

L'ÉTUDE DES ÉLÉPHANTS

EDITÉ PAR KADZO KANGWANA SÉRIE DE MANUELS TECHNIQUES AWF

7



AFRICAN WILDLIFE FOUNDATION

Le travail initial et la production de “L’étude des Eléphants” ont été rendus possible par une subvention de l’Union Européenne, par le Groupe de Coordination de la Conservation des Eléphants Africains. Une subvention supplémentaire a été conférée par la African Wildlife



Les opinions émises dans cette publication sont uniquement celles des auteurs et ne représentent aucunement les opinions de l’Union Européenne. La seule responsabilité pour le contenu de ce livre revient à la African Wildlife Foundation et toutes omissions ou erreurs n’engagent pas la responsabilité de l’Union Européenne.

Edité par Kadzo Kangwana
African Wildlife Foundation Nairobi, Kenya

©Publié par AFRICAN WILDLIFE FOUNDATION; Nairobi, Kenya.

ISBN: 9966-9915-0-6

Photo de la couverture: Cynthia Moss: éléphants Amboseli, *Loxodonta africana*.
Parc Naturel Amboseli, Kenya.

Imprimé par Jacaranda Designs Limited P.O. Box 76691, Nairobi, Kenya.

La reproduction de cette publication à des fins éducatives ou non-commerciales est autorisée sans permission préalable écrite du détenteur des droits d'auteur à condition que la source soit totalement citée. La reproduction de cette publication pour la revente ou autres buts commerciaux est interdite sans permission préalable écrite du détenteur des droits d'auteur.



Publié par le AFRICAN WILDLIFE FOUNDATION, Nairobi, Kenya.

L'ÉTUDE DES ÉLÉPHANTS

Edité par

KADZO KANGWANA



African Wildlife Foundation
Nairobi, Kenya

L'AFRICAN WILDLIFE FOUNDATION

L'African Wildlife Foundation (AWF) fut établie en 1961 et a pour mission de conférer aux individus et institutions africains les moyens pour gérer efficacement leurs ressources naturelles. AWF poursuit cette mission afin d'augmenter la contribution substantielle des ressources naturelles à l'économie locale et nationale, et d'augmenter la protection ainsi que la gestion de ces ressources par les peuples africains.

AWE aide à forger la capacité de gestion des ressources naturelles par un programme d'activités pour les régions protégées, par la conscience de l'environnement, le développement et la mise en vigueur de réglementations, la science de conservation, le soutien des espèces et des habitats d'importance écologique primordiale, et par des approches au niveau des communes en vue de la conservation.

Le programme de AWE comprend actuellement huit branches distinctes et complémentaires, allant des activités traditionnelles jusqu'aux activités innovatrices. Les trois programmes qui constituent actuellement les piliers des activités de AWE sont les suivants:

Directives et Planning
Aires Protégées: Voisins et Partenaires
Habitats et Espèces critiques

D'autres programmes sont les suivants:

- *Aires Protégées: Conserver l'Intégrité
 - *Science de la Conservation
 - *Utilisation de la Nature
 - *Formation et Développement Institutionnel Services d'Information pour la Conservation
- Pour de plus amples renseignements sur African Wildlife Foundation et ses projets actuels veuillez écrire à AWF,



P.O.Box 48177, Nairobi, Kenya ou
1717 Massachusetts Ave. NW, Washington DC 20036, USA.

LASÉRIE DES MANUELS AWF SUR LES TECHNIQUES EN ÉCOLOGIE DE LA NATURE EN AFRIQUE

1. **Counting Animals.** M. Norton-Griffiths. 1978.
2. **Measuring the Distribution of Animals in Relation to the Environment.** D. Western and J. J. R. Grimsdell. 1979.
3. **Studying Predators.** B. C. R. Bertram. 1979.
4. **Ecological Monitoring.** J. J. R. Grimsdell. 1978.
5. **Population Dynamics of Large Mammals.** A. R. E. Sinclair and J. J. R. Grimsdell. 1982.
6. **Counting Birds.** D. Pomeroy. 1992.
7. **Studying Elephants.** Editor K. Kangwana. 1996.

Si vous désirez commander un exemplaire d'un de ces manuels veuillez écrire à:

African Wildlife Foundation,
P.O.Box 48177, Nairobi, Kenya.
Tél.: (254-2)710367 Fax: 710372.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	i
Lista des Contributeurs.....	ii
Introduction.....	iii
1^{er} Chapitre. L'ÉLÉPHANT D'AFRIQUE Joyce Poole.....	1
SECTION 1: GESTION DES ÉLÉPHANTS	
2^{ème} Chapitre. PRENDRE DES DECISIONS DE GESTION BASÉES SUR DES DONNÉES Holly Dublin & Russell Taylor.....	12
SECTION 2: COMPTAGE DES ELEPHANTS	
3^{ème} Chapitre. COMPTER LES ÉLÉPHANTS PAR L'AIR . COMPTAGES PAR ÉCHANTILLONNAGE Susan Mbugua.....	23
4^{ème} Chapitre. COMPTER LES ÉLÉPHANT PAR L'AIR . COMPTAGES TOTAUX Iain Douglas-Hamilton.....	31
5^{ème} Chapitre. ESTIMATION DE L'ABONDANCE DES ÉLÉPHANTS DE FORÉT PAR LE COMPTAGE DES EXCRÉMENTS Richard Barnes.....	42
6^{ème} Chapitre. COMPTAGES DIRECTS DES ÉLÉPHANTS AU SOL Hugo Jachmann.....	54
SECTION 3: L'ÉTUDE DES POPULATIONS	
7^{ème} Chapitre. APPRENDRE A CONNAÎTRE UNE POPULATION Cynthia Moss.....	64
8^{ème} Chapitre. L'ÉTUDE DES DÉPLACEMENTS DES ÉLÉPHANTS Ian Whyte.....	83
9^{ème} Chapitre. L'ÉTUDE DES INTERACTIONS ÉLÉPHANTS-HABITAT Keith Lindsay.....	98
10^{ème} Chapitre. L'ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES ÉLÉPHANTS Phyllis Lee.....	107
SECTION 4: TECHNIQUES DE RECHERCHE EN DÉVELOPPEMENT	
12^{ème} Chapitre. L'ÉTUDE DE LA COMMUNICATION VOCALE CHEZ L'ÉLÉPHANT Karen McComb.....	122
12^{ème} Chapitre. PISTAGE DES ÉLÉPHANTS PAR SATELLITE Chris Thouless.....	130
13^{ème} Chapitre. L'ÉTUDE DE LA PHYSIOLOGIE REPRODUCTIVE DES ÉLÉPHANTS Hamisi Mutinda.....	136
14^{ème} Chapitre. QUE POUVONS-NOUS APPRENDRE DES DÉFENSES Njoroge Ngunjiri.....	140
SECTION 5: LES ÉLÉPHANTS DANS LEUR CONTEXTE HUMAIN	
15^{ème} Chapitre. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES INTERACTIONS ENTRE HUMAINS ET ÉLÉPHANTS Kadzo Kangwana.....	148
16^{ème} Chapitre. CONTRÔLE DE L'APPLICATION DES LOIS ET DES ACTIVITÉS ILLÉGALES Nigel Leader-Williams.....	159
SECTION 6: MANIEMENT DES ÉLÉPHANTS	
17^{ème} Chapitre. COMMENT IMMOBILISER LES ÉLÉPHANTS Chris Thouless.....	176
18^{ème} Chapitre. RECEUIILLIR DES DONNÉES SUR DES ÉLÉPHANTS MORTS Ian White.....	183

REMERCIEMENTS

La production de ce livre a été rendue possible grâce à une subvention de la part de l'Union Européenne, administrée par le African Elephant Conservation Coordinating Group par le Environment and Development Group (EDG), ainsi que grâce à des fonds supplémentaires de African Wildlife Foundation (AWF).

Les premières idées pour ce livres ont été founies par Ruth Chunge, Steve Cobb, Iain Douglas-Hamilton, Holly Dublin, Deborah Snelson et Mark Stanley Price.

Nous remercions tout spécialement tous les auteurs pour avoir voulu contribuer à ce livre et pour avoir donné leur temps contre des honoraires minimes pour la rédaction de ces chapitres. Plusieurs auteurs ont en plus contribué à vérifier certains chapitres et AWF leur doit ses remerciements. AWF remercie également Deborah Ross pour avoir donné les illustrations du Chapitre 7.

Nous remercions tout spécialement Deborah Snelson pour avoir servi de lecteur pour tous les chapitres et Chryssee Perry Martin et Cynthia Moss pour avoir édité ce livre.

AWF remercie le Endangered Wildlife Trust pour l'organisation de la traduction en portugais de "Studying Elephants", et Ursula Taube pour la traduction de ce livre en français.

Pour leur support pendant le projet nous remercions l'équipe de AWF à Washington et à Nairobi et à l'équipe du Environment and Development Group qui a contribué en maintes occasions. Sans eux, "l'Etude des Eléphants" n'aurait pas vu le jour.



CONTRIBUTEURS

- Richard Barnes** Department of Biology 0116, University of California,
San Diego, La Jolla CA 92093-0116, U.S.A.
- Iain Douglas-Hamilton** P.O. Box 54667, Nairobi, Kenya.
- Holly T. Dublin** WWF Regional Office Eastern Africa,
P.O. Box 62440, Nairobi, Kenya.
- Nicholas Georgiadis** Mpala Ranch,
P.O. Box 92, Nanyuki Kenya.
- Hugo Jachmann** Luangwa Intergrated Resource Development Project,
P.O. Box 510249, Chipata, Zambia.
- Kadzo Kangwana** African Wildlife Foundation,
P.O. Box 48177, Nairobi, Kenya.
- Nigel Leader-Williams** Planning and Assessment for Wildlife Management,
Department of Wildlife, P.O. Box 63150,
Dar as Salaam, Tanzania.
- Phyllis C. Lee** University of Cambridge, Department of Biological
Anthropology, Downing Street, Cambridge, U.K.
- Keith Lindsay** Environment and Development Group, 13 St. Giles, Oxford
OX1 3JS, U.K.
- Susan Mbugua** Department of Remote Sensing and Resource Surveys,
P.O. Box 47146, Nairobi, Kenya.
- Karen McComb** School of Biological Sciences, Biological Building,
University of Sussex, Falmer, Brighton BN1 9QG, U.K.
- Cynthia Moss** Amboseli Elephant Research Project, African Wildlife
Foundation, P.O. 48177, Nairobi, Kenya.
- Hamisi Mutinda** Kenya Wildlife Service, P.O. 40241, Nairobi, Kenya.
- Njoroge Ngure** African Wildlife Foundation,
P.O. Box 48177, Nairobi, Kenya.
- Joyce H. Poole** P.O. Box 24467, Nairobi, Kenya.
- Russell D. Taylor** WWF Multispecies Project, P.O. Box 8437, Causeway,
Harare, Zimbabwe.
- Chris Thouless** 11 King Edward Street,
Oxford OX1 4HT, U.K.
- Ian Whyte** National Parks Board, Kruger National Park, Private Bag
X402, Skukuza 1350, South Africa.



INTRODUCTION

L'inquiétude concernant la survie de l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*) suite à leur décimation pendant les années 1970 et 1980 en raison du braconnage pour l'ivoire, a eu pour résultat de renforcer l'intérêt en la conservation de cette espèce. La conservation et la gestion de l'éléphant d'Afrique ne peuvent cependant se faire qu'à la lumière d'une bonne connaissance des éléphants eux-mêmes - leurs distribution et densité, leurs mouvements, comportement, impact sur l'écosystème, et la façon dont ils répondent au contact humain dans le contexte homme-faune sauvage.

Ce livre constitue la réponse à ce besoin de mieux connaître l'éléphant d'Afrique. Il a eu pour but de recueillir l'expérience des biologistes travaillant sur le terrain sur l'éléphant d'Afrique, d'informer les équipes des aires protégées, le personnel et les étudiants chercheurs, sur les techniques essentielles utilisées dans l'étude des éléphants d'Afrique. Ce livre doit également encourager le personnel des aires protégées et les chercheurs de faire leurs propres études afin qu'ils puissent compléter les renseignements disponibles. Il est à noter que les personnes locales doivent participer à la gestion de la faune sauvage et soient encouragées à gérer leurs propres ressources. Nous espérons que ce livre sera d'utilité pour eux dans le planning et la réalisation de la gestion de leur propre inventaire de faune sauvage.

L'idéal serait que la recherche s'associe aux objectifs de gestion d'une région et les techniques utilisées devraient suivre les objectifs de gestion établis. Ceci ne veut nullement dire que la recherche ne devrait pas avoir un but en soi, mais étant donné que les maigres ressources d'un grand nombre d'autorités des aires protégées d'Afrique, il semble important que le lien soit fait entre la gestion et la recherche. Ce livre est conçu de façon à assister le lecteur pour établir ces liens. Le 1er Chapitre donne une introduction sur l'éléphant d'Afrique en décrivant l'éléphant, son mode de vie et l'écologie générale. Le 2ème Chapitre en Section 1 se concentre sur la prise de décisions à partir de données et contient un contexte de gestion qui servira pour le reste des chapitres de ce livre concernant les techniques de recherche. Ce chapitre est suivi par la Section 2 sur le comptage des éléphants. Le 3ème chapitre décrit comment établir des comptages par échantillonnage par l'air. Le 4ème chapitre a pour thème le compte total aérien. Le 5ème chapitre décrit comment estimer l'abondance des éléphants de forêt en utilisant des comptages d'excréments, et le 6ème chapitre explique comment compter les éléphants directement au sol. Ainsi que vous verrez dans cette section, la façon de compter les éléphants dépend d'un nombre de facteurs y compris l'écologie d'une région, le genre d'estimation requis en tant qu'exactitude et précision, et les ressources disponibles pour effectuer le compte.

La Section 3 contient une série de chapitres sur les techniques à utiliser pour l'étude des populations spécifiques d'éléphants. Celles-ci comprennent la façon adéquate pour connaître une population d'éléphants (7ème chapitre), pour étudier les déplacements des éléphants (8ème chapitre), pour étudier les interactions éléphant-habitat (9ème chapitre) et pour étudier le comportement des éléphants (10ème chapitre).

La section 4 sur les techniques de recherche en développement explique comment faire des études en utilisant des techniques modernes et une technologie sophistiquée. Il est peu probable que tout



le personnel d'une aire protégée dispose des ressources nécessaires pour effectuer des études de ce genre, mais ces chapitres ont été inclus pour donner au personnel de recherche et des aires protégées un aperçu de la recherche moderne sur les éléphants et afin qu'il soit conscient des innovations dans le domaine de la recherche sur les éléphants.

La section 5 sur les éléphants dans leur contexte humain procure des renseignements sur la façon d'évaluer l'impact du contact homme-éléphant aussi bien sur les éléphants que sur les humains (15ème chapitre). et d'évaluer l'efficacité de nos efforts de conservation pour protéger l'espèce et pour contrôler les activités illégales (16ème chapitre).

La section 6 sur le traitement des éléphants contient des instructions pratiques sur la manière d'immobiliser les éléphants (17ème chapitre) et de recueillir des renseignements sur les éléphants morts (18ème chapitre).

Etant donné que ce livre a été écrit par divers experts en matière de biologie des éléphants, le style et la profondeur ou le niveau dans le traitement d'un sujet varient selon l'auteur. Tous les chapitres ont l'avantage d'avoir été écrits par des personnes qui, eux-mêmes, utilisent ces techniques et devraient aider celui qui entreprend ses propres recherches. Là où le volume du livre et donc celui des chapitres n'a pas permis aux auteurs de traiter un aspect de la recherche en profondeur, ils ont fourni au lecteur une indication sur des sources de littérature concernant un certain sujet. Afin d'être à la hauteur d'un large groupe d'autorités d'aires protégées disposant de différents degrés de subventions et de capacités de recherches, il se peut que vous pensiez que certaines des techniques discutées sont en dehors de votre compréhension. Certaines des techniques sont très complexes du point de vue statistique, tandis que d'autres nécessitent une grande quantité de matériel onéreux et une technologie sophistiquée. Que ceci ne vous décourage pas dans vos propres recherches sur les éléphants. Certains chapitres vous démontreront que la recherche peut se faire à partir d'un bloc-notes et avec un oeil vigilant tout en produisant des résultats remarquables.

Afin d'obtenir un maximum de qualité, et donc d'utilité, de vos recherches, et si vous avez des questions, commencez par consulter des experts en la matière sur des questions techniques, et trouvez des statisticiens qui pourront vous aider pour certains des aspects complexes dans l'analyse des données. Dans le cas où vous désireriez contacter une personne travaillant dans un domaine particulier de la biologie des éléphants, adressez-vous à IUCN/SSC -African Elephant Specialist Group, c/o WWF Regional Office, Eastem Africa, P.O.Box 62440 Nairobi, Kenya, qui vous mettra en rapport avec les experts compétents.

Aucun effort n'a été omis pour inclure la plus grande variété de domaines de recherche, aussi bien pour instruire que pour informer. Nous devons cependant reconnaître que les sujets de cet ouvrage n'ont pu couvrir à fond chaque domaine. Peut-être que le prochain volume pourra traiter certains sujets qui ont été omis ainsi que des expériences que vous, le lecteur, aurez acquises en entreprenant des recherches sur les éléphants.



1^{ER} CHAPITRE

L'ÉLÉPHANT D'AFRIQUE

Joyce Poole

P.O.Box 24467
Nairobi, Kenya

1.1 INTRODUCTION

Littéralement, des centaines d'études sur les éléphants d'Afrique (*Loxodonta africana*) ont été faites à travers le continent pendant ces dernières trente années. Nous avons peut-être appris plus sur les éléphants que sur tout autre mammifère non-domestique d'Afrique; et pourtant nous venons tout juste de commencer à comprendre leurs vies complexes.

Les éléphants ont saisi l'imagination et le respect de l'homme pendant des milliers d'années. D'une certaine façon, on peut établir des parallèles étroits entre l'homme et l'éléphant. Tout comme les humains, les éléphants ont la capacité de modifier leurs habitats de manière dramatique (Laws *et al.* 1970; Cumming 1982; Kortland 1984; Western 1989), et leur besoin en espace les mènent souvent à entrer en conflit direct avec les populations humaines en expansion (Kangwana 1993; Ngure 1993; Thouless sous presse; Kiiru 1994). Tout comme notre espèce, les éléphants sont connus pour leur intelligence, leurs liens familiaux étroits et leur complexité sociale (Moss 1988). En d'autres cas, ils restent mystérieusement différents. On sait maintenant que leur capacité inouïe de communiquer entre eux sur de longues distances (Martin 1978), antérieurement nommée "perception extra-sensorielle" (Rees 1963), se fait par l'utilisation de sons forts non perceptibles par l'homme (Poole *et al.* 1988). L'éléphant d'Afrique est le plus grand mammifère terrestre; les mâles de l'espèce peuvent avoir un poids allant jusqu'à 6.000kg et une hauteur d'épaule de 3,3m (Laws 1966; Laws & Parker 1968; Laws 1969; Ranks 1969). Avec sa trompe pesant 140kg, un éléphant peut ramasser de menues miettes, renverser un arbre adulte, consoler un bébé, verser 12 litres d'eau dans sa bouche ou sentir une odeur à plusieurs kilomètres. Ses deux incisives saillantes en ivoire ont suscité l'intérêt de l'homme pendant des centaines de milliers d'années, et l'ivoire a joué un rôle important dans l'art et la culture d'un grand nombre de peuples (Ross 1993).

Les éléphants peuplaient autrefois tout le continent (Mauny 1956; Douglas-Hamilton 1979), et, pendant les trois derniers siècles, le *Loxodonta africana* a peuplé toute l'Afrique sub-saharienne dans des habitats allant des forêts tropicales et montagneuses jusqu'aux prairies, steppes semi-arides et le désert. Cependant, pendant les dernières années, le braconnage des éléphants et le développement et l'expansion des populations humaines ont fortement réduit l'expansion et l'effectif de l'espèce, et la majorité des éléphants restants subsiste dans de petits espaces de régions protégées, isolées des habitations et développements humains, ou dans les forêts denses (United Republic of Tanzania 1989).

L'éléphant d'Afrique ainsi que son proche cousin, l'éléphant d'Asie (*Elephas maximus*), sont les seules espèces survivantes dans l'ordre des Proboscidiens. Les deux genres sont originaires de l'Afrique sub-saharienne, et datent du Pleistocène précoce (Maglio 1973); les *Loxodonta* sont restés en Afrique, mais les *Elephas* sont partis en Asie pendant le Pleistocène tardif.

On connaît deux sous-espèces de l'éléphant d'Afrique, l'éléphant des Savannes, *Loxodonta africana*, et l'éléphant des forêts, *Loxodonta africana cyclotis*. L'éléphant des Savannes est plus grand que l'éléphant des forêts, a le poil plus rare, des oreilles plus triangulaires et plus grandes, et de grosses défenses courbées comparées à celles de l'éléphant des forêts qui sont plus minces et pointent vers le bas (Lausen & Beckoff 1978). Des éléphants intermédiaires entre les deux sous-espèces se trouvent dans les zones d'hybridation sur de larges régions d'Afrique, là où forêts et savannes fusionnent (Western 1986).

Ce chapitre a pour but de servir d'introduction générale aux éléphants d'Afrique. En décrivant le mode de vie d'une espèce il convient souvent

de prendre l'ensemble des membres d'une société et de dire, par exemple, "les éléphants vivent en familles", "les éléphants préfèrent s'assembler", "les éléphants sont des procréateurs saisonniers", ou "les éléphants aiment brouter". Mais l'étude des éléphants d'Afrique révèle leur complexité et leur flexibilité sociales ainsi que leur faculté d'adaptation écologique. Un simple étiquetage peut mener à de fausses conclusions, ainsi que vous verrez dans le reste de ces chapitres et pendant vos propres études quand vous les entreprendrez.

1.2 STRUCTURE SOCIALE ET COMPORTEMENT

1.2.1 Généralités

Les éléphants d'Afrique vivent dans un système social fluide et dynamique où mâles et femelles vivent dans des sphères séparées mais se recouvrant (Douglas-Hamilton 1972; Moss 1977, 1981; Moss and Poole 1983; Hall-Martin 1987; Poole 1994). Les femelles d'une même famille et leurs descendants immatures vivent dans des unités familiales matriarcales très serrées (Buss 1976), tandis que les mâles poursuivent une existence indépendante plus solitaire avec peu de liens sociaux (Martin 1978; Moss & Poole 1983). Aucun des sexes n'est territorial, bien que les deux demeurent dans des régions spécifiques pendant certaines périodes de l'année (Moss & Poole 1983; Hall-Martin 1987).

1.2.2 La société femelle

La société femelle des éléphants consiste en des relations complexes sur plusieurs niveaux, allant du lien mère-descendant jusqu'aux unités de familles, groupes et clans (Douglas-Hamilton 1972; Moss 1977, 1981; Moss & Poole 1983; Martin 1978). L'unité sociale de base est la famille qui se compose d'une à plusieurs femelles apparentées ainsi que leurs descendants immatures, et peut varier de deux à 30 individus. Il semble que les éléphants bénéficient de la vie dans une grande famille. Des femelles apparentées se groupent en des unités défensives contre un danger apparent et s'allient contre d'autres femelles ou mâles non-apparentés (Moss 1988; pers. obs.). De plus grandes familles avec des femelles plus âgées ont la capacité de dominer des familles plus petites avec des femelles plus jeunes (Moss 1988; pers. obs.), et peuvent ainsi concourir avec plus

de succès dans la quête de ressources rares. Des alliances au sein d'une famille ont également une grande importance pour la survie des éléphanteaux. De grandes familles où plus de femelles s'occupent des éléphanteaux ont un taux de survie des jeunes plus élevé que dans les petites familles (Lee 1987; Lee 1989).

Les groupes alliés (Moss 1981; Moss & Poole 1983) ou "groupes apparentés" (Douglas-Hamilton 1972) se composent de plusieurs familles étroitement liées et constituant parfois jusqu'à cinq familles (Moss 1988). La plupart des groupes alliés semblent se former quand les unités familiales deviennent trop grandes et se détachent par famille (Moss 1988). Les membres des familles ou des groupes alliés suivent une cérémonie de salutation spéciale (Moss 1977, 1981, 1988; Poole *et al.* 1988), ont une large fréquence d'association, agissent d'une manière coordonnée, déploient un comportement d'affiliation entre eux et sont en général apparentés (Moss 1981; Poole & Moss 1983).

Au dessus du groupe affilié s'établit le clan (Moss 1981), que l'on peut définir comme familles et groupes affiliés utilisant en temps sec la même demeure de base (Moss 1981; Moss & Poole 1983). Bien que le terme 'clan' décrit utilement pour les biologistes une catégorie de degrés d'associations et d'utilisations de l'habitat, on ne sait pas de façon certaine s'il s'agit d'une unité sociale adéquate du point de vue de l'éléphant.

Une femelle peut se trouver dans divers types de groupes différents, allant d'un fragment d'unité familiale jusqu'à une agrégation d'un millier d'éléphants et composé de plusieurs clans. Sauf dans des circonstances exceptionnelles, les femelles ne vivent jamais seules. La taille et la structure des groupes dans lesquels se trouve une femelle peuvent changer d'heure en heure et dépend de plusieurs facteurs sociaux et environnementaux pouvant inclure: l'importance de son unité familiale, le nombre d'individus dans son groupe affilié, l'étroitesse des liens entre elle et les autres familles, son état sexuel, l'habitat, la saison et dans un grand nombre de cas le degré du péril humain (Moss 1981, 1988; Poole & Moss 1989; Kangwana 1993; Njumbi 1993; E. Abe pers. comm.).

Les éléphants sont des animaux très sociaux et les données disponibles ont indiqué que là où il y a des ressources abondantes et également distribuées, ils ont tendance à se rassembler (Moss 1988; Poole & Moss 1988; Western & Lindsay 1984).

Le rassemblement des éléphants pendant

et après les périodes de pluie est tout spécialement évident quand les ressources sont abondantes (Douglas-Hamilton 1972; Leuthold 1976; Western & Lindsay 1984; Moss 1988; Poole & Moss 1989). Diverses explications ont été données pour ces grands rassemblements, y compris les rapprochements pour l'accouplement (Moss 1988; Poole & Moss 1989) et le renouvellement de liens sociaux (Moss 1988).

Les familles pour lesquelles il est avantageux de s'associer quand la nourriture est abondante, doivent se diviser pour maintenir une recherche efficace de nourriture quand les ressources sont maigres (Barnes 1983; Western & Lindsay 1984) et quand la saison sèche progresse, les grandes agrégations et groupes affiliés commencent à se diviser. Les familles mêmes se divisent pendant les années de sécheresse pour de longues périodes (Moss 1977, 1981, 1988).

Les éléphants ont également tendance à se rassembler en cas de braconnage (Laws *et al.* 1975; Eltringham 1977; Eltringham & Malpas 1980; Poole 1989; Njumbi 1993; Abe 1982) ou en cas de menace par des humains hostiles (Kangwana 1993), et ce spécialement dans des habitats de savanes. Ces agrégations se distinguent des agrégations sociales par le fort rapprochement des individus au sein d'un groupe (pers. obs.; Moss 1988; Douglas-Hamilton pers. comm.).

Les groupes ont tendance à être plus petits dans les forêts tropicales (White *et al.* 1993; Merz 1986) et la brousse dense (Leuthold 1976) que dans la savane herbeuse plus ouverte. White *et al.* (1993) ont mentionné que l'unité familiale dans les forêts du Gabon ne comptait que 3,5 individus et que des groupes comportant plus de huit éléphants faisaient l'exception. Il s'agit d'avis que les petites familles ont peut-être plus de facilité que les grands groupes pour exploiter des ressources disponibles par petits endroits (telles que les fruits) dans les forêts.

1.2.3 Société mâle

Les éléphants mâles quittent leurs familles natales à l'âge d'environ 14 ans (Amboseli Elephant Research Project (AERP) rapports faits sur une longue durée). Les jeunes mâles fraîchement émancipés peuvent atteindre la maturité sociale de différentes façons. Certains quittent leurs familles uniquement pour se joindre à une autre famille pendant quelques années. D'autres partent dans les régions des groupes mâles et se joignent à des groupes de mâles, tandis que

d'autres restent avec les femelles allant de famille à famille (AERP recherches de longue durée; Lee & Moss, données non publiées).

Du moment que les mâles ont atteint le début de leur vingtième année ils se trouvent dans le monde extrêmement dynamique d'états sexuels changeants, de rang, comportement et d'associations (Poole 1989 a&b). La structure et la taille des groupes avec lesquelles le mâle adulte s'associe et le type d'interactions qu'il entretient avec les membres de ces groupes, dépendent de son âge, donc de sa taille, et de l'état sexuel dans lequel il se trouve (Poole 1989a; Hall-Martin 1987).

Les éléphants mâles adultes passent par une période d'activité sexuelle accrue et agressive que l'on connaît sous le nom de 'musth' (Poole & Moss 1981; Poole 1987; Hall-Martin 1987). Le mot 'musth' vient du mot Urdu *mast* et veut dire intoxiqué. Pendant la période sexuelle inactive et de non-musth, les mâles restent seuls ou dans de petits groupes avec d'autres mâles, dans les régions des mâles, où ils ont un comportement détendu et amiable (Poole 1987). Pendant les périodes d'activité sexuelle et de musth, les mâles quittent les régions des mâles et partent à la recherche de femelles en oestrus et restent souvent seuls ou s'associent avec des groupes de femelles pendant ce temps (Poole 1987).

Le comportement dominant entre mâles non-musth dépend de l'âge et de la taille, et les mâles plus grands et plus âgés ont un rang plus élevé que les mâles plus petits et plus jeunes (Poole 1989a). A partir du moment où le mâle se trouve dans l'état agressif de musth, ce mâle domine tous les autres mâles non-musth (Poole 1989a). Parmi les mâles musth, la dominance dépend d'une combinaison de taille et de condition. Deux mâles ayant des caractéristiques similaires se combattent souvent, parfois jusqu'à ce qu'un des deux succombe (Hall-Martin 1987; Poole 1989a).

1.3 DIMORPHISME SEXUEL,

DÉMOGRAPHIE ET SCHÉMAS RÉPRODUCTIFS .

1.3.1 Dimorphisme sexuel

Les éléphants mâles se distinguent des femelles par leur corps plus large et plus lourds, leurs fronts caractéristiques courbés vus de profil (voir 7ème chapitre) et leurs défenses plus grosses (voir 14ème chapitre). Les femelles sont plus minces,

vus de profil leurs fronts sont carrés, les défenses minces et pointues et la poitrine se situe entre les pattes avant.

