
Distribution des éléphants autour d'une mare sahélienne en relation avec le cheptel domestique et la végétation ligneuse

Richard F.W. Barnes,¹ Emmanuel M. Héma,^{2*} Elmehdi Doumbia³

¹ Division of Biological Sciences 0116, University of California at San Diego, La Jolla, CA 92093-0116, USA; et Environmental Sciences Research Centre, Anglia Ruskin University, East Road, Cambridge CB1 1PT, UK.; rfbarnes@ucsd.edu

² c/o Save The Elephants, PO Box 54667, Nairobi ; email: emhema@yahoo.fr ; * auteur avec qui correspondre

³ Service de la Conservation de la Nature de Gossi, Gourma Rharous, Mali

Résumé

Un indice du cumul d'occupation des éléphants a été mesuré autour de la mare de Benzéna dans le Gourma malien, en fin de saison sèche 2004. Un fort gradient d'utilisation d'espace des éléphants à partir de la mare a été enregistré. Les éléphants préféraient les endroits à haute diversité spécifique avec abondance de *Balanites aegyptiaca* et *Acacia* spp., mais évitaient les sols pauvres à *Leptadenia pyrotechnica*. Aucune évidence de compétition entre les éléphants et le cheptel domestique n'a été constatée.

Abstract

An accumulated count of elephant occupation was measured around Lake Banzena in Gourma in Mali, at the end of the 2004 dry season. There was a steep gradient of elephant use away from the lake. Elephants preferred areas with high species diversity and with abundant *Balanites aegyptiaca* and *Acacia* spp. but avoided poor soils with *Leptadenia pyrotechnica*. There was no evidence of competition between elephants and livestock.

Introduction

Les derniers éléphants (*Loxodonta africana*) du Sahel se trouvent dans la région du Gourma au Mali (Blake et al. 2003). L'écologie et les mouvements annuels de cette population ont été décrits par Olivier (1983), Jachmann (1991), Pringle and Diakité (1992), Maïga (1999) et Blake et al. (2003). Les mares constituent les principales ressources en eau en saison sèche, qui se rétrécissent par évaporation au fur et à mesure que la saison progresse. La plus importante est la mare de Benzéna située au nord ouest de la zone de distribution des éléphants. La mare de Benzéna est une ressource critique pour les éléphants du Gourma pendant la période de l'année où ils sont le plus susceptibles au stress. Cependant, la mare et les zones boisées voisines sont également utilisées par les grands troupeaux de bétail, de chèvres et de moutons ainsi que des dromadaires conduits par des pasteurs. Des signes d'intense pâturage autour de la mare ont été mis en évidence depuis des années (Blake et al.

2003). La dessiccation du climat sahélien, la végétation au cours des trois dernières décennies et l'accroissement de la population humaine ont engendré la crainte d'une exploitation non durable de l'habitat et la compétition entre les éléphants et le cheptel domestique pour le pâturage et l'eau (Maïga 1999). Nous avons observé que les éléphants semblaient éviter les fortes concentrations de chèvres et de boeufs au nord de la mare. D'autre part, les chèvres et éléphants étaient souvent observés en train de pâturer assez près l'un de l'autre : les chèvres consomment les gousses et branches tombées au sol par les éléphants.

Pendant que nous prospectons les environs de la mare à la recherche des éléphants, nous avons remarqué leur préférence pour les zones de végétation dense. De plus il nous a semblé que les éléphants évitaient les bandes de végétation dominées par *Leptadenia pyrotechnica*, une espèce qui couvre de vastes espaces du Gourma et qui s'étend progressivement autour de Benzéna. L'objectif de cet

inventaire était de décrire l'utilisation de l'espace par les éléphants en saison sèche autour de la mare en relation avec l'eau, l'abondance du cheptel domestique et la disponibilité du pâturage.

Description de l'aire d'étude

Le Gourma est la zone sahélienne située au sud et à l'ouest de la boucle du fleuve Niger, dans le sud-est du Mali. La saison sèche dure plus de huit mois, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 300 mm au nord à 600 mm au sud. Les dunes couvrent environ 50% de la superficie de la zone, les plaines latéritiques environ 25% et les escarpements rocheux 16% (Maïga 1999). La mare de Benzéna (fig. 1) est située dans une dépression et entourées par un anneau de fourrées dominées par *Acacia nilotica*. Le nord est constitué d'un système de dune avec des arbustes clairsemés et des herbacées annuelles qui avaient disparus au moment de cet inventaire. Au sud existait d'avantage de dunes mais aussi de vastes plaines latéritiques dénudées. D'autres reliques de forêts sèches ont également été observées le long des ravins au sud et à l'ouest.

