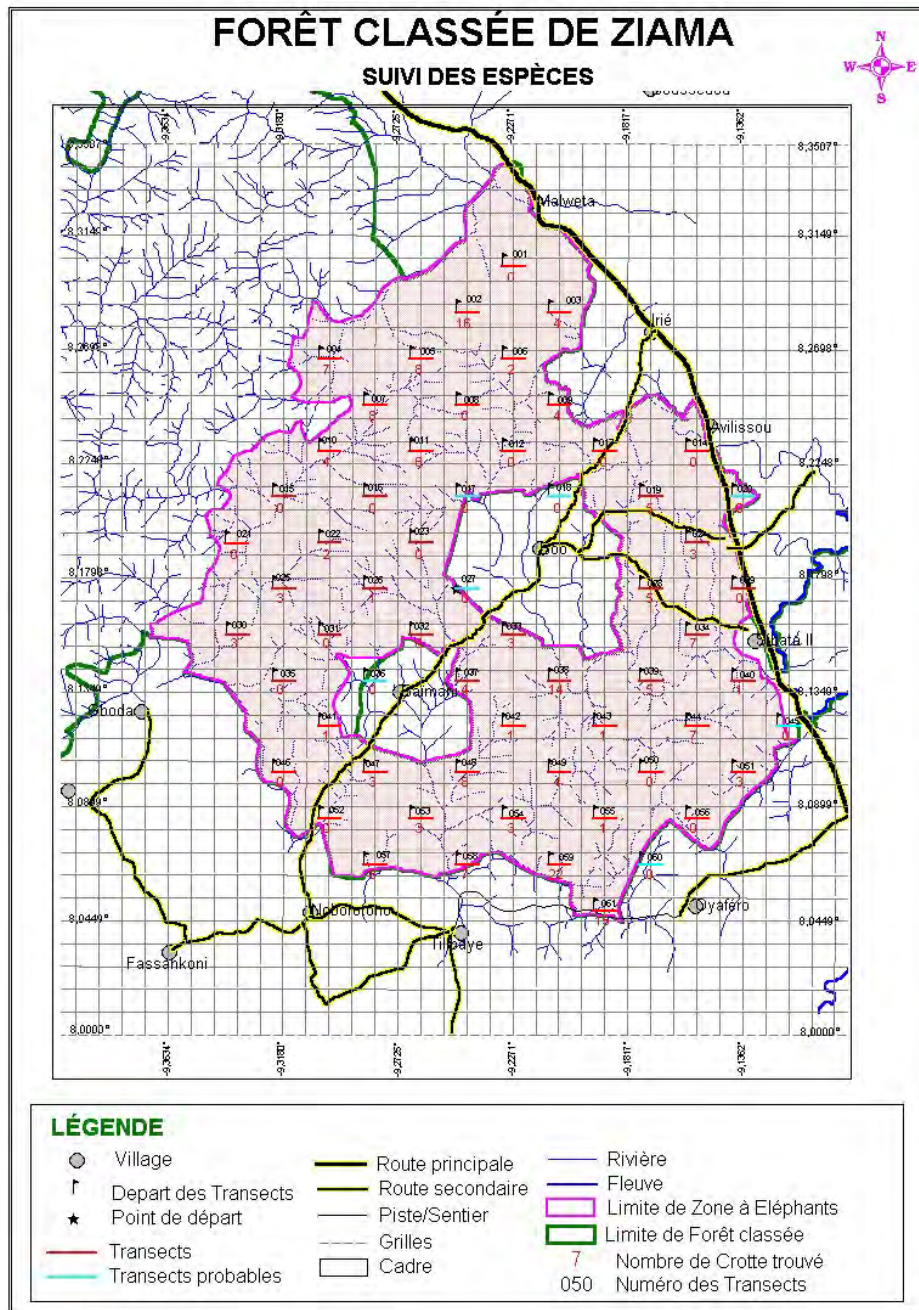
**Tableau 5c.** La troisième étape dans la construction d'un modèle qui explique la distribution des crottes d'éléphants par layon. Ce modèle explique la distribution des crottes d'éléphants par layon en termes de distance à la sous-préfecture la plus proche ( $X1$ ), distance à la route nationale bitumée ( $X3$ ) et le pourcentage de marécage sur le layon ( $X20$ ). Notons que chaque variable prédictive est significative ( $P < 0,05$ ), à l'exception de  $(X20)^2$ . Ce modèle permet une réduction de déviance de 118,9 ( $P < 0,001$ ).

	Estimation	S.E.	$t_{47}$	P
Constante	-4,54	2,33	-1,95	0,057
$X1$	0,803	0,369	2,18	0,034
$(X1)^2$	-0,0354	0,0140	-2,52	0,015
$X3$	0,3206	0,0962	3,33	0,002
$(X3)^2$	-0,01410	0,00415	-3,40	0,001
$X20$	0,0528	0,0211	2,51	0,016
$(X20)^2$	-0,000643	0,000349	-1,84	0,072

**Tableau 5d.** Le modèle qui explique la distribution des crottes d'éléphants par layon en termes de distance à la sous-préfecture la plus proche ( $X1$ ), distance à la route nationale bitumée ( $X3$ ) et la transformation en arcsin du pourcentage de marécage sur le layon ( $\text{Arcsin}\sqrt{X20}$ ). Notons que chaque variable prédictive est significative ( $P < 0,05$ ). Ce modèle permet la réduction de déviance de 113,3 ( $P < 0,001$ ).

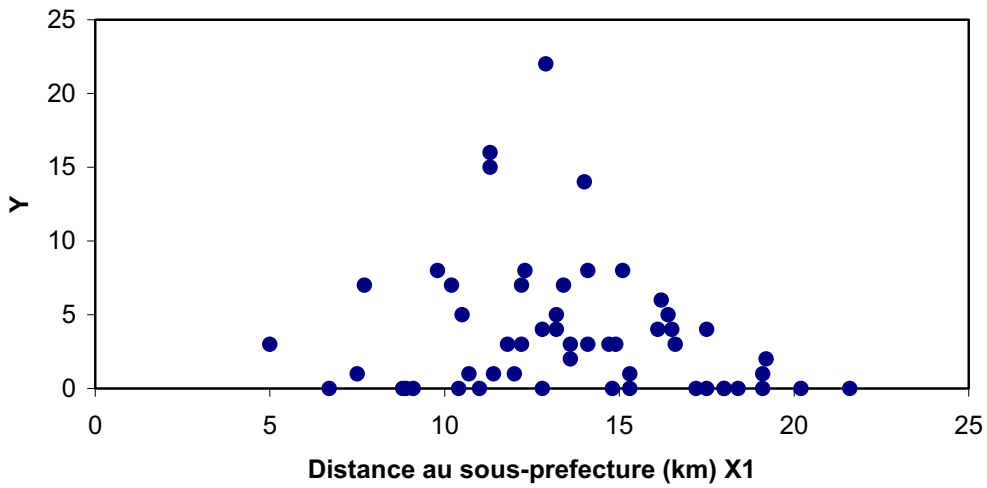
	Estimation	S.E.	$t_{48}$	P
Constante	-4,35	2,38	-1,82	0,074
$X1$	0,766	0,382	2,01	0,050
$(X1)^2$	-0,0339	0,0145	-2,35	0,023
$X3$	0,3036	0,0948	3,20	0,002
$(X3)^2$	-0,01325	0,00406	-3,27	0,002
$\text{Arcsin}(\sqrt{X20})$	0,343	0,158	2,17	0,035