Les éléphants sont des mammifères ayant une longue vie. Chez la femelle, l'âge est le facteur déterminant pour sa dominance, son leadership et la survie de ses éléphanteaux (Moss 1988; Moss, en préparation), ainsi que pour son succès reproducteur de par son choix et la dominance entre mâles (Poole 1989 a&b). Une croissance rapide dans les premières années du mâle couplé avec un taux de croissance plus élevé durant toute sa vie, conduit à ce taux élevé de dimorphisme sexuel observé chez l'adulte (Lee & Moss 1986; Lee, sous presse). Quand le mâle atteint la maturité sexuelle à l'âge d'environ 17 ans, il est plus grand que la plupart des femelles. Les mâles continuent à augmenter en taille et poids pendant presque toute leur vie et peuvent atteindre presque deux fois le poids des femelles adultes (Laws 1966; Hanks 1969). La capacité des éléphants de continuer à grandir au-delà de la maturité sexuelle - moment où la plupart des mammifères cesse de grandir - trouve son explication dans la fusion exceptionnellement retardée des os longs, ce qui est plus prédominant chez le mâle que chez la femelle (Haynes 1991; L. Leakey pers. comm.). Chez les femelles, la fusion des os longs se fait entre l'âge de 15 et 25 ans, tandis que chez les mâles la fusion s'accomplit entre l'âge de 30 et 45 ans (Haynes 1991; L. Leakey pers. comm.). Il ne fait pas de doute qu'il y a eu une forte pression sélective pour la grande taille chez l'éléphant mâle.

1.3.2 Maturité sexuelle

L'âge auquel se produit la première ovulation varie d'une population à une autre, allant d'un âge aussi jeune que 7 ans jusqu'à l'âge de 20 ans (Laws & Parker 1968; Laws *et al.* 1975; Moss en préparation), dépendant de la densité des populations et de la disponibilité des ressources. Une étude de la population Amboseli avec 135 femelles dont l'âge variait de huit à 20 ans, a révélé que l'âge moyen de la première conception menant à une grossesse complète, était de 11,3 ans, et l'âge moyen de la première parturition était de 13,2 ans (Moss en préparation). La plus jeune femelle mettant bas avait exactement huit ans au moment de la conception (Moss sous presse).

Les éléphants mâles arrivent à maturité plus tard que les femelles, et bien qu'ils commencent à produire du sperme à l'âge d'environ 14 ans & Parker 1968) & Parker 1968 ils n'ont pas pour autant

atteint la maturité sociale et, avant l'âge de 16 à 22 ans ils n'entrent pas encore en compétition oestrique (Poole 1989a). Entre l'âge de 20 et 25 ans, les mâles commencent à avoir des périodes d'activité et d'inactivité sexuelles très distinctes; et, quand ils ont atteint 30 ans, les mâles ont probablement eu leur première période musth (Poole 1987). Le plus jeune éléphant Amboseli observé en état de musth avait 22 ans (AERP rapports faits sur une longue durée).

1.3.3 Oestrus et période de musth

La période d'oestrus dure de quatre à six jours (Moss 1983; Poole 1989b; Mutinda 1994). L'opinion a été avancée que l'ovulation et la conception se passent à la période mi-oestrale quand les femelles sont gardées et fécondées par un mâle en période de musth de rang élevé (Poole 1989b; Mutinda 1994). Les femelles en oestrus attirent les mâles en déployant un comportement ostentatoire (Moss 1983; Mutinda 1994), en émettant des sons forts et fréquents (Poole *et al.* 1988; Poole 1989b) et en produisant de l'urine ayant des composants particulièrement olfactifs (Rasmussen *et al.* 1982; Mutinda 1994). Dans le cas où une femelle n'est pas fécondée, elle entre à nouveau dans une période d'oestrus trois mois plus tard, si elle est toujours en bonne condition (AERP rapports faits sur une longue durée).

Pendant la période de musth, les mâles sécrètent un liquide visqueux provenant de glandes temporales gonflées se situant juste derrière les yeux; ils laissent derrière eux une longue trace d'urine sentant très fort (Poole & Moss 1981; Poole 1987; Hall-Martin 1987), et émettent des sons répétés à très basse fréquence (Poole 1987). Le niveau de testostérone du mâle s'élève cinq fois au dessus du niveau de non-musth (Poole *et al.* 1984), et les mâles musth se comportent de façon extrêmement agressive envers d'autres mâles, et tout spécialement envers ceux également en musth (Poole 1989a; Hall-Martin 1987).

La période de musth des mâles plus grands et plus âgés dure plusieurs mois et se situe à une période déterminée chaque année. Par contre, les périodes de musth des mâles plus jeunes sont courtes et sporadiques, d'une durée de quelques jours à plusieurs semaines (Poole 1987; Poole 1989a).

Durant leur période de musth, certains mâles essaient de trouver, surveiller et copuler avec autant de femelles en oestrus que possible. Les

mâles en période de musth ont plus de succès à trouver à copuler avec des femelles que les non-musth pour deux raisons. D'abord, leur grande taille et leur comportement agressif leur permet de mieux concourir pour s'approcher des femelles en oestrus et, d'autre part, les femelles préfèrent s'accoupler avec des mâles en période de musth-elles ne s'immobilisent que pour des mâles non-musth plus jeunes et, à l'approche de ceux-ci, réclament la surveillance d'un mâle en musth (Moss 1983; Poole 1989b). Des mâles musth plus âgés ont plus de succès que les jeunes mâles musth (Moss 1983; Poole 1989a&b). Dans des conditions naturelles, les mâles n'engendrent leur premier descendant qu'à l'âge de 30 à 35 ans et n'atteignent leur prime que vers 45 ans (Poole 1989a&b).

1.3.4 Saisons de reproduction

Bien que la plupart des populations d'éléphants n'observent pas une saison déterminée pour la reproduction (Poole 1987; Hall-Martin 1987; mais voir Hanks 1972 & Kerr 1969), l'avènement de l'oestrus et la conception sont tributaires des pluies et de la disponibilité des ressources (Laws & Parker 1968; Laws 1969; Poole 1987; Hall-Martin 1987; Moss 1988; Moss & Dobson, en préparation). Le degré de l'influence saisonnière sur l'oestrus varie de population à population et dépend des conditions d'habitat et de pluie (Laws & Parker 1968; Hanks 1969; Laws 1969; Poole 1987; Hall-Martin 1987). Chez la population Amboseli on peut observer des femelles en oestrus pendant n'importe quel mois de l'année, mais la fréquence d'oestrus est bien plus élevée pendant et après les saisons de pluie (Poole 1987; Moss 1988) quand les femelles sont en bonne condition.

L'occurrence saisonnière des périodes de musth chez les mâles se cale sur le modèle des femelles (Poole 1987; Hall-Martin 1987). Les mâles les plus âgés et ayant le rang le plus élevé entrent en musth pendant et après les pluies quand la nourriture est abondante et quand la plupart des femelles sont en état d'oestrus (Poole 1987). Les femelles se rassemblent en plus grands groupes pendant cette période, augmentant ainsi la probabilité pour le mâle de trouver une femelle en oestrus (Poole & Moss 1989).

1.3.5 Naissance et développement de l'éléphanteau

Les éléphants naissent après une période de gestation de 21,5 mois; le poids moyen à la

naissance est de 120 kg pour les mâles, 20-30 kg de plus que pour les femelles. La proportion sexuelle est de 50:50, bien que paraît-il plus de mâles sont légèrement conçus pendant les années plus pluvieuses que la moyenne (Moss & Dobson en préparation). Les éléphanteaux provenant de femelles plus âgées et de taille plus importante sont plus grands que les éléphanteaux de femelles plus jeunes et plus petites (Lee 1986). Laws & Parker (1968) ont estimé qu'il y a des jumeaux dans moins de 1% des conceptions. Chez le Amboseli, une seule paire de jumeaux a été observée sur 147 naissances entre 1976 et 1980 (Moss 1988).

Les besoins énergétiques des éléphanteaux sont comblés uniquement par la consommation de lait pendant les trois premiers mois de leur vie (Lee & Moss 1986). Après cela, les éléphanteaux commencent à se nourrir de façon indépendante, le temps passé pour se nourrir augmentant rapidement entre le quatrième et le 24ème mois et passant alors, environ 55% du temps chaque jour. La majorité des éléphanteaux tétent jusqu'à la naissance du prochain éléphanteau, mais quelques éléphanteaux sont sevrés avant, tandis que d'autres continuent à téter après la prochaine naissance (Lee & Moss 1986). Il n'est pas rare d'observer des jeunes éléphanteaux qui tétent jusqu'à l'âge de huit ans. Le plus jeune éléphanteau survivant sans lait en Amboseli avait 26 mois au moment de la mort de sa mère (Lee & Moss 1986).

1.3.6 Intervalle entre naissances

L'intervalle moyen entre naissances varie également de population à population, de 2,9 à 9,1 années, et chez les populations de haute densité ou autrement stressées pour la nourriture, les intervalles sont plus longs (Laws & Parker 1968; Laws *et al.* 1975; Eltringham 1977). La majorité des estimations concernant les intervalles entre naissances proviennent de l'étude des cicatrices placentaires d'éléphants abattus et ne prennent donc pas en considération la survie de l'éléphanteau précédent. Dans l'étude Amboseli, l'intervalle moyen entre la naissance de deux éléphanteaux survivant était de 4,4 années, variant de 2 ans 7 mois à 9 ans 1 mois (Moss sous presse). Les femelles âgées de 14 à 45 ans sont le plus fécondées, avec des intervalles entre naissances allant de cinq ans à l'âge de 52 et six ans à l'âge de 60 (Moss sous presse). Des intervalles entre naissances jusqu'à 13 ans peuvent survenir selon les conditions d'habitat et la densité des populations (Laws 1969). Avec

un intervalle typique entre naissances de quatre ans, on trouve chez les femelles un modèle de courbe synchrone avec des pointes de naissances tous les quatre ans (Moss sous presse).

1.3.7 Mortalité

La mortalité des éléphanteaux est la plus élevée pendant les 12 premiers mois de leur vie, mais diminue en général après cet âge (Lee & Moss 1986). Chez les éléphanteaux provenant de femelles plus jeunes ou plus âgées, le taux de mortalité est plus élevé que chez les femelles d'âge moyen. L'expérience de la mère, son rang au sein de la famille et sa condition générale affectent le taux de survie de l'éléphanteau (Moss en préparation).

La mortalité naturelle chez l'adulte a été estimée à 2-3% d'après l'étude des mâchoires trouvées (Laws 1969; Corfield 1973) et l'observation d'éléphants d'âge connu (Douglas-Hamilton 1972; Moss en préparation). Les données provenant d'une étude faite sur 20 ans, sur des individus d'Amboseli, semblent indiquer que l'on risque de sous-estimer les résultats en basant la mortalité sur les mâchoires, étant donné que toutes les mâchoires ne sont pas retrouvées.

1.4 COMMUNICATION ENTRE ÉLÉPHANTS

Les éléphants communiquent entre eux en utilisant des sons divers (Berg 1983; Poole *et al.* 1988; Poole 1994) et des odeurs (Buss *et al.* 1976; Adams *et al.* 1978; Rasmussen *et al.* 1982; Poole & Moss 1989; Poole 1987), ainsi qu'un grand nombre de positions de l'oreille, de la trompe et du corps (Poole 1987).

Les éléphants communiquent vocalement par une grande variété de sons, allant de cris à haute fréquence, barissements, ronflements et aboiements, jusqu'aux grondements de basse fréquence qui comportent des sons non perceptible par l'oreille humaine (Berg 1983; Poole *et al.* 1988), certains étant aussi bas que 14 Hz (Poole *et al.* 1988). La capacité chez l'éléphant de produire des sons à une fréquence aussi basse, à un niveau allant jusqu'à 102dB à 5m, révèle que, théoriquement, les éléphants peuvent communiquer entr'eux sur une distance de 5-10km, même dans la forêt dense (Poole *et al.* 1988). Les différences fondamentales entre sociétés

mâles et femelles ne trouvent pas de meilleures explications que par la différence extraordinaire entre le nombre et la variété de vocalisations utilisés par chaque sexe (Poole 1994). Les femelles utilisent quelques 22 vocalisations différentes, tandis que le mâle n'en utilise que sept; trois de ces sons seulement sont émis par les deux sexes. Il paraît que la majorité des vocalisations des femelles sont à associer au dynamisme, à la cohésion et à la protection des familles/groupes, tandis que les vocalisations des mâles sont à attribuer à la dominance mâle-mâle ou à la reproduction (Poole 1994); toutefois, la communication vocale chez les éléphants est un domaine relativement nouveau et nous venons tout juste d'en effleurer la surface.

1.5 ECOLOGIE CHEZ L'ÉLÉPHANT

Les éléphants s'adaptent extrêmement bien et occupent divers habitats allant du désert à la savane et les forêts galerie (Lausen & Bekoff 1978). Chez l'éléphant, les facteurs écologiques affectent la dynamique des populations, l'habitat, les formes de migration, le régime alimentaire, la taille et la composition des groupes qui peuvent tous grandement varier, et exercent à leur tour une influence sur la dynamique des éléphants et leurs habitats.

La nourriture de l'éléphant comprend les différentes herbes, de l'écorce, des fruits et feuillages des arbres. Dans les habitats en savane, l'herbe représente jusqu'à 70% du régime alimentaire de l'éléphant en temps de pluie, et la partie qui représente le broutage augmente quand la sécheresse progresse. En forêt tropicale, le régime alimentaire d'un éléphant comprend jusqu'à 230 espèces, dont plus de 90% sont constitués par des feuilles, branches, écorces et fruits (White *et al.* 1993). Les arbres représentent les trois-quarts des espèces de leur régime alimentaire (White *et al.* 1993), et à l'encontre des éléphants de savane, les fruits sont un élément important du régime alimentaire de l'éléphant des forêts (White *et al.* 1993; Alexandre 1977).

On estime que la quantité moyenne de nourriture ingurgitée fait 4% (Laws *et al.* 1970) à 7% (Ruggiero 1992) du poids de l'éléphant, mais des femelles en lactation consomment proportionnellement de plus grandes quantités (Laws *et al.* 1970). Les éléphants ne digèrent que 40% des quantités consommées.

Les éléphants peuvent fortement influencer la structure et la végétation et peut-être même des communautés animales (Laws 1970; Cumming 1982; Western 1989). En cas de grandes densités, les éléphants déciment les terrains boisés qui deviennent des prairies plus clairsemées (Laws *et al.* 1970; Laws *et al.* 1975; Cumming 1982; Western 1989). Dans beaucoup de régions l'expansion humaine et le braconnage ont forcé les éléphants à modifier leurs modèles de migration traditionnels et de se concentrer dans des régions protégées (Western 1989; Tchamba & Mahamat 1992; Poole *et al.* 1992). En cas de fortes densités et particulièrement là où ils ont été comprimés dans des régions protégées, les éléphants peuvent réduire la diversité biologique (Western 1989) et être la cause d'une réduction économique de bois dans les forêts (Laws 1970; Afolayan 1975). Dans certains cas la réduction de la végétation boisée à eu un effet bénéfique en dégarnissant quelque peu des terrains boisés infestés par la mouche tsetse et en transformant la prairie en pâturage pour l'élevage (Western 1989). Dans certains cas les incendies ou l'exploitation forestière peuvent être à l'origine d'un changement et les éléphants jouent alors un rôle d'entretien (Dublin *et al.* 1990; Dublin 1991).

Des études ont également fait état de l'importance écologique des éléphants en tant qu'agents de dispersion des semences (Alexandre 1977), augmentant ainsi la diversité des habitats en forêt (Kortland 1984) et des communautés de mammifères (Western 1989). En tant qu'espèce-clé l'éléphant joue un rôle déterminant en conservant des maillons dans la chaîne alimentaire, et leur extermination dans certains habitats pourrait causer une cascade de changements ou d'extinctions dans les écosystèmes (Western 1989). Il apparaît que les éléphants causent la diversification des écosystèmes de la savane et de la forêt quand ils sont libres dans leurs mouvements (Western 1989).

1.6 DOMAINE VITAL ET MIGRATION

Tout comme pour d'autres paramètres, le domaine vital de l'éléphant varie de population à population et d'habitat à habitat. La surface du domaine vital individuel varie de 15 à 3.700 km² (Douglas-Hamilton 1972; Leuthold 1977; Thouless sous presse). Dans la majorité des régions ayant fait l'objet d'une étude, les femelles vivent dans des domaines vitaux en période sèche prévisibles, mais migrent sur de larges étendues

pendant la saison des pluies (Leuthold & Sale 1973; Leuthold 1977; Western & Lindsay 1984). Se déplaçant seuls ou en groupes parfois sur plusieurs milliers, les éléphants voyagent parfois jusqu'à 75 km dans l'espace de quelques jours (Leuthold 1977). La densité peut être aussi faible que 0,024 par km² (Poche 1874) ou atteindre cinq par kilomètre carré (Douglas-Hamilton 1972).

Auparavant, les éléphants en migration couvraient de longues distances dans leur territoire. La compression de plus en plus forte des éléphants dans des régions protégées de plus en plus petites, sans la possibilité d'une migration saisonnière risque d'aboutir dans une destruction de l'habitat accélérée et une perte de biodiversité dans nos parcs nationaux et réserves. Un des besoins les plus cruciaux dans la gestion de la conservation des éléphants est de trouver des solutions à ce problème.

1.7 CONCLUSION

Plus nous, les biologistes, apprenons sur les éléphants, plus nous nous posons de questions sur leurs vies complexes. La recherche sur les éléphants est une tâche estimable et d'importants aspects seraient à ajouter à l'ensemble des connaissances sur l'éléphant d'Afrique. Il ne fait aucun doute que les éléphants présenteront toujours un défi aussi bien aux biologistes qu'aux gestionnaires de la vie sauvage et ce aussi longtemps qu'il y aura des éléphants.

Bibliographie

- ABE, E. (1982) The status of elephants in Uganda Queen Elizabeth National Park. *Pachyderm* 15,49-52.
- ADAMS, J., GARCIA, A. & FOOTE, CS. (1978) Some chemical constituents of the secretions from the temporal gland of the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Chemical Ecology* 4, 17-25.
- APOLAYAN, T.A. (1975) Effects of elephant activities on forest plantations in the Kilimanjaro forest-game reserve in northern Tanzania. *Oikos* 26, 405-410.
- ALEXANDRE, D.Y. (1977) Rôle disséminateur des éléphants en forêt Tai (Côte d'Ivoire). *Terre et Vie* 32, 47-72.
- BARNES, R.F.W. (1983) Effects of elephant browsing on woodlands in a Tanzanian National Park: measurements, models and management. *Journal of Applied Ecology* 20, 521-540.
- BERG, J. (1983) Vocalisations and associated behaviours of the African elephant (*Loxodonta africana*) in captivity. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 63, 63-79.
- BUSS, I.O., RASMUSSEN, L.E. & SMUTS, G.L. (1976) The role of stress and individual recognition in the function of the African elephant's temporal gland. *Mammalia* 40,437-451.
- CORFIELD, T.F. (1973) Elephant mortality in Tsavo National Park, Kenya. *East African Wildlife Journal* 11, 339-368.
- CUMMING, D.H.M. (1982) The influence of large herbivores on savanna structure in Africa. In: *Ecological Studies 42: Ecology of Tropical Savannas* (Eds. B.J. Huntly & B.H. Walker).

- DOUGLAS-HAMILTON, I. (1972) On the ecology and behaviour of the African Elephant D. Phil. Thesis, University of Oxford, U.K.
- DOUGLAS-HAMILTON, I. (1979) African Elephant Ivory Trade - Final report to the US Fish and Wildlife Service. Typescript Report.
- DUBLIN, H.T. (1991) Dynamics of the Serengeti-Mara woodlands, An historical perspective. *Forest and Conservation History* 35, 169-178.
- DUBLIN, H.T., SINCLAIR, ARE. & MCGALDE, J. (1990) Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-Mara woodlands. *Journal of Animal Ecology* 59, 1147-1164.
- ELTRINGHAM, S.K. (1977) The numbers and distribution of elephants *Loxodonta africana* in the Rwenzori National Park and Chambura Game Reserve Uganda. *East African Wildlife Journal* 15, 19-39.
- ELTRINGHAM S.K. & MALPAS, R.C. (1980) The decline in elephant numbers in Rwenzori and Kabalega Falls National Parks Uganda. *African Journal Ecology* 18, 7346.
- HALL-MARTIN, A.J. (1987) Role of musth in the reproductive strategy of the African elephant (*Loxodonta africana*). *South African Journal of Science* 83, 616-620.
- HANKS J. (1969) Seasonal breeding of the African elephant in Zambia. *East African Wildlife Journal* 7, 167.
- HAYNES, C. (1991) *Mammoths, Mastodons and Elephants*. Cambridge University Press Cambridge.
- ITRG (1989) Ivory trade and the future of the African elephant. A report by the Ivory Trade Review Group to CITES.
- KANGWANA, F.K. (1993) Elephants and Maasai: conflict and conservation in Amboseli, Kenya. Ph.D. Thesis, University of Cambridge, U.K.
- KERR, MA. (1978) Reproduction of elephant in the Mana Pools National Park, Rhodesia. *Arnoldia Rhodesia* 8, 1-11.
- KIIRU, W. (1994) The status of human-elephant conflict in Kenya. Kenya Wildlife Service report. Typescript.
- KORTLANDT, A. (1984) Vegetation research and the "bulldozer" herbivores of tropical Africa. In: *Tropical Rain-Forest: The Leeds Symposium* (Eds, A.C. Chadwick & S.L. Sutton). Special Publication of the Leeds Philos Lit Soc 2-226.
- KUHME, W. (1962) Ethology of the African elephant (*Loxodonta africana* Blumenbach 1779) in captivity. *International Zoo Year Book* 4, 113-21.
- LAUSEN, L. & BEKOFF, M. (1978) *Loxodonta africana*. *Mammalian Species* 92.1-8. Published by American Society of Mammalogists,
- LAWS, R.M. (1966) Age criteria for the African elephant, *Loxodonta a. africana*. *East African Wildlife Journal* 4, 1-37.
- LAWS, R.M. (1969) Aspects of reproduction in the African elephant, *Loxodonta africana*. *Journal of Reproductive Fertility, Supplement* 6, 193-217.
- LAWS, R.M. & PARKER, IS.C. (1968) Recent studies on elephant populations in East Africa. *Symposium of the Zoological Society of London* 21, 319-359.
- LAWS, R.M., PARKER, IS.C. & JOHNSTONE, R.C.B. (1970) Elephants and habitats in North Bunyoro, Uganda. *East African Wildlife Journal* 8, 163-180.
- LAWS R.M., PARKER, IS.C. & JOHNSTONE, R.C.B. (1975) Elephants and their Habitats: *The Ecology of Elephants in North Bunyoro, Uganda*. Clarendon Press, Oxford.
- LEE, P.C. (1986) Early social development among African elephant calves. *National Geographic Research* 2, 388-401.
- LEE, P.C. (1987) Allomothering among African elephant. *Animal Behaviour* 35, 278-91.
- LEE, P.C. (1989) Family structure, communal care & female reproductive effort. In: *Comparative Sociobiology: The Behavioural Ecology of Humans and other Mammals*. (Eds, V. Standen & R.A. Foley). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- LEE, P.C. & MOSS, C.J. (1986) Early maternal investment in male and female African elephant calves. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 18, 353-361.
- LEUTHOLD, W. (1976) Group size in elephants of Tsavo National Park and possible factors influencing it. *Journal of Animal Ecology* 45, 425-439.
- LEUTHOLD, W. (1977) Spatial organization and strategy of habitat utilization of elephants in Tsavo National Park, Kenya. *Sonderdruck aus 2.f Saugertierkunde* 42, 358-397.
- LEUTHOLD, W. & J.B. SALE (1973) Movements and patterns of habitat utilisation of elephant in Tsavo National Park, Kenya. *East African Wildlife Journal* 11, 369-384.
- MAGLIO, V.J. (1973) Origin and evolution of the Elephantidae. *Transactions of the American Philosophical Society* 63, 1-149.
- MARTIN, R.B. (1978) Aspects of elephant social organisation. *Rhodesia Science News* 12, 184-188.
- MAUNY, R.A. (1956) Répartition de la grande faune Éthiopienne du nord-ouest africain du paléolithique & nos jours. *Proceedings of the 3rd Pan-African Congress Prehistory*, pp. 102-106.
- MERZ C. (1986) Movement patterns and group size of the African forest elephant *Loxodonta africana cyclotis* in the Tai National Park, Ivory Coast. *African Journal of Ecology* 24, 133-136.
- MOSS, C.J. (1977) The Amboseli Elephants, *Wildlife News* 12(2), 9-12.
- MOSS, C.J. (1981) Social Circles. *Wildlife News* 16(1), 2-7.
- MOSS, C.J. (1983) Oestrous behaviour and female choice in the African elephant *Behaviour* 86, 167-196.
- MOSS, C.J. (1988) *Elephant Memories*. New York William Morrow.
- MOSS, C.J. & POOLE, J.H. (1983) Relationships and social structure in African elephants In: *Primate Social Relationships: An Integrated Approach*. (Ed. R.A. Hinde). Blackwell Scientific Publications Oxford.
- MUTINDA, H.S. (1994) Assessment of reproductive status of free ranging female African elephants, *Loxodonta africana*, using non-invasive techniques. MSc. Thesis. University of Nairobi.
- NGURE, N. (1993) History and present status of human-elephant conflicts in the Mwatate-Bura area, Kenya. MSc. Thesis. University of Nairobi.
- NJUMBI, S. (1993) Effects of poaching on the population structure of elephants in Meru National Park. M.Phil. Thesis. Moi University.
- PARKER, IS.C. (1979) The ivory trade. Typescript report to Douglas-Hamilton, I. on behalf of the US Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- POCHE, R.M. (1974) Ecology of the African elephant *Loxodonta africana africana* in Niger, West Africa. *Mammalia* 38, 567-80.
- POOLE, J.H. (1987) Rutting behaviour in African elephants: the phenomenon of musth. *Behaviour* 102, 283-316.
- POOLE, J.H. (1989a) Announcing intent: the aggressive state of musth in African elephant. *Animal Behaviour* 37, 140-152.
- POOLE, J.H. (1989b) Mate guarding, reproductive success and female choice in African elephants *Animal Behaviour* 37, 842-849.
- POOLE, J.H. (1989c) The effects of poaching on the age structure and social and reproductive patterns of selected East African elephant populations. In: *Ivory Trade and the future of the African elephant. Vol. 2. A report by the Ivory Trade Review Group to CITES*.
- POOLE, J.H. (1994) Sex differences in the behaviour of African elephant. In: *The Differences Between the Sexes* (Eds, R. Short & P. Lynch) Cambridge University Press, Cambridge.
- POOLE, J.H. & MOSS, C.J. (1981) Musth in the African elephant, *Loxodonta africana*. *Nature* 292, 830-831.
- POOLE, J.H. & MOSS, C.J. (1989) Elephant mate searching: group dynamics and vocal and olfactory communication. *Symposium of the Zoological Society of London* 61, 111-125.
- POOLE, J.H., PAYNE, K.B., LANGBAUER, W., MOSS, C.J. (1984) Musth and urinary testosterone concentrations in the African elephant, *Loxodonta africana*. *Journal of Reproduction and Fertility* 70, 255-260.
- POOLE, J.H., PAYNE, K.B., LANGBAUER, W., MOSS, C.J. (1988) The social contexts of some very low frequency calls of African elephants. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 22, 385-392.
- POOLE, J.H., AGGARWAL, N., SINANGE, R., NGANGA, S., BORTON, M. & DOUGLAS-HAMILTON, I. (1992) The status of Kenya's elephants, 1992. Unpublished report. Kenya Wildlife Service and Department of Resource Surveys and Remote Sensing

RASMUSSEN LE. SCHMIDT, M.J., HENNEOUS. R., GRAVES, D. & DAVES, G.D. (1962) Asian bull elephant: Flehmen like responses to extractable components in female elephant oestrus urine. *Science* 217,159-162.

REES, A.F. (1963) Some notes on elephants and their feeding habits Tanganyika *Notes and Records* 61, 205-208.

ROSS, D.H. (1993) Elephant: The Animal and its Ivory in African Culture. Fowler Museum of Cultural History. University of California. Los Angeles.

RUGGIERO, R.G. (1992) Seasonal forage utilisation by elephants in central Africa. *African Journal of Ecology* 30, 137-148.

TCHAMBA, M. & MAHAMAT. H. (1992) Effects of elephant browsing on the vegetation in Kalamaloue National Park. Cameroon. *Mammalia* 56(4), 533-540.

UNITED REPUBLIC OF TANZANIA. (1999) Typescript Transfer of the African elephant (*Loxodonta africana*) from Appendix II to Appendix I of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES).

WESTERN, D. (1986) An odyssey to save the African elephant. *Discover Magazine*. October 1986.

WESTERN, D. & LINDSAY, W.K. (1984) Seasonal herd dynamics of a savanna elephant population. *African Journal of Ecology* 22. 229-244.

WESTERN, D. (1989) The ecological value of elephants: a keystone role in Africa's ecosystems In: *Ivory Trade and the future of the African elephant. Vol.2. A report by the Ivory Trade Review Group to CITES.*

WHITE, L.J.T., TUTIN, C.E.G. & FERNANDEZ M. (1993) Group composition and diet of forest elephants, *Loxodonta africana cyclotis* Matschie 1900, in the Lope Reserve, Gabon. *African Journal of Ecology* 31, 181-199.

SECTION 1

GESTION DES ÉLÉPHANTS



PRENDRE DES DÉCISIONS DE GESTION BASÉES SUR DES DONNÉES

H.T. Dublin et R.D. Taylor*

WWF Regional Office Eastern Africa
P.O.Box 62440, Nairobi, Kenya

*WWF Programme Office
P.O.Box CY 1409, Causeway
Harare, Zimbabwe

2.1 INTRODUCTION

En Afrique, quelques-unes des décisions les plus importantes à prendre actuellement et dans l'avenir au sujet de la gestion de la nature, concernent les éléphants. Des décisions de gestion sont à prendre pour les éléphants aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des zones protégées, et pour les actions appropriées qui en découlent. Ces décisions peuvent survenir au niveau des gardiens de parcs, ou bien être prises à des échelons politiques plus élevés. D'une façon ou d'une autre, ces décisions peuvent avoir des conséquences considérables et doivent être basées aussi fermement que possible sur des informations solides. Ceci explique la nécessité d'avoir autant que possible de données exactes et à jour.

Que doit donc savoir exactement un gestionnaire de la faune sauvage sur les éléphants afin de les gérer et d'assurer leur protection et leur conservation, maintenant et dans l'avenir? Dans ce chapitre nous parlerons des problèmes qui se posent pour les autorités de gestion, des différentes options de gestion des éléphants dont elles disposent, et nous discuterons sur les diverses données qui aident à prendre des décisions.

2.2 DÉCIDER D'UNE OPTION DE GESTION

La protection d'aires de conservation de la faune sauvage est un problème complexe et implique des considérations politiques, sociales, économiques, techniques et écologiques ainsi que des réflexions de nature financière, légale et administrative. Toutes ces considérations et réflexions jouent un rôle pour le choix définitif

concernant le genre d'options de gestion à adopter. Une étude très utile au Parc National Kruger a émis une série de directives (éditées par A.A. Ferrar 1983) pour la gestion des grands mammifères dans les aires de conservations d'Afrique, comprenant un chapitre sur la façon dont les gestionnaires doivent prendre des décisions. Les idées suivantes proviennent en partie de ce travail.