Les éléphants du Gourma suivent un cycle unique de migration annuelle et se regroupent habituellement à Benzéna de avril à juin puis se dispersent au début des pluies (Maïga 1999; Blake et al. 2003). La population était estimée à 350 par Blake et al. (2003).

Méthodes

Terrain

La température élevée, la brise constante et l'humidité faible provoquent l'assèchement rapide des déjections des herbivores ; les déjections déposées au sol représentent ainsi la distribution accumulée pendant la

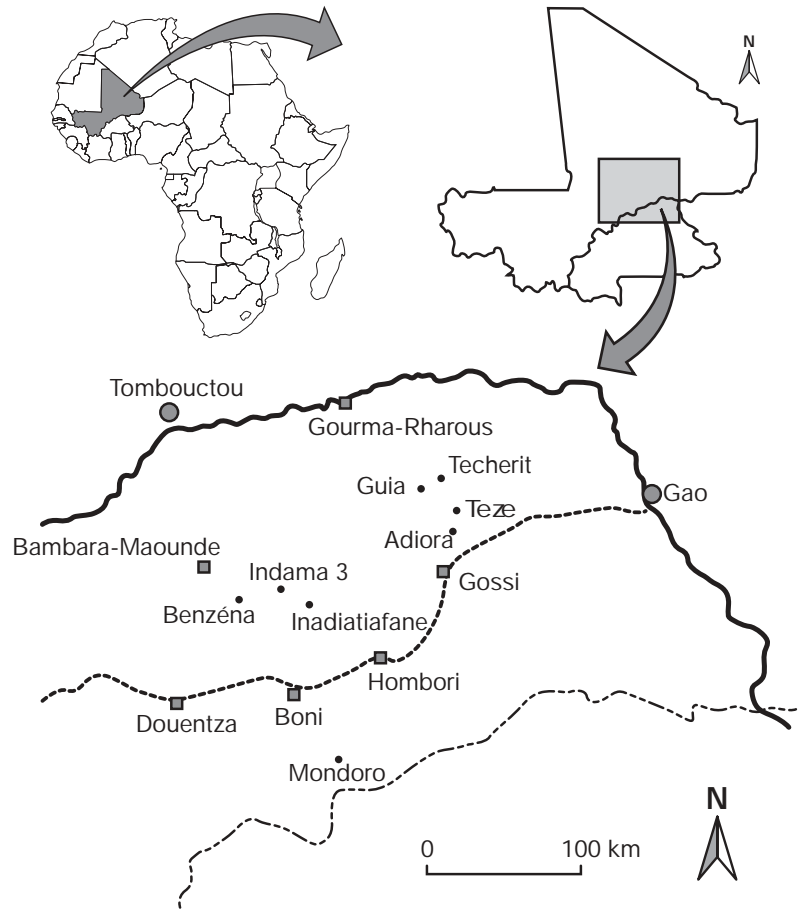


Figure 1. Carte du Gourma montrant la mare de Benzéna.

saison sèche. De ce fait, nous avons utilisé l'abondance des déjections animales comme un indice du cumul d'occupation pendant la saison sèche. Pour estimer la distribution des déjections, nous avons utilisé un modèle de transects systématiques avec un point de départ aléatoire. Après avoir sélectionné au hasard un point sur la berge de la mare, trois lignes parallèles orientées nord-sud à partir de la mare, ont été matérialisées sur la carte (fig. 2). L'intervalle entre les lignes a été fixé à 2 km. Sur chaque ligne, nous avons placé sept transects à des intervalles réguliers de 1 km, avec le premier transect centré à 500 m de la limite de la mare. Nous n'avons pas tenu compte des transects situés dans la forêt dense (ex : Tabarac-barac) à l'exception d'un seul, à cause du risque de rencontrer les éléphants.