**Fig. 5.** Carte montrant la distribution des crottes d'éléphants. Les chiffres au-dessus de chaque ligne indique le nombre identitaire du layon, quand celui du bas indique le nombre de crottes.

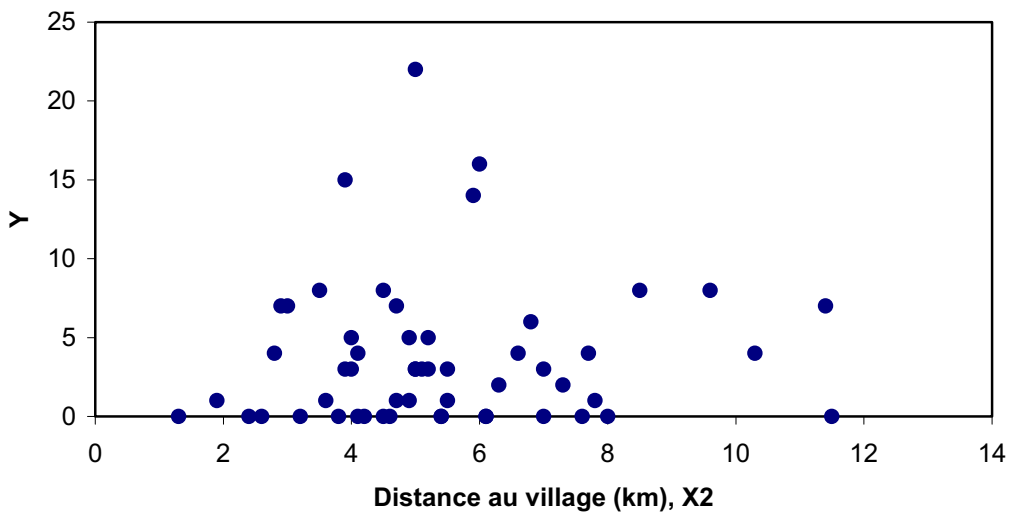




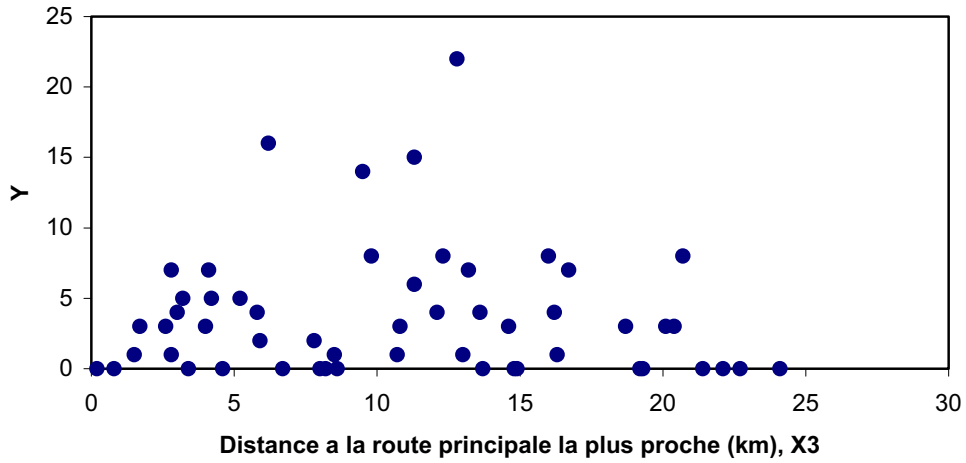
**Fig. 6.** Graphique montrant la relation entre le nombre de crottes par layon ( $Y$ ) et la distance à la sous-préfecture la plus proche ( $X1$ ).



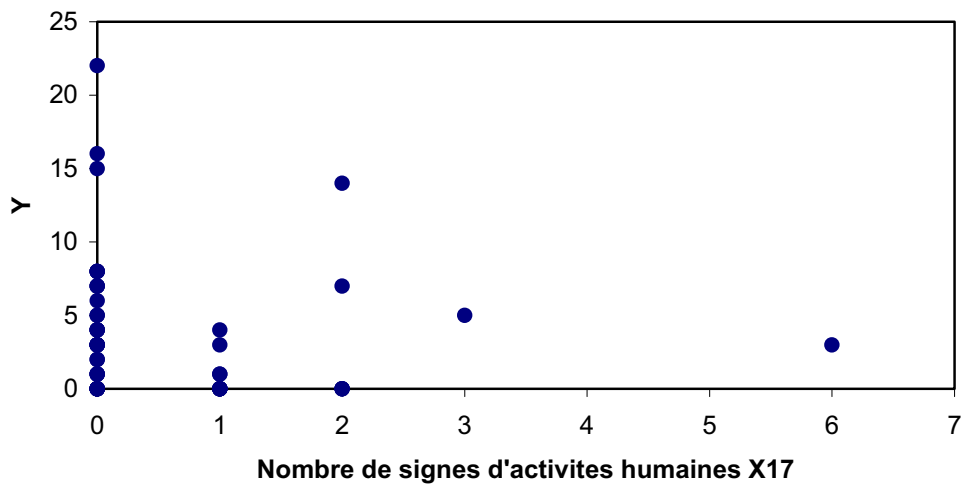
**Fig. 7.** Graphique montrant la relation entre le nombre de crottes par layon ( $Y$ ) et la distance au village le plus proche ( $X2$ ).