Prendre une décision pour la gestion d'un système de faune sauvage comprend fondamentalement un élément technique et un élément subjectif.

L'élément technique dans la prise de décision se réfère à des faits et relève de questions telles que "Quel est l'état actuel du système?". En raison de la complexité des systèmes écologiques, et étant donné que les informations nécessaires ne sont pas toujours disponibles, il existe de grandes incertitudes concernant l'aspect technique de la prise de décision. Cette incertitude souligne la nécessité de surveiller les changements des variabilités écologiques par rapport aux objectifs d'une action de gestion. Au fur et à mesure que de nouvelles informations surviennent, elles peuvent être utilisées pour améliorer ou modifier une action de gestion. La recherche, la surveillance et le feedback deviennent donc parties intégrales de la gestion.

L'élément subjectif dans la prise de décision concerne les préférences et les opinions, et parmi les questions qui sont à poser sont "Quel état du système préférons-nous?" et "Quels changements au système aimerions-nous?" Un jugement de valeur sert à choisir entre options à mérite égal.

De nombreuses questions pour la gestion de la

faune sauvage présentent des aspects techniques aussi bien que subjectifs. Par exemple, la question “Y a-t-il trop d’animaux dans cette région?” succède en fait de deux questions et demande deux réponses différentes:

i) “Le nombre d’animaux cause-t-il un changement quelconque au système?” Ici la réponse sera strictement technique.

ii) “Quel degré de changement du système est admissible dans cette région?” La réponse dépendra de l’objectif pour la région, et relève en fin de compte de préférences. c’est-à-dire elle est subjective.

Une fonction importante de la recherche est de procurer des informations et des données pour répondre à la première partie de la question, qui est de nature technique, permettant ainsi de prendre une décision concernant la deuxième partie de la question, qui est un problème de préférence. Il faut cependant remarquer que la distinction entre ces deux questions n’est faite que rarement, et les décisions subjectives l’emportent souvent sur la plupart des autres considérations.

2.3 QUELLES SONT LES OPTIONS DE GESTION DES ÉLÉPHANTS QUI EXISTENT?

Il y a trois approches fondamentales pour la gestion des éléphants:

- gestion minimale ou de “laissez-faire”;
- gestion pour des objectifs écologiques; et
- gestion pour des objectifs économiques.

a) Gestion minimale ou de “laissez-faire”

Une gestion minimale ou de “laissez-faire” implique la décision de ne rien faire ou de ne pas intervenir dans le processus écologique. Il s’agit ici d’une option de gestion largement pratiquée dans de nombreux états ayant des domaines d’éléphants. Dans certains cas, la décision de “ne rien faire” ou de ne pas intervenir est survenue par défaut ou par inaction, et n’est pas une option choisie délibérément, nettement décidée et clairement définie.

Les suppositions à base d’une gestion minimale

ou de “laissez-faire” impliquent que les systèmes naturels en question, y compris ceux qui supportent les éléphants, sont de nature à se régulariser eux-mêmes sans interférence humaine, et que la non-interférence est une condition nécessaire pour l’auto-règlage des systèmes. Bien qu’il soit très difficile de vérifier ceci, et que cela peut demander des années, le fait de ne pas le faire peut occasionner le retardement de prise de conscience des problèmes sérieux. Il est donc extrêmement important et précieux de vérifier les suppositions sur lesquelles les décisions de gestion de *laissez-faire* sont basées.

b) Gestion pour des objectifs écologiques

À la base de la gestion pour des objectifs écologiques est la supposition que les systèmes naturels sont à un tel point perturbés sous les conditions imposées par l’homme moderne, qu’ils ne peuvent plus se régulariser par eux-mêmes. Afin de faire face aux objectifs écologiques établis, une intervention est donc nécessaire. Quel que soit le genre d’interventions de gestion choisies, il faudra toujours les vérifier par une surveillance et une évaluation appropriées, et en fait vérifier par l’expérience, si cela est possible.

Dans le contexte des populations d’éléphants, la gestion pour des objectifs écologiques peut se faire de façons différentes, par exemple:

- modification de l’habitat, telle que gestion par le feu ou débarras de la végétation;
- provision et/ou manipulation des ressources d’eau;
- réduction de la population soit par élimination sélective ou translocation; et
- contrôle des déplacements des populations par la construction de barrières physiques telle que clôtures.

c) Gestion pour des objectifs économiques

Dans ce cas, les systèmes, et plus particulièrement les animaux s’y trouvant, sont exploités pour des gains économiques.

En ce qui concerne les éléphants, l’exploitation pour la consommation à base économique peut comprendre la chasse safari pour des trophées, ou l’exploitation pour la viande et la production de cuir. Les objectifs économiques peuvent également inclure l’augmentation des visites touristiques. Par exemple, des points d’eau

spéciaux peuvent être construits ou la gestion par le feu pratiquée, pour manipuler les habitats et pour encourager le regroupement de grands nombres d'éléphants dans des espaces ouverts.

Les méthodes de gestion ci-dessus ne s'excluent pas forcément l'une l'autre; une ou plusieurs peuvent être pratiquées. Le gestionnaire doit avoir des buts bien définis, découlant en principe de décisions politiques prises à un échelon supérieur, et il doit connaître non seulement la portée économique et financière de son intervention, mais aussi les conséquences écologiques. Quant à une utilisation pour la consommation, il doit également en connaître les conséquences pour la population exploitée; le gestionnaire devra dans certains cas consulter des biologistes en charge de la surveillance des éléphants et de l'analyse des informations recueillies.

Les activités auxiliaires à l'appui des trois approches fondamentales décrites ci-dessus incluent également le contrôle de l'application des lois et l'instauration d'une gestion communale de la nature et de programmes de conservation. Là où elles sont appliquées, ces activités devront également faire partie d'une stratégie et d'un plan de gestion générale, dont chacune aura son propre programme de recherche, de surveillance et d'évaluation.

2.4 QUE DOIVENT SAVOIR LES GESTIONNAIRES SUR LES ÉLÉPHANTS?

En tentant de définir des priorités de recherche, Bell et McShane-Caluzi (1985) posent la question suivante: "Que doivent savoir les gestionnaires afin de mieux atteindre leurs objectifs?" Cette question aboutit au paradoxe de priorité de recherche suivant: si nous ne comprenons pas un système en une espèce, comment pouvons-nous savoir ce que nous devons étudier en premier?

Avant de pouvoir entamer la gestion des éléphants et de leurs habitats, nous devons savoir quelque chose sur chacun des deux. Il y a de nombreux attributs écologiques clé ou caractéristiques d'une population d'éléphants qui ont leur importance pour la gestion. Des informations sur le développement des éléphants et de leur composition biologique, sont essentielles. Cependant, il n'est pas toujours possible, ni nécessaire, de différer une action de gestion parce qu'on ne détient pas toutes les

informations sur lesquelles se basent des décisions de gestion. Toute action de gestion, à condition qu'elle soit exécutée correctement et appliquée et contrôlée rigoureusement, peut être conduite comme expérience afin de fournir des réponses à certaines des questions de recherche. Donc, pour gérer les éléphants, sur quels éléments le gestionnaire doit-il avoir des informations élémentaires?

a) Abondance et tendance

Des données sur le nombre et la densité d'éléphants sont indispensables pour le gestionnaire, surtout si il y a des projets quelconques pour l'exploitation des éléphants. Il est donc important de savoir combien d'éléphants il y a dans la population ou la région en question, et si la population en question augmente, diminue ou reste stable. Evidemment, les tendances concernant la taille d'une population ne peuvent être évaluées que pendant une certaine durée de temps, et ceci implique qu'un programme de surveillance approprié soit instauré.

Il n'est pas facile d'obtenir des comptages fiables d'animaux sauvages, et il y a un grand nombre de méthodes pour évaluer la taille d'une population d'éléphants. Celles-ci comprennent des comptages par l'air, qui peuvent être des comptages par échantillonnage ou des comptages totaux (décrits respectivement aux 3ème et 4ème chapitres), et des comptages au sol (décrits au 6ème chapitre). Ces méthodes s'appliquent généralement dans les régions de savanes, mais dans les forêts denses d'Afrique Centrale, des comptages au sol d'excrément sont pratiqués pour procurer des estimations de nombres d'éléphants (5ème chapitre). Dans beaucoup de circonstances, seulement un indice de l'abondance d'éléphants peut être établi et contrôlé sur une certaine durée de temps.

Dans toutes méthodes de comptages il importe que les comptages soient consistants, fiables et qu'ils peuvent être répétés plusieurs fois. En plus, le gestionnaire doit savoir quelque chose sur la qualité de ces données. Dans le cas des comptages par l'air, les limites de confiance, l'intensité de l'échantillonnage et taux de recherches sont des facteurs importants, qui donneront des informations sur la qualité des données et leurs fiabilité du fait de leur exactitude (pour les comptages totaux) ou leur précision (pour les comptages par échantillonnage). Des catégories de qualités de données ont été élaborées par le African Elephant Specialist Group (AfESG) de IUCN Species Survival Commission (Said *et al.* sous presse). Elles auront de l'importance pour

le gestionnaire pour évaluer la qualité des données de comptages d'éléphants sur lesquelles il devra baser ses décisions de gestion. Même si les nombres comptés ou estimés ne devaient pas être absolus et ne reflétaient qu'une approximation de l'abondance, le gestionnaire pourra comparer les estimations sur une certaine durée de temps à condition que la méthode utilisée reste la même.

b) Distribution et déplacements

Le gestionnaire doit également connaître la distribution des éléphants à travers la région en question, et la nature de cette distribution. Y a-t-il, par exemple, des changements saisonniers de la distribution, ou des schémas réguliers de déplacement? Des schémas de déplacements traditionnels ou établis ont-ils connus des modifications en raison de changements récents dans l'utilisation du terrain ou des habitats humains? La façon de répondre à ces questions est décrite au 8ème chapitre concernant les déplacements des éléphants, et au 12ème chapitre concernant le pistage par satellites des éléphants. Les réponses permettront de prendre des décisions de gestion en connaissance de cause. Le 17ème chapitre décrit les détails pratiques pour l'immobilisation des éléphants afin d'attacher des colliers émetteurs; un élément coûteux mais intégral de toute étude sur les déplacements des éléphants.

Autant que possible, il est bon de distinguer et de décrire le domaine des éléphants aussi exactement que possible. Les membres de l'AfESG (1993) ont proposé certaines catégories de domaines. Celles-ci sont les suivantes:

- i) domaine général - où les éléphants sont présents toute l'année;
- ii) domaine saisonnier - où les éléphants sont présents selon les saisons;
- iii) domaine irrégulier - où les éléphants apparaissent périodiquement mais pas forcément chaque année; et
- iv) domaine inconnu - où l'on sait que les éléphants apparaissent, mais sur lesquels on n'apas d'informations supplémentaires.

Les données sur les domaines et la distribution sont spécialement importantes là où des déplacements à travers les frontières se produisent et où deux ou plusieurs pays ont une population commune. Ceci a bien entendu des répercussions importantes sur la gestion pour les

pays en question, et risque d'engendrer de sérieuses complications si la politique de gestion diffère largement d'un pays à l'autre.

Des données sur les déplacements saisonniers des éléphants ont été utilisées pour prendre des décisions de gestion au Parc National Matusadona au Zimbabwe (Taylor 1983). Les autorités de gestion devaient savoir si les éléphants sortaient et entraient selon les saisons dans le Parc, et si oui dans quelle mesure, afin de prendre des décisions sur la réduction du nombre d'éléphants afin de protéger les escarpements boisés. Une étude de pistage portant sur trois ans avec des éléphants munis de colliers émetteurs, a établi qu'en effet des animaux dans le sud du Parc se déplaçaient sur des terrains communaux adjacents, où ils avaient une importance économique, et ces éléphants n'étaient donc pas éliminés sélectivement. Cependant, dans le nord, les éléphants avaient des domaines vitaux bien plus petits et y résidaient toute l'année, et ici, l'élimination sélective des éléphants était indiquée pour protéger l'habitat.

c) Les éléphants et leurs habitats

Partant de la connaissance du nombre d'éléphants et de l'endroit de leur distribution, il est plus que probable qu'un gestionnaire voudra comprendre comment les éléphants utilisent les habitats dans lesquels ils vivent. Il serait utile de savoir ce que mangent les éléphants au sein de ces habitats. Le 9ème chapitre décrit comment étudier les interactions entre éléphants et leurs habitats.

Le gestionnaire voudra connaître le taux de perte de terrain boisé ou le taux d'augmentation d'une certaine espèce végétale par rapport aux densités données ou changeantes d'éléphants, afin de trouver une réponse pour la gestion concernant les objectifs d'un parc. Il faut également tenir compte de l'influence de facteurs tel que la présence de feu et d'eau en examinant les relations entre éléphants et leurs habitats. Le feu et l'eau peuvent être des éléments naturels ou artificiels de l'environnement, mais leurs rôles doivent être évalués et surveillés régulièrement.

Les effets causals sont souvent difficiles à établir dans la dynamique éléphant-habitat. Souvent, les modèles d'écosystèmes, qui débutent comme simple organigramme et deviennent des modèles d'ordinateur complexes, peuvent assister les gestionnaires à comprendre le système qu'ils s'efforcent de gérer. De même, il est possible que les modèles entravent, masquent ou déforment la compréhension. Les modèles sont à utiliser avec précaution et uniquement quand ils se basent sur

de bonnes évidences empiriques, avec une sérieuse connaissance de leurs limitations et des suppositions avancées dans leur formulation. Un modèle sera de la plus grande utilité pour un gestionnaire quand celui-ci possède une bonne connaissance de l'écosystème qu'il gère, et qu'il peut contribuer au développement du modèle et agir sur la base de ses propres expériences et informations courantes provenant d'une surveillance régulière et répétée. De simples modèles avec une capacité prévisible permettront au gestionnaire de simuler et d'exécuter sur l'ordinateur des décisions et d'évaluer les conséquences de telles décisions avant d'y donner suite. De cette manière, le gestionnaire pourra estimer le degré de risques courus par de telles décisions avant d'y donner suite. De tels modèles ont été développés efficacement pour l'écosystème de Tsavo (Winjgaarden 1985) et pour l'écosystème de Serengeti-Mara d'Afrique du Sud (Dublin *et al.* 1990). Par contre, l'application plus étendue de modèles pour la gestion de la nature est bien décrite par Starfield et Bleloch (1986).

d) Biologie de la population

Au niveau de la population, trois facteurs clés sont d'importance pour la gestion des éléphants.

i) Dynamique de la population

Les taux de croissance individuels, l'âge et la structure sexuelle ainsi que les taux d'augmentation de la population dans son ensemble, intervalles entre parturitions, l'âge à la maturité sexuelle, l'âge à la naissance du premier éléphanteau et sénescence de reproduction, sont tous des paramètres qui permettent de définir et de caractériser la dynamique d'une population. Tandis qu'une grande partie de ces informations étaient recueillies dans le temps sur des animaux morts (Laws *et al.* 1975, Hanks 1979), de telles données ont été obtenues récemment grâce aux observations détaillées faites sur une certaine durée de temps sur des individus connus (Moss 1988). Les données recueillies de ces deux sources devraient se compléter et se confirmer pour établir notre compréhension actuelle de la biologie et de la dynamique de la population d'éléphants. Les méthodes pour recueillir ces informations sur une population vivante sont décrites au 7ème chapitre, et des détails pour l'obtention de matières et de données sur les éléphants morts sont données au 18ème chapitre. Le 13ème chapitre décrit la façon d'étudier la physiologie reproductive des éléphants, ce qui contribuera également à la connaissance de la dynamique de la population des éléphants.

Les taux d'augmentation de la population en dessous du maximum théorique impliquent que la capacité de charge écologique ou d'ensité d'équilibre ("K" sur la courbe de croissance logistique) est proche ou que la mortalité (naturelle ou causée par les humains) augmente ou que la natalité baisse, peut-être en raison de maladies ou de stress. Les espèces grandes, à parturition lente et ayant une longue vie, tel que les éléphants, sont plus vulnérables aux revers écologiques, tel que la sécheresse ou les erreurs de gestion, que les espèces à vie courte avec un taux de croissance élevé étant donné que leur potentiel de récupération rapide après interruption est petit. Des détails sur l'étude de la dynamique des populations de grands mammifères sont donnés chez Caughley (1977) et Sinclair et Grimsdell (1982).

Les estimations du sexe et de la structure d'âge d'une population représentent des données extrêmement importantes et précieuses pour un gestionnaire tentant de comprendre la dynamique des populations. Idéalement, de telles informations devraient être utilisées en association avec des données supplémentaires et complémentaires provenant de recensements de la population. Ceci permettra d'éviter des pièges posés par des informations imprécises ou incomplètes des analyses et interprétations.

La composition d'âge et de sexe d'une population peut être influencée par des taux de conception, taux de naissance et de mortalité, taux de survie des éléphanteaux et autres caractéristiques de comportement. La proportion des individus dans chaque catégorie de sexe et d'âge change continuellement, et la théorie d'une distribution d'âge stable n'existe pratiquement jamais. Des populations avec une prépondérance de jeunes animaux seront aptes d'augmenter, tandis qu'une population dont la distribution d'âge penche vers les catégories d'âge plus élevé restera stable ou diminuera. Il en est de même pour les éléphants de catégories de sexe et d'âge différentes, qui réagiront différemment aux influences écologiques, telle que la pluie ou autres événements stochastiques qui risquent d'occasionner des stress alimentaires ou rythmes de croissances. Les seuls effets fortuits peuvent causer les taux de croissance d'une population d'éléphants de varier de 2% à 6% pour une année donnée.

Selon l'objectif de gestion, la manipulation de la composition de sexe et d'âge par des interventions de gestion devra tenir compte de ces considérations. Martin et Conybeare (1992)

décrivent un régime de gestion pour une population d'éléphants, qui comprend la chasse sportive, la décimation sélective pour des raisons écologiques et le contrôle d'animaux à problèmes. Chaque méthode préconise un effet différent sur la population en question en ce qui concerne sa structure de sexe et d'âge.

ii) Comportement et organisation sociale

La dynamique d'une population peut être influencée par les changements de la taille d'un groupe ou autres perturbations sociales, telle que l'élimination de catégories d'âge, qui sont importants pour la structure sociale et le fonctionnement d'un groupe. Faites sur une certaine durée de temps, les études du comportement des éléphants peuvent renseigner le gestionnaire sur les effets de différentes stratégies de gestion sur le comportement et l'organisation sociale d'une population (voir 10ème chapitre sur l'étude du comportement des éléphants). Pour les éléphants, une perturbation sociale peut survenir quand la distribution de sexe et d'âge de la population est manipulée par élimination sélective, braconnage ou translocation d'individus. Les études de comportement sont une indication préleuse pour la translocation d'éléphants vivants vers une nouvelle région, et peut fournir d'importants renseignements sur les effets résiduels sur les populations de source et de destination. A l'avenir, les études de vocalisation des éléphants pourront faire encore plus de lumière sur les effets de ce genre de manipulations (voir 11ème chapitre).

La taille d'un groupe d'éléphants et les changements de la taille, qu'ils soient saisonniers ou à long terme, sont influencés par un grand nombre de facteurs et ont des effets importants sur l'écologie d'un écosystème (Western & Lindsay 1984; Dublin 1986). La taille d'un groupe d'éléphants est donc une autre variable à surveiller. Dans certains cas, la taille d'un groupe peut être influencée par le type d'habitat et l'abondance alimentaire. Par exemple, les éléphants forment souvent de grands groupes dans des terrains herbeux et marécageux, où l'abondance de nourriture permet à des grands nombres d'animaux de se concentrer dans une petite région. Dans d'autres cas, de larges groupes coordonnés d'éléphants peuvent indiquer un dérangement humain, tel qu'une chasse de contrôle excessive tuant des matriarches, ou le braconnage sur grande échelle. Pour le gestionnaire il est important de connaître la cause des changements dans le regroupement des

animaux, et ceci n'est possible que s'il connaît les schémas normaux de regroupement pour la population en question.

iii) Condition physique et maladies

L'évaluation de la condition physique donne une indication sur le stress alimentaire reflétant des conditions d'habitat défavorables. Ce genre d'évaluation peut se faire visuellement et par l'examen des animaux vivants, ainsi que le décrivent Riney (1960) et d'autres, ou par l'inspection post-mortem d'indices de la condition, tel que graisse, poids et taille des muscles. La collection et l'utilisation de données provenant d'éléphants morts sont décrites au 18ème chapitre.

Les maladies sont un facteur de la mortalité des éléphants. Sur les rives sud du Lac Kariba au Zimbabwe, un petit nombre d'éléphants mâles ont été saisis du syndrome de la "trompe tombante" (floppy trunk), une forme de paralysie de la trompe dont les causes sont toujours inconnues. Les éléphants touchés ne peuvent pas se nourrir, et il en résulte la mort par inanition. Des accès d'Anthrax sont endémiques du Parc National Etosha en Namibie (Lindique 1988), et l'encéphalomyocardite, une infection virale mortelle chez l'éléphant adulte mâle, survient au Parc National Kruger, Afrique du Sud (Grobler *et al.* 1994). L'augmentation rapide de populations de rongeurs pendant la sécheresse a propagé le virus, et à Kruger la réaction de la gestion a été de développer un vaccin. A part l'effort pour découvrir la cause de tout accès de maladie, il est important de surveiller sa fréquence pour savoir si la maladie est localisée ou risque de se propager. Avec de telles données, les gestionnaires peuvent décider ce qu'il y'a à faire. Il peuvent décider de recueillir des échantillons post-mortem pour analyse, ou ils voudront éventuellement détruire les animaux touchés si un traitement adéquate n'est pas disponible. Dans le cas d'une propagation considérable de la maladie, il sera peut-être nécessaire de surveiller les taux de mortalité par un comptage des carcasses aussi bien que des éléphants vivants, pour obtenir une proportion des carcasses (Douglas-Hamilton & Burrill 1991).

2.5 INTERACTIONS ENTRE HUMAINS ET ÉLÉPHANTS

Les gestionnaires de la nature ne peuvent ignorer le fait que les éléphants partagent une grande

partie de leur domaine avec les humains. Plus de 75% du domaine des éléphants se trouvent entièrement en dehors du réseau des aires protégées (Douglas-Hamilton *et al.* 1992), et dans grand nombre de pays il y a plus d'éléphants à l'extérieur du réseau des aires protégées qu'à l'intérieur. Les éléphants partagent donc souvent du terrain avec des agriculteurs, et dû à l'augmentation de la population humaine à travers le continent, les interactions entre humains et éléphants, et tout conflit en résultant, progresseront. Les pratiques d'utilisation de la terre, la démographie humaine et les pratiques économiques sont donc des aspects importants pour la conservation des éléphants. Il y a un besoin urgent d'intégrer plus fortement la conservation des éléphants dans la politique d'utilisation de la terre, et d'inclure les considérations du peuple local, leur mode de vie et leur système économique, dans tous les projets de gestion pour les stratégies servant à conserver les éléphants

Les humains et les éléphants interagissent directement de nombreuses façons. Les éléphants causent des dommages à la propriété humaine, tuent des humains et sont en concurrence avec les humains pour les ressources d'eau et de fourrage. Les humains tuent les éléphants pour l'ivoire, et par mesures de représailles quand les éléphants ont tué quelqu'un ou détruit la propriété humaine.

Dans le cas des éléphants tués illégalement pour l'ivoire, les gestionnaires auront besoin de méthodes pour surveiller cette activité illégale et pour vérifier si leurs actions ont eu des résultats. Ces méthodes sont décrites au 16ème chapitre traitant du contrôle de l'application des lois et des activités illégales. En utilisant des données recueillies des activités de contrôle de l'application des lois sur le terrain, il est possible d'évaluer l'impact des actions de gestion telle que les efforts anti-braconnage, et les décisions politiques telle que l'interdiction internationale sur le commerce de l'ivoire (Dublin & Jachmann 1992; Dublin *et al.* 1995). Ce genre d'information est importante aussi bien pour les gestionnaires de la nature que pour les autorités politiques à échelon élevé. Des études parallèles sur la provenance de trompes d'éléphant (voir 14ème chapitre) peuvent aider à identifier les origines de l'ivoire disponible sur le marché et à distinguer par la suite entre l'ivoire obtenu légalement et l'ivoire obtenu illégalement.

Afin d'élaborer des stratégies pour minimiser les conflits et augmenter la tolérance des éléphants

parmi le peuple rural, les gestionnaires de la nature doivent connaître l'impact qu'ont les éléphants sur les humains. Des mesures quantitatives de dommage à la culture, le bétail et la propriété aident le gestionnaire de la nature à évaluer le coût économique et social des dommages dûs aux éléphants. Quelques unes de ces méthodes sont décrites au 15ème chapitre. Les réponses à qui, où, quel, comment et pourquoi proviennent de simples procédés de contrôle qui doivent être adoptés là où les éléphants causent des problèmes de façon régulière. Une méthode très utile et pratique pour mesurer l'activité des éléphants à problème, l'opportunité, l'efficacité économique et détails pratiques pour surmonter ces problèmes par l'usage de clôtures est décrite par Hoare et Mackie (1993) et Hoare (1995).

Les gestionnaires des éléphants doivent aussi comparer le coût occasionné par les personnes vivant avec les éléphants avec la valeur des éléphants comme ressource. Une conservation intégrée innovatrice et des programmes de développement comme le Zimbabwean Communal Areas Management Programme for Indigenous Resources (CAMPFIRE) (Child 1993; Taylor 1993) peuvent aider à éduquer les communautés locales, augmenter leur degré de tolérance vis à vis des éléphants, développer des pratiques meilleurs et plus durables pour l'utilisation du terrain et contribuer à l'objectif majeure servant à maintenir une diversité biologique. Les larges étendues de la faune sauvage et des animaux qu'elles supportent, qu'elles aient été protégées au préalable ou non, auront une plus grande chance de survie si les autorités de gestion tiennent compte des besoins de développement du peuple local. En rendant les communautés responsables de la gestion de leurs propres ressources (telle que les éléphants), tout en leur permettant de bénéficier directement d'une utilisation sage de ces ressources, donnera une chance de survie à un plus grand nombre d'éléphants. De telles méthodes sont d'autant plus efficaces quand la politique de gestion permet l'utilisation pour la consommation des éléphants par la chasse safari ou la chasse sélective. Par exemple, dans le Nyaminyami District au Lac Kariba au Zimbabwe des expériences sont faites sur la commercialisation d'éléphants à problèmes par des clients chassant pour des trophées, afin de pallier au problème de maraudage local (Taylor 1993). De cette façon on élimine les éléphants coupables, les bénéfices des revenus de la chasse et de la viande reviennent aux communautés affectées, et le degré de

Les études qui peuvent être exécutées selon les

prélèvement sur la population d'éléphants est minimisé en combinant le contrôle des éléphants à problèmes avec la chasse aux trophées.

En s'occupant des conflits entre humains et éléphants, les gestionnaires doivent également surveiller leurs réactions ou manque de réactions aux problèmes afin d'évaluer les méthodes utilisées pour réduire le problème à un minimum. Quand ils disposent des informations fondamentales, les autorités de gestion de la nature, les chercheurs et autres agences administratives et d'utilisation de terrain qui travaillent ensemble, peuvent arriver à la meilleure solution pour le problème spécifique qui se pose (Clark & Westrum 1989).

2.6 GESTION ADAPTATIVE

La conservation en Afrique ne devrait pas séparer la recherche de la gestion. Les deux activités devraient autant que possible opérer ensemble sous un système de gestion adaptative. La gestion adaptative (Holling 1973; Bell & McShane-Caluzi 1985) se définit tout simplement par un apprentissage par tâtonnements, et en tant que concept elle est de nos jours particulièrement appropriée pour la gestion des éléphants d'Afrique. Des changements se produisent rapidement dans un domaine d'éléphants, et il n'y a que peu de temps disponible pour élaborer des expérimentations pour obtenir des résultats fructueux.

Pour effectuer une gestion adaptative il est nécessaire de choisir un objectif ou une option de gestion, de réaliser une ou plusieurs actions de gestion avec le but d'atteindre l'objectif désiré, et de surveiller et évaluer les résultats de ces actions de gestion. Selon le résultat de l'action choisie, il peut être utile de modifier des actions ultérieures, ou alors de changer les objectifs initiaux de gestion. Ainsi, la gestion adaptative peut être qualifiée d'effort d'équipe; une gestion à laquelle doit contribuer le personnel de recherche et de gestion de tous les échelons.

Le choix d'une option incombe aux autorités de gestion et est en général une décision subjective faite sur la base des meilleures informations disponibles. L'option choisie doit cependant tenir compte de trois contraintes fondamentales:

- i) Disponibilité de supports administratifs
Fonds, personnel, équipement,
compétences et autres supports
logistiques insuffisants pourraient

limiter le timing, le degré ou la capacité des autorités de gestion d'exécuter une option de gestion et de surveiller et évaluer ses effets par la suite. Ces facteurs doivent être évalués scrupuleusement avant d'appliquer une décision de gestion.

- ii) Disponibilité de compétences gestionnaires. Les quelques compétences nécessaires comprennent la capacité d'instaurer des actions de gestion par le feu; de manipuler les ressources d'eau; d'introduire et/ou de retirer des animaux par la capture et/ou l'élimination sélective; de manipuler la végétation et contrôler l'érosion du sol.
- iii) Degré d'incertitude. A la base de la gestion adaptative se situe l'incertitude que l'option de gestion choisie atteindra son objectif désiré. Une action de gestion doit être élaborée de façon à ce que les gestionnaires puissent apprendre une leçon aussi bien d'un succès que d'un échec.

Idéalement, les actions de gestion devront être exécutées comme expérience, en enregistrant tous les faits "avant" et "après", mettant à part des sections de contrôle où l'action de gestion n'a pas lieu mais pour lesquelles les mêmes faits "avant" et "après" sont enregistrés. Des perturbations naturelles à un écosystème peuvent servir de façon très efficace comme expériences à la place d'expérimentation manipulative ou d'intervention active de gestion. Une surveillance consciencieuse des perturbations naturelles de grande envergure peut également permettre d'étudier les fonctions de l'écosystème, ce qui ne serait pas possible par une expérimentation directe.

La gestion des éléphants en Afrique devient un problème complexe. Si les éléphants doivent survivre à l'extérieur des parcs et réserves strictement protégés, on ne peut plus les considérer isolés des populations humaines avec lesquelles ils partagent une grande partie de leurs domaines. Les gestionnaires d'éléphants devront incorporer nos connaissances des éléphants et leurs besoins, au défi du développement qui se pose pour toute l'Afrique, et les gestionnaires, scientifiques et organisateurs à tous les échelons devront travailler ensemble pendant les années à venir

Les études qui peuvent être exécutées selon les méthodes décrites dans ce livre constituent la charpente fondamentale pour une gestion à long terme des éléphants en Afrique.

Bibliographie

AFRICAN ELEPHANT SPECIALIST GROUP. (1993) Working Group Discussion One: Aerial Survey Working Group. *Pachyderm* 16, 21-23.

BELL, R.H.V. & McSHANE-CALUZI, E. (Eds.) (1985) Conservation and Wildlife Management in Africa. Proceedings of a Workshop held at Kasungu National Park, Malawi, October 1984. US. Peace Corps.