Chaque transect mesurait 200 m de long. Au début et à la fin de chaque transect les déjections du cheptel domestique étaient comptées dans trois quadrats de 1 x 0.5 m, soit six quadrats par transect. La densité

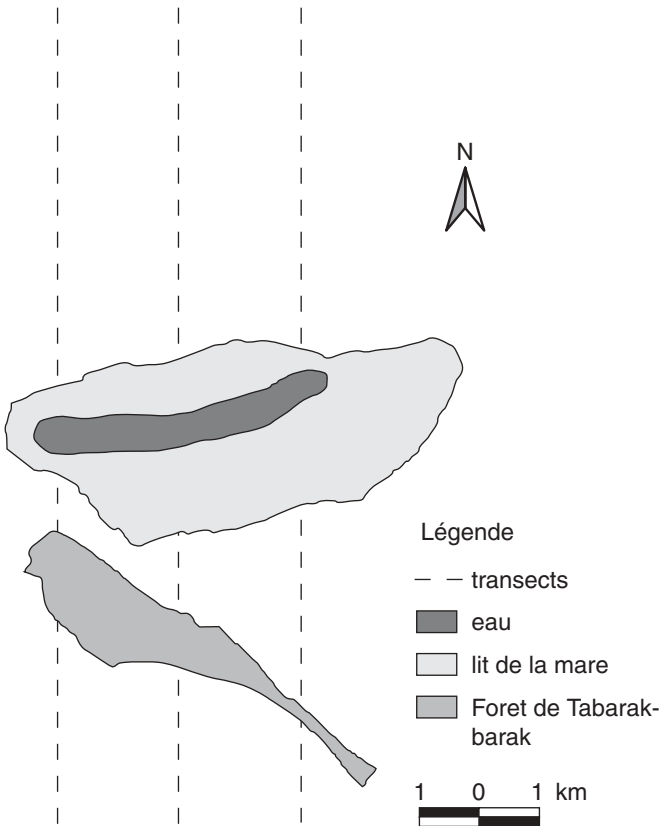


Figure 2. Carte montrant la position des transects autour de la mare de Benzéna.

moyenne de déjection était alors calculée pour chaque espèce d'animal domestique.

Les déjections d'éléphants ont été recensées en utilisant la méthode des transects en ligne : la distance perpendiculaire était mesurée pour chaque déjection observée à partir du centre de la ligne de transect (Buckland et al. 1993, 2001). La densité des déjections des éléphants (D) pour chaque transect a alors été calculée en utilisant la formule :

$$D = n.f(0) / 2L$$

où n représente le nombre de déjections observées, $f(0)$ l'inverse de la demi largeur effective de la bande et L la longueur du transect (Buckland et al. 1993, 2001). La valeur de $f(0)$ varie avec le type de végétation, ainsi les données pour tous les transects de chaque type de végétation ont été regroupées et une valeur globale de $f(0)$ calculée pour chaque type de végétation utilisant DISTANCE 4. La valeur de

$f(0)$ a ensuite été utilisée pour estimer la densité de déjection pour chaque transect dans chaque type de végétation. Les trois types de végétation étaient la végétation dense boisée adjacente à la mare (6 transects), la brousse claire (33 transects) et la forêt (1 transect).

Tous les arbres et arbustes situés dans une bande de 21 m du centre de la ligne de transect soit une largeur effective de 42 m, ont été identifiés et recensés. La densité de chaque espèce a été calculée.

Les transects ont été parcourus en fin de saison sèche, entre le 27 mai 2004 et le 1er juin; les pluies ont commencé le 5 juin 2004.

Analyses

Les applications de la loi de 'Taylor's power' (Southwood 1978: p 11) ont suggéré une transformation logarithmique pour les densités de déjections des éléphants, boeufs et chèvres, et une transformation de racine carrée pour les densités de déjections de moutons. Les densités de végétation ont aussi subi la transformation logarithmique ; toutes les transformations log étaient de la forme $\ln(1 + X)$. La diversité spécifique des plantes a été

mesurée par l'indice de Schannon-Weiner (Krebs 1989):

$$H = -\sum p_i \ln(p_i)$$

Où p_i était la proportion de la i ème espèce de l'échantillon.