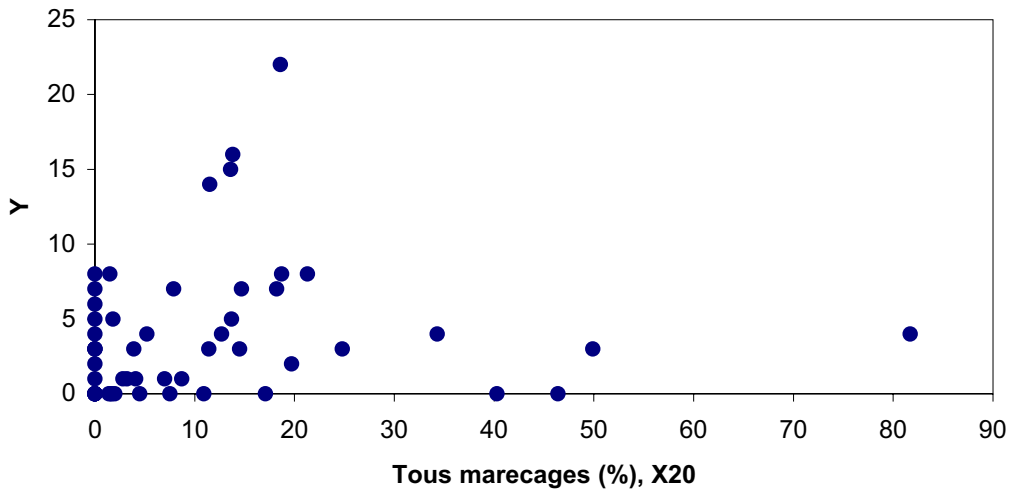
**Fig. 8.** Graphique montrant la relation entre le nombre de crottes par layon ( $Y$ ) et la distance à la route principale la plus proche ( $X3$ ).



**Fig. 9.** Graphique montrant la relation entre le nombre de crottes par layon ( $Y$ ) et les signes d'activités humaines ( $X17$ ).



**Fig. 10.** Graphique montrant la relation entre le nombre de crottes par layon ( $Y$ ) et le pourcentage de tous les types de marécages sur le layon ( $X20$ ).



## 5. DISCUSSION

### 5.1. Estimation de la taille de la population

Cette estimation de 214 éléphants ne devrait pas être comparée avec les estimations de la population d'éléphants de Ziama faites en 1997 et 2000, car les méthodes d'inventaire utilisées sont différentes. Les comparaisons doivent se faire seulement entre des inventaires ayant utilisés les mêmes méthodes.

Plusieurs personnes ont douté de l'efficacité de comptage de crottes pour l'estimation du nombre d'éléphants, mais des évidences sont disponibles pour montrer qu'ils donnent de bonnes estimations avec des marges de confiance raisonnables (Jachmann, 1991; Plumptre & Harris, 1995; Barnes, 2001, 2002; Eggert *et al*, 2003). Le point faible de la méthode utilisée ici est le taux de défécation provenant de l'étude de Tchamba (1992) dans le sud du Cameroun. En fait il semble que les taux de défécation chez les éléphants de forêt varie peu. Il est possible que MIKE décide un taux de défécation différent pour les forêts d'Afrique de l'Ouest, dans lequel cas les calculs peuvent être facilement révisés.

### 5.2. Distribution des éléphants

Trois variables ont émergés comme déterminants de la distribution des éléphants à ce moment particulier de l'année (novembre-décembre). La distance à la sous-préfecture (X1) était la plus importante. Les sous-préfectures sont de petites villes qui sont les centres des activités humaines. Non seulement il y a beaucoup de personnes, ce qui est la source de perturbations humaines en général, mais aussi on y trouve des restaurants qui vendent de la viande de brousse, c'est donc un centre d'activités de braconnage. La nuit il y a des groupes électrogènes générateurs de bruits qui peuvent aller très loin.

Les sous-préfectures qui sont sur la route nationale sont plus grandes que celles qui sont sur les routes secondaires. Il devient donc évident que la route nationale (X3) sera une variable importante. Le trafic est constant, jour et nuit. Dans la forêt du Gabon il a été prouvé que la route expliquait largement la variance dans la distribution des éléphants, avec la plus forte densité d'éléphants dans les forêts les plus éloignées (Barnes *et al*, 1997). A Kakum, nous avons conduit une étude de la communication par infrasons en collaboration avec le Laboratoire d'Ornithologie de l'Université de Cornell. Ceci a montré que les remorques sur la route principale produisent des bruits qui vont très loin la nuit, même à travers la forêt. Les routes principales sont aussi des sources pour les chasseurs. Les braconniers peuvent perturber les éléphants : les coups de fusils alarment les éléphants, les sentiers et l'odeur humaine laissent présager que les hommes fréquentent la forêt

Nous espérons que les villages ( $X_2$ ) émergeraient comme une variable importante. Bien qu'ils aient pu avoir des effets (Fig. 7), les sous-préfectures ont une influence plus importante.

Notons que deux des variables les plus importantes sont *externes* à la forêt. Nous n'avons pas pu identifier de perturbations à l'*intérieur* de la forêt qui influencent la distribution des éléphants. Alors  $X_{17}$  (activités humaines) a montré une influence négative attendue (Fig. 9), il était faible et pas systématiquement significatif.

Ces deux variables ( $X_1$  et  $X_3$ ) ne sont pas saisonniers mais opèrent toute l'année. En d'autres termes les marécages auront un effet saisonnier. En saison sèche les marécages auront probablement une plus forte influence sur les éléphants.

L'équation qui exprime l'abondance des éléphants en termes de  $X_1$  et  $X_3$  sera incorporé dans le SIG pour créer une carte de courbes de niveaux qui présente la distribution relative des éléphants à travers la forêt.

### 5.3. Dégât de cultures par les éléphants

Partout où on rencontre ensembles les cultures et les éléphants, il y a toujours conflits entre les hommes et les éléphants. Les types de pratiques agricoles en zone forestière de l'Afrique de l'Ouest créent une mosaïque de végétation que les éléphants affectionnent particulièrement (Barnes, 2002; Barnes *et al.*, 2003a, 2003b). La situation devient tragique quand les paysans qui nourrissent difficilement leurs familles créent les conditions qui attirent les éléphants (Barnes, 2002). Les conflits Hommes-éléphants est ainsi une conséquence inévitable d'une forêt comme Ziama qui contient des éléphants mais qui est entouré par des cultures. La situation est exacerbée par deux enclaves au milieu de la forêt. Satenin & Sagnah (2000) a montré qu'il est nécessaire d'élaborer un plan d'utilisation des terres autour de Ziama pour atténuer le problème, et de trouver un moyen de faire bénéficier les populations de la présence des éléphants.