CAUGHLEY, G. (1977) *Analysis of Vertebrate Populations*. Wiley-Interscience, New York.

CHILD, B. (1993) Zimbabwe's CAMPFIRE programme: using the high value of wildlife recreation to revolutionize natural resource management in communal areas. *Commonwealth Forestry Review* 72, 284-296.

CLARK, T.W. & WESTRUM, R. (1989) High performance teams in wildlife conservation: a species reintroduction and recovery example. *Environmental Management* 13, 663-670.

DOUGLAS-HAMILTON & BURRILL, A. (1991) Using elephant carcass ratios to determine population trends. In: *Low Level Aerial Survey Techniques* Monograph No.4. ILCA, Addis Ababa.

DOUGLAS-HAMILTON, I., MICHELMORE, F. & INAMDAR, A. (1992) African Elephant Database. UNEP/GRID/GEMS.

DUBLIN, H.T. (1986) Decline of the Mara woodlands: the role of fire and elephants. PhD. Dissertation, University of British Columbia.

DUBLIN, H.T. & JACHMANN, H. (1992) The impact of the ivory trade ban on illegal hunting of elephants in six range states in Africa. WWF International Research Report.

DUBLIN, H.T., MILLIKEN, T. & BARNES, R.F.W. (1995) Four Years After the CITES ban: illegal killing of elephants, ivory trade and stockpiles. IUCN/SSC/AESG.

DUBLIN, H.T., SINCLAIR, A.R.E. & McGLADE, J. (1990) Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-Mara woodlands. *Journal of Animal Ecology* 59, 1147-1164.

FERRAR, A.A. (Ed.) (1983) Guidelines for the Management of Large Mammals in African Conservation Areas. South African National Scientific Programmes Report No. 69. CSIR, Pretoria.

GROBLER, D., RAATH, C., SWANEPOEL, R., BRAACK, I.E.O & WHYTE, I.J. (1994) Encephalomyocarditis in elephants in the Kruger National Park. Paper presented at the African Elephant Specialist Group Meeting, Mombasa, Kenya, May 1994.

HANKS, J. (1979) *A Struggle for Survival: The Elephant Problem*. Struik, Cape Town.

HOARE, R. (1995) Options for the control of elephants in conflict with people. *Pachyderm* 19, 54-63.

HOARE, R.E. & MACKIE, CS. (1993) Problem animal assessment and the use of fences to manage wildlife in the communal lands of Zimbabwe. WWF Multispecies Animal Production Systems Project Paper No.39.

HOLLING, CS. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1-23.

LAWS, R.M., PARKER IS.C. & JOHNSTONE, R.C.B. (1975) *Elephants and their Habitats: The Ecology of Elephants in North Bunyoro, Uganda*. Clarendon Press, Oxford.

LINDEQUE, M. (1988) Population dynamics of elephants in Etosha National Park, S.W.A./Namibia. PhD. Dissertation. University of Stellenbosch.

MARTIN, R.B. & CONYBEARE, A.M.C. (1992) *Elephant Management in Zimbabwe* (Second Edition). A review compiled by the Department of National Parks & Wild Life Management, Harare.

MOSS, C. (1988) *Elephant Memories*. Elm Tree Books, London.

RINEY, T. (1960) A field technique for assessing the physical condition of some ungulates. *Journal of Wildlife Management* 24 92-94.

SAID, MY., CHUNGE, R.N., CRAIG, G.C. THOULESS, CR., BARNES, R.F.W. & DUBLIN, H.T. (in press) African Elephants Data base. 1995. Occasional Paper of the Species Survival Commission. Produced by IUCN in collaboration with UNEP.

SINCLAIR, A.R.E. & GRIMSDELL, J.J.R. (1982) *Population dynamics of Large Mammals*. AWLF Handbooks on techniques currently used in African wildlife ecology. No.5. AWLF, Nairobi.

STARFIELD, A.M. & BLELOCH, A.L. (1986) *Building Models for Conservation and Wildlife Management*. Macmillan Publishing Company, New York.

TAYLOR, R.D. (1983) Seasonal movement of elephant in and around Matusadona National Park, Kariba. *Pachyderm* 2, 7-9.

TAYLOR, R.D. (1993) Elephant management in Nyaminyami District Zimbabwe: Turning a liability into an asset. *Pachyderm* 17, 19-29.

WESTERN, D. & LINDSAY, W.K. (1984) Seasonal herd dynamics of a savanna elephant population. *African Journal of Ecology* 22, 229-244.

WIJNGAARDEN, W. VAN. (1985) Elephants-Trees-Grass-Grazers relationships between climate, soils vegetation and large herbivores in a semi-arid ecosystem (Tsavo, Kenya). ITC, Publication No.4.

SECTION 2

COMPTAGE DES ÉLÉPHANTS



Les nombres et distributions d'espèces animales ainsi que les informations sur les paramètres concernant l'habitat et l'utilisation de la surface sont des facteurs essentiels pour établir des plans de gestion et de conservation. Cette partie couvre quatre des principales méthodes pour obtenir des données sur le nombre d'éléphants.

Les techniques de recensement des éléphants se divisent en deux catégories. La première comprend les méthodes de recensement des éléphants eux-mêmes. Il s'agit ici de "comptages directs". La deuxième catégorie décrit les études où des indices laissés par les éléphants (excréments, traces, indices d'alimentation) sont comptés. Celle-ci s'appelle "comptages indirects".

Les comptages d'éléphants se font soit de l'air ou au sol. Dans les habitats de savane les comptages aériens sont le plus sûr moyen de recensement des éléphants (Douglas-Hamilton et al. 1992). Il existe deux genres de comptages aériens:

comptages-échantillon et comptages totaux. En cas de comptage-échantillon l'enquête et le comptage ne s'étendent que sur une partie ou un échantillon de la région, puis le nombre d'animaux dans toute la région est estimé d'après le nombre compté dans la partie de la région étudiée (Norton-Griffiths 1978). Ces méthodes sont décrites dans le 3ème chapitre. En cas de comptage total, l'enquête porte sur la totalité de la région et on présume que tous les groupes ont été localisés et comptés de façon précise (Norton-Griffiths 1978). Le 4ème chapitre décrit les comptages aériens totaux.

De nos jours on utilise largement les méthodes aériennes d'échantillonnage pour le recensement des éléphants et pour suivre leurs mouvements et l'utilisation de l'habitat. D'autre part, les méthodes aériennes sont le seul moyen de procéder à un recensement de surfaces d'accès impossible par voie terrestre. Le choix entre la méthode de comptage aérien-échantillon ou total dépend de la région en question, la taille des populations et les moyens disponibles du point de vue personnel compétent, avions, financement et temps disponible. Les comptages-échantillon sont souvent moins chers, du fait qu'une partie seulement de la région est couverte. D'un autre côté, les comptages totaux sont mieux indiqués pour des régions d'études relativement petites (d'environ 1000km²), et les résultats sont faciles à comprendre car ils ne se confondent pas comme les approximations statistiques de comptages par sondage.

Là où il est impossible de compter directement les éléphants, comme dans les vastes forêts de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, des indices d'éléphants tels que les excréments servent à obtenir une estimation du nombre d'éléphants. Les méthodes de comptage d'excréments sont décrites au 5ème chapitre.

Le compte des éléphants par voie terrestre peut se faire soit à pied soit en voiture et ces méthodes sont décrites dans le 6ème chapitre. Les comptages terrestres à partir de véhicules donnent d'excellents résultats et sont indiqués en cas de surfaces de grande moyenne que l'on peut traverser en voiture et où la végétation est relativement clairsemée, et lorsque les animaux ne sont pas agressifs envers les véhicules (Norton-Griffiths 1978). Les comptages à pied ne se pratiquent presque plus de nos jours, mais là où les moyens sont limités ils donnent de bonnes informations sur la population, ainsi que vous verrez dans le 6ème chapitre.

La technique à utiliser pour compter les éléphants dépend donc du type d'habitat (i.e. densité de la végétation et topographie), l'étendue de la surface, la densité des éléphants et aussi du type d'estimation recherché. A-t-on besoin d'une estimation précise se rapprochant le plus de la taille exacte de la population tout en ayant de larges limites de fiabilité, ou recherche-t-on une estimation exacte qui peut être biaisée mais a d'étroites limites de confiance. Les gestionnaires ont besoin d'une estimation précise, de préférence à intervalles réguliers, pour une population sujette à des opérations illégales telles que chasse safari ou abattage. Dans la plupart des cas une estimation précise suffira par exemple pour contrôler les évolutions des populations. Ces observations statistiques sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

Bibliographie

DOUGLAS-HAMILTON, I., MICHELMORE, F. & INAMDAR, A. (1992) African Elephant Database. UNEP/GRID/GEMS, Nairobi.

NORTON-GRIFFITHS, M. (1978) *Counting Animals*. Handbooks on techniques currently used in African wildlife ecology. No.1. (Ed. J.J.R Grimadell). AWLF, Nairobi.

COMPTER LES ÉLÉPHANTS PAR L'AIR - COMPTAGES PAR ÉCHANTILLONNAGE

Susan Mbugua

Department of Resource Surveys and Remote Sensing
P.O.Box 47146
Nairobi, Kenya

3.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit comment effectuer un comptage par échantillonnage des éléphants en utilisant des techniques de surveillance aériennes. Dans Un comptage par échantillonnage une partie seulement de la région est surveillée et un compte établi. L'on prend une série d'échantillons qui sont représentatifs pour la région d'étude (Cochran 1963; Campbell 1967; Norton-Griffiths 1978). La région d'étude ou zone de recensement comprend toute la région dans laquelle le comptage de la population d'éléphants doit être effectué, par exemple parc national, district etc., tandis que la inred'échantillonnage est la partie de la zone de usensement dans laquelle les éléphants sont effectivement recherchés et comptés. Le nombre total des éléphants dans la zone de recensement est alors extrapolé à partir du nombre compté dans la zone d'échantillonnage.

3.2 HYPOTHÈSE ET RATIONALISATION D'UN COMPTAGE PAR ÉCHANTILLONNAGE

Dans un comptage par échantillonnage nous faisons quelques observations mais les conclusions que nous en tirons ont un champs d'application plus vaste. En d'autres termes, nous observons un'échantillon mais nous appliquons les conclusions à une population. L'hypothèse peut, par exemple, indiquer que si 10% d'une région ont été échantillonnés, alors elle contient 10% des éléphants dans la zone recensée.

Ce qui précède serait correct si la distriution des éléphants et les conditions de végétation étaient uniformes, dans quel cas n'importe quel genre d'échantillon donnerait des résultats similaires. Les nombres et distributions d'éléphants sont cependant loin d'être uniformes dans une région donnée de recensement. Ainsi des éléphants se

repèrent et donc se comptent plus facilement dans des régions dégagées que dans des terrains avec une végétation dense. La zone d'échantillonnage, c'est-à-dire la partie de la zone de recensement ou le compte des éléphants se fait, doit donc refléter autant de variations que possible.

La zone de recensement est divisée en unités d'échantillonnage choisies au hasard, c'est-à-dire chaque unité, n , a la même chance d'être choisie pour l'échantillonnage parmi toutes les unités possibles, N , dans la zone de recensement (Cochran 1963; Norton-Griffiths 1978; Fig. 3.1 & 3.2). La zone d'échantillonnage est donc distribuée au hasard dans la zone de recensement et représente, théoriquement, les variations en nombres et distributions d'éléphants.

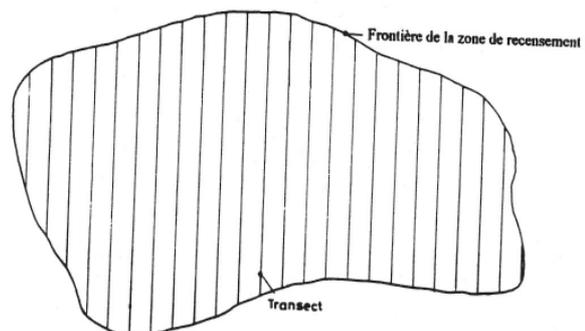


Fig 3.1: Transects possibles dans une zone de recensement

L'estimation de la population d'éléphants est alors faite sur base du nombre moyen d'animaux comptés dans les unités d'échantillonnage. Etant donné que les unités sont choisies au hasard, le nombre moyen d'éléphants par unité correspond donc au nombre moyen du total de la population. On obtient alors une estimation de la population totale en multipliant la moyenne de l'échantillonnage par le nombre total des unités dans la zone de recensement.

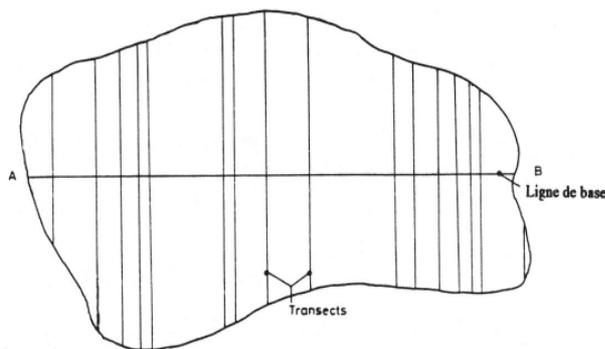


Fig 3.2: Transects choisis au hasard pour échantillonnage

Donc

N = nombre total des unités dans la zone de recensement

n = nombre d'unités d'échantillonnage

y = moyenne des échantillons.

Alors estimation d'échantillonnage $Y = y.N$ ou 'y' multiplié par 'N'.

De même, si X éléphants ont été comptés dans 10% de la zone de recensement, alors l'estimation totale est obtenue par:

$$\frac{X}{10} \cdot 100$$

avec 100 = zone de recensement

Des exemples détaillés et faciles à suivre pour calculer les estimations et leurs variantes se trouvent chez Norton-Griffiths (1979). Malgré le fait que les unités d'échantillonnage soient choisies au hasard, la nature de la distribution des éléphants demanderait un perfectionnement dans le choix des unités d'échantillonnage.

3.3 EXACTITUDE ET PRÉCISION

Le comptage par échantillonnage suppose que la région faisant l'objet de l'échantillonnage (zone d'échantillonnage) contient un pourcentage correspondant de "vraie" population dans la zone de recensement. Cependant, en raison de plusieurs facteurs, ceci n'est pas toujours le cas. Ainsi des nombres changeants d'éléphants se trouvent dans les différentes unités d'échantillonnage dans la zone de recensement. Il s'ensuit donc que des estimations différentes de population seront obtenues selon le choix des unités, c'est-à-dire il y aura une multitude différentes d'estimations. Ce résultat provient de ce que l'on appelle une erreur d'échantillonnage, et plus le nombre des éléphants diffère dans une unité, plus la gamme des estimations différentes ou de limites de confiance sera grande. Les erreurs

d'échantillonnage proviennent d'une distribution inégale des animaux et dépendent de la technique d'échantillonnage utilisée (Norton-Griffiths 1978). Les estimations de population sont affectées par les biais aussi bien que par les erreurs d'échantillonnage. Des biais sont des erreurs dans une direction, par exemple une sous-estimation et résultent de différents facteurs - tel que repérage et comptage, comptage par photo, manœuvre aérienne, etc. Pour plus d'explications sur les limites de confiance, erreurs et biais d'échantillonnage et les moyens pour les minimiser, voir Norton-Griffiths (1978) et ILCA (1979).

Examinons ici les mots exactitude et précision. Prenons une population hypothétique de 94 éléphants. Supposons que dans trois différentes études nous obtenons 50, 72 et 160 éléphants, ce qui donne une moyenne de 94; un autre comptage pourrait donner 92, 97 et 93, donc également une moyenne de 94. Le dernier est plus précis, car la "vraie" population se situe dans un rayon plus étroit, c'est-à-dire les limites de confiance sont plus étroites. Une estimation exacte est d'autre part très près de la "vraie" population, mais les limites de confiance sont plus larges.

Nous nous décidons pour une estimation exacte ou précise selon l'objectif de l'étude. Des estimations exactes sont plus importantes en cas d'opérations de sélection, tandis que des estimations précises sont importantes pour déceler des changements dans le développement des populations. L'idéal serait une estimation exacte et précise à la fois.

3.4 STRATIFICATION

Dans une distribution d'éléphants ceux-ci ont tendance à se rassembler, à un tel point que même dans une sélection d'unités d'échantillonnage au hasard on obtient des estimations à haut degré de variance. La stratification ou division en régions ou strates de densité d'éléphants plus ou moins homogènes réduit cette variance (voir 5ème chapitre - table 5.1). Une stratification peut également se faire selon le type ou la densité de végétation ou selon d'autres sources majeures de variation. Grâce à une stratification, l'opération d'échantillonnage peut être mieux attribuée à des régions ayant plus d'intérêt ou plus d'importance écologique. Un échantillonnage séparé est ainsi fait pour chaque strate identifiée et les estimations pour toute la zone de recensement peuvent être réunies.

3.5 MÉTHODES DE COMPTAGE PAR ÉCHANTILLONNAGE

Plusieurs techniques de comptage par échantillonnage ont été appliquées dans les études d'éléphants. Le choix de la méthode appartient au chercheur/gestionnaire mais est fortement influencé par les facteurs suivants:

- i) objectifs du comptage
- ii) degré d'exactitude des données recherchés
- iii) délai dans lequel les résultats doivent être obtenus
- iv) disponibilité du personnel et son degré de formation
- v) moyens financiers

Après avoir mûrement réfléchi à ce qui précède, une décision peut être prise concernant la meilleure méthode à choisir selon les circonstances. Les méthodes d'échantillonnage se divisent grossièrement en deux catégories majeures: transects ou comptage par cases.

3.6 TRANSECTS

Le comptage par échantillonnage par transects est la méthode la plus courante pour compter les éléphants, et les transects sont les unités d'échantillonnage. Ils consistent en de lignes droites parallèles allant d'une extrémité de la zone de recensement à l'autre et forment en général un système de grilles (Fig. 3.1). Ils doivent être nettement indiqués sur une carte topographique de la zone de recensement.

Le pilote suit chaque ligne en conservant la hauteur et la vitesse prescrites. Les observateurs repèrent et comptent tous les éléphants dans la zone d'échantillonnage, délimitée par des tiges (voir section 3.7). Des photos sont prises des groupes de plus de cinq animaux. Les données sont immédiatement indiquées sur des fiches de données ou enregistrées pour transcription ultérieure sur les fiches de données. La dernière méthode est plus efficace et donne à l'observateur plus de temps pour observer et compter.

On utilise actuellement deux techniques principales de comptage par transects pour compter les éléphants. Elles se ressemblent et utilisent des procédés d'analyse similaires et ne se distinguent que par le mode d'échantillonnage.

- i) échantillonnage par transects pris au hasard
- ii) échantillonnage par transects systématiques

La stratification peut s'effectuer selon la situation et le but de l'étude. Avant de décrire les techniques d'échantillonnage, je voudrais expliquer comment définir et calibrer les transects.

3.7 DÉFINITION DE LA BANDE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les bandes d'échantillonnage ont été décrites par différents auteurs (Pennywick *et al.* 1972, Norton-Griffiths 1978, Ottichilo *et al.* 1985). Je n'en ferai donc ici qu'une courte explication.

La bande d'échantillonnage est la surface de comptage au sol; cette surface est définie par des tiges en métal, fixées à des supports sur les ailes d'un avion. Deux tiges parallèles sont fixées à un côté (ou sur deux côtés) de l'avion; l'espace entre les deux tiges, ainsi que l'altitude de vol, définissent la largeur de la bande.

Plus les tiges sont espacées et plus l'avion vole haut, plus la bande d'échantillonnage sera large, et vice versa. Une fois l'altitude de vol et la largeur de bande définies, les tiges devront être placées à la bonne distance l'une de l'autre. Connaissant la surface qu'un observateur peut voir du sol, on peut calculer la surface observée à une altitude donnée. Ceci s'effectue comme suit:

- i) L'avion est placé en position d'envol. L'observateur s'installe confortablement et détendu, puis choisit la position des yeux (Fig. 3.3). Celle-ci doit lui permettre de balayer son champ visuel aisément.
- ii) La position de la tige intérieure, a, est alors choisie. Celle-ci doit éviter que la vue de l'observateur ne soit bloquée par la roue, mais être toutefois proche du corps principal de l'avion. La marque inférieure à la fenêtre, a', est alors placée de sorte à s'aligner avec la position des yeux et la tige intérieure a (Fig. 3.3).
- iii) La marque A est alors placée sur le sol en ligne avec la marque a' et la tige intérieure. On mesure la distance de l'oeil de l'observateur du sol, h. Une

3.10 ÉCHANTILLONNAGE PAR TRANSECTS SYSTÉMATIQUES

Cette méthode est également connue sous le nom de transects systématiques ou vols de reconnaissance systématiques (SRF). Les transects sont espacés à intervalles réguliers à travers la zone de recensement. Chaque transect est divisé en sous-unités de longueur déterminée et les éléphants sont comptés pendant l'échantillonnage à l'intérieur de la bande d'échantillonnage de chaque sous-unité (voir section 3.7).

Cette technique a été adoptée par un service du gouvernement du Kenya effectuant des comptages d'animaux de diverses espèces (Ottichillo *et al.* 1985; Mbugua 1986). C'est une méthode extrêmement flexible qui peut être modifiée selon les objectifs et contraintes. Des vols de reconnaissance systématiques ont été effectués pendant un recensement servant à déterminer la situation des éléphants dans deux réserves de chasse et les régions d'alentour (Mbugua 1992). En raison du temps limité ne permettant pas un survol initial de reconnaissance, on a compté les éléphants observés en dehors de la bande d'échantillonnage. Le pilote s'est éloigné du transect et volait autour des groupes jusqu'à ce que le comptage ait été effectué et les photos prises, puis a repris le cours de son vol. On a ainsi obtenu des comptages d'échantillonnage totaux des groupes tout en effectuant une recherche systématique de la région. Les comptages par transects et des "groupes" ont cependant été analysés séparément.

3.11 PRÉPARATION DES VOLS POUR ÉCHANTILLONNAGE PAR TRANSECTS

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les vols au-dessus des transects se font dans l'ordre, d'une extrémité à l'autre. Si la zone de recensement est grande, il faut la diviser en parties pouvant être survolées en un vol de recensement. Ces parties devront être indiquées clairement sur la carte. En préparant les vols il faut également tenir compte des mouvements d'animaux dans la zone à différents moments de la journée.

Dans le cas où plus de deux avions seront utilisés ceux-ci devront être utilisés pour différentes strates ou parties de la zone de recensement. Un vol ne devrait pas durer plus de trois heures afin d'éviter la fatigue du personnel de vol.

3.12 ÉCHANTILLONNAGE PAR CASES

Dans cette méthode les unités d'échantillonnage consistent en des cases. On choisit des points dans l'espace au hasard et on compte ensuite les cases dans lesquelles tombent ces points. On peut également marquer par des grilles toute la zone de recensement et choisir au hasard le nombre nécessaire pour le recensement (Norton-Griffiths 1978). Les limites des cases devraient être formées par des caractéristiques physiques sur le sol. Dans notre âge de technologie sophistiquée il est également possible de se servir d'équipement de haute précision pour la définition des limites et la navigation.

L'observateur doit scruter toute la case et compter chaque éléphant. Afin d'y parvenir et de ne pas risquer un double comptage, l'observateur doit indiquer sur une carte la position de l'avion et de sa trajectoire ainsi que la région survolée (Fig. 3.4). On compte chaque groupe et on lui donne un numéro d'identification qui est alors indiqué sur la fiche de données. L'emplacement d'individus ou de groupes est également indiqué sur la carte et des photographies sont prises pour un comptage ultérieur.

Le cours du vol peut se faire en spirale en cas de terrain difficile, en zig-zag pour les fonds de vallée et les crêtes, ou alors systématiquement. Il importe qu'il y ait un certain degré de chevauchement entre les bandes.

Le comptage par cases gagne de plus en plus d'importance dans le comptage d'éléphants. Il n'y a pas de meilleure méthode pour les régions où des comptages par transects s'avèrent impossibles pour des raisons de sécurité de l'équipage, par exemple en terrain vallonné, ou en cas de végétation dense, et on utilise cette méthode également pour vérifier la précision d'autres comptages (Thouless 1992).

3.13 PRÉPARATION DES VOLS POUR ÉCHANTILLONNAGE PAR CASES

Les préparations pour échantillonnage par cases ressemblent à celle pour l'échantillonnage par transects. Les cases devraient pouvoir être survolées dans une journée (2,5-3 heures) ou moins. Des cases plus petites ont été utilisées pour des vols expérimentaux.

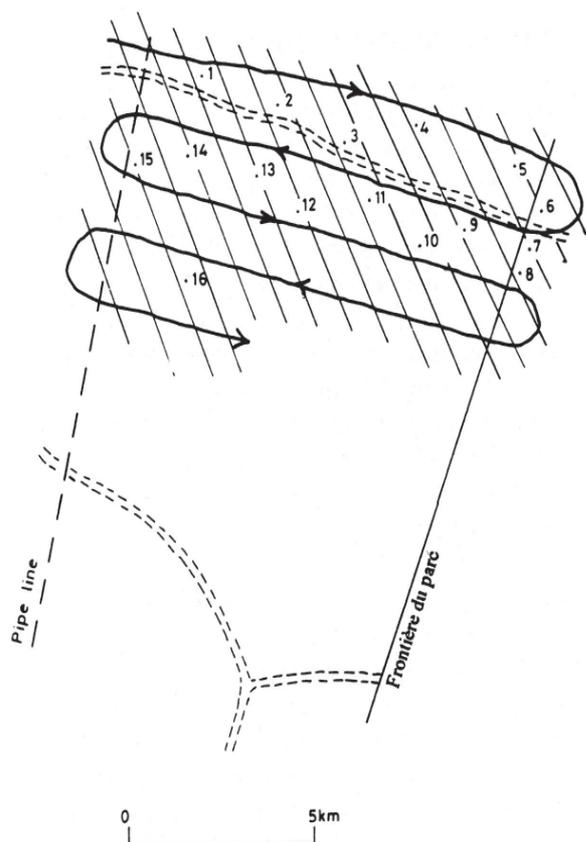


Fig 3.4: Comptage par cases utilisant des lignes de vol en zig-zag. La trajectoire du vol est marquée et un numéro attribué à chaque groupe repéré, puis indiqué sur la carte. (Source: Norton-Griffiths 1978).

3.14 ANALYSE DES DONNÉES

Jolly (1969) et Norton-Griffiths (1978) donnent des explications détaillées pour l'analyse de données. Il est également utile de se référer à la littérature de base sur les statistiques.

Si les unités d'échantillonnage (par transects ou cases) sont toutes de la même taille, la Méthode Jolly I (1969) sera indiquée. L'estimation est faite sur la base d'un nombre moyen d'animaux dans chaque unité et la variance calculée à partir de la variance entre le nombre d'animaux dans chaque unité.

Les résultats sont calculés comme suit:

- Si
- N = nombre total d'unités par population
 - n = nombre d'unités d'échantillonnage
 - y = nombre d'éléphants compté par unité
 - \bar{y} = moyenne de l'échantillonnage = $(\sum y) / n$
 - S_y^2 = variance d'échantillonnage (variance entre éléphants comptés dans toutes les unités)

$$= \frac{1}{n-1} \{ \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \}$$

Alors le total de la population $\hat{Y} = N \cdot \bar{y}$

$$\text{Variance de la population } \text{Var}(\hat{Y}) = N(N-n) \cdot s_y^2$$

Erreur standard de la population $SE(\hat{Y}) = \sqrt{\text{Var}(\hat{Y})}$
 95% de limites de confiance $Y = t \cdot SE(\hat{Y})$

t = n-1 degrés de liberté

Dans certains cas et particulièrement en cas d'échantillonnage par transects, les unités seront de tailles différentes. La Méthode Jolly II (1969) est tout particulièrement adaptée pour ce genre d'unités car elle élimine les effets des tailles différentes des unités d'échantillonnage. Elle se base sur le calcul du rapport entre les animaux comptés et la région étudiée et il faut connaître ce qui suit.

- N = nombre total des unités sur lesquelles des échantillons ont été prélevés
- n = nombre d'unités d'échantillonnage
- Z = surface de la zone de recensement
- z = surface de chaque unité d'échantillonnage
- y = nombre d'animaux comptés dans chaque unité d'échantillonnage

Nous calculons d'abord R qui représente la moyenne d'une densité d'éléphants par unité.

$$\text{Donc } R = \frac{\text{total des animaux comptés}}{\text{ensemble de la surface de l'étude}} = \frac{\sum y}{\sum z}$$

Alors total de la population $\hat{Y} = R \cdot Z$

Pour calculer la variance de la population il faut d'abord trouver la variance entre les animaux dans chaque unité, et la variance entre les surfaces de chaque unité. Finalement, il faut calculer la variance entre les éléphants comptés dans chaque unité et la taille de cette unité.

Donc

1) $S_y^2 =$ variance entre les animaux comptés dans toutes les unités

$$= \frac{1}{n-1} \{ \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \}$$

2) $S_z^2 =$ variance entre les surfaces de toutes les unités d'échantillonnage

$$= \frac{1}{n-1} \{ \sum z^2 - \frac{(\sum z)^2}{n} \}$$

3) S_{zy} = covariance entre les animaux comptés et la région de chaque unite

$$= \frac{1}{n-1} \{ \sum z.y - \frac{(\sum z)(\sum y)}{n} \}$$

Variance de la population

$$= \text{Var}(\hat{Y}) \\ = N(N-n) \cdot \left(\frac{s_y^2 - 2R \cdot s_{zy} + R^2 \cdot s_z^2}{n} \right)$$

Erreur standard de la population $SE(\hat{Y}) = \sqrt{\text{Var}(\hat{Y})}$

95% de limites de confiance de $\hat{Y} = \pm t \cdot SE(\hat{Y})$
où t = n-1 degrés de liberté

Le même procédé s'applique pour les cases, soit N = nombre de cases par lesquelles la zone de recensement a été divisée.

Les formules ont été empruntées à Norton-Griffiths (1978).

3.15 PERSONNEL ET MATÉRIEL DE RECENSEMENT

Le meilleur équipage serait un pilote, un Observateur Siège Avant (OSAv) et deux Observateurs Sièges Arrières (OSAr). Le OSAv n'aide pas seulement à repérer les éléphants mais annonce les unités, enregistre les temps de recherche, la vitesse et la hauteur, et éventuellement aussi les paramètres d'habitat. Les OSAr comptent et photographient les éléphants. En cas de nécessité, un équipage de trois personnes: pilote, OSAv et OSAr peut également être utilisé.

Chaque membre de l'équipage doit être qualifié et compétent. Pour des programmes de formation détaillés voir chez Norton-Griffiths (1978) et Dirschl *et al.* (1979).

La principal matériel d'étude devrait inclure de bonnes cartes topographiques, des appareils photo et magnétophones. Il est recommandé d'emporter un objectif de 50mm. L'avion doit être du type qui vole bas et dont les ailes sont haut placées afin de donner aux observateurs une bonne vue du terrain. Pour les cas de comptages par transects des barres doivent être fixées aux ailes pour attacher des tiges.