Résultats

Déjection d'éléphant en relation avec l'eau

Un total de 652 déjections éléphants a été recensé sur 40 transects. La végétation boisée du côté de la mare était plus dense en déjection que la formation végétale claire, engendrant une différence significative de distribution de fréquence des distances perpendiculaires (Kolmogorov-Smirnov two-sample test $D_{\max} = 0.161$, $p < 0.001$), donc les transects près de la mare ont été traités séparément du reste. Les transects des forêts

ont aussi été traités séparément. Pour chaque groupe de transects, les modèles semi-normaux se sont révélés être les estimateurs les plus adéquats pour l'estimation de $f(0)$.

La distance de la mare était la variable qui expliquait mieux la distribution des déjections d'éléphant (fig. 3).

Déjection d'éléphant en relation avec la végétation

La densité de *Balanites aegyptiaca* avait aussi une forte influence sur la distribution des éléphants (tableau 1 et fig. 4), ainsi que la densité de toutes les espèces de *Acacia* (tableau 1 et fig. 5).

Acacia spp. et *B. aegyptiaca* montraient souvent des signes de broutage important, alors que *Boscia senegalensis* était rarement touché par les éléphants. Les éléphants étaient attirés par les zones de forte diversité spécifique (tableau 1 et fig. 6).

Le modèle qui expliquait mieux la distribution des déjections d'éléphants était :

$$\begin{aligned} \text{Ln}(1 + E) &= 2.61 - 0.41W + 0.60D - 0.20\text{Ln}(1 + L) \\ &\quad + 0.27\text{Ln}(1 + A) \\ r_{adj}^2 &= 0.596, F = 15.37, p < 0.0001 \end{aligned}$$

où E représente la densité de déjections d'éléphants exprimée en nombre de déjection par ha, W la distance de la mare (km), D l'indice de diversité

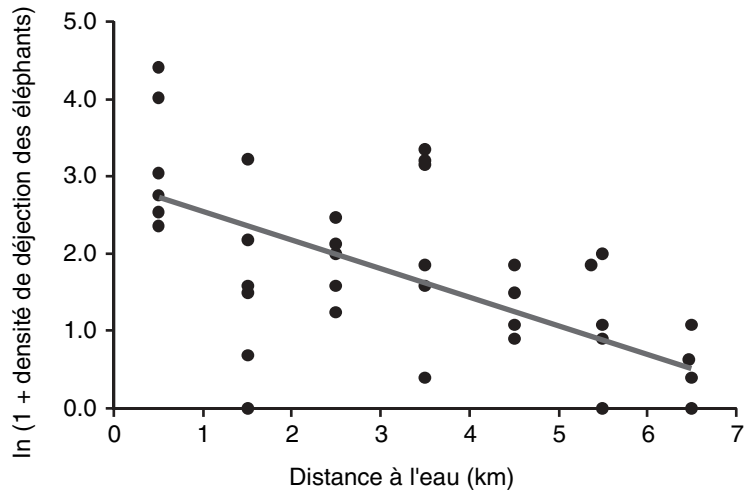


Figure 3. La relation entre la densité de déjection des éléphants et la distance de la mare. $\text{Ln}(1 + E) = 2.92 - 0.37W$, $r = -0.647$, $p < 0.0001$.

spécifique, L la densité de *Leptadenia* exprimée en nombre de pieds par ha et A la densité de *Acacia* spp. exprimée en nombre de pieds par ha.

Cheptel domestique

En contraste avec les éléphants, les déjections des boeufs ne montraient aucune corrélation avec la distance à l'eau ($r = -0.134$, NS). Il n'y avait aucune relation entre les boeufs et chacune des variables végétales (tableau 1).

Les chèvres étaient fortement corrélées avec *Balanites* et *Leptadenia* (tableau 1). Tout comme les éléphants, elles étaient plus fréquemment recensées près

Tableau 1. Corrélations entre les densités de déjection des herbivores et les variables de végétation. Toutes les densités sont exprimées en nombre de pieds ou de déjections par hectare

Variable de végétation	Ln(1 + densité de déjection d'éléphant)	Ln(1 + densité de déjection de boeuf)	Ln(1 + densité de déjection de chèvre)	$\sqrt{\text{Densité de déjection de mouton}}$
Nombre d'espèces ligneuses	0.195	-0.070	0.126	0.239
Diversité spécifique	0.360*	-0.062	0.141	0.414*
Ln(1 + densité de <i>Leptadenia</i>)	0.025	0.121	0.440**	0.094
Ln(1 + densité de toute les espèces ligneuses)	0.168	0.004	0.285	0.131
Ln(1 + densité de <i>Acacia</i> spp.)	0.422**	-0.160	0.107	0.219
Ln(1 + densité de <i>Balanites aegyptiaca</i>)	0.606**	0.045	0.554**	0.488**
Ln(1 + densité de <i>Boscia angustifolia</i>)	0.083	0.056	-0.206	-0.246