Dans certaines circonstances, il a été possible d'endiguer les dégâts de culture par des clôtures électriques. Une possibilité est donc de clôturer les deux enclaves. Mais c'est une option très chère : il y aura non seulement le coût capital de construction mais également les coûts annuels de maintenance. La clôture devra aussi être maintenue tout le temps; si elle n'est pas bien maintenue, les éléphants vont la casser pour passer. Il y a eu plusieurs cas où la clôture électrique n'a pas marché, ou a marché mais est devenue défaillante après quelques années par manque de maintenance. Voir Barnes *et al.* (2003b) pour encore de discussion des clôtures électriques dans les forêts ouest africaines.

Ainsi on est contraint d'accepter l'inévitabilité des dégâts de cultures par les éléphants. Néanmoins il peut être possible de prendre des mesures pour réduire les risques de dégâts de cultures en cultivant de manière à réduire l'attraction des éléphants par le paysage. Plusieurs leçons ont été apprises à partir de notre étude des dégâts de cultures au sud du Ghana (Barnes *et al.*, 2003). Quelques-unes de ces leçons pourraient être appliquées

autour de Ziama. La situation autour de Ziama diffère de celle de Kakum, et d'autres leçons pourraient ne pas être applicables. Actuellement il existe des comités villageois de Conflit Homme- Eléphant qui se battent pour améliorer la cohabitation en assistant les victimes à partir de leurs propres cotisations. Une étude de dégâts de cultures autour de Ziama est clairement nécessaire dans le but d'identifier les particularités qui accroissent les risques de dégâts par les éléphants.

## **6. REMERCIEMENTS**

Tous nos remerciements aux autorités guinéennes en général pour les facilités offertes tout le long de ce recensement. Nos sincères remerciements au Directeur-Général du Centre Forestier M. Aliou Nadhel Diallo et aux Conseillers Techniques Principaux entrant et sortant, respectivement messieurs Jean Marie PETIT et Peter Robert SCHATENS, dont la disponibilité ne nous a jamais fait défaut. Nous remercions la Coordonnatrice Nationale MIKE, Mme Christine Sagno et le Responsable de Site, M. Cécé Papa CONDE, pour leurs franches collaborations. M. Kouyaté Salim a effectué tout le travail du SIG pendant le projet, qu'il en soit infiniment remercié. Nous remercions les membres de l'équipe (voir Annexe 1) pour leurs efforts et leur camaraderie sur le terrain. Nous n'oublions pas les principaux chauffeurs du Centre Forestier, M. Mahoro Béavogui et M. Tanou Dopavogui, qui ont conduit avec assiduité l'équipe sur le terrain.

Les fonds ont été fournis par *The Critical Ecosystem Partnership Fund* et par *The Smart Family Foundation* via l'appui de la Conservation International pour M. Nandjui Awo.

La « Conservation International » a contribué à la réalisation de ce projet par sa collaboration efficace avec MIKE. Nous voudrions sincèrement remercier Dr Léonie Bonnehin, précédemment Représentante de Conservation International en Côte d'Ivoire. La « *Division of Biological Sciences, University of California at San Diego* » a fourni un bureau, l'accès à la bibliothèque et aux services Email.

Nous remercions M. Nigel Hunter, le directeur de MIKE, et M. Massalatchi Sani Coordonnateur sous-régional MIKE pour la parfaite entente avec l'équipe de terrain.



## 7. REFERENCES

Barnes, R.F.W. (2001) How reliable are dung counts for estimating elephant numbers? *African Journal of Ecology* 39, 1-9.

Barnes, R.F.W. (2002) The problem of precision and trend detection posed by small elephant populations in West Africa. *African Journal of Ecology* 40, 179-185.

Barnes, R.F.W., Beardsley, K., Michelmore, F., Barnes, K.L., Alers, M.P.T., Blom, A. (1997) Estimating forest elephant numbers with dung counts and a geographic information system. *Journal of Wildlife Management* 61: 1384-1393.

Barnes, R.F.W., Boafo, Y., Nandjui, A., Farouk, U.D., Hema, E.M., Danquah, E., Manford, M. (2003a) An overview of crop raiding by elephants around the Kakum Conservation Area: Part 1: Summary report. *Elephant Biology & Management Project, Africa Program, Conservation International, Washington DC.*

Barnes, R.F.W., Boafo, Y., Nandjui, A., Farouk, U.D., Hema, E.M., Danquah, E., Manford, M. (2003b) An overview of crop raiding by elephants around the Kakum Conservation Area: Part 2: Technical report. *Elephant Biology & Management Project, Africa Program, Conservation International, Washington DC.*

Blanc, J., Thouless, C.R., Dublin, H.T., Douglas-Hamilton, I., Craig, G.C. & Barnes, R.F.W. (2003) *African Elephant Status Report 2002*. IUCN/SSC African Elephant Specialist Group, IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, U.K.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., & Laake, J.L. (1993) *Distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Chapman & Hall, London.

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.

Burnham, K.P., Anderson, D.R. & Laake, J.L. (1980) Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildl. Monogr.* 72: 1-202.

Crawley, M.J. (1994) *GLIM for Ecologists*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Direction Nationale des Forêts et Faune (1999) *Conservation de la biodiversité. Rapport de la mission d'appui février-mars 1999. Projet de gestion des ressources rurales*. Conakry.

Eggert, L. S., Eggert, J. A. and Woodruff, D. S. (2003) Estimating population sizes for elusive animals: the forest elephants of Kakum National Park, Ghana. *Molecular Ecology* 12: 1389-1402.

- 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.
- McCullagh, P. & Nelder, J.A. (1989) *Generalized Linear Models*. 2nd edition. Chapman & Hall, London.
- Plumptre, A.J. & harris, S. (1995) Estimating the biomass of large mammalian herbivores in a tropical montane forest: a method of faecal counting that avoids assuming a 'steady state' system. *Journal of Applied Ecology* 32: 111-120.
- PROGERFOR (1995) *Proces-verbal d'aménagement des forêts de Ziama et Diecke*. Volume 1: *Presentation generale*. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et des Forêts, Direction Nationale des Forêts et de la Faune.
- Reilly, J. (2002) Growth in the Sumatran elephant (*Elephas maximus sumatranus*) and age estimation based on dung diameter. *Journal of Zoology* 258: 205-213.
- Satenin, S. & Sagnah, M.S. (2000) *Amélioration de la cohabitation homes/éléphants en périphérie de la forêt classée de Ziama*. Unpublished report, Centre Forestier de N'Zérékoré, Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage.
- Seber, G.A.F. (1982) *The estimation of animal abundance and related parameters*. Macmillan, New York.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1981) *Biometry*. 2<sup>nd</sup> edition. W.H. Freeman, New York.
- Tchamba, M.N. (1992) Defaecation 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. and Pollard, J.H. (2002) *Distance 4.0*, Release 1. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, U.K.