3.16 ALTITUDE ET VITESSE DE VOL. LARGEUR DES BANDES POUR COMPTAGE PAR ÉCHANTILLONNAGE

Plusieurs combinaisons de ce qui précède sont utilisées pour l'échantillonnage par transects. On recommande des altitudes entre 91m et 122m, et des largeurs de bandes de 200m et 500m. Celles-ci varieront selon un terrain dégagé ou à végétation dense, c'est-à-dire des bandes plus étroites et une altitude plus faible pour étudier des terrains à végétation dense, et vice-versa. La vitesse sera entre 130km/h et 150km/h.

Pour l'échantillonnage par cases, l'altitude s'établira entre 152m et 213m afin de permettre un bon repérage, et les bandes seront entre 1km et 1,5km sur chaque côté selon la végétation. L'avion pourra alors voler à une faible altitude pour le comptage même et pour photographier le ou les groupes.

L'altitude de vol, la vitesse et la largeur des bandes affecteront la capacité de repérage et de comptage de l'observateur et pourront être la cause d'erreurs et de biais dans l'estimation des populations. Il est donc important de décider d'une combinaison d'altitude et de largeur de bande appropriée en tenant compte du type de végétation, de la densité d'éléphant et de l'expérience des observateurs.

3.17 TRANSECTS OU CASES?

Le comptage par transects par rapport au comptage par cases, est supérieur en coût, navigation, fatigue et erreur d'échantillonnage. Il est cependant impossible de survoler des transects quand le terrain est difficile, et des résultats peu fiables en cas de végétation dense peuvent s'ensuivre. Dans ces situations, l'échantillonnage par cases est à préférer. Les objectifs spécifiques pour le comptage et les circonstances détermineront le choix de la technique.

Bibliographie

- BELL, R.H.V., GRIMSDELL, J.J.R., VAN LAVIEREN, L.P. & SAYER, J.A. (1973) Census of the Kafue lechwe by aerial stratified sampling. *East African Wildlife Journal* 11 55-74.
- CAMPBELL, R.C. (1967) *Statistics For Biologists*. Cambridge University Press.
- COCHRAN, W.G. (1963) *Sampling Techniques*. Wiley, London.

DIRSCHL. H.J., NORTON.GRIFFITHS, M. & WETMORE. SP. (1979) Training of aerial observers and pilots for counting animals. KREMU Technical Report 15.

ILCA (1980) Bias. ILCA Monograph No4. 177-180.

JOLLY, J.M. (1969) Sampling methods for aerial censuses of wildlife populations *East African Agriculture and Forestry Journal* 34, 46.49.

MBUGUA S.W. (1986) Monitoring Livestock and Wildlife in Kenya. *In Range Development and Research in Kenya* (Eds. M. Richard, Hansen. M. Benson. Wols, & R. Dennis Child).

MBUGUA, S.W. (1992) A survey of the Nasolot/ South Turkana and Kerio Valley/ Lake Kamnanrok Elephant Population. Typescript report.

NORTON.GRIFFITHS M. (1978) *Counting Animals*. Handbooks on techniques currently, used in African wildlife ecology. No. 1. (Ed. J.J. Grimadell). AWLF, Nairobi.

NORTON.GRIFFITHS, M. (1979) Unstratified systematic sampling Rationale and method. In: *Low-level Aerial Survey Techniques*. ILCA Monograph No.4,167-173.

OTTICHILLO. W.K. & SINANGE, R.K. (1985) Differences in the visual and photographic measurements in the estimation of strip widths for aerial census of animal populations KREMU Technical Report No. 113.

PENNYCUICK, C.J. & WESTERN. D. (1972) Art investigation of some sources of bias in aerial transect sampling of large mammal populations *East African Wildlife Journal* 10, 175-191.

THOULESS, C. (1992) Experimental count of elephant in Samburu and Laikipia Districts Kenya Wildlife Services. Typescript Report.

WATSON, R.M. & TIPETT C.I. (1979) Examples of low-level aerial surveys conducted in Africa from 1969-1979: one firms experience. In: *Low-Level Aerial Survey Techniques* ques ILCA Monograph No4, 33-58.

WATSON, R.M., PARKER. I.S.C. & ALLAN J. (1969a) A census of elephant and other large mammals in the Mkomazi region of northern Tanzania and southern Kenya *East African Wildlife Journal* 7, 11-26.

WATSON, R.M., GRAHAM, A.D. & PARKER IS.C. (1969b) A census of the large mammals of Loliondo Controlled Area, northern Tanzania, *East African Wildlife Journal* 7,43-60.

COMPTAGE DES ÉLÉPHANTS PAR L'AIR - COMPTAGES TOTAUX

Iain Douglas-Hamilton

P.O.Box 54667
Nairobi, Kenya

4.1 INTRODUCTION

Un comptage total des éléphants est utilisé dans un grand nombre de parcs nationaux, réserves et autres zones en Afrique où l'on trouve des éléphants. Le fait que les éléphants sont de grands animaux et donc facile à repérer et à compter, comparé à d'autres animaux est une des raisons pour laquelle le comptage total par l'air gagne du terrain. Une étude de la méthode et des références à des travaux précédents ont été effectués par Norton-Griffiths (1978) que nous vous recommandons de lire. Nous décrivons par la suite les progrès faits récemment.

Le but de chaque comptage total d'éléphants par l'air est de scruter la totalité d'une surface dans une zone de recensement et d'enregistrer l'emplacement et l'effectif fr chaque groupe d'éléphants. Un comptage total ressemble aux comptages par échantillonnage par cases, décrit au 3ème chapitre. mais dans le cas présent les cases, une fois réunies, couvrent la totalité de la zone de recensement.

En déterminant la ligne de vol il importe de repérer tous les groupes d'éléphants et les Individus; il existe plusieurs méthodes différentes pour y arriver.

Des erreurs sont possibles, tel que l'incapacité de repérer des groupes d'éléphants, un compte Inexact ou double du même groupe. Ces erreurs peuvent être Évitées en grande partie, en donnant au personnel une bonne formation et en suivant attentivement les techniques.

La zone de recensement devrait être divisée en cases de comptage. La pratique de les définir par des caractéristiques telles que routes, intersections, montagnes, frontières d'aire protégée ou rivières s'est avérée la plus courante. Les rivières ne conviennent cependant pas en tant que bordures de cases car les éléphants tendent à s'y agglomérer. La traversée des éléphants d'une rivière pendant que le comptage est effectué pourrait causer un double comptage ou de les

manquer tout simplement. Il est préférable d'utiliser une ligne de partage des eaux comme bordures ainsi que cela se pratique dans le Parc National Kruger en Afrique du Sud, car la densité des éléphants dans ces parages est en général petite.

Chaque case devrait être d'une taille pouvant être couverte en avion sans difficulté dans une journée de vol. Pour le Parc National Tsavo au Kenya, la taille des cases varie de 500km² à 1500km², mais la taille moyenne est de 1100km². Chaque équipage devrait obtenir une ou plusieurs cases pour effectuer le comptage dans la journée et recevoir des cartes de vol pour les cases. Pour le comptage des éléphants de Tsavo en 1994, les équipages passaient en moyenne 5,5 heures par jour pour le comptage et 1,3 heures de vol pour l'aller et retour. Le taux de repérage était en moyenne de 210km²/h (Douglas-Hamilton *et al.* 1994).

De nos jours il est hautement recommandé d'utiliser le système GPS (positionnement par satellite) dans chaque avion, aussi bien comme assistance de navigation que pour l'enregistrement de points routiers (un point routier est l'emplacement d'un point d'observation le long de la ligne de vol). Avec le GPS les bordures de cases se déterminent facilement en utilisant la grille kilométrique Universal Transverse Mercator (UTM) dans un axe nord-sud ou est-ouest. Ceci facilite également le calcul des surfaces de cases.

4.2 APPAREILS AÉRONAUTIQUES ET ÉQUIPAGE

4.2.1 Nombre et types d'appareils

Le nombre d'appareils à utiliser dépend de l'étendue de la zone de recensement et des

moyens disponibles en tant qu'avions, personnel, carburant, fonds et temps. D'après les moyens disponibles on devra décider si un avion est utilisé pour une longue durée ou plusieurs avions pour de courtes durées. Dans le comptage d'éléphants du Parc National Kruger en 1993 par exemple, deux hélicoptères ont été mis en service avec deux pilotes se relayant pour quatre jours de travail et quatre jours de repos. En trois semaines, l'Équipage a couvert 20000km². Par contre, dans le comptage d'éléphants de Tsavo en 1994, on a utilisé huit avions avec un seul pilote pour chaque, prenant l'envol pendant cinq jours et couvrant quelques 39000km².

L'hélicoptère est le moyen idéal pour effectuer des comptages par l'air en raison de la très bonne visibilité; en plus il est capable de faire du sur-place pendant que les observateurs établissent un compte exact d'un groupe d'éléphants. En raison de son coût il est cependant inaccessible pour la majorité des autorités d'aéroports. Le Parc National Kruger est la seule exception, où des comptages annuels d'éléphants sont faits par hélicoptère depuis les années 60, et les autorités ont pu accumuler ainsi les données les plus cohérentes en termes de comptages totaux d'éléphants sur une large étendue (Hall-Martin 1984; Whyte and Wood 1992).

Les avions à ailes fixes, notamment à ailes haut placées permettant un bon champ de vision vers le bas, sont également très répandus et recommandés. Des fois ils sont à quatre places, d'habitude du type Cessna (170,180,182,185, 206, 210) ou à deux places en tandem tel que Piper Supercubs ou Huskies.

Pour des comptages totaux sérieux il importe d'avoir des appareils équipés d'un interphone fonctionnel. Le bruit dans l'avion empêche tout autre moyen de communication entre les membres de l'équipage.

4.2.2 Equipage

L'expérience est de la plus grande importance, et l'avis général est que la qualité de l'équipage affecte le nombre des éléphants repérés et comptés, bien que ceci n'ait jamais été vérifié. Plus le pilote et les observateurs possèdent de connaissances locales, mieux cela vaut-il. Les observateurs doivent avoir une très bonne vision et être capables d'endurer de longues heures en avion sans avoir le mal de l'air, même en cas de turbulences.

4.2.3 Routine et horaires

Les appareils aéronautiques devraient essayer d'arriver aux cases et commencer leur balayage environ une heure après le lever du soleil, afin que les ombres, qui rendent les éléphants difficiles à apercevoir et à compter, ne soient pas trop longues. De manière idéale, le comptage ne doit pas s'effectuer au moment le plus chaud de la journée. Lorsque les éléphants ont tendance à s'abriter à l'ombre; ceci augmenterait le risque de rater des groupes entiers ou de sous-estimer des groupes agrégés. Les heures de "plus grande chaleur" varieront évidemment selon l'aire de distribution des éléphants en Afrique, et selon la saison. Pendant les journées fraîches en saison des pluies, les éléphants peuvent rester espacés et être beaucoup plus faciles à apercevoir tout au long de la journée. Mais en général les éléphants ont tendance à s'approcher de l'ombre entre la fin de la matinée et le milieu de l'après-midi. Les comptages ne devraient pas s'effectuer trop tard non plus, une fois de plus pour éviter les ombres trop longues. En pratique, cependant, lors d'un comptage important sur une grande zone de recensement, on a tendance à laisser de côté ces considérations théoriques. Les pilotes et l'équipage effectuent parfois jusqu'à neuf heures de vol par jour, ne s'arrêtant que pour faire le plein.

4.3 PLANS DE VOL

4.3.1 Généralités

Un pilote doit savoir naviguer avec adresse. Dans le temps ceci voulait dire qu'un pilote devait pouvoir s'orienter d'après de petits points de repère pour suivre exactement la trajectoire d'un appareil aéronautique sur la carte. L'invention du GPS a permis de largement faciliter la navigation précise et l'enregistrement des positions d'observation. Dès l'entrée dans une case, la trajectoire de vol peut être enregistrée. Le moyen le plus aisé est de mettre en marche l'appareil d'enregistrement de navigation GPS. Après le vol, la trajectoire exacte de l'appareil peut alors être imprimée sur une carte à l'échelle, puis des bordures de cases pré-digitalisées et une grille UTM de 10km sur 10km surimposées. Cette carte facilitera énormément la compilation du total des cases et l'analyse ultérieure.

Si le GPS n'est pas disponible, le pilote et l'Observateur du Siège Avant (OSAv) seront

responsables d'enregistrer au mieux la trajectoire de vol sur la carte et de noter les observations sur les animaux sur une liste de contrôle dont la description suivra. Les trajectoires de vol varieront selon les circonstances.

4.3.2 Lignes parallèles

Des lignes parallèles établies à des intervalles de 500m à 3km sont les schémas de vol les plus couramment utilisés pour les comptages totaux, et sont particulièrement recommandées pour les terrains plats et présentant relativement peu de repères distinctifs. Ces lignes peuvent être tracées sur la carte avant le vol, ce qui facilitera beaucoup la tâche du pilote. L'espacement des lignes dépend de plusieurs facteurs, tel que la visibilité des éléphants (qui à son tour résulte de la couleur, le contraste, la végétation, lumière ou ombre), le nombre d'heures de vol à disposition (l'idéal serait que les heures de vol ne soient pas limitées mais en pratique elles le sont souvent).

Deux types d'erreur sont possibles dans l'espacement des lignes de vol parallèles: plus les lignes sont écartées, plus le risque est grand de manquer de repérer les groupes; et plus les lignes sont rapprochées, plus le risque est grand de compter deux fois le même groupe. En règle générale, un espacement de 1.5km s'est avéré être un compromis réaliste en cas de terrain relativement dégagé tel que le Parc National Tsavo (voir Fig. 4.1) ou le Parc National Kruger. Dans des habitats plus denses, tels que le Parc National Addo en Afrique du Sud ou le Parc National du Lac Manyara en Tanzanie, un espacement de 500m avec de courtes lignes de vol de 10km à 15km a été utilisé, mais dans les plaines très dégagées des espacements de 3km sont justifiés. De courtes lignes de vol réduisent le risque de faire un comptage double, afin que les éléphants n'aient pas l'occasion de marcher loin.

Il est préférable de choisir des lignes allant de l'est à l'ouest dans la plupart des cas afin que les observateurs aient la même lumière sur les deux côtés, mais la topographie, la direction du vent ou la forme de la case peuvent éventuellement faire opter pour une orientation nord-sud.

4.3.3 Lignes variables

On choisit souvent un parcours variable selon le système hydrographique fluvial ou la topographie. Le meilleur exemple d'utilisation

des lignes d'écoulement pour déterminer le plan de vol est le dénombrement annuel d'éléphant dans le Parc National Kruger. Un hélicoptère suit chaque affluent en observant le terrain jusqu'au prochain affluent. L'avantage de la méthode Kruger est que le pilote peut naviguer sans avoir à regarder la carte ou un GPS, c'est-à-dire il peut participer au repérage.

Les lignes peuvent également se rapporter à la forme de collines ou de montagnes ayant des pentes si raides que le plan de vol doit être adapté aux contours. Dans ce cas le pilote doit entrer et ressortir des vallées de manière à donner aux observateurs la possibilité de scruter toutes les pentes en dessous d'eux.

4.3.4 Spirales vers l'intérieur

Quand on trouve une zone de végétation dense au milieu d'un terrain relativement dégagé, dans lequel se cachent éventuellement des éléphants, il peut être recommandé d'utiliser un plan de vol en spirales vers l'intérieur. Dans ce cas les observateurs scrutent la partie intérieure de la spirale et progressent vers le centre. L'avantage de cette méthode est que le pilote peut facilement maintenir son orientation et se rappeler où les éléphants ont été repérés.

4.4 QUE DOIT-ON COMPTER?

Pour un comptage d'éléphants aussi bien les animaux morts que les animaux vivants doivent être comptés. Les éléphants morts sont une bonne indication de l'état de la population. Dans certains cas il est bon d'ajouter une ou deux autres espèces. Par exemple on inclut souvent des buffles parce qu'ils vivent en groupes compacts comme les éléphants et peuvent être ajoutés sans grand effort supplémentaire. Les rhinocéros sont maintenant si rares que toute information les concernant devrait également être récoltée. Ce serait pourtant une erreur d'essayer d'inclure trop d'espèces différentes, parce que la majorité d'entre elles est plus difficile à repérer que les éléphants et l'effort nécessaire pour ce faire pourrait nuire à l'efficacité du comptage des éléphants.

L'enregistrement des éléphants morts devrait se faire dans les catégories suivantes (Douglas-Hamilton et Hillman 1981):

- I) "Frais" pour les carcasses ayant encore de la chair sous la peau et où les corps

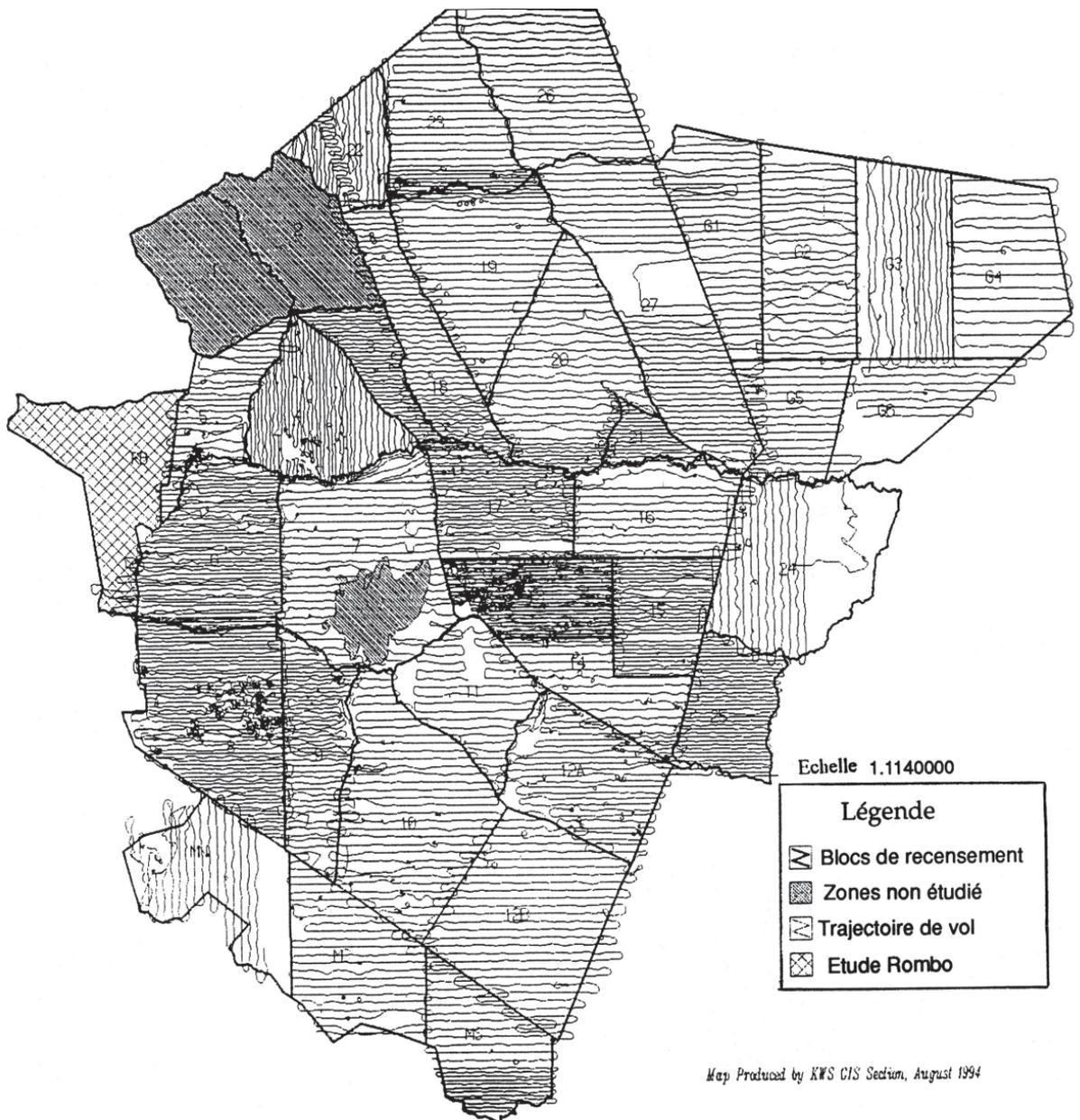


Fig. 4.1: Trajectoires de vol pour le comptage d'éléphants de Tsavo 1994

sont arrondis, où les vautours sont probablement présents et où la flaque liquide de fluides putrescents du corps est encore humide sur le sol. Cette catégorie s'applique à des carcasses qui ne semblent pas avoir plus de 3 semaines.

ii) "Récent" pour les carcasses de moins d'un an repérable par la présence de pourriture autour du corps dont les fluides de décomposition ont détruit la végétation; la peau est en général encore présente et les os sont peu éparpillés, sauf dans des régions ayant une grande densité de prédateurs.

iii) "Vieux" pour les carcasses en général décomposées jusqu'à l'état de

squelette, où les os d'un blanc clair sont très visibles mais où l'on n'aperçoit plus de pourriture sur le sol, ou alors où la végétation a repris; dans les régions arides la peau peut encore être présente mais aura disparu dans les régions plus humides. Cette catégorie s'applique à des éléphants qui sont morts depuis plus d'un an.

iv) "Très vieux" pour les cas où les os commencent à se fêler et deviennent gris; vus de l'air, les squelettes ne présentent plus un ensemble distinct et sont difficiles à voir; les os peuvent conserver cet aspect pendant dix années ou plus, mais pour les besoins d'une étude aérienne presque tous auront disparu au bout de sept ans.

Les première et deuxième catégories et les troisième et quatrième sont en général réunies pour l'analyse et nommées "Récent" et "Vieux". La proportion de "Récent" par rapport à la population vivante est représentative de la mortalité de l'année précédente.

4.5 PROCÉDURES DE VOL

Le succès d'un comptage dépend largement du degré de coopération entre les membres de l'équipage. Un jour d'entraînement et de répétition est recommandé avant de procéder sérieusement au comptage. En procédant de cette façon on peut éviter un grand nombre d'erreurs. Le comptage devrait de toute manière débiter par les cases les moins importantes ou par celles dans lesquelles on présume le moins d'éléphants, et garder les cases de haute densité pour la fin.

Chaque membre de l'équipage a un rôle déterminé. Le pilote doit se tenir au plan de vol et s'assurer que tout le terrain est couvert. Des erreurs courantes s'ensuivent quand un pilote s'arrête avant la fin d'une case, ou quand il laisse la ligne de vol s'éloigner du parcours envisagé. La vitesse et la hauteur de vol dépendent en grande partie du type d'appareil utilisé, mais une vitesse de 130km/h et une hauteur de 70m à 130m sont adéquates pour la majorité des conditions de visibilité et de densité d'éléphants.

Quand les troupeaux ne peuvent pas être comptés correctement à partir de la trajectoire de vol, le pilote devra dévier vers eux et tourner pendant que l'équipage fait le comptage et, en cas de besoin prend des photos. Il n'est pas nécessaire de tourner si vous utilisez un hélicoptère il suffit de faire du sur-place pendant que l'équipage compte. Ainsi qu'il a été dit plus haut, la méthode de comptage par hélicoptère la plus sophistiquée est celle faite dans le Parc National Kruger. Là, l'hélicoptère procède à une série de vol bas et divise ainsi le troupeau en des unités convenables, et chaque individu est compté jusqu'à ce que le troupeau entier soit inclus. Dans ce cas des photographies sont inutiles.

Il faut cependant bien veiller à retrouver la ligne de vol initiale à l'endroit précis où elle a été quittée. Ceci peut se faire en se rapportant à des points de repère au sol, ou en utilisant un GPS pour vérifier si vous êtes de retour sur la ligne. Au niveau de chaque bordure de case, le pilote doit débiter de quelques 2 ou 3km dans la case adjacente. En effet, les éléphants se trouvant à la

limite d'une case peuvent aller dans une autre case, et ainsi être soit omis par les deux équipages ou comptés en double. Il est donc important d'observer s'ils se déplacent dans une certaine direction et de rester en contact avec l'équipage comptant dans la case adjacente et de la renseigner par radio sur d'éventuels déplacements de ce genre. De toute façon il est important de survoler les bordures de cases et de comparer les résultats avec l'autre équipage, afin de décider dans quelle case des groupes d'éléphants périphériques devraient se placer.

Le pilote est responsable de toutes les questions de sécurité. Il doit veiller à des lignes de haute tension et autres dangers, et doit s'entendre avec d'autres pilotes sur la fréquence radio à utiliser et sur les procédures de recherche et de sauvetage à suivre en cas d'accident. Chaque pilote doit rester en contact avec l'équipage voisin lorsqu'il vole dans des zones chevauchant deux cases, se tenir à l'écart de l'autre appareil et se concerter sur des éléphants repérés dans les régions faisant d'ordinaire l'objet de recherches. Le pilote ne devra participer au comptage que dans la mesure où il ou elle peut le faire sans inconvénient, et ceci dépendra de son expérience. Dans beaucoup de cas la position avantageuse du pilote sera particulièrement utile pour attirer l'attention des observateurs sur des animaux apparaissant sur la trajectoire de l'avion.

Dans le cas où le pilote dispose d'un GPS il devra consigner les points de repère de chaque observation. Si possible, de tels points de repère doivent se trouver juste au dessus du groupe d'éléphants.

L'Observateur du Siège Avant (OSAv) a pour tâche de consigner sur des fiches de données les observations et les points de repère correspondants. La fiche de données comporte des colonnes pour les points de repère, espèce, estimation, numéro de pellicule, prise de vue, comptage révisé par photo et commentaires (voir Fig. 4.2). Sont également à noter les temps de vol y compris le décollage, début et fin du comptage, et l'atterrissage. La densité au comptage peut alors être calculée à partir de ces données, c'est-à-dire les kilomètres carrés scrutés par heure, ou les heures passées à scruter 1000km² (dimension moyenne d'une case). Le total des heures de vol servira à calculer le coût du comptage.

Si un GPS est disponible, l'emplacement du groupe d'éléphants pourra être indiqué directement sur une carte au moment même d'observation. Dans ce cas il appartient au OSAV

COMPTAGE TOTAL

Pilote						Bloc			
Observateur du Siège Avant									
Observateur du Siège Arrière gauche						Date			
Observateur du Siège Arrière droit									
Envol		Début du Comptage			Fin du Comptage		Pays		
Point No.	Dist.	L/R	Espèces	Estimation	Prise de vue	Fin prise de vue	Comptage photo	Commentaires temps approx.	
87	87	-	E	10+1					
88	88	-	E	7					
89	89	-	E	8					
90	90	-	E	8					
91	91	-	E	12					
92	92	-	E	10					
93	93	-	E	16					} Double count with 67, 68, 69.
94	94	-	E	11					
95	95	-	E	1					
96	96	400	E	1					
97	97	-	E	13 + 1 R					
98	98	-	E	15					→ Double count with WP 62
99	300	R	E	4					
100	-	-	E	25+7					
101	-	-	E	11+14+3					Double Count with w.p.s 57, 59, 61, 63
102	-	-	BF	250					17 west

Fig. 4.2: Fiche de données utilisée pour le comptage d'éléphants de Tsavo 1994

d'enregistrer régulièrement la trajectoire du vol ainsi que les déviations et vols circulaires. Il n'est pas aisé de le faire de façon très précise et l'utilisation du GPS est de loin préférable, ce qui ne veut pas dire que les comptages totaux sont impossibles sans GPS.

Le rôle de l'Observateur du Siège Arrière (OSAr) est le repérage et le comptage. Chaque OSAr doit scruter de son côté de l'avion et quand il aperçoit un animal, il doit l'annoncer clairement et de haute voix au pilote et l'OSAv en précisant l'espèce, le côté de l'avion, et la distance entre l'avion et l'animal. Il ou elle doit indiquer s'il convient de tourner afin de pouvoir faire un comptage adéquate. Si le comptage est possible sans survol circulaire, l'OSAr doit annoncer le résultat du comptage et l'OSAv doit le répéter afin que chaque membre de l'équipage puisse entendre le résultat du comptage. En procédant de cette manière on évite beaucoup d'erreurs de malentendus.

Dans le cas où le troupeau serait trop grand pour permettre un compte exact et qu'il faille le photographier, l'OSAr devra quand-même faire une estimation et écouter l'annonce de l'OSAv

afin de s'assurer que l'OSAv ait bien compris tous les détails.

Chaque OSAr doit bien veiller à ne pas annoncer ses données en même temps que son co-OSAr annonce ses observations. Ils ou elles doivent se remémorer leurs informations et faire l'annonce à l'OSAv dès que l'occasion se présente ou quand l'OSAv le leur demande.

Le dialogue pourrait alors se dérouler de la façon suivante:

OSAr: "Elephants à gauche, 300 mètres, estimation 12."

Pilote: "Ceci est point de repère 22."

OSAv: "Elephants à gauche, 300, nombre de 12, point de repère 22."

ou
OSAr: "Elephants à droite, 4 heures, environ 20, veuillez circuler."

Pilote: "OK", puis plus tard, "Je les vois, venant de droite sur point de repère 23."

Le pilote doit survoler les éléphants le plus bas possible, incliner l'avion afin que l'OSAr puisse avoir une bonne vue et faire un comptage exact. Quand le pilote se trouve au dessus des éléphants, il devra attendre deux ou trois secondes et se servir du GPS pour enregistrer la position exacte. Ce délai doit être observé afin de permettre au GPS de s'adapter à la position exacte.

OSAr: "Compte 28".

OSAv annonce: "Elephants, au-dessus, 28, point de repère 23."

Ceci sont les informations consignées sur la fiche de données.

4.6 TROUPEAUX COMPLEXES

La majorité des erreurs se produit quand on repère et compte des troupeaux complexes. Plus la densité des éléphants est grande, plus il y a de risque de confusion. Quand un groupe d'éléphants est repéré et que le pilote quitte la trajectoire prescrite pour effectuer le comptage, il est courant que l'on repère d'autres groupes. Souvent, un groupe mène à un autre, et puis à un autre, jusqu'à ce qu'une telle quantité de groupes très proches les uns des autres aient été dénombrés qu'il devient difficile de se rappeler exactement lequel des groupes a déjà été compté. Ceci peut causer un double comptage du même groupe ou l'omission d'un groupe en pleine vue simplement parce que l'équipage fait l'erreur de penser qu'il a déjà été compté!

Il y a plusieurs façon de minimiser ces erreurs. En premier lieu, le pilote et l'OSAv doivent bien se rappeler lequel des groupes a été compté. Il vaut mieux ne pas trop s'éloigner de la ligne de vol initiale risquant de traverser la prochaine ligne de vol. Avant d'aborder un groupe complexe il appartient ensuite au pilote et à l'OSAv de faire un plan d'attaque systématique. La meilleure façon consiste à prendre de l'altitude jusqu'à ce que tous les groupes d'éléphants se trouvent nettement sous vous et de prendre le temps d'établir l'ordre de comptage des groupes. Parfois on peut attribuer le comptage de certains troupeaux à différents membres de l'équipage. Il est indispensable de se tenir strictement à l'ordre de comptage projeté et de veiller à ce que les OSAr ne s'interrompent pas mutuellement en faisant leurs annonces. L'OSAr doit donc procéder au comptage, puis écouter et attendre que l'OSAv puisse lui consacrer toute son attention. Il est

également indispensable que l'OSAr répète de façon très claire les informations consignées par l'OSAv sur la fiche de données.