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

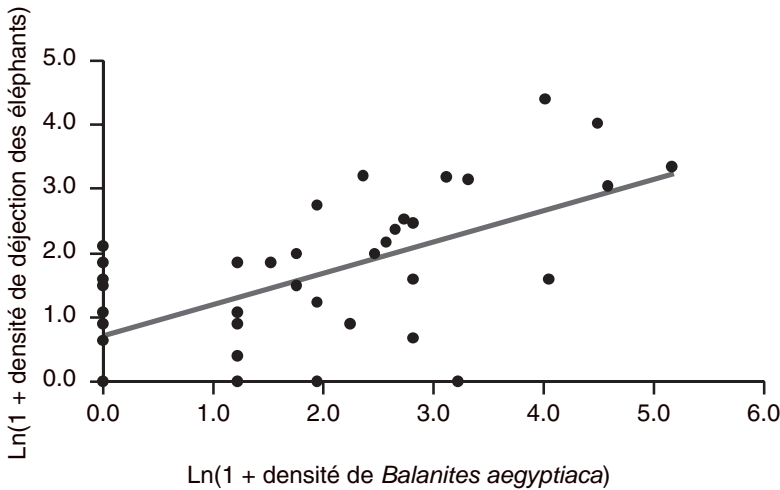


Figure 4. La relation entre la densité de déjection des éléphants et *Balanites aegyptiaca*.

faiblement corrélées avec la distance à l'eau ($r = -0.221$, NS). Les moutons étaient aussi communs au nord de la mare de Benzéna ($t = 2.607$, $df = 38$, $p < 0.05$). Le meilleur modèle pour les déjections de mouton S était:

$$\sqrt{S} = 0.12 + 0.17\ln(1 + B) + 0.67D + 0.56N$$

$r_{adj}^2 = 0.399$, $F = 9.65$, $p < 0.0001$ où N représente une variable indicatrice décrivant si le transect était au nord ($N = 1$) ou au sud ($N = 0$) de la mare de Benzéna.

Éléphants et cheptel domestique

Le cheptel domestique pourrait-il répondre à toutes les variations de densité de déjection d'éléphant non encore expliquées par les quatre variables de l'habitat ? Il y avait une corrélation légèrement positive avec les chèvres ($r = 0.279$, NS) et les moutons ($r = 0.275$, NS), mais aucune pour les boeufs ($r = 0.031$, NS). Chaque variable de cheptel domestique a été ajoutée par elle-même à l'équation de régression multiple de la densité de déjection d'éléphant. Les tests partiels F -tests (Neter et al. 1990) ont montré que chaque variable subit une réduction négligeable de la variance non

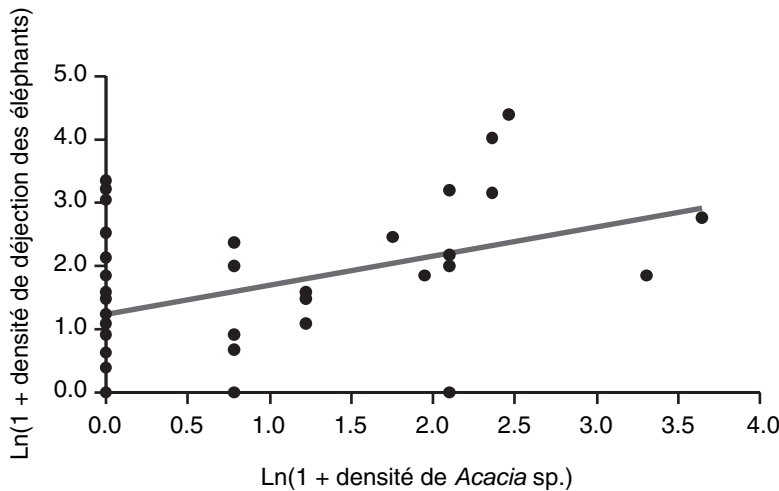


Figure 5. La relation entre la densité de déjection des éléphants et *Acacia* spp.