### **ANNEXE 1: Liste des membres de l'équipe**

Nom	Poste
Koi Gouavogui	Ancien chef d'Antenne de Zياما
Nicolas Londiah Delamou	Nouveau chef d'Antenne de Zياما
Mohamed Camara	Ancien chef de brigade de Zياما
Lah Gbamou	Nouveau chef de brigade de Zياما
Mohamed Samoura	Assistant de la surveillance
Seny Koivogui	Surveillant
Nestor Kondiano	Surveillant
Laurent Bore	Surveillant
Nema Soua Lamah	Surveillant
Siba Jacob Grovogui	Surveillant
Ouo Ouo Monemou	Surveillant

## ANNEXE 2: RESULTATS DU LOGICIEL *DISTANCE*

### ANNEXE 2A: ESTIMATION DE LA DENSITE D'ELEPHANTS: RESULTATS DU LOGICIEL *DISTANCE* : HN+COSINE + MULTIPLIERS + BOOTSTRAP

HALF-NORMAL + COSINE

17 Janvier 2005

#### 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 distance intervals  
Width specified as: 9.000000  
Left most value set at: 0.000000

##### Estimators:

-----  
Estimator 1  
Key: Half-normal  
Adjustments - Function : Cosines  
- Term selection mode : Sequential  
- Term selection criterion: Akaike Information Criterion (AIC)

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

##### Variiances:

-----  
Variance of n: Empirical estimate from sample  
Variance of f(0): MLE estimate

##### Goodness of fit:

-----  
Based on grouped distance data intervals

Detection Fct/Global/Model Fitting

Effort : 54.00000  
# samples : 54  
Width : 9.000000  
Left : 0.0000000  
# observations: 202

Model 1

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

Results:

Convergence was achieved with 7 function evaluations.

Final Ln(likelihood) value = -490.35670

Akaike information criterion = 982.71338

Bayesian information criterion = 986.02167

AICc = 982.73340

Final parameter values: 2.7585074

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 11 function evaluations.

Final Ln(likelihood) value = -490.27770

Akaike information criterion = 984.55542

Bayesian information criterion = 991.17194

AICc = 984.61572

Final parameter values: 2.7128483 -0.51869103E-01

Likelihood ratio test between models 1 and 2

Likelihood ratio test value = 0.1580

Probability of a greater value = 0.691008

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

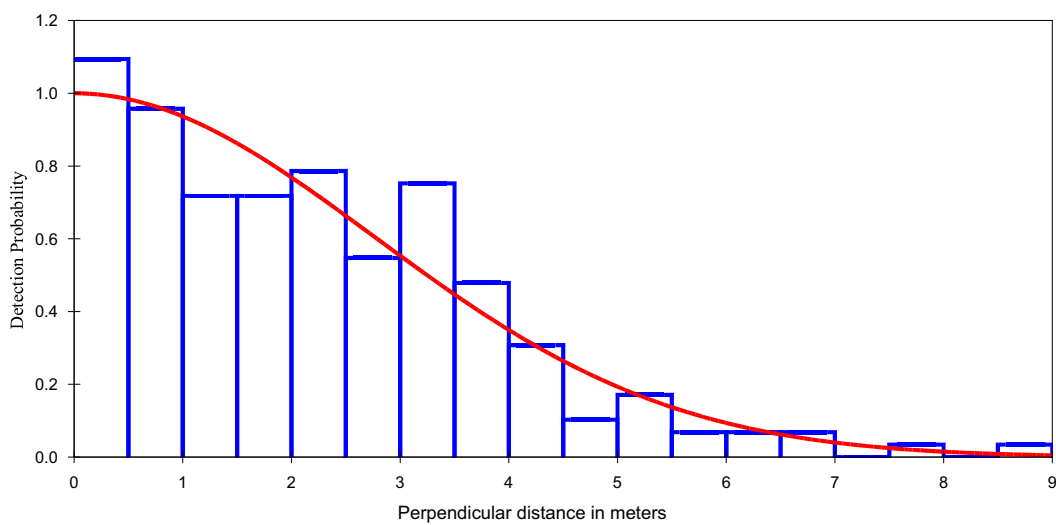
Detection Fct/Global/Parameter Estimates

Effort : 54.00000  
# samples : 54  
Width : 9.000000  
Left : 0.0000000  
# observations: 202

Model

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

Point	Standard	Percent	Coef.	95 Percent	
Parameter	Estimate	Error	of Variation	Confidence Interval	
A(1)	2.759	0.1430			
f(0)	0.28956	0.14825E-01	5.12	0.26178	0.32030



Detection Fct/Global/Chi-sq GOF Test

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values
1	0.000 0.500	32	29.09	0.292
2	0.500 1.00	28	28.15	0.001
3	1.00 1.50	21	26.36	1.091
4	1.50 2.00	21	23.90	0.351
5	2.00 2.50	23	20.96	0.198
6	2.50 3.00	16	17.79	0.181
7	3.00 3.50	22	14.62	3.728
8	3.50 4.00	14	11.62	0.487
9	4.00 4.50	9	8.94	0.000
10	4.50 5.00	3	6.66	2.010
11	5.00 5.50	5	4.80	0.008

12	5.50	6.00	2	3.35	0.542
13	6.00	6.50	2	2.26	0.030
14	6.50	7.00	2	1.48	0.187
15	7.00	7.50	0	0.93	0.932
16	7.50	8.00	1	0.57	0.324
17	8.00	8.50	0	0.34	0.338
18	8.50	9.00	1	0.19	3.363

-----  
Total Chi-square value = 14.0623 Degrees of Freedom = 16

Probability of a greater chi-square value, P = 0.59407

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	0.500	32	29.09	0.292
2	0.500	1.00	28	28.15	0.001
3	1.00	1.50	21	26.36	1.091
4	1.50	2.00	21	23.90	0.351
5	2.00	2.50	23	20.96	0.198
6	2.50	3.00	16	17.79	0.181
7	3.00	3.50	22	14.62	3.728
8	3.50	4.00	14	11.62	0.487
9	4.00	4.50	9	8.94	0.000
10	4.50	5.00	3	6.66	2.010
11	5.00	5.50	5	4.80	0.008
12	5.50	6.00	2	3.35	0.542
13	6.00	6.50	2	2.26	0.030
14	6.50	7.00	2	1.48	0.187
15	7.00	9.00	2	2.03	0.001