Les équipages non expérimentés sont le plus aptes à faire des erreurs en cas de troupeaux complexes, et il vaut donc mieux laisser des équipages expérimentés s'occuper des cases ayant une forte densité d'éléphants. On peut aussi envoyer un hélicoptère, s'il est disponible, après que les avions à ailes fixes aient identifié l'emplacement des fortes concentrations d'éléphants. L'hélicoptère pouvant faire du sur-place, il permet aux observateurs de prendre leur temps pour le comptage d'agrégations très complexes d'éléphants.

4.7 PHOTOGRAPHIE

Dans le cas où un groupe contient trop d'éléphants pour les compter sans problème - ceci est vrai pour des groupes qui dépassent 25 - il est préférable de les photographier, à condition que le terrain soit suffisamment dégagé pour permettre une vue libre. Les prises de photographies augmentent grandement la précision du comptage en cas de larges groupes en terrain dégagé. Si, par contre, il y a beaucoup de végétation, la photographie de grands troupeaux ne facilitera pas le comptage puisqu'une partie importante du troupeau peut par moment être cachée par la canopée.

Le pilote et l'OSAv doivent travailler étroitement ensemble pour décider du meilleur alignement pour prendre des photos. L'OSAv doit alors consigner le point de repère sur le GPS ou la carte de vol, et sur la fiche de données le numéro du point de repère, l'espèce, le numéro de pellicule, le nombre de prises de vue, le numéro de la dernière prise de vue ainsi qu'une estimation de la taille du troupeau. Sur la Fig. 4.3, d'après Norton-Griffiths (1978) se trouve un exemple de la façon de faire chevaucher proprement les photographies.

Il est indispensable de faire une estimation du nombre d'éléphants pour le cas tout à fait plausible où les pellicules seraient détruites ou que l'appareil photo fonctionne mal ou que les prises de vue ne couvrent pas tout le groupe.

Entre chaque troupeau différent ou entre de différentes séries de prise de vue d'un troupeau il est recommandé de faire une photo à blanc dans le bouchon de l'objectif ou le creux de la main

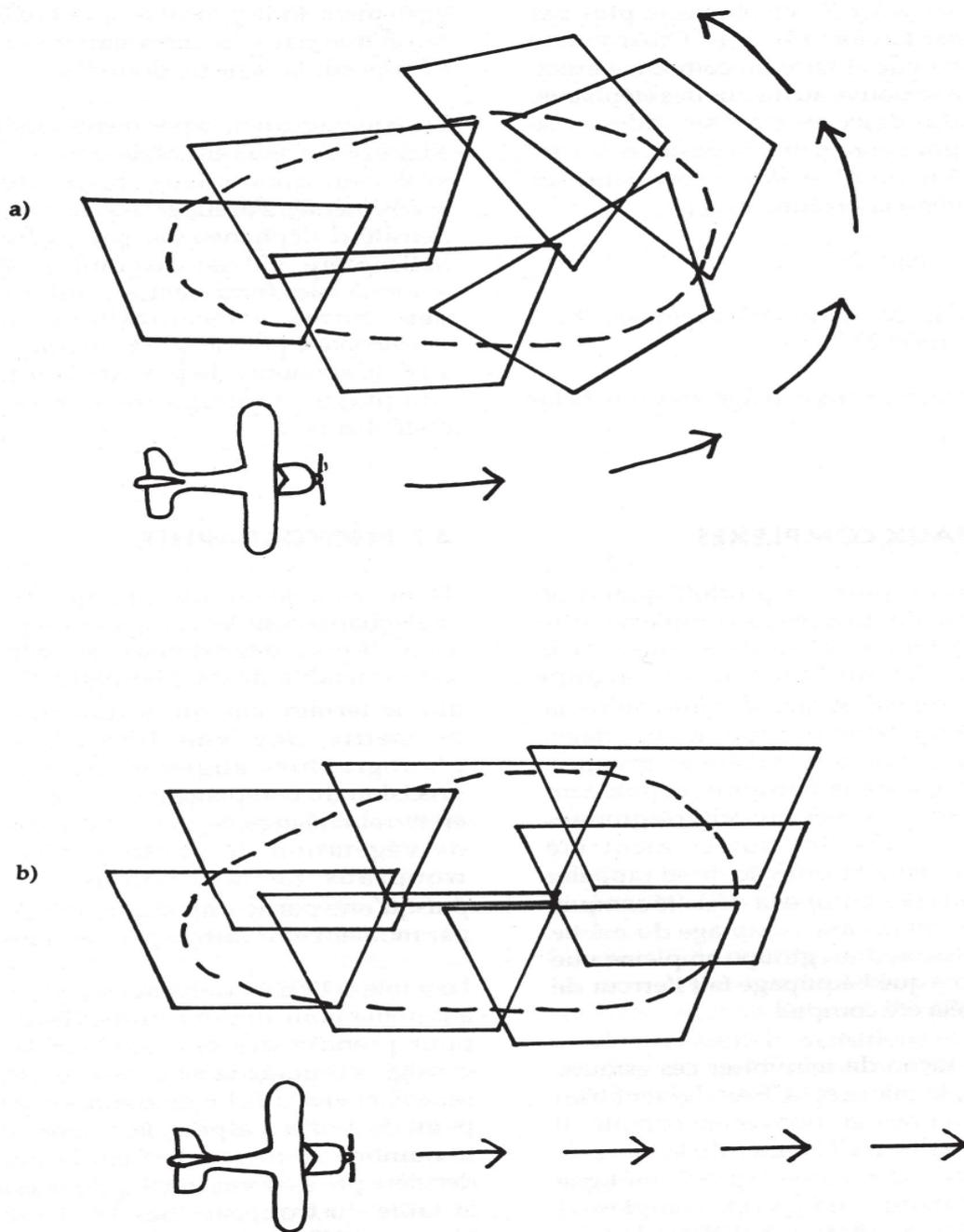


Fig. 4.3: En photographiant un grand troupeau d'éléphants, le pilote doit le longer en ligne droite. Il ne doit pas tourner au-dessus. a) Fausse trajectoire. Quelques endroits ont été ratés et il ne sera pas possible de faire des surfaces de chevauchement. b) Trajectoire correcte. Aucun endroit n'a été omis et des surfaces de chevauchement peuvent être établies (Norton Griffiths 1978).

afin d'obtenir une séparation nette pour l'analyse finale des photographies.

Veillez à ce que toutes les pellicules soient correctement libellées. Il faut numéroter toutes les pellicules à l'avance. Le numéro de chaque pellicule devra être gratté dans l'émulsion de l'amorce du film - vérifiez pour être sûr.

La meilleure façon de prendre des photos est en général à un angle légèrement oblique, mais pas trop, car de jeunes animaux risquent d'être cachés par les plus grands. Ne prenez pas de photos d'un point trop éloigné ou trop haut, car les éléphants risquent d'être trop petits sur les photos pour être comptés. Si la première série de photos n'est pas satisfaisante, cette information devra être notée

sur la fiche de données, et d'autres prises de vue effectuées jusqu'à ce que le résultat soit satisfaisant.

La vitesse de l'appareil photo devra être de 1 / 500 de seconde ou plus. En dessous de cette vitesse, les photos seront floues ou inutilisables. La pellicule à utiliser doit donc être de 400 ASA. Assurez-vous que votre appareil soit réglé à l'infini. Il est parfois bon de le fixer à l'aide d'une bande adhésive pendant toute la durée du comptage. Vous pouvez utiliser des objectifs de 50mm ou de 55mm, mais les objectifs de 105mm ou de 135mm sont préférables. Si vous disposez d'un zoom moyen. 70mm à 200mm par exemple, ce serait l'idéal.

Le comptage aérien par photographie demande en général beaucoup d'entraînement pour obtenir un standard adéquat, et il faudra bien examiner les observateurs et pilotes avant de commencer un comptage sérieux.

4.8 CASES EXPÉRIMENTALES

L'exactitude d'un comptage total et les biais d'une méthode peuvent s'évaluer dans des cases expérimentales. Une façon consiste à repérer dans une zone de recensement un certain nombre de points avec une intensité suffisamment grande afin que l'équipage soit sûr qu'aucun groupe d'éléphants n'ait été omis. Ces résultats seront comparés avec les résultats pour la même zone mais où un autre équipage aura recherché à une intensité normale, afin de pouvoir déterminer s'il y a des biais importants par rapport à l'intensité de la recherche.

Une autre méthode consiste à envoyer successivement plusieurs équipages dans une case et de mesurer l'exactitude du comptage en comparant leurs totaux. Ceci permettra des comparaisons troupeau par troupeau. et on pourra alors estimer le nombre de groupes ou d'éléphants individuels omis dans le comptage de chaque équipage. Dans le cas du comptage d'éléphants de Tsavo 1994, le biais moyen vers un comptage insuffisant a été de 15%.

En dernier lieu, on peut, dans le cas d'une longue série de comptages par échantillonnage dans la même zone, faire une comparaison entre estimations par échantillonnage et par total des éléphants. Le comptage par échantillonnage, où l'on scrute et compte dans une bande plus étroite, révèle en général une plus grande densité

d'éléphants et donne donc une estimation plus élevée, ce qui peut donner une indication du degré des biais dans le comptage total. Ceci ne fonctionnera cependant pas si le comptage par échantillonnage a des limites de confiance élevées, ce qui est généralement le cas.

4.9 PROCÉDURES APRÈS-VOL

4.9.1 Activités de support au sol

Le vol, le repérage, le comptage et l'enregistrement pour le comptage d'éléphants sont des activités fastidieuses et éprouvantes pour l'équipage, surtout quand le travail est effectué jour après jour. Il est donc recommandé d'avoir un personnel au sol efficace pour se charger des activités de routine, tel que le ravitaillement en carburant, le transport vers et de la piste de décollage, l'hébergement et les repas. Le tout doit être organisé de manière à assurer un minimum de tracas pour l'équipage afin qu'il puisse concentrer son énergie sur le travail à effectuer.

Le personnel au sol devra également transférer les données GPS sur les ordinateurs, imprimer les lignes de vol et les enregistrements des observations des points de repère; recueillir les fiches de données, reproductions fidèles de carbes et les pellicules exposées en vérifiant qu'il n'en manque pas; et trier et classer les données selon les équipages, les jours et les cases.

Il n'est pas toujours possible de prendre des notes propres et lisibles pendant le vol. Les OSAV devront donc se réserver une heure après chaque journée de vol pour mettre à jour les données de la journée. Les fiches de données et les carbes de vol devront être mises au propre afin qu'elles soient lisibles pour tous ceux qui veulent les consulter.

Après vérification des données de vol initiales, les OSAV devraient transférer sur une carte propre toutes les indications concernant les espèces et le nombre d'individus (ou nombre estimé d'individus). L'idéal serait d'imprimer cette carte à partir des données du GPS en indiquant distinctement la trajectoire de vol et le nombre de points de repère. Ensuite, l'OSAV n'aura plus qu'à rattacher les données sur les espèces, à chaque point de repère.

Un simple code ou marquage en couleur peut être utilisé pour chaque espèce. Pour le comptage de Tsavo, il est d'usage d'utiliser un numéro entouré

d'un cercle pour les éléphants, un carré pour les buffles, une croix pour les éléphants morts et une croix dans un cercle pour les éléphants morts récemment.

Ces activités de mise à jour doivent absolument être faites le jour où les données ont été recueillies, pendant que les impressions de la journée sont encore fraîches en mémoire.

Après avoir imprimé les emplacements, case par case, des groupes d'éléphants, il faut vérifier attentivement les informations afin d'éliminer les comptages doubles. Ceci est très facile avec le GPS. Même quand on ne dispose pas d'ordinateurs ou de système GIS, les données peuvent être rassemblées à la main, ainsi qu'il a été fait pour tous les comptages à Tsavo et Kruger, où des informations sont recueillies depuis des décennies.

En cas d'observations où des points de repère ont été enregistrés pour les éléphants se trouvant à une certaine distance des observateurs, une correction par un programme ordinateur peut facilement se faire. Par cette correction le point de repère peut être transposé à sa position correcte.

4.9.2. Analyse

Quand les données ont été compilées selon les instructions ci-dessus, elles formeront un rapport permanent pour l'avenir. Les feuilles de contrôle devront être copiées dans des tableaux et les données concernant chaque espèce pourront être compilées case par case. Depuis l'avènement du GIS il est possible de combiner sur un tableau les points de repère GPS avec les données sur les espèces et obtenir ainsi une base de données GIS sur les observations.

Ce système permet un éventail plus large d'analyses géographiques, en relation avec d'autres facteurs introduits dans la base de données. Par exemple, les effectifs et les densités d'éléphants peuvent être cartographiés et résumés sur des grilles de mailles différentes, en comptant par cases ou par d'autres unités de surface. Les distributions d'éléphants peuvent également être mises en relation avec des facteurs tels que le degré de protection, l'habitat, l'utilisation du sol, la densité des populations humaines, ou la proximité de routes ou de rivières. La pratique courante est de résumer les résultats en comptant les cases, ce qui révèle les grandes modifications des distributions, ou les

tendances d'une année sur l'autre.

Il est possible de calculer les corrections à apporter aux données à partir des cases expérimentales. Le degré d'une insuffisance de compte peut être évalué à partir de quatre sources différentes:

- i) Des comptages totaux répétés dans la même case à des intensités de repérage différentes: la différence entre la case étudiée à une intensité normale et à une forte intensité donne l'insuffisance de compte.
- ii) Des comptages totaux en série effectués par plusieurs appareils aéronautiques dans la même case: La différence entre le nombre obtenu par toutes les équipes donne l'insuffisance de compte.
- iii) Comparaison des données obtenues par comptage total et comptage par échantillonnage, si cela a été fait sur une longue période de temps: le comptage par échantillonnage effectué à une intensité plus forte donnera un chiffre plus élevé et la différence donnera aussi l'insuffisance de compte.

Les éléphants morts peuvent servir d'indicateurs pour la mortalité relative, aussi bien pour la période des 12 mois précédents que pour des périodes plus longues. On pense que seulement d'un éléphant mort sur trois et d'un éléphant mort sur cinq sont effectivement repérés. et les taux de mortalité réels ne peuvent donc pas être calculés par rapport au nombre d'éléphants estimé. Le nombre de "mort récemment" par contre, est un indicateur précieux de la mortalité annuelle qui varie selon la région et d'année en année. Le "taux de carcasses" peut également servir d'indicateur utile de la mortalité sur une certaine durée de temps ou entre régions. Le calcul se fait en divisant tous les morts par morts plus vivants. On a constaté qu'il y a une grande variation entre régions et on a utilisé ces résultats comme indice des 'effets relatifs du braconnage ou d'autres causes de mortalité (Dublin & Douglas-Hamilton 1987; Douglas-Hamilton & Burrill 1991).

4.9.3 Intensité du balayage

On peut aisément mesurer l'intensité du balayage d'un terrain par le nombre de m² balayé par heure, ou par le nombre de minutes nécessaires pour balayer 10km². La moyenne pour un grand

nombre de comptages est de 250km² par heure (Norton-Griffiths 1978). De récents travaux en cours mettent le succès du repérage et du comptage en rapport avec l'intensité du balayage. En utilisant ces résultats on peut attribuer des facteurs de correction à d'anciens comptages dont l'intensité du balayage où la trajectoire de vol a été enregistrée. Il est donc important d'enregistrer et de présenter ce paramètre afin que les résultats puissent être comparés avec les comptages ultérieurs.

4.9.4 Rédaction du rapport

Le rapport devra comprendre les résultats, présentés de manière à servir au mieux les personnes organisant les parcs ou les chercheurs dans l'avenir, désirant utiliser ces données comme ligne de base pour la période pendant laquelle elles ont été recueillies.

Bibliographie

- DOUGLAS-HAMILTON, I. & BURRILL, A. (1991) Using elephant carcass ratios to determine trends. In: Proceedings of the International Symposium on African Wildlife: Research and Management.
- DOUGLAS-HAMILTON, I., GACHAGO, S., LITOROH, M. & MIRANGI, J. (1994) Tsavo Elephant Count. Kenya Wildlife Service. Typescript report.
- DOUGLAS-HAMILTON, I. & HILLMAN, A. (1981) Elephant carcasses and skeletons as indicators of population trends in low-level aerial survey technique. ILCA Monograph.
- DUBLIN, H.T. & DOUGLAS-HAMILTON, I. (1987) Status and trends of elephants in the Serengeti-Mara ecosystem. *African Journal of Ecology* 25, 19-23.
- HALL-MARTIN, A. (1980) Elephant Survivors, *Oryx* 15(4), 355-362.
- HALL-MARTIN, A.J. (1984) Conservation and management of elephants in the Kruger National Park, South Africa. *The Status and Conservation of Africa's Elephants*. Gland, IUCN. 104 -116.
- NORTON-GRIFFITHS, M. (1978) *Counting Animals*. Handbook on techniques currently used in African Wildlife Biology No. 1. (Ed. J.J. Grindell) AWLF, Nairobi.
- WHYTE, I.J. and WOOD, C.A. (1992) Census results for elephant and buffalo in the Kruger National Park in 1991 and culling quotas for the 1991/92 culling year. South African National Parks Board.

ESTIMATION DE L'ABONDANCE DES ÉLÉPHANTS DE FORÊT PAR LE COMPTAGE DES EXCRÉMENTS

Richard Barnes

Department of Biology 0116
University of California, San Diego
La Jolla CA 92093.0116
U.S.A.

5.1 INTRODUCTION

Le comptage des excréments est la méthode la plus courante de recensement indirect pour le dénombrement des éléphants. Depuis le début des années 80 et avec l'intérêt croissant concernant la condition des éléphants de forêt de l'Afrique de l'Ouest et centrale, de plus en plus de comptages d'excréments ont été effectués. À la fin des années 80 les chercheurs en Inde et en Asie du sud-est se sont mis à compter les excréments pour estimer le nombre d'éléphants asiatiques, *Elephas maximus*. La prolifération des études sur les éléphants de forêt sur les deux continents a été à l'origine de l'évolution rapide des techniques de comptage d'excréments. Des méthodes générales de recensement des éléphants par le comptage d'excréments seront décrites dans ce chapitre. Précédemment, ces méthodes avaient été décrites par Barnes & Jensen (1987), Dawson & Dekker (1992) et Barnes (1993). Nous vous recommandons de lire Norton & Griffith (1978) comme introduction générale au travail de recensement d'excréments. Nous vous conseillons également de lire vivement Burnham *et al.* (1980) et Buckland *et al.* (1993) en ce qui concerne les détails de la technique des transects en lignes.

Un grand nombre de méthodes pour le comptage d'excréments ressemble à celle décrites dans le chapitre précédent, concernant les études aériennes; c'est-à-dire on procède au même système de stratification en disposant des transects dans chaque strate, en recueillant des données sur les transects, puis en analysant les données. Pour les comptages d'excrément par contre, d'autres problèmes se présentent lors de la conversion des nombres de tas d'excréments estimés, en nombres d'éléphants estimés.

Les comptages directs et les comptages d'excréments diffèrent grandement en ce sens que

les méthodes pour les comptages directs ont été mises au point et standardisées, et les améliorations que l'on y apporte maintenant sont des travaux de précision. D'un autre côté, les méthodes générales de comptage d'excréments évoluent constamment. Ceci est un défi pour vous qui utilisez cette méthode: cela vous donne l'occasion d'améliorer, vous aussi, les méthodes de comptages d'excréments.

5.2 COMMENTAIRES PRÉLIMINAIRES

Il y a deux manières d'utiliser une étude d'excréments. Premièrement, on peut utiliser les excréments comme indice de l'abondance des éléphants ou de leurs distributions relatives. Ceci peut donner un grand nombre d'informations inestimables concernant la biologie des éléphants dans votre zone d'étude (par exemple Barnes *et al.* 1991). Dans beaucoup de cas vous n'avez pas besoin d'une estimation du nombre effectif des éléphants; une estimation du nombre de tas d'excréments, la distribution relative des tas d'excréments ou le changement en nombre de tas d'excréments pendant une période de plusieurs années vous donneront toutes les informations nécessaires pour bien gérer votre zone d'étude.

La seconde option consiste à convertir les données sur les excréments en nombre d'éléphants. Ceci prendra beaucoup plus de temps et d'effort. L'estimation des nombres d'éléphants se fera en quatre étapes:

- i) Estimation du nombre de tas d'excréments, ou la densité des tas d'excréments par km².

- ii) Estimation du taux de défécation des éléphant.
- iii) Estimation du taux moyen de la décomposition des excréments.
- iv) Combiner les trois estimations ci-dessus pour vous procurer une estimation des nombres d'éléphants ou la densité des éléphants par km².

Seuls quelques officiels ont suffisamment de connaissances pour effectuer un comptage d'excréments du début jusqu'à la fin. Si vous avez les compétences nécessaires dans le domaine mais que vous êtes inexpérimenté en travail de statistiques et d'ordinateurs, il est recommandé que vous trouviez un statisticien/analyste de données pour collaborer avec vous. Vous trouverez quelqu'un de ce genre à l'université la plus proche ou éventuellement à un institut de recherche. Il y a souvent des statisticiens dans les instituts d'études agricoles qui pourront s'intéresser à vos problèmes. Si vous n'avez pas de succès, vous pouvez écrire à Assistant Director for African Programs, NYZS, The Wildlife Conservation Society, Bronx Zoo, New York 10460, U.S.A. ou Chair of the African Elephant Specialist Group. On vous mettra alors en contact avec une personne qui pourra vous aider.

5.3 EXAMEN PRÉLIMINAIRE

Une fois que l'on a décidé d'effectuer une étude, on sera fortement tenté de foncer tête baissée et de commencer à recueillir des données. Il est cependant extrêmement important de faire d'abord un examen préliminaire et de faire un projet exact de l'étude ensuite. Cet examen vous permettra de voir comment les éléphants sont distribués dans votre zone d'étude et quelle stratification il faudra utiliser. Il révélera également le genre de problèmes logistiques et pratiques que vous pourriez rencontrer. Pendant cet examen préliminaire, vous devriez examiner chacun des types essentiels de végétation dans votre zone de recensement. Il vous faudra aussi examiner les principaux caractéristiques géographiques (rivières, vallées, routes, villages, montagnes etc.) car ils affecteront la préparation de votre recensement. Toutes ces activités devront évidemment être effectuées à pied. Utilisez un pedomètre pour mesurer la distance approximative parcourue. Afin d'obtenir un indice grossier de la densité des tas d'excréments dans chaque région, prenez note de toutes les

bouses que vous voyez sur une bande d'un mètre de part et d'autre de votre chemin. Ceci vous permettra d'avoir une idée de l'abondance relative d'éléphants dans différentes parties de votre zone de recensement.

On ne peut assez insister sur l'importance de faire un examen préliminaire avant de préparer le recensement. Il vous évitera de faire ensuite d'immenses efforts inutiles. Si vous ne connaissez pas la forêt, vous devriez, en règle générale, passer au moins 10% du temps requis pour tout le recensement à effectuer l'examen préliminaire.

Après cet examen, un travail de bureau de plusieurs jours devra suivre pour préparer la stratification, les transects, l'organisation du personnel, l'équipement et la logistique. Une fois que vous vous êtes assuré que ces plans correspondent à votre budget, vous pourrez vous mettre à déterminer votre premier transect.

5.4 STRATIFICATION

Les éléphants sont rarement distribués également dans une zone d'étude. On constate souvent que les tas d'excréments sont plus abondants dans des types particuliers de végétation (par exemple forêt secondaire) et peu répandus dans d'autres, et l'examen préliminaire vous en donnera une idée. De ces variations de densité à travers la zone d'étude résultera une grande variance et donc de larges limites de confiance pour votre estimation finale. On peut fortement réduire la variance en divisant la zone d'étude en strates. Les strates sont des sous-divisions de la zone d'étude, dans lesquelles les densités des tas d'excréments sont plus ou moins homogènes. On peut ainsi diviser une forêt en trois strates: une où les densités des tas d'excréments sont basses en raison de dérangement humain, une strate de densité moyenne, et une strate de forêt mixte primaire et secondaire sans activité humaine ayant une haute densité de tas d'excréments.

Les activités humaines ont souvent plus d'influence sur la détermination de la distribution d'éléphants que la végétation, même en cas de forêts relativement petites 'ou n'étant que peu habitées (par exemple Butynski 1986; Barnes *et al.* 1991). Chaque forêt est différente et la grandeur et la forme de la forêt, la végétation originelle, l'histoire des activités humaines et les rapports entre humains et éléphants détermineront la forme la plus appropriée de la stratification. Telles sont les raisons pour lesquelles il est si important

de connaître votre forêt avant de préparer votre recensement.

5.5 ESTIMER LA DENSITÉ DES TAS D'EXCRÉMENTS

5.5.1 Répartition des transects

La façon dont les transects sont répartis entre les strates aussi bien qu'à l'intérieur des strates, peut avoir une grande influence sur la précision de votre estimation et l'étendue de vos limites de confiance.

Comment répartir les transects? Nous trouvons chez Norton-Griffiths (1978) une bonne discussion sur l'arrangement des transects. Ils peuvent être répartis au hasard ou selon un modèle régulier. Vous tirez, par exemple, dans chaque strate une ligne de base suivant l'axe le plus long de la strate. Ensuite vous répartissez les transects à des distances l'un de l'autre pris au hasard, le long de la ligne de base (utilisez une table de nombres au hasard qui est une liste établie de nombres choisis au hasard pour choisir l'emplacement de chaque transect), et perpendiculaires à la ligne de base. On peut aussi répartir les transects à intervalles réguliers le long de la ligne de base. Dans ce cas, le point de départ du premier transect devra être choisi à l'aide d'une table de nombres au hasard.

Pour des raisons de statistiques efficaces il est préférable d'établir un grand nombre de transects courts, plutôt que peu de transects longs (Norton-Griffiths 1978). Si vous disposez donc de suffisamment d'argent pour préparer 100km de transects, il vaudrait mieux avoir 20 transects de 5km plutôt que dix transects de 10km. Mais en forêt on rencontre souvent des contraintes d'ordre logistique. Le fait de se déplacer de la fin d'un transect au début du prochain peut être onéreux, surtout quand les transects couvrent une très grande zone. Il faut réduire au minimum le facteur "temps mort" quand on se déplace de transect à transect sans recueillir de données, comparé au temps de travail passé à recueillir des données sur les transects (Barnes à Jensen 1987). Du point de vue logistique il se peut donc que vous devriez choisir peu de transects longs. Une autre alternative consiste à disposer les transects bout à bout dans une ligne zig-zag (Fig. 5.1). Dans ce cas chaque ligne de zig-zag représentera un transect séparé. Pour déterminer le point de départ de la première ligne de zig-zag, utilisez une table de nombres au hasard.



Fig. 5.1: Modèle d'établissement de transects en zig-zag.
Chaque zig-zag représente un transect séparé.

Combien de transects par strate? Le nombre de transects devra être en proportion avec la variance attendue dans chaque strate. Si vous n'avez pas effectué une étude préalable dans cette région, vous ne pouvez pas connaître la variance attendue. Mais en général, la variance est proportionnelle à la densité. Vous pouvez donc disposer les transects proportionnellement à la densité approximative trouvée pendant l'étude préalable. Supposons, par exemple, que vous ayez suffisamment d'argent pour 50 transects et que vous ayez divisé votre zone en trois strates. Pendant votre étude préalable, il s'est avéré que la proportion des densités des tas d'excréments était de 1:2:4 pour les strates de densité petite, moyenne et haute, respectivement. La proportion des transects devra donc être de 7:14:28 pour les trois strates.

Quelle longueur les transects devront-ils avoir? Dans des simulations utilisant les données du Gabon du nord-est une longueur de transects de 5km pour cette strate s'est avérée être la meilleure (Barnes *et al.* 1988). Avant d'avoir vos propres données provenant de votre région d'étude, vous pouvez utiliser ce chiffre comme règle générale.

Après avoir décidé du nombre de transects pour chaque strate ainsi que de la longueur de chaque transect, vous devrez utiliser les résultats de votre étude préliminaire pour faire un calcul approximatif du nombre de tas d'excréments que vous pensez trouver dans chaque strate. Le nombre recommandé est d'un minimum de 60 à 80 tas par strate (Buckland *et al.* 1993). Il se peut que le nombre ou la longueur des transects devront être modifiés afin d'obtenir au moins le minimum de tas d'excréments dans les strates de moyenne et haute densité. D'après mon expérience, il est pratiquement impossible que vous trouviez 60 tas d'excréments dans une strate de densité basse.

5.5.2 Transects permanents ou transects temporaires

Au début, les compteurs de tas d'excréments utilisaient des transects permanents auxquels ils retournaient régulièrement pour noter les tas

d'excréments disparus et la déposition de nouveaux tas (Wing & Buss 1970; Jachmann & Bell 1979 et 1984; Short 1983; Merz 1986). Cette méthode peut amener l'objection que les éléphants préfèrent se déplacer sur des sentiers, tels que les transects permanents, en laissant une densité de tas d'excréments plus haute sur les transects que dans la forêt environnante. Afin de venir à bout de ce problème et aussi parce qu'il est impossible de revisiter les transects dans l'immense forêt équatoriale, Barnes & Jensen (1987) ont adopté une autre méthode. On part du fait que la forêt est en état d'équilibre. C'est-à-dire, aucun éléphant ne sort ni entre dans la zone d'étude, et les taux de déposition d'excréments et de décomposition sont restés constants pendant une longue période avant le recensement et aussi pendant celui-ci. Ceci veut dire évidemment que vous devriez faire vos comptages soit pendant la saison humide ou la saison sèche, mais pas pendant les deux, ni pendant la période de transition entre les saisons (Barnes & Jensen 1987). Ensuite, il suffit de longer le transect une seule fois seulement (transects uniques). Nous avons constaté que la meilleure méthode en forêt d'Afrique centrale est quand les observateurs suivent directement les travailleurs qui coupent les transects. Dans ce cas il ne peut y avoir de biais causés par la défécation des éléphants sur les transects entre les passages des travailleurs et des observateurs.

Si la théorie de l'état d'équilibre ne vous convient pas, une méthode alternative est proposée par Hiby & Lovell (1991).

Leur modèle mathématique a été élaboré spécialement pour éviter de partir de cette théorie.

5.5.3 Couper des transects

Indiquez au crayon la ligne de base et les transects sur une carte. Utilisez ensuite le point nord de la carte pour calculer l'orientation de chaque transect. N'oubliez pas de prendre en considération la déviation magnétique, c'est-à-dire la différence entre le nord de la grille (le nord indiqué sur votre carte) et le nord magnétique (indiqué par votre boussole). La déviation peut être de 8 degrés et sera en général indiquée sur le côté de la carte. Réglez ensuite votre boussole pour montrer l'orientation.