de l'eau ($r = -0.415$, $p < 0.01$). Les chèvres étaient plus communes au nord de la mare de Benzéna ($t = 2.333$, $df = 38$, $p < 0.05$). Le meilleur modèle pour les déjections de chèvre G était :

$$\ln(1 + G) = 8.79 + 0.41\ln(1 + B) + 0.24\ln(1 + L)$$

$$r_{adj}^2 = 0.366, F = 12.27, p < 0.0001$$

où B était *B. aegyptiaca*. Les moutons étaient aussi fortement corrélés avec *B. aegyptiaca* et avec la diversité spécifique (tableau 1) et seulement

expliquée (tableau 2).

Discussion

La densité de déjection enregistrée à la fin de la saison sèche représente le cumul d'occupation de chaque espèce. En effet elle ne peut pas exprimer les changements d'utilisation de type de végétation qui pourraient advenir au fur et à mesure que la saison progresse, ni les changements de relations entre les espèces herbivores.

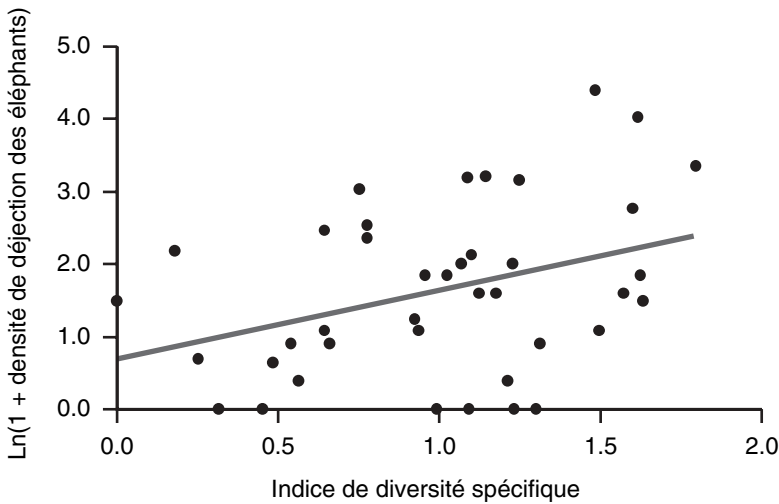


Figure 6. La relation entre la densité de déjection des éléphants et l'indice de diversité spécifique.

Tableau 2. Résultats des tests partiels *F*-tests pour déterminer si les variables du cheptel domestique contribuent de façon significative à l'équation de régression multiple qui explique l'abondance des éléphants

Espèces	F	P
Ln(1 + densité de déjection de boeuf)	0.053	NS
Ln(1 + densité de déjection de chèvre)	0.377	NS
Densité de déjection de mouton	0.253	NS

Quatre variables ont décrit la sélection d'habitat des éléphants autour de Benzéna : la distance à l'eau, la diversité spécifique, et les densités de *Leptadenia* et *Acacia* spp.

Il y avait un fort gradient de densité des éléphants au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mare (fig. 3). Il n'y avait aucun signe de pâturage éléphant au delà de 6 km dans les dunes au nord de la mare. Cependant il existait des axes de déplacements d'éléphants vers le Sud, avec plus de déjections le long des axes entre la mare de Benzéna et les forêts telle que Tabarak-barak où les éléphants s'abritent pendant la journée.

En calculant la capacité de charge écologique du Gourma pour les éléphants, Olivier (1983) et Jachmann (1991) ont tous les deux, supposé que les éléphants pâturent sur une vaste superficie. Nos résultats suggèrent que pendant la saison sèche, les éléphants utilisaient une fraction de paysage beaucoup

plus petite que l'on ne le pensait auparavant, compliquant d'avantage les questions générales de la capacité de charge (Macnab 1985).

Les éléphants préféraient les zones de forte diversité spécifique, ce qui conforte l'idée selon laquelle ils ont évolué comme des consommateurs généraux qui ont besoin de maintenir une alimentation variée (Olivier 1978). Leurs espèces préférées — telles que *B. aegyptiaca* et *Acacia* spp., et particulièrement *Acacia* — montraient des signes de broutage intensifs (Blake et al. 2003).