-----  
Total Chi-square value = 9.1064 Degrees of Freedom = 13

Probability of a greater chi-square value, P = 0.76486

Density Estimates/Global

Effort : 54.00000  
# samples : 54  
Width : 9.000000  
Left : 0.0000000

# observations: 202

Model 1

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

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	Coef.	95% Percent Confidence Interval
f(0)	0.28956	0.14825E-01	5.12	0.26178	0.32030
p	0.38372	0.19645E-01	5.12	0.34690	0.42445
ESW	3.4535	0.17681	5.12	3.1221	3.8200
n/L	3.7407	0.62957	16.83	2.6753	5.2304
D	541.59	95.274	17.59	382.09	767.67

Measurement Units

Density: Numbers/Sq. kilometers  
ESW: meters

Component Percentages of Var(D)

Detection probability : 8.5  
Encounter rate : 91.5

Estimation Summary - Encounter rates

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval
n	202.00			
k	54.000			
L	54.000			
n/L	3.7407	16.83	53.00	2.6753 5.2304
Left	0.0000			
Width	9.0000			

Estimation Summary - Detection probability

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

Half-normal/Cosine

m	1.0000
LnL	-490.36
AIC	982.71
AICc	982.73
BIC	986.02
Chi-p	0.76486



f(0)	0.28956	5.12	201.00	0.26178	0.32030
p	0.38372	5.12	201.00	0.34690	0.42445
ESW	3.4535	5.12	201.00	3.1221	3.8200

Estimation Summary - Density&Abundance

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
-----					
Half-normal/Cosine					
D	541.59	17.59	63.12	382.09	767.67

**ANNEXE 2B: ESTIMATION DE LA DENSITE D'ELEPHANTS: RESULTATS  
DU LOGICIEL *DISTANCE* : HN+COSINE + MULTIPLIERS + BOOTSTRAP**

Fichier: Elephant density estimate—HN+cosine+BOOTSTRAP.doc  
Date: le 19 Janvier 2005

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 distance intervals  
Width specified as: 9.000000  
Left most value set at: 0.000000

Estimators:

-----  
Estimator 1  
Key: Half-normal  
Adjustments - Function : Cosines  
- Term selection mode : Sequential  
- Term selection criterion: Akaike Information Criterion (AIC)

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

Multipliers:	Value	SE
Defn	0.50582E-01	0.25073E-02
Survival	0.17304E-01	0.71863E-03

Variances:

-----  
Bootstrap variance/confidence intervals for density. Random number seed = 1953049.  
Re-sampling will be across defined strata  
Samples will be re-sampled  
Variance of n: Empirical estimate from sample  
Variance of f(0): MLE estimate

Goodness of fit:

-----

Based on grouped distance data intervals

Effort : 54.00000  
# samples : 54  
Width : 9.000000  
Left : 0.0000000  
# observations: 202

Model 1

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

Results:

Convergence was achieved with 7 function evaluations.

Final Ln(likelihood) value = -490.35670

Akaike information criterion = 982.71338

Bayesian information criterion = 986.02167

AICc = 982.73340

Final parameter values: 2.7585074

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 11 function evaluations.

Final Ln(likelihood) value = -490.27770

Akaike information criterion = 984.55542

Bayesian information criterion = 991.17194

AICc = 984.61572

Final parameter values: 2.7128483 -0.51869103E-01

Likelihood ratio test between models 1 and 2

Likelihood ratio test value = 0.1580

Probability of a greater value = 0.691008

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

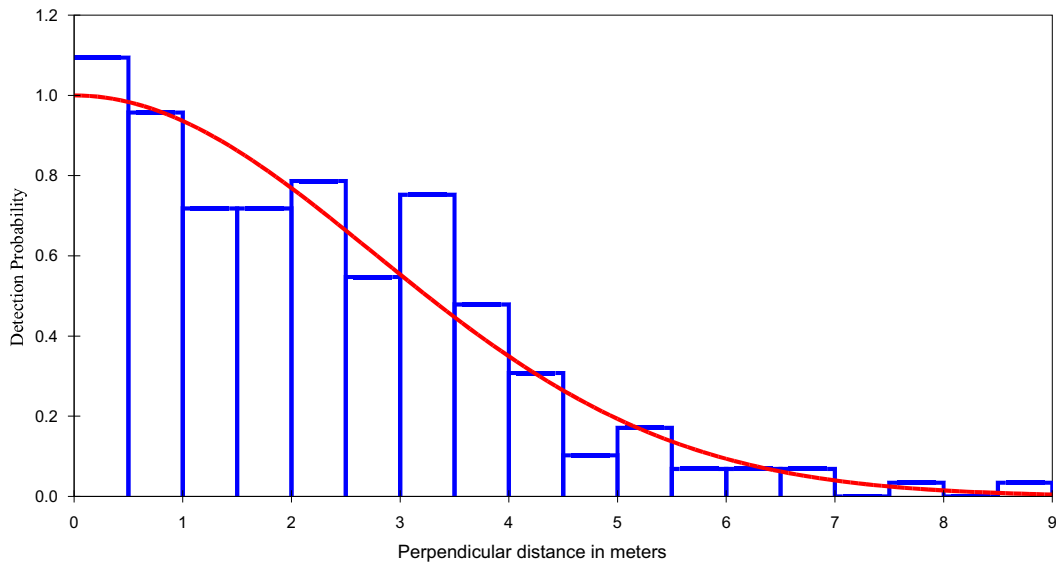
Detection Fct/Global/Parameter Estimates

Effort : 54.00000  
# samples : 54  
Width : 9.000000  
Left : 0.0000000  
# observations: 202

Model

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

Point	Standard	Percent	Coef.	95 Percent	
Parameter	Estimate	Error	of Variation	Confidence Interval	
A(1)	2.759	0.1430			
f(0)	0.28956	0.14825E-01	5.12	0.26178	0.32030



-----

Detection Fct/Global/Chi-sq GOF Test

Cell i	Cut Points	Observed Values	Expected Values	Chi-square Values	
1	0.000	0.500	32	29.09	0.292
2	0.500	1.00	28	28.15	0.001
3	1.00	1.50	21	26.36	1.091
4	1.50	2.00	21	23.90	0.351
5	2.00	2.50	23	20.96	0.198