Il vous faudra des travailleurs pour couper le transect. Ils devront porter des bâtons visibles (peints en blanc ou rouge afin qu'on puisse les voir dans la pénombre de la forêt), pour être sûr

de couper des transects droits. Il faudra remplacer chaque heure l'homme travaillant avec le sabre, sinon il risque de se fatiguer et de ralentir le travail.

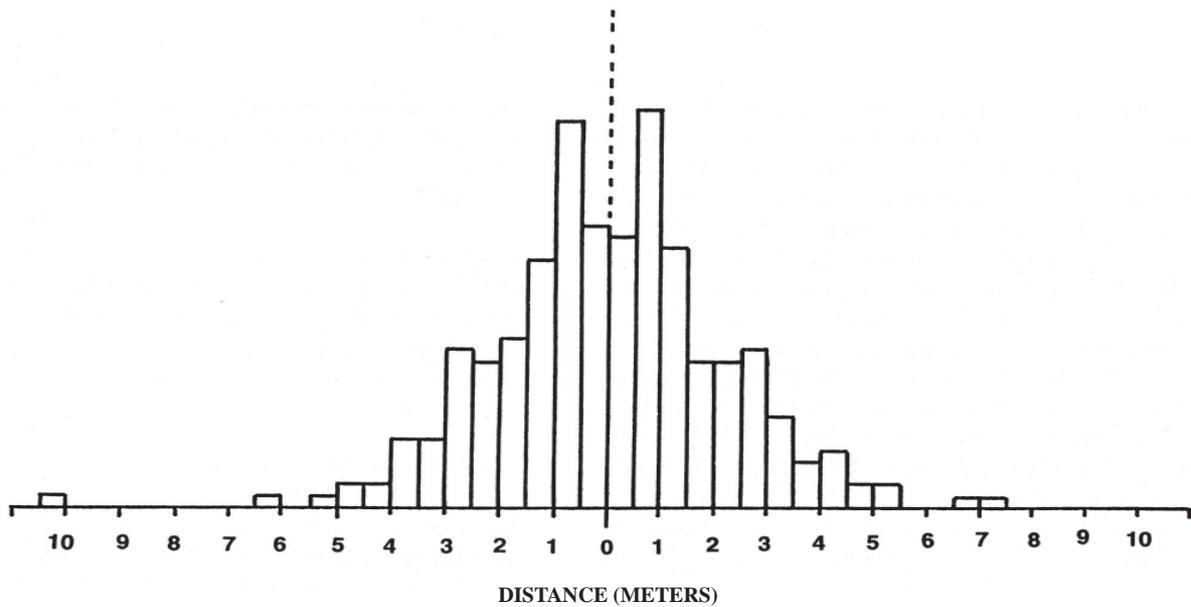
Ne couper pas de larges layons dans la forêt. Il suffit de préparer un chemin droit juste assez large pour que vous puissiez passer. En progressant sur le transect, vous scruterez les sous-bois sur chaque côté pour voir s'il y a des bouses.

5.5.4 Transects en ligne

Les transects par bande sont des transects ayant une largeur pré-définie, tels qu'on les utilise dans les études aériennes (voir 3ème chapitre). Les transects par bande ne sont en général pas très efficaces pour les comptages d'excréments en forêt, parce que la visibilité (c'est-à-dire la probabilité de voir un tas d'excréments) diminue rapidement. Dans beaucoup de forêts la densité du sous-bois est telle que l'observateur ne peut pas voir 50% de tous les tas d'excréments distants de deux mètres (Fig. 5.2). Il est évident que si vous utilisez des transects de, disons, cinq mètres de large, vous raterez une grande partie de tas d'excréments se trouvant dans votre transect. Vous pourriez préparer un transect très étroit, d'environ un mètre de chaque côté de l'observateur, mais ceci aura le désavantage qu'un petit nombre de bouses seulement se trouvera à l'intérieur de votre transect. Dans ce cas, votre recensement résultera en une estimation ayant de larges limites de confiance.

La méthode la plus efficace dans ces conditions est la technique de transects en ligne. Cette technique se base sur le fait que la probabilité de détection par l'observateur diminue avec la distance de l'objet. En ayant une série adéquate de mesures des distances entre les objets repérés et la ligne centrale, on peut utiliser des techniques mathématiques pour établir un modèle de la fonction de détection et ensuite estimer la densité des objets.

Une étude comparative entre transects en ligne et transects par bande, faite par Burnham *et al.* (1985) a démontré que les transects en ligne permettaient des estimations plus précises et en même temps moins aptes à produire des erreurs standards (par exemple, limites de confiance plus étroites) que les transects par bande. De grands efforts ont été entrepris pendant les vingt dernières années pour perfectionner la méthode de recensement par transects en ligne. La monographie de Burnham *et al.* (1980) est une



DE LA UGNE CENTRALE DU TRANSECT

Fig. 5.2: Illustration du nombre de tas d'excréments repérés de chaque côté, par un observateur qui longe la ligne centrale du transect. L'axe horizontal représente la distance à gauche ou à droite de la ligne centrale du transect. L'axe vertical représente le nombre de tas d'excréments trouvés dans chaque catégorie d'espace (0,0-0,49m, 0,50-0,99m, 1,00-1,49m etc.) à gauche ou à droite de la ligne centrale Données du Gabon du nord-est.

étude qui a fait école, et qui a établi la base pour une grande partie du travail sur les éléphants de forêt dans les années 80. Le volume présenté par Buckland *et al.* (1993) a maintenant remplacé cette étude; il décrit les développements récents de la science des études par transects en ligne. et vous y trouverez des références à toute littérature y afférente. Une récapitulation précise des transects par ligne a été préparée par Krebs (1989: pages 113-122).

Pour faire un recensement de tas d'excréments par transects en ligne. l'observateur progresse lentement au centre du transect. La distance perpendiculaire (x) de chaque tas d'excréments à partir de la ligne centrale se mesure avec un mètre à ruban de bonne qualité (Fig. 5.3). Vous verrez que vous noterez toutes les bouses se trouvant sur la ligne central du transect ou très près de celle-ci. Mais plus les bouses seront éloignées de la ligne centrale, moins il sera probable de les détecter (Fig. 5.2).

Il faut mesurer les distances perpendiculaires avec un maximum de soin. Parfois, on risque de compter les bouses se trouvant près de la ligne centrale comme étant sur cette ligne (x = 0), mais en réalité x = 10cm ou x = 20cm. Ceci peut fausser l'estimation finale (Buckland *et al.* 1993). Il faut prendre grand soin à préparer une ligne centrale de transect bien droite et nettement marquée.

La Fig. 5.2 démontre que davantage de tas d'excréments ont été repérés à une distance de

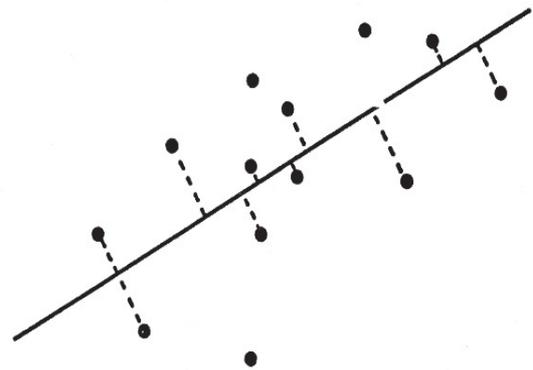


Fig. 53: Diagramme d'un transect en ligne. L'observateur longe la ligne centrale du transect (—). Chaque fois qu'il détecte un tas d'excréments (.), il note la distance perpendiculaire (---). Quelques uns des tas d'excréments, surtout les plus éloignés de la ligne centrale, ne peuvent être détectés.

0,5-0,99 m de la ligne centrale que dans la bande de 0,0-0,49m. La vérification des données brutes semble indiquer que les observateurs avaient tendance à noter toute valeur de x supérieure à 0,45m comme étant "0,5m". Ce phénomène, où les mesures sont arrondies inconsciemment à des chiffres comme 0,5, 5 et 10, s'appelle "heaping" et est courant pour les études par transects en ligne (Buckland *et al.* 1993). Pour l'éviter, les observateurs doivent prendre leurs mesures soigneusement.

Un autre problème courant est la tendance des travailleurs de dévier d'un mètre ou deux sur le côté pour contourner un buisson au lieu de passer dedans. Ceci arrive en général vers la fin de la

journée quand tout le monde est fatigué. Les éléphants déposent leurs tas d'excrément plus souvent autour d'un buisson qu'en plein milieu, et en faisant un coude dans votre transect vous obtiendrez une mesure plus petite que x que si le transect était passé directement à travers le buisson. Il en résultera un biais dans l'estimation de la densité des excréments.

La longueur du transect peu se mesurer avec une chaîne et un topofil (que l'on appelle "hip chain"= chaîne de hanche aux États Unis), qui est plus pratique mais moins précis.

En se décomposant un tas d'excréments devient graduellement plus petit, change de couleur et sera couvert partiellement de feuilles. A un moment donné, il sera moins visible pour la personne longeant le transect. Si vous n'en tenez pas compte, les résultats du recensement seront faussés. Ainsi, Barnes & Jensen (1987) classaient les tas d'excrément selon leur forme, c'est-à-dire par la probabilité d'être détectés (Table 5.1). Les catégories A à D avaient des chances d'être repérées, tandis que la catégorie E a été définie comme étant à un stade où un tas d'excréments avait peu de chances d'être repéré par un observateur se trouvant à une distance de deux mètres ou plus. Pour Barnes *et al.* (1988) il n'existait pas de différence de visibilité en comparant les stades A à C avec le stade D.

Il faut donc noter le stade morphologique de chaque tas d'excréments. Nous ne parlerons pas des tas d'excréments en stade E, mais il est tout de même utile de les indiquer. Parfois, dans des régions avec une petite densité d'éléphants, vous ne trouverez que des tas d'excréments en stade E et vous pourrez en tirer des conclusions sur l'abondance des éléphants.

Toutes les données devront être notées systématiquement sur des feuilles de contrôle. Barnes & Jensen (1987) en donnent un exemple.

5.5.5 Analyse

Les calculs mathématiques des études de transects en ligne sont compliqués et il faudra donc utiliser un ordinateur. Il vous faudra un logiciel pour analyser les données. Plusieurs sont actuellement disponibles. TRANSECT, par exemple, a été écrit par Burnham *et al.* (1980). Un logiciel d'utilisation facile appelé ELEPHANT, qui se base sur Burnham *et al.* (1980) et qui utilise le modèle de Fourier, a été écrit par Dekker & Dawson (1992), et accompagne leur manuel sur le dénombrement d'éléphants asiatiques (Dawson & Dekker 1992). Il a été conçu pour le personnel travaillant sur la faune sauvage. Bien que le logiciel soit facile à utiliser, il vous faudra tout de même avoir une connaissance rudimentaire des ordinateurs, tel que l'établissement de fichiers de données.

Bien que le modèle de la série de Fourier soit robuste et flexible (Burnham *et al.* 1980) et adéquat pour la plupart des données concernant les tas d'excréments, il n'en est pas forcément le meilleur. On utilise de plus en plus le modèle de taux au hasard pour le travail de recensement des animaux. White (1992) l'utilisait, par exemple, pour analyser les densités des tas d'excréments dans la Réserve Lope Game au Gabon. Un nouveau logiciel, DISTANCE, qui permet de choisir différents modèles et aussi différentes options, a été préparé par Laake *et al.* (1993). Il a été conçu pour être utilisé conjointement avec le manuel écrit par Buckland *et al.* (1993). Ce programme vous permettra d'utiliser au mieux

Catégorie	Description
A	Bouses intactes, très fraîches, humides, avec odeur.
B	Bouses intactes, fraîches mais sèches, sans odeur.
C	Quelques bouses se sont désintégrées; d'autres sont toujours reconnaissables comme bouses.
D	Toutes les bouses se sont désintégrées; le tas d'excréments est maintenant une masse amorphe plate.
E	Tas décomposés à un point où ils risquent de ne pas être détectés à une distance de deux mètres en sous-bois.

Tableau 5.1: Les tas d'excréments se classent selon leur forme, c'est-à-dire la visibilité probable à partir de la ligne centrale d'un transect (d'après Barnes & Jensen, 1987). Pour l'estimation de la densité des tas d'excréments, uniquement des tas d'excrément des catégorie A à D sont utilisés.

vos données provenant d'un travail assidu, mais la majorité du personnel travaillant sur la faune sauvage trouvera qu'il y a trop de détails techniques. Si vous vous apprêtez à effectuer vos premiers transects par ligne, nous vous recommandons d'utiliser le logiciel de Dekker & Dawson (1992). Après, quand vous aurez plus d'expérience et de confiance en vous-même, vous pourrez vous tourner vers l'analyse plus sophistiquée développée par Laake *et al.* (1993).

Pour tout programme choisi il vous faudra créer un fichier de données comprenant les données sur les distances perpendiculaires. Le programme lira ce fichier et utilisera les distances perpendiculaires pour calculer $f(0)$. Ceci est une estimation de la valeur réciproque de la largeur réelle de la bande, LEB. Ceci représente la distance perpendiculaire pour laquelle le nombre de tas d'excréments ratés entre les lignes et la LEB (ESW) est égal au nombre de tas d'excréments repérés au delà de la LEB (ESW). Pour plus de détail voir Burnham *et al.* (1980) et Buckland *et al.* (1993).

La densité de tas d'excréments, D , est donc:

$$D = \frac{n.f(0)}{2L}$$

avec n représentant le nombre de bouses et L la longueur totale des transects dans lesquelles elles ont été repérées. Les méthodes pour estimer la variance de D et les limites de confiance sont décrites par Burnham *et al.* (1980) et Buckland *et al.* (1993). Les calculs sont effectués automatiquement par les programmes ELEPHANTS et DISTANCE:

L'analyse des données devra se faire séparément pour chaque strate, et celles-ci seront ensuite combinées afin d'obtenir une estimation générale pour toute la région d'étude (Norton-Griffiths 1978).

5.6 TAUX DE DÉFÉCATION

5.6.1 Collection des données

Le taux de défécation est le nombre moyen de tas d'excréments produits par éléphant par jour. Des estimations de taux de défécation ont été effectuées par Wing & Buss (1970), Merz (1986) et Tchamba (1992). Vous devrez estimer les taux de défécation dans votre propre secteur d'étude parce qu'ils peuvent varier d'un endroit à l'autre. Ceci n'est cependant pas toujours possible, dans quel cas vous devriez utiliser les estimations du

secteur qui ressemble le plus au vôtre en termes de pluie et végétation.

Un moyen pour obtenir des données sur les taux de défécation est de poursuivre les éléphants comme l'a fait Tchamba (1992): suivez les traces d'un groupe, notez chaque bouse, camper la nuit et continuez à suivre les traces le lendemain. Si vous connaissez le nombre d'individus dans le groupe et la durée en temps que représentent les traces que vous avez suivies, alors vous pourrez faire le calcul du nombre total d'heures-éléphants (le nombre d'éléphants multiplié par le nombre d'heures). Admettons que vous n'ayez omis aucune bouse et qu'aucun animal n'ait quitté ou rejoint le groupe, alors vous pourrez calculer le nombre de tas d'excréments par éléphant et par jour. Cette méthode, avec modifications, est utilisée au Cameroun par l'équipe de recherche WCS (James Powell, pers. comm.): on repère un éléphant portant un collier émetteur tôt le matin, et on plante un piquet-marqueur. Le lendemain matin on repère à nouveau l'animal. Ensuite on retrace le chemin du groupe en relevant tous les tas d'excréments jusqu'à l'endroit où le piquet a été planté.

Il est important de faire des périodes d'observation suffisamment longues (au minimum cinq ou six heures, mais de préférence douze), d'obtenir un nombre adéquat de périodes d'observation et de les distribuer régulièrement sur les 24 heures car il y a des variations du taux de défécation (Dawson 1990).

Nous voudrions vous donner ici un avertissement. S'ils se sentent suivis en végétation dense, les éléphants deviennent très rusés. Ne les sous-estimez pas.

Observer les éléphants en cachette pour noter leurs défécations peut sembler plus simple et plus sûr. Cependant, si cet affût se trouve à un endroit où les animaux viennent boire, ceci peut fausser votre estimation parce que les éléphants ont l'habitude de déféquer quand ils approchent de l'eau.

5.6.2 Analyse

Pour chaque période d'observation, le taux de défécation par heure est le nombre total de défécations divisé par le nombre total d'heures d'observation. Vous obtiendrez un taux journalier en multipliant le résultat par 24, et pourrez ensuite calculer la moyenne, la variance et les limites de confiance en utilisant les méthodes usuelles.

ENCADRÉ 5.1: VARIANCE ET TERMES S'Y RÉFÉRANT

Il faut faire la distinction entre taille réelle de la population et taille estimée de la population. La taille réelle de la population représente le nombre effectif d'éléphants dans une zone d'étude. En général, nous ne connaissons pas la valeur de ce chiffre. La taille estimée de la population est le calcul de la population que nous faisons en utilisant les données récoltées pendant l'étude. Nous espérons que cette estimation se rapproche de la taille réelle de la population. Dans ce cas, il s'agit d'une estimation exacte. Souvent cependant, il y a un facteur qui provoque une erreur constante dans l'établissement d'une estimation, et il y a alors sur-estimation ou sous-estimation de la taille de la population. La différence entre la taille réelle de la population et cette estimation s'appelle un biais. La source la plus importante de biais en cas d'étude aérienne est l'efficacité des observateurs, c'est-à-dire le fait que les observateurs ne repèrent pas tous les animaux dans leurs unités d'échantillonnage (Caughley & Goddard 1972). Cette source d'erreur est bien plus fréquente que vous ne pourriez penser. D'autres biais en étude aérienne peuvent provenir du mauvais fonctionnement des altimètres, ce qui peut causer une estimation erronée de la largeur des bandes (Norton-Griffiths 1978). Des simulations sur ordinateur semblent cependant indiquer que l'efficacité des observateurs n'est pas une source de biais en cas de dénombrement d'excréments quand on utilise la méthode de transects par lignes (Barnes *et al.* 1988)

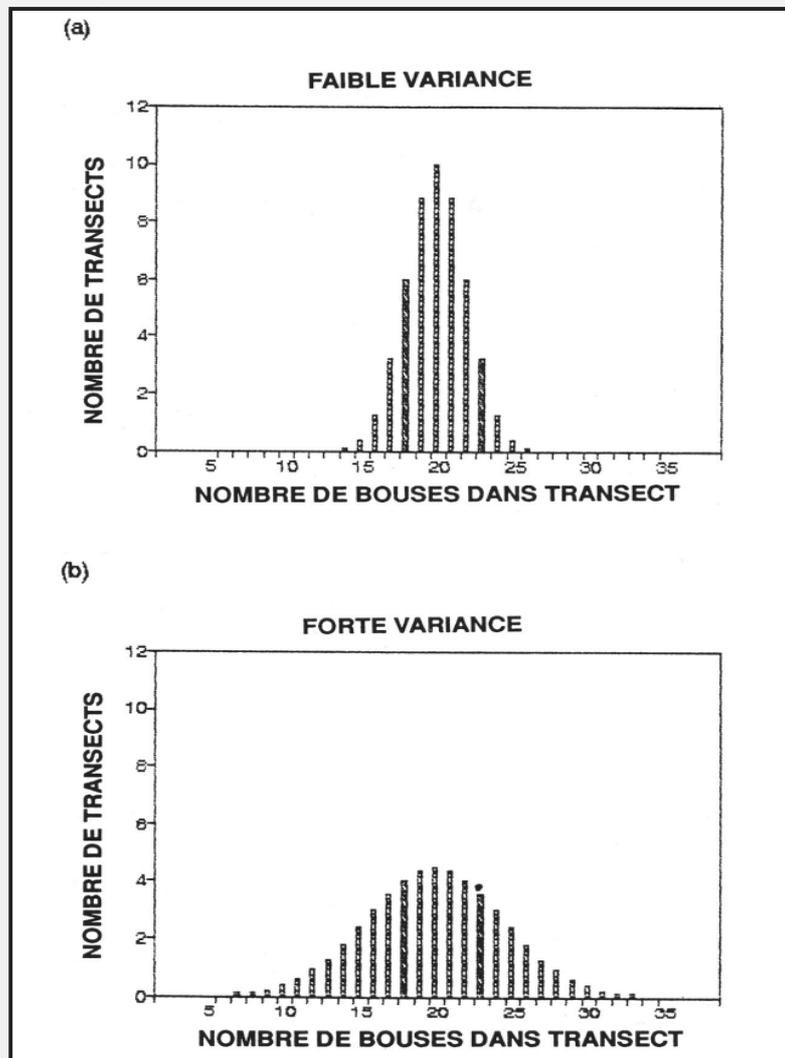


Fig. 5.4: Illustration d'une variance. Dans chaque graphique ci-dessous le nombre moyen de tas d'excréments par transect est estimé à 20. Dans le graphique a la variance est faible et les estimations des différents transects s'agglomèrent étroitement au dessus de la moyenne. Dans le graphique b la variance est grande et les estimations autour de la moyenne sont plus écartées.

Un autre type d'erreur d'échantillonnage. Il s'agit ici de la variation des échantillons choisis au hasard que l'on trouve toujours dans les études biologiques. Si vous faites des études répétées dans la même région, chaque estimation diffèrera légèrement des autres à cause de cette variation. Si vous étudiez les résultats d'une étude, vous remarquerez que les transects choisis au hasard contiennent des nombres d'animaux ou d'excréments différents de ceux trouvés dans les transects des autres études de la même région. Animaux et excréments ne sont jamais répartis régulièrement. Dans quelques transects on trouvera une grande quantité d'excréments, peu dans d'autres, et dans quelques transects il n'y en aura pas du tout.

Les estimations dans les différents transects de chaque étude auront tendance à s'agglomérer autour de la valeur moyenne. Il s'agit ici simplement de la moyenne (la somme des estimations des transects n divisée par n). Si les estimations des différents transects s'agglomèrent fortement autour de la moyenne (Fig. 5.4.a), c'est qu'il y a peu de variation entre les transects. Cette variation se mesure par la variance. Dans ce cas, la variance est faible. Si les estimations des transects sont très dispersés (Fig. 5.4b), alors la variance sera élevée.

L'erreur standard est la racine carrée de la variance. On trouve les limites de confiance de 95% en multipliant l'erreur standard par le facteur t . Pour de grands échantillons $t = 1,96$ pour 95% de limites de confiance. Pour des études de faune sauvage on calcule en général 95% de limites de confiance, mais il existe des situations où vous voulez obtenir 90% ou 99% de limites de confiance.

Les limites de confiance sont en général définies par un taux au-dessus ou au-dessous de l'estimation. On indique par exemple, une estimation de 100 tas d'excréments avec des limites de confiance ± 20 , comme 100 ± 20 . Les limites de confiance indiquent que si vous deviez refaire plusieurs échantillonnages de la population et calculer l'estimation de la population. Alors 95% de vos estimations se trouveront entre 80 et 120. On peut également les interpréter comme ayant une certitude de 95%, que la taille de la population se situe donc entre 80 et 120.

Une estimation ayant une variance faible et des limites de confiance étroites représente une estimation précise. Une estimation peut être inexacte mais précise. Cela veut dire que l'estimation diffère largement de la taille réelle de la population, mais qu'elle a de larges limites de confiance. Nous espérons, évidemment, que toutes nos estimations soient exactes et précises.

Ce sujet est traité plus en détail par Norton-Griffiths 1978

5.7 TAUX DE DÉCOMPOSITION DES EXCRÉMENTS

5.7.1 Collection des données

L'estimation du taux de décomposition des excréments demande beaucoup de temps. Il faut la faire en même temps que l'on effectue le transect en ligne. Il vous faudra donc deux équipes, une pour faire le recensement par transect en ligne et l'autre pour les observations de la décomposition des excréments. Vous pouvez aussi utiliser la même équipe pour faire les transects en ligne la première année et les observations de la décomposition des excréments à la même saison l'année suivante.

Le but est d'estimer le taux moyen journalier de décomposition des excréments, en mesurant le temps nécessaire à chaque tas d'excréments

servant d'échantillon pour passer de sa déposition jusqu'au stade E. Les données recueillies au Parc National Kakum au Ghana révèlent que 50 tas d'excréments représentent la meilleure quantité pour permettre une bonne estimation du taux de décomposition à n'importe quelle saison. Il est préférable de tenter d'obtenir 55 ou 60 dans le cas où certains tas d'excréments auraient été perturbés par des braconniers ou perdus d'une autre manière.

Parfois on passe plus de temps que prévu à rechercher des tas d'excréments parce qu'on doit s'assurer de la date de leur déposition. En général, il est difficile d'estimer l'âge des excréments déposés depuis plus de 48 heures; ne vous fiez à ceux qui prétendent pouvoir le faire, à moins de vous être assuré qu'ils ont des connaissances au sujet d'excréments dont l'âge est connu. Le mieux est de rechercher des bouses qui ont été déposées dans les dernières 24 heures. Chaque tas

d'excréments doit être marqué et indiqué sur une carte afin de pouvoir y retourner chaque semaine. Il faudra y retourner jusqu'à ce qu'il ait atteint le stade E. Il y a, bien entendu, un certain degré de subjectivité dans la définition du stade E et cette subjectivité est une importante source d'erreurs potentielles. Au Ghana, nous avons cependant pu nous assurer qu'avec une certaine expérience pratique, les observateurs arrivent à définir de façon extrêmement constante le point de transition entre les stades D et E. Il importe surtout d'utiliser une définition constante et d'utiliser la même définition aussi bien dans les études par transects en ligne que pour vos observations de décomposition. Avant de commencer un recensement des excréments vous devriez passer plusieurs jours à parcourir la région d'étude afin de déterminer votre définition de la transition D/E.

Les tas d'excréments ne se décomposent pas uniformément. Certains passent au stade E en dix jours. D'autres en cents jours (Barnes & Barnes 1992). Le fait que tous vos tas d'excréments à part deux aient vieillis peut être extrêmement ennuyeux. Cela vous coûtera éventuellement beaucoup d'argent de surveiller deux tas d'excréments solitaires (qui se trouveront toujours aux deux extrémités de votre zone d'étude) pendant deux semaines. Barnes & Barnes (1992) ont cependant pu démontrer que si vous utilisez la méthode d'analyse Goodman, l'estimation du taux de décomposition échappe aux biais. C'est-à-dire, si tous les tas d'excréments sauf deux se sont décomposés, vous pouvez arrêter vos observations et commencer à analyser les données. Le fait d'ignorer les deux derniers tas n'aura aucun effet sur votre estimation du taux de décomposition. Cependant, ceci n'est vrai que si vous utilisez la méthode Goodman.

5.7.2 Analyse

En raison de la décomposition irrégulière des excréments l'analyse des taux de décomposition est compliquée. Au début on pensait que le processus de décomposition était exponentiel (Short 1983; McClanahan 1986; Barnes & Jensen 1987). Mais Dawson (1990) a démontré que ceci n'était pas le cas et ses conclusions ont depuis été confirmées par une grande quantité de tas d'excréments en décomposition (Grimshaw & Foley 1990; Reuling 1991; Lee White pers. comm.). Les méthodes d'analyse de ces données progressent toujours. Dawson (1990) a décrit une méthode; une autre, qui se base sur le modèle de

taux de survie chez les mammifères de Goodman (1984) et citée par Barnes & Barnes (1992). D'autres sont en cours de développement (Sukumar pers. comm.).

5.8 LE CALCUL DU NOMBRE D'ÉLÉPHANTS

Le nombre d'éléphants (E) est calculé à partir de la densité des tas d'excréments (Y), le taux de défécation (D) et le taux de décomposition (R), en utilisant l'équation (McClanahan 1986; Barnes & Jensen 1987);

$$E = \frac{Y \cdot r}{D}$$

Les variances individuelles de Y, r et D ont toutes une influence sur la variance de E. Cette variance se calcule de trois façons différentes qui ont toutes été décrites par Barnes (1993). Une autre méthode a été développée par Dr. R. Sukumar (pers. comm.) et sera publiée prochainement.

Si vous désirez éviter la théorie de l'état d'équilibre, alors vous pouvez vous référer à Hiby & Lovell (1991) qui ont préparé un programme donnant une estimation de E. Des observations sur la décomposition des excréments sont cependant encore nécessaires ainsi qu'une estimation sur le taux de défécation.

5.9 DIVERS CONSEILS

Une des sources d'erreurs potentielles est l'habitude qu'ont les éléphants de marcher en défécant. Quelques bouses peuvent donc tomber dans un tas et le restant dans un autre, et parfois les bouses tombent dans trois tas différents. En repassant plus tard, quand les bouses ont atteint le stade D (une masse amorphe), il vous sera impossible de déterminer s'il s'agit de deux défécations séparées ou d'une défécation tombant dans différents tas. J'ai constaté que même des observateurs expérimentés pensent être sûrs mais en sont incapables.

Si ce problème se présente, notez clairement sur la feuille de contrôle que les tas d'excréments peuvent provenir soit d'une ou de plusieurs défécations. Ensuite, quand vous analyserez les données, faites deux analyses. Dans la première, extrapolation linéaire. C'est-à-dire, après avoir

partez du principe que tous les tas d'excréments proviennent de la même défécation (par exemple, prenez la moyenne de leurs distances perpendiculaires). Pour la seconde, partez du principe qu'il y a différentes défécations. Des fois, il y a une grande différence entre les deux estimations, mais puisque vous ne pouvez savoir quelle est la bonne (ou parce que certaines bouses peuvent parvenir de deux défécations, et d'autres seulement d'une, le chiffre exact peut se trouver quelque part entre les deux), il vous faudra tout simplement présenter les deux estimations.

Chez l'éléphant des savanes, il y a des variations saisonnières dans les taux de défécation (Barnes, 1982), et les résultats de Wing & Buss (1970) indiquent que ceci est également vrai dans la Forêt Budongo en Uganda. L'étude de Tchamba (1992) au Cameroun ne démontrait par contre aucune variation saisonnière. Pourtant, il y a de nettes variations dans les taux de décomposition. Dans certains habitats il y a également des variations saisonnières, concernant la visibilité des tas d'excréments. A cause de ces variations saisonnières il vous faudra compléter un comptage d'excréments en une saison. Si vos études portent sur une grande surface, il faudra éventuellement étudier une strate pendant la saison humide, faire un autre genre de travail pendant la saison sèche, et étudier une autre strate pendant la saison humide de l'année suivante.

Faites des copies de vos données récoltées sur le terrain dès que vous les aurez obtenues. Insérez-les dans un papier carbone sur votre feuille de contrôle afin d'avoir une copie de vos données. Ou copiez la feuille de contrôle le soir. Si vous n'avez qu'une copie, vous risquez de perdre les résultats de tout votre travail dans le cas où la pirogue chavire, le camp brûle ou que l'on vole votre sac.

Faites une liste de tout l'équipement dont vous aurez besoin sur le terrain et emmenez des rechanges. Si vous vous trouvez à six jours de marche du village le plus proche, rien n'est plus fâcheux que de se rendre compte que le crayon que vous avez laissé tomber dans la rivière était votre dernier.