Le meilleur modèle pour les déjections éléphants montre qu'après que l'on ait pris en compte l'effet de l'eau (*W*), il y avait une relation négative avec *Leptadenia pyrotechnica*. C'est une espèce qui colonise les sols secs pauvres en nutriment et souvent elle couvre de vastes superficies du Gourma, parfois en forte densité ; bien que les dromadaires la consomment et que les chèvres prélèvent plutôt

les fleurs et les fruits, les éléphants ne la consomment pas du tout. La relation négative entre les éléphants et la densité de *Leptadenia* pourrait signifier que les éléphants évitent les zones de *Leptadenia*, ou qu'ils évitent les communautés de plantes sur les sols pauvres ; et *Leptadenia* est un indicateur de tels sols.

Il n'existait aucune évidence de compétition entre les éléphants et le cheptel domestique. Comme les éléphants, les chèvres et les moutons sélectionnaient les zones à forte densité de *Balanites* (tableau 1), mais ils n'étaient pas attirés par les zones à *Acacia* que les éléphants préféraient. Contrairement aux éléphants, les chèvres ont montré une forte corrélation avec *Leptadenia*. Des différences ont été mises en évidence entre les chèvres et les moutons : les moutons préféraient les zones à haute diversité spécifique alors que les chèvres montraient une préférence pour ce type d'habitat, et les moutons ne montraient aucune attraction pour *Leptadenia*.

Contrairement aux moutons et aux chèvres, les boeufs ne montraient aucune préférence pour aucun type de végétation.

Remerciements

Nous remercions la Direction Nationale de la Conservation de la Nature à Bamako, en particulier le Directeur adjoint, M. Mamadou Gakou et le Coordonnateur du Projet biodiversité du Gourma, M. Biramou Sissoko, pour leur soutien. Notre gratitude s'adresse aussi au Directeur régional de la Conservation de la Nature à Mopti, M. Timbou, et du Directeur régional de la Conservation de la Nature à Tombouctou, M. Ag Hamati Mohamed, pour leur soutien et leur grand intérêt.

Ce projet a été appliqué par le consortium de *The Wild Foundation*, *The Environment and Development Group* et *Save the Elephants* avec des financements du Département d'Etat des Etats-Unis à travers l'Ambassade des Etats-Unis à Bamako. L'Ambassade des Etats Unis a fait don de deux véhicules. Nous remercions l'Ambassadrice de Etats-Unis, Son Excellence Vicki Huddleston, pour son soutien et celui des membres de son équipe, en particulier M. Oumar Konipo et M. Matt Miller. Nous remercions les collègues du Consortium — Dr. Vance Martin, Dr. Keith Lindsay, Dr. Iain Douglas-Hamilton et Dr. Francis Lauginie — pour leur soutien sur le terrain.

Nous remercions les membres de l'équipe de terrain, M. Ibrahim Touré, M. Mourtada Diallo Papa, M. Lauka Poudougou et M. Carlton Ward pour leur soutien.

References

- Blake S, Bouché P, Rasmussen H, Orlando A, Douglas-Hamilton I. 2003. The last Sahelian elephants: ranging behavior, population status and recent history of the desert elephants of Mali. Save The Elephants, Nairobi. Unpublished.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL 1993. *Distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Chapman & Hall, London.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L. 2001. *Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford.
- Jachmann H. 1991. Current status of the Gourma elephants in Mali: a proposal for an integrated resource management project. IUCN, Unpublished.
- Krebs CJ. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, New York.
- Macnab J. 1985. Carrying capacity and related shibboleths. *Wildlife Society Bulletin* 13:403–410.
- Maïga MH. 1999. Les relations homme-éléphant dans le Gourma malien. *Le Flamboyant* 50:20–26.
- Neter J, Wasserman W, Kutner MH. 1990. *Applied linear statistical models*, 3rd ed. Richard D. Irwin Inc, Homewood, Illinois.
- Olivier RCD. 1978. On the ecology of the Asian elephant. PhD thesis, University of Cambridge.
- Olivier RCD. 1983. The Gourma elephants of Mali: a challenge for the integrated management of Sahelian rangeland. UNEP, Nairobi. Unpublished.
- Pringle RM, Diakité N. 1992. The last Sahelian elephants. *Swara* 15:24–26.
- Southwood TRE. 1978. *Ecological methods*. Chapman & Hall, London.