6	2.50	3.00	16	17.79	0.181
7	3.00	3.50	22	14.62	3.728
8	3.50	4.00	14	11.62	0.487
9	4.00	4.50	9	8.94	0.000
10	4.50	5.00	3	6.66	2.010
11	5.00	5.50	5	4.80	0.008
12	5.50	6.00	2	3.35	0.542
13	6.00	6.50	2	2.26	0.030
14	6.50	7.00	2	1.48	0.187
15	7.00	7.50	0	0.93	0.932
16	7.50	8.00	1	0.57	0.324
17	8.00	8.50	0	0.34	0.338
18	8.50	9.00	1	0.19	3.363

-----  
Total Chi-square value = 14.0623 Degrees of Freedom = 16

Probability of a greater chi-square value, P = 0.59407

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	0.500	32	29.09	0.292
2	0.500	1.00	28	28.15	0.001
3	1.00	1.50	21	26.36	1.091
4	1.50	2.00	21	23.90	0.351
5	2.00	2.50	23	20.96	0.198
6	2.50	3.00	16	17.79	0.181
7	3.00	3.50	22	14.62	3.728
8	3.50	4.00	14	11.62	0.487
9	4.00	4.50	9	8.94	0.000
10	4.50	5.00	3	6.66	2.010
11	5.00	5.50	5	4.80	0.008
12	5.50	6.00	2	3.35	0.542
13	6.00	6.50	2	2.26	0.030
14	6.50	7.00	2	1.48	0.187
15	7.00	9.00	2	2.03	0.001

-----  
Total Chi-square value = 9.1064 Degrees of Freedom = 13

Probability of a greater chi-square value, P = 0.76486

Density Estimates/Global

Effort : 54.00000  
 # samples : 54  
 Width : 9.000000  
 Left : 0.0000000  
 # observations: 202

Model 1

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

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	Coef.	95% Percent Confidence Interval
f(0)	0.28956	0.14825E-01	5.12	0.26178	0.32030
p	0.38372	0.19645E-01	5.12	0.34690	0.42445
ESW	3.4535	0.17681	5.12	3.1221	3.8200
n/L	3.7407	0.62957	16.83	2.6753	5.2304
D	0.47404	0.88847E-01	18.74	0.32701	0.68717

Measurement Units

Density: Numbers/Sq. kilometers  
 ESW: meters

Component Percentages of Var(D)

Detection probability : 7.5  
 Encounter rate : 80.6  
 Defn : 7.0  
 Survival : 4.9

Estimation Summary - Encounter rates

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval
n	202.00			
k	54.000			
L	54.000			
n/L	3.7407	16.83	53.00	2.6753 5.2304
Left	0.0000			
Width	9.0000			

Estimation Summary - Detection probability

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
-----					
Half-normal/Cosine					
m	1.0000				
LnL	-490.36				
AIC	982.71				
AICc	982.73				
BIC	986.02				
Chi-p	0.76486				
f(0)	0.28956	5.12	201.00	0.26178	0.32030
p	0.38372	5.12	201.00	0.34690	0.42445
ESW	3.4535	5.12	201.00	3.1221	3.8200

Estimation Summary - Density&Abundance

	Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
-----					
Half-normal/Cosine					
D	0.47404	18.74	63.12	0.32701	0.68717

Bootstrap Summary - Encounter rates

	Estimate	%CV	#	df	95% Confidence Interval	
-----						
Half-normal/Cosine						
n/L	3.7407	16.39	999	53.00	2.6986	5.1853
					2.6111	4.9630

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 - Detection probability

	Estimate	%CV	#	df	95% Confidence Interval	
-----						
Half-normal/Cosine						
f(0)	0.28956	8.56	999	201.00	0.24468	0.34268
					0.23633	0.33361

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	0.47404	18.54	999	63.12	0.32828	0.68452
					0.31151	0.65289

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.





```

0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0
1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 :

"   Calculates mean decay time & s.e & c.v for retrospective dung/nest
decay survey data."
"   Data should consist of two variables:   DAYS   = age in days"
"                                           STATE = 0 if decayed, = 1
otherwise"
"   First read in data from spreadsheet (or otherwise) and then execute
the following commands."
"   To do this, do ctrl-W to submit the commands in this window."
"   Fit logistic regression model to STATE on DAYS"
MODEL [DISTRIBUTION=binomial; LINK=logit; DISPERSION=1] STATE;
NBINOMIAL=1
FIT [PRINT=model,summary,esti; FPROB=yes; TPROB=yes] DAYS

"   Save estimates, variances and covariance"
RKEEP; VCOVARIANCE=vcov; ESTIMATES=beta

"   Calculate mean decay time"
CALC mean_decay = -(1+EXP(-beta$[1]))*LOG(1+EXP(beta$[1]))/beta$[2]

"   Calculate s.e. & c.v. by delta method"
&   var0   = vcov$[1;1]
&   var1   = vcov$[2;2]
&   cov    = vcov$[2;1]
&   deriv0 = -(1-EXP(-beta$[1]))*LOG(1+EXP(beta$[1]))/beta$[2]
&   deriv1 = -mean_decay/beta$[2]
&   se_mean = SQRT(var0*deriv0**2 + 2*cov*deriv0*deriv1 +
var1*deriv1**2)
&   cv_mean = se_mean/mean_decay

"   Display results"
PRINT mean_decay, se_mean, cv_mean; DEC=4

```

## OUTPUT

```

GenStat Release 7.2 (PC/Windows Me) 19 January 2005
09:35:33
Copyright 2004, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental
Station)

```

---

```

GenStat Seventh Edition (SP1)
GenStat Procedure Library Release PL15

```

---

```

1 %CD 'C:/My Documents'
2 "Data taken from File: \
-3 C:/MIKE/Ziama/Ziama---effectif elefs/Ziama crottes pour
MeanDecayGen.xls"

```

```

4 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_
5 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_
9 PRINT [IPrint=*_stitle_]; Just=Left

```

Data imported from Excel file: C:\MIKE\Ziama\Ziama---effectif  
elefs\Ziama

crotttes pour MeanDecayGen.xls

on: 19-Jan-2005 9:37:36

taken from sheet ""Sheet1"", cells A2:B244

```

10 DELETE [redefine=yes] DAYS,STATE
11 UNITS [NVALUES=*_]
12 VARIATE [nvalues=243] DAYS
13 READ DAYS

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
DAYS	21.00	82.93	138.0	243	0

```

25 VARIATE [nvalues=243] STATE
26 READ STATE

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
STATE	0.0000	0.3004	1.000	243	0

```

34
35 " Calculates mean decay time & s.e & c.v for retrospective
dung/nest decay survey data."
36 " Data should consist of two variables: DAYS = age in days"
37 " STATE = 0 if decayed,
= 1 otherwise"
38 " First read in data from spreadsheet (or otherwise) and then
execute the following commands."
39 " To do this, do ctrl-W to submit the commands in this window."
40 " Fit logistic regression model to STATE on DAYS"
41 MODEL [DISTRIBUTION=binomial; LINK=logit; DISPERSION=1] STATE;
NBINOMIAL=1
42 FIT [PRINT=model,summary,esti; FPROB=yes; TPROB=yes] DAYS

```

```

42.....
.....

```

\*\*\*\*\* 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	deviance approx ratio	chi pr
------	----------	---------------	-----------------------	--------

```

Regression      1      162.2      162.1645      162.16 <.001
Residual       241      134.9       0.5597
Total          242      297.0       1.2275
* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1

```

Dispersion parameter is fixed at 1.00

\* MESSAGE: The following units have large standardized residuals:

```

Unit      Response      Residual
196      1.00      3.18

```

\* MESSAGE: The residuals do not appear to be random;  
for example, fitted values in the range 0.01 to 0.06  
are consistently larger than observed values  
and fitted values in the range 0.73 to 0.96  
are consistently smaller than observed values

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

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

	estimate	s.e.	t(*)	t pr.	antilog of estimate
Constant	4.992	0.737	6.77	<.001	147.2
DAYS	-0.0871	0.0117	-7.42	<.001	0.9166

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

```

43
44 " Save estimates, variances and covariance"
45 RKEEP; VCOVARIANCE=vcov; ESTIMATES=beta
46
47 " Calculate mean decay time"
48 CALC mean_decay = -(1+EXP(-
beta$[1]))*LOG(1+EXP(beta$[1]))/beta$[2]
49
50 " Calculate s.e. & c.v. by delta method"
51 & var0 = vcov$[1;1]
52 & var1 = vcov$[2;2]
53 & cov = vcov$[2;1]
54 & deriv0 = -(1-EXP(-beta$[1]))*LOG(1+EXP(beta$[1]))/beta$[2]
55 & deriv1 = -mean_decay/beta$[2]
56 & se_mean = SQRT(var0*deriv0**2 + 2*cov*deriv0*deriv1 +
var1*deriv1**2)
57 & cv_mean = se_mean/mean_decay
58
59 " Display results"
60 PRINT mean_decay, se_mean, cv_mean; DEC=4

mean_decay      se_mean      cv_mean
57.7878         2.3982         0.0415

```

Therefore mean decay rate = 0.01730 per day

#### **ANNEX 4: EXPERIENCE: ECHANTILLONAGE OPTIMUM POUR L'ESTIMATION DU TAUX DE DEGRADATION DE CROTTES**

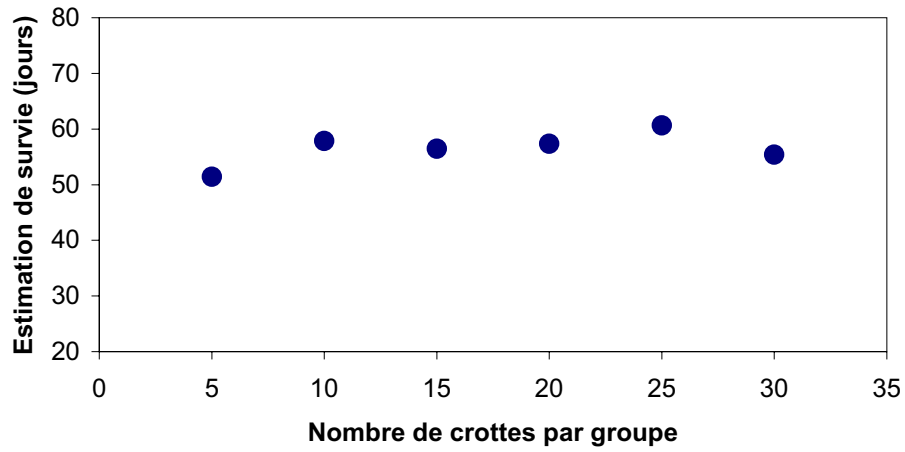
Two hundred and forty-three droppings were located (96% of the those marked). There were between 31 and 48 droppings in each cohort (Table 3). Laing *et al.* (2003) suggested marking about 20 per cohort, but we deliberately marked a number that was larger than necessary, so that we could later do a simulation experiment to estimate the optimum sample size.

We examined the effect of taking a certain number of droppings from each cohort. For this experiment we took the cohorts 3 to 6, that is those droppings that were less than 100 days old when re-inspected (see Table 3). There were 152 of these droppings. First we randomly selected 5 droppings from each cohort and calculated the mean survival time. Then we randomly selected 10 from each cohort and calculated the mean survival time. We repeated this exercise, gradually increased the sample size up to 30 droppings per cohort.

Fig. A4.1 shows that ten droppings per cohort (i.e. a total sample size of 40 droppings) gave a good estimate of mean survival time, with a CV that was less than 10% (Fig. A4.2). The precision of the estimate increased (that is, the CV declined) as the sample size increased. Thus, 25 droppings per cohort or more were needed to bring the CV below 5% (Fig. A4.2).

Note that this experiment was conducted with only four cohorts, because the two oldest cohorts had only one dropping that survived to re-inspection. Laing *et al.* (2003) advised marking five or six cohorts with about 20 droppings each. Since four cohorts with 25 droppings each would give a good estimate (i.e.  $n = 100$ ), we suggest that five cohorts each of 20 droppings should be adequate in future---this experiment using data from the field confirms the opinion of Laing *et al.* (2003). Thus if the survey of Ziama were to be repeated at the same time of year, then we recommend marking the first cohort about 3 months before the scheduled mid-point of the transect survey, with five cohorts equally spaced in time, and with 20 droppings per cohort. In order to allow for loss of marked droppings, an extra two or three droppings per cohort would be useful.

**Fig. A4.1** Results of the simulation experiment to estimate survival time in relation to the number of droppings in each of four cohorts.



**Fig. A4.2.** Results of the simulation experiment showing the decline of the CV with increasing number of droppings in each of four cohorts.