5.10 CONCLUSIONS

Il est vrai que le "comptage des"éléphants ne les sauve pas" (Boshe, 1990), mais la majorité des efforts de conservation des éléphants seront

toujours précédés et même déclenchés par un recensement d'une sorte ou d'une autre. Le grand projet de conservation des éléphants de forêt dans la région Nouabale dans le nord du Congo a, par exemple, été stimulé par les résultats des études sur les éléphants de forêt faites par Wildlife Conservation International (Fay 1991; Fay & Agnagna 1991; Barnes *et al.* 1993). Souvent il est difficile d'inciter à l'action les politiciens ou les dirigeants sans leur présenter des chiffres. Les chiffres renforcent vos arguments.

Il vous faudra être coriace si vous avez l'intention de compter les éléphants. Si le but de votre travail est de fournir des données qui serviront à prendre des décisions administratives (management decisions), (par exemple le massacre d'éléphants ou le commerce de l'ivoire), vous servirez de cible aussi bien à ceux qui pensent que vos estimations sont grossières, qu'à ceux qui les trouvent insuffisantes. Il vous faudra être entièrement objectif. Evitez de vouloir faire la preuve qu'il y a trop d'éléphants et qu'il faut les déimer, ou qu'il y en ait trop peu. Vos préjugés, inconsciemment, pourraient être la cause de résultats biaisés. L'idéal serait que vous collectiez et analysiez les données d'une manière professionnelle et objective, ainsi les décisions administratives qui se basent sur vos résultats devront être prises par les autorités à un échelon plus élevé.

S'il sont effectués de façon correcte, les comptages d'excréments peuvent donner des estimations exactes (par exemple, proches de la taille réelle de la population) et précises (par exemple, avec d'étroites limites de confiance), ainsi qu'il ressort d'une série d'expériences faites par Jachmann (1991) au Burkina Faso. En fait, dans les deux cas Jachmann (1991) a démontré que les comptages par échantillonnage d'excréments étaient supérieurs aux comptages par échantillonnage des éléphants eux-mêmes

5.11 ADRESSES POUR OBTENIR DES PROGRAMMES D'ORDINATEUR

1. Le programme ELEPHANT peut être obtenu auprès de:

Monsieur le Directeur,
Wildlife Institute of India,
Post Bag 18,
Dehra Dun - 248001,
Indes.

2. Le programme DISTANCE peut être obtenu auprès de:

The Colorado Cooperative Fish & Wildlife Research Unit,
201 Wagar Bldg.,
Colorado State University,
Fort Collins,
Colorado 80523, U.S.A.

Vous pouvez vous procurer ces programmes gratuitement.

Remerciements

Je remercie James Agyei-Ohemend, Stephen Asamoah et Malcolm Stark pour leurs commentaires sur une version précédente de ce chapitre. Ce chapitre se base sur le travail de terrain effectué en forêt d'Afrique centrale avec le support de NYZS The Wildlife Conservation Society. Je remercie le Dr. David Woodruff pour avoir mis à ma disposition les installations du Département de Biologie à l'Université de Californie, San Diego.

Bibliographie

BARNES R.F.W. (1982) Elephant feeding behaviour in Ruaha National Park. Tanzania. *African Journal of Ecology* 20,123-136.

BARNES, R.F.W. (1993) Indirect methods for counting elephants in forest. *Pachyderm* 16, 24-30.

BARNES, R.F.W. & BARNES, K.L. (1992) Estimating decay rates of elephant dung-piles in forest. *African Journal of Ecology* 30, 316-321.

BARNES, R.F.W. & JENSEN, K.L. (1987) How to count elephants in forests *IUCN African Elephant & Rhino Specialist Group Technical Bulletin* 1,1-6. Version en français "Comment compter les éléphants de forêt?", traduction Dr. H. Mertens.

BARNES, R.F.W., JENSEN, K.L., ALERS, M.P.T. & BLOM, A. (1966) Le nombre et la distribution des éléphants dans les forêts du nord-est du Gabon. Typescript report to La Direction de la Faune et de la Chasse. Wildlife Conservation International. 34 pp.

BARNES, R.F.W., BARNES K.L., ALERS, M.P.T. & BLOM, A. (1991) Man determines the distribution of elephants in the rain forests of northeastern Gabon. *African Journal of Ecology* 29, 54-63.

BOSHE, J. (1990) Counting elephants will not save them. *Swara* 12(3). 13-14.

BUCKLAND, ST., ANDERSON, DR., BURNHAM, K.P. & LAAKE, J.L. (1993) *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & Hall, London & New York.

BURNHAM, K.P. ANDERSON, DR., & LAAKE, J.L. (1960) Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72. 1-202.

BURNHAM, KR, ANDERSON, DR., & LAAKE, J.L. (1965) Efficiency and bias in strip and line transect sampling. *Journal of Wildlife Management* 49, 1012-1016.

BUTYNSKI TM. (1986) Status of elephants in the Impenetrable (Bwindi) Forest, Uganda. *African Journal of Ecology* 24, 169-193.

CAUGHLEY,G.J. & GODDARD, J. (1972) Improving the estimates from inaccurate censuses. *Journal of Wildlife Management* 36, 135-140.

DAWSON, S (1990) A model to estimate density of Asian elephants (*Elephants maximus*) in forest habitats. M.Sc. Thesis. University of Oxford, U.K.

DAWSON, S. & DEKKER A.J.F.M. (1992) *Counting Asian elephants in forests*. FAO, Bangkok.

DEKKER, A.J.F.M. & DAWSON, S (1992) ELEPHANT. Wildlife Institute of India, Dehra Dun.

FAY,J.M. (1991) An elephant (*Loxodonta africana*) survey using dung counts in the forests of the Central African Republic. *Journal of Tropical Ecology* 7, 25-36.

FAY, J.M. & AGNAGNA, M. (1991) A population survey of forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) in northern Congo. *African Journal of Ecology* 29, 177-187.

GOODMAN. D. (1984) Statistics of reproductive rate estimates, and their implications for population projection. *Report of the International Whaling Commission Special Issue* 6, 161-173.

GRIMSHAW, J.M. & FOLEY, CA.H. (1990) Kilimanjaro Elephant Project 1990 Final Report. Typescript, Friends of Conservation, Nairobi.

HIBY, L. & LOVELL, P. (1991) DUNGSURV—a program for estimating elephant density from dung daisy without assuming "steady state". In: *Censusing Elephants in Forests: Proceedings of an International Workshop* (Eds. by U. Ramakrishnan, J.A. Santosh, & R. Sukumar). pp. 73-79. Asian Elephant Conservation Centre, Bangalore.

JACHMANN. H. (1993) Evaluation of four survey methods for estimating elephant densities. *African Journal of Ecology* 29, 188-195.

JACHMANN. H. & BELL, R.H.V. (1979) The assessment of elephant numbers and occupancy by means of dropping counts in the Kasungu National Park. Malawi. *African Journal of Ecology* 17, 231-241.

JACHMANN. H & BELL, R.H.V. (1964) The use of elephant droppings in assessing numbers occupancy, and age structure: a refinement of the method. *African Journal of Ecology* 22. 127-141.

KREBS, C.J. (1989) *Ecological Methodology*. Hamper & Row, New York

LAAKE, J.L. BUCKLAND, ST., ANDERSON, D.R & BURNHAM, K.P (1993) DISTANCE User's Guide. Colorado Cooperative Fish & Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

McCLANAHAN, T.R. (1986) Quick population survey method using faecal droppings and a steady state assumption. *African Journal of Ecology* 24, 37-39.

MERZ G. (1986) Counting elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) in tropical rain forests with particular reference to the Tai National Park, Ivory Coast. *African Journal of Ecology* 24, 61-68.

NORTON-GRIFFITHS, M. (1976) *Counting Animals*. Handbooks on techniques currently used in African wildlife ecology. Ed.J.J.Grimadell. No. 1.AWLFI, Nairobi.

REULING. MA. (1991) Elephant Use of the Marang Forest Reserve in Northern Tanzania. M.Sc. Thesis. University of Washington, U.S.A.

SHORT. J.C. (1983) Density and seasonal movements of the forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie) in Bia National Park. Ghana. *African Journal of Ecology* 21,175-184.

TCHAMBA. M. (1992) Defaecation by the African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) in the Santchou Reserve, Cameroun. *Nature et Faune* 7, 27-31.

WHITE, L.J.T. (1992) Vegetation history and logging damage: effects on rain forest mammals in the Lope Reserve, Gabon. Ph.D. Thesis University of Edinburgh.

WING, L.D. & BUSS, I.O. (1970) Elephants and forests. *Wildlife Monographs* 19,1-92.

COMPTAGES DIRECTS DES ÉLÉPHANTS AU SOL

H. Jachmann

Luangwa Integrated Resource Development Project
P.O. Box 510249
Chipata, Zambia

6.1 INTRODUCTION

La méthode la plus directe pour estimer l'abondance d'une population d'éléphants est de compter tous les individus dans une zone définie. L'estimation de la densité d'une population s'obtient tout simplement en divisant le nombre compté par la dimension de la zone de recensement, et le taux de la densité ainsi obtenu peut alors être appliqué aux zones voisines ayant des caractéristiques similaires, tel que le type de sol et de végétation. Ces méthodes de recensement s'appellent en général les méthodes d'échantillonnage par carrées, zones ou bandes. Définir une région ou zone, et compter ensuite à pied ou en voiture tous les éléphants s'y trouvant, risque de prendre beaucoup de temps et n'est pas toujours très pratique et de toute façon impossible si la population des éléphants est en mouvement ou si les individus sont largement dispersés. Comme alternative on utilise des méthodes de transects ou de transects en ligne pour estimer l'abondance des animaux. Les deux méthodes peuvent s'effectuer à pied ou en voiture et partent d'un principe similaire à celui utilisé dans l'estimation de l'abondance des éléphants par le comptage des excréments (voir 5^{ème} chapitre).

Ce chapitre débute avec une courte description des comptages au sol par transects et est suivi d'une discussion sur les techniques des transects en ligne. Nous vous recommandons vivement de lire Norton-Griffiths (1978) comme introduction au travail d'étude, et Burnham *et al.* (1980) et Buckland *et al.* (1993) pour une documentation statistique sur l'échantillonnage par transects en ligne.

6.2 COMPTAGE PAR TRANSECTS

La manière la plus simple d'estimer le nombre provenant de données d'observations est par

extrapolation linéaire. C'est-à-dire, après avoir étudié une zone définie dans une région, tel qu'un transect d'une largeur déterminée, et partant du principe que tous les animaux dans cette zone ont été détectés, on applique la densité calculée à toute la région. Cette méthode donne les meilleurs résultats en terrain dégagé sans problème de visibilité. Dans tous les autres cas la méthode sera insuffisante pour au moins deux raisons qui causent des erreurs dans l'estimation de l'abondance des animaux:

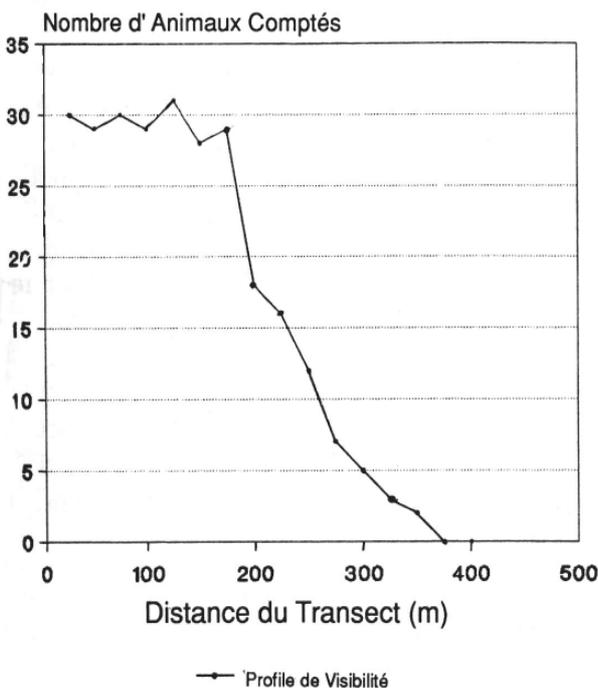
- i) Il est difficile de définir exactement la zone à étudier; et
- ii) on part du principe que tous les individus ont été vus dans la zone étudiée. Ceci ne correspond cependant pas tout à fait à la réalité quand on utilise, par exemple, un transect d'une largeur déterminée dans les habitats en terrain boisé. Dans ce cas, les estimations de population seront biaisées de façon négative, c'est-à-dire on estimera moins d'éléphants qu'il y a en réalité dans la région.

Ces problèmes peuvent être résolus en utilisant des transects variables de largeur déterminée; ici la largeur du transect est réglée selon la densité de la végétation. En terrain dégagé, la largeur du transect peut atteindre 500m, tandis qu'en cas de végétation dense la largeur déterminée peut être diminuée à 100m. Cette technique peut cependant être à l'origine des mêmes erreurs que la méthode des largeurs déterminées décrite plus haut. La méthode King était la première à utiliser l'approche de la visibilité variable en prenant la distance de vision moyenne comme la moitié de la largeur réelle de la bande ou la moitié de la largeur de la bande recensée. Bien que cette méthode ait des faiblesses et induit à des sur-

estimations de densité (Norton-Griffiths 1978), il ne faut pas une formation poussée pour effectuer le travail en terrain et l'analyse des données.

Une autre technique est la méthode Kelker (dissertation non publiée), où on mesure la distance de chaque groupe d'éléphants à partir de la ligne de transect. On dénombre ensuite les groupes d'éléphants dans des ceintures se trouvant à des distances de plus en plus grandes de la ligne de transect. Le nombre d'éléphants dans chaque ceinture est alors indiqué selon la distance à laquelle ils ont été vus à partir du transect (Fig. 6.1). La courbe ainsi obtenue tombera fortement à une certaine distance à partir du transect. Ce point représente la moitié de la largeur réelle de la bande. La précision de l'estimation augmentera dès que la largeur de la

Nombre d' Animaux Comptés



ceinture recensée diminue, par exemple quand les intervalles entre les ceintures seront de 25m, les estimations seront beaucoup plus précises qu'en cas d'intervalles de 100m. Des ceintures étroites ne sont cependant praticables uniquement quand les éléphants sont habitués à la présence de l'homme et des véhicules, autrement on ne pourra rien observer dans les premières ceintures.

Bien que dans un sens la méthode Kelker soit meilleure que celles décrites avant, il en résulte en général des sur-estimations de densité

(Norton-Griffiths 1978). La méthode ne sera praticable uniquement quand la courbe des observations tombe graduellement ou forme un sinus ou un 's'

Pour conclure, le seul système qui réduit fortement les sources d'erreurs est la méthode de transects en ligne décrite ci-après.

6.3 ECHANTILLONAGE PAR TRANSECTS EN LIGNE

6.3.1 Théorie de l'échantillonnage par transects en ligne

Pour effectuer un échantillonnage par transects en ligne, l'observateur avance en suivant une ligne droite d'une longueur connue (transect). Il ou elle consigne chaque animal, note la distance de l'animal de l'observateur au moment où il est repéré et détermine sa position à l'aide d'une boussole, qu'il ou elle convertit ensuite en un angle par rapport au transect (Fig. 6.2). Ainsi l'observateur peut calculer la distance

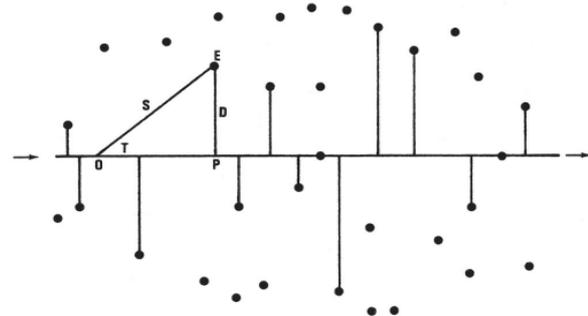


Fig. 6.2: Représentation par diagramme d'un échantillonnage par transect en ligne et les données que l'on devra recueillir par éléphant repéré. Les éléphants détectés montrent la distance perpendiculaire à la ligne de transect. Ceux sur la ligne ont toujours été repérés, tandis que ceux plus éloignés sont moins aptes à être repérés. L'observateur se trouve sur la position O. l'éléphant repéré à E, et P est le point perpendiculaire à l'éléphant. La distance de repérage est S, l'angle est T et la distance perpendiculaire est D.

perpendiculaire de chaque éléphant par rapport au transect. La largeur du transect n'est pas fixe et change constamment selon la visibilité ou la densité de la végétation le long du segment particulier du transect. La largeur du transect diffère également selon chaque espèce en cas de recensement d'espèces multiples.

Les données d'une étude par transects en ligne consistent en une série de distances et angles et la taille de l'échantillonnage même qui en résulte (par exemple, nombre de groupes vus et nombre de transects parcourus). Les relèvements de distances et d'angles sont transformés en une série de distances perpendiculaires des éléphants à partir de la ligne de transect. Ces distances perpendiculaires sont ensuite utilisées pour un modèle statistique afin de calculer la densité d'éléphants dans une zone. L'idée à la base d'un tel modèle est que la probabilité de détecter un éléphant diminue au fur et à mesure que la distance à partir du transect augmente. Mathématiquement, ceci s'exprime par une

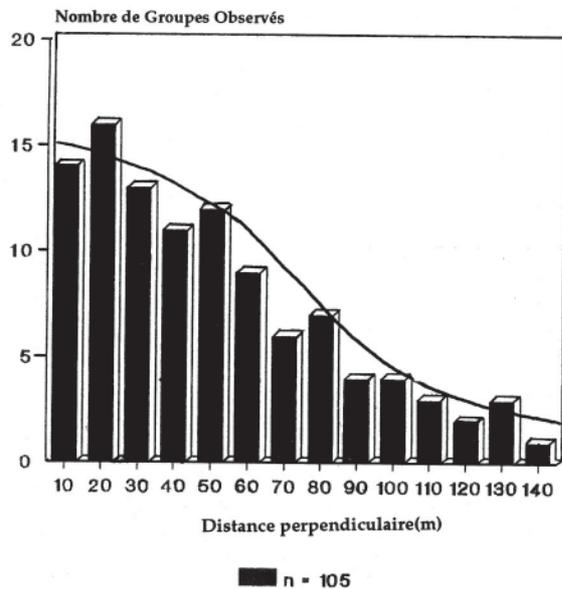


Fig. 6.3: Exemple hypothétique d'un diagramme de fréquence des données de distance perpendiculaire pour des groupes d'animaux repérés. La fonction de détection ($g(x)$) est indiquée, mais pas à l'échelle.

fonction ou une courbe appelée la fonction de détection $g(x)$, quand x est la distance perpendiculaire (Fig. 6.3). Il s'agit ici de la probabilité conditionnelle de détection d'un éléphant quand l'animal se trouve à une distance perpendiculaire de la ligne de transect. De nombreux facteurs affectent la probabilité de repérer des animaux: par exemple, la vigilance, l'intérêt et l'entraînement des observateurs, les conditions d'habitat, la période de l'année, l'heure de l'observation, et la taille du groupe d'éléphants etc. Si l'échantillonnage par transects en ligne dépendait d'une probabilité de repérage qui serait une simple fonction de x ou de la distance perpendiculaire à partir du transect de tous les

animaux repérés pendant toute la durée de l'étude, il ne serait pas d'une grande valeur car une telle condition n'existe pas en réalité. Il y a heureusement des méthodes d'analyse qui ne sont pas affectées par des variations de probabilité de repérage pour chaque animal vu ou pendant la durée de l'étude. Mathématiquement la fonction de détection peut être un mélange de plusieurs fonctions simples: $g(x) = g_1(x) + \dots + g_k(x)$, quand chaque $g_1(x)$ s'applique à une série de conditions de détection (Burnham *et al.* 1980). Bien que la fonction de détection dépend de beaucoup de facteurs, la distribution spatiale des éléphants n'en est pas un.

6.3.2 Estimation de densité

Vous avez lu dans le 5ème chapitre sur le comptage d'excréments que le calcul mathématique des techniques de transects par ligne est compliqué et qu'un ordinateur était indispensable. Ceci s'applique également aux comptages directs et nous vous recommandons de recourir à quelqu'un ayant des connaissances en ordinateurs et en statistiques pour vous aider à analyser vos données et à expliquer les hypothèses des différentes méthodes.

La technique de base de toute estimation de transects en ligne est la suivante. Le facteur d'estimation d'une densité (D) de (n) observations sur un transect d'une longueur (L) s'exprime ainsi:

$$D = \frac{n}{2.L.a}$$

Le paramètre inconnu (a) peut être la moitié de la largeur réelle de la bande du transect, et la relation entre (a) et la fonction de détection est l'intégrale de la courbe de détection:

$$a = \int_0^w g(x) dx$$

Il y a quatre facteurs d'estimation pour établir un modèle $g(x)$, dont le plus fort est la Série Fourier, pour lequel il faut au moins 40 observations (Burnham *et al.* 1980). Quand on dispose entre 25 et 40 observations, on peut utiliser le Modified Hayne Estimator. Pour moins de 25 observations, le Hayne ou Generalized Hayne Estimator peut fournir une estimation raisonnable. Si vous désirez plus de renseignements sur ces estimateurs, veuillez consulter Burnham *et al.* 1980.

6.3.3 Procédés en terrain

L'avantage majeur de la technique d'échantillonnage par transects en ligne est son application relativement simple en terrain. La détermination de lignes de transect peut être temporaire ou permanente. On devrait utiliser des lignes de transect permanents, indiquées par des points de repère, quand on examine les transects périodiquement. L'utilisation de transects permanents permet de coupler les données pour des analyses de différences de densité effectuées sur un certain laps de temps, et augmente l'importance de telles analyses. Après avoir choisi les zones d'étude, il faut établir la disposition des transects. Cette disposition des transects dépendra des besoins en statistique, mais comme on verra dans les exemples donnés à la fin de Ce chapitre. des réflexions sur la logistique. L'approvisionnement et l'accessibilité détermineront souvent le plan d'étude final à adopter.

Tout comme pour le compte d'excréments (voir 5ème chapitre). les facteurs suivants sont d'importance capitale:

- i) définir une ligne de parcours droite;
- ii) obtenir des mesures exactes des distances et des angles; et
- iii) assurer que tous les éléphants sur et très près de la ligne du transect soient repérés avec certitude.

Bien que la technique en terrain soit relativement simple (voir section 6.3.1), il importe d'avoir une certaine connaissance de la théorie pour obtenir de bonnes estimations de la densité. Toute la technique de l'échantillonnage par transects en ligne repose sur la nécessité de suivre une ligne ou des segments de lignes de transect droits. Ceci est souvent rendu difficile en terrain à cause d'obstacles physiques tels que arbres, rivières et formations de rochers, et la difficulté à essayer de maintenir un parcours droit et de chercher en même temps des éléphants. Mais, sans définir le parcours d'une manière ou d'une autre il est impossible d'obtenir des mesures exactes des distances perpendiculaires. Si l'observateur essaye de marcher vers les éléphants quand ils les a repérés, la distance perpendiculaire et l'angle seront biaisés négativement et l'estimation de la densité sera biaisée positivement.

Il est important d'appliquer le plan statistique ou l'étendue recherchée de l'échantillonnage aussi

bien à la zone d'étude qu'à la durée de l'étude. L'étendue de l'échantillonnage dépendra du nombre de lignes de transect, de la longueur de chaque ligne, de la fréquence à laquelle chaque ligne est inspectée et du nombre d'observateurs ou d'équipes d'observateurs qui effectuent l'étude. L'emplacement des lignes de transects dans la zone d'étude est d'importance primordiale. On peut établir les transects systématiquement, au hasard ou par stratification. Les lignes ne devraient pas être trop proches l'une de l'autre et ne devraient pas se chevaucher. La stratification de la zone d'étude selon certains critères, tel que type d'habitat, peut être avantageuse sous certaines conditions. Mais le système par stratification peut être un piège. Si chaque strate contient une longueur suffisante de lignes permettant un échantillonnage assez grand pour permettre l'analyse des données par strate, il n'y aura pas de problèmes. Mais si l'effort fait par strate est insuffisant pour analyser les données des distances par strate, il faudra grouper les données de plusieurs strates avant de les analyser. Ce procédé peut aboutir à un facteur d'estimation de la densité moyenne biaisé, à moins que la longueur totale des lignes appliquée à la strate soit proportionnelle à la longueur de chaque strate (Burnham *et al.* 1980).

Il faut bien choisir l'époque à laquelle une étude est faite, en tenant compte de facteurs importants tel que l'époque à laquelle était effectuée l'étude et la désignation d'observateurs aux lignes. Il y a aussi d'autres facteurs moins importants tel que le début et la fin des observations pendant une journée et même la direction du chemin à prendre. Le plus important consiste à éviter de confondre des changements en densité qui pourraient survenir avec le temps selon la disposition des lignes.

6.3.4 Analyse des données

Les données brutes récoltées sur le terrain comprennent les distances et angles de repérage des éléphants. taille des groupes et nombre de transects parcourus. Les relèvements sur le terrain devraient être convertis en angles par rapport au relèvement du transect. Etant donné que l'on traite un groupe d'éléphants comme une seule observation, et que les analyses d'ensemble des données s'expriment en densités, il faudra calculer la taille moyenne du groupe. On pourra alors analyser les données à l'aide d'un programme d'ordinateur approprié, tel que Transect (Burnham *et al.* 1980), qui permet d'utiliser la Série Fourier, Modified Hayne,

Generalized Hayne et Hayne, Plusieurs autres programmes d'ordinateur sont disponibles pour l'analyse de donnée sur les transects en ligne. Mais à ma connaissance, Transect est le programme le plus commode et permet l'utilisation de ces quatre estimateurs.

Ainsi qu'il est dit plus haut, vous devriez utiliser le Fourier Séries estimateur si vous avez plus de 40 observations de groupes d'éléphants. Si vous avez moins d'observations, vous pouvez choisir un des trois autres estimateurs. Un statisticien vous aidera à décider lequel des modèles produits par chacun des estimateurs convient le mieux à vos données (explique le plus de variances), et donc quel modèle utiliser pour votre estimation de la densité des éléphants.

6.3.5 Degré de précision

En cas d'échantillonnage par transects en ligne, la grandeur de l'échantillonnage ou le nombre de groupes ou d'animaux individuels repérés déterminera la précision de l'estimation de la densité de population, indépendamment du type d'estimateur utilisé pour l'analyse (Jachmann 1992). Le rapport entre nombre d'animaux repéré

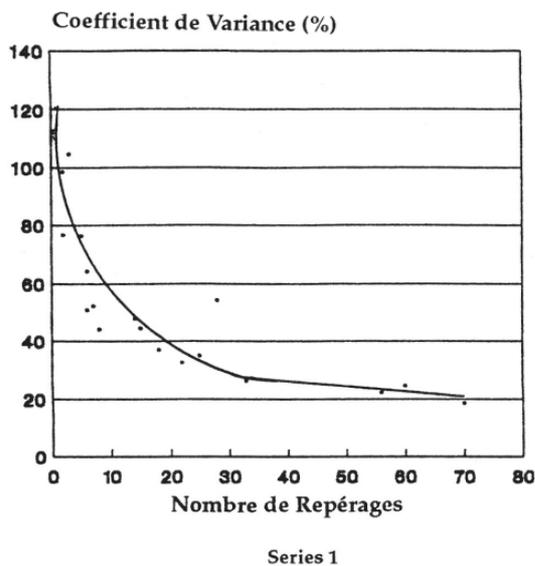


Fig. 6.4: Rapport entre le nombre de repérages de groupes ou d'individus d'une espèce et la précision de l'estimation de densité, (coefficient de variance). Le rapport est significatif à $P < 0,001$ et est indépendant du type d'estimateur utilisé pour l'analyse.

(S) et le coefficient de variance (CV) suit une courbe hyperbolique orthogonale (Fig. 6.4) (pour l'explication de la variance voir 5ème chapitre - Encadré 5.1). Le rapport linéaire est décrit par $\log CV = 2,08 - 0,40 \log S$ et est significatif à $P < 0,001$ (Fig. 6.5). Pour un nombre plus grand de

repérage, la courbe du coefficient de variance tombe rapidement au début pour des repérages allant jusqu'à 30 (Fig. 6.5). Un nombre plus grand de repérages ne causera que peu d'améliorations du niveau de précision (Fig. 6.5). Le tableau 6.1 montre le nombre de repérages nécessaires pour obtenir un certain niveau de précision.

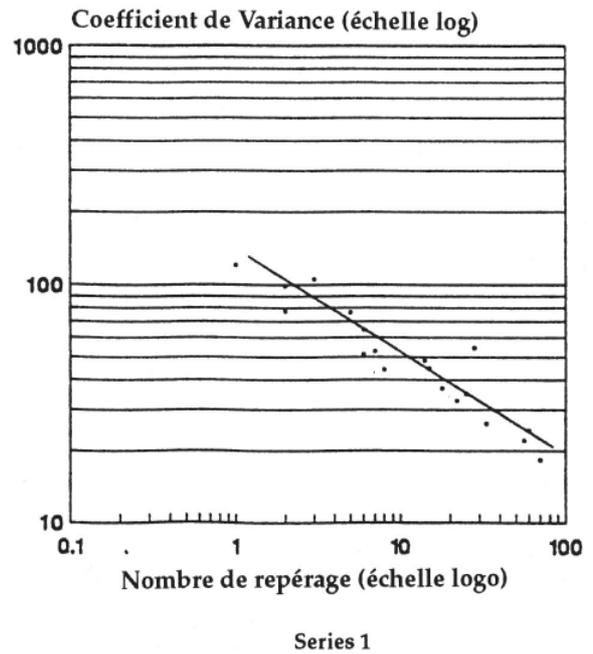


Fig. 6.5: Rapport entre le nombre de repérages de groupes ou d'individus d'une espèce et la précision de l'estimation de densité (coefficient de variance) sur une échelle log. Le rapport est significatif à $P < 0,001$ et ne dépend pas du type d'estimateur utilisé pour l'analyse.

Coefficient de Variance	Nombre de repérages
0%	158,485
5%	2,818
10%	501
15%	178
20%	89
25%	50
30%	32
35%	22
40%	16
45%	12

Tableau 6.1: Le degré de précision de l'estimation de densité requis, et le nombre de repérage de groupes d'éléphants nécessaire pendant une étude par transects en Ligne (Jachmann, 1992).

A moins que la densité de la population d'éléphants ne soit extrêmement grande, ou que le plan d'étude ne permette de couvrir un grand pourcentage de la zone, on ne trouvera rarement un coefficient de variance de moins de 15%.

6.4 COMPTAGES AU SOL EFFECTUÉS EN VOITURE

Les différentes techniques dont on dispose pour des comptages au sol fait à pied, de la méthode simple utilisant la ceinture à largeur déterminée jusqu'à la méthode plus sophistiquée des transects en ligne, peuvent toutes servir pour un comptage en voiture. Il existe deux types d'études en voiture. Le premier se pratique en terrain très dégagé où il est possible de parcourir une série de lignes droites sans être limité par l'infrastructure existante. Ce genre d'étude en voiture est le même dans ses grandes lignes que les comptages par transects effectués à pied. Le second type d'étude en voiture fait usage du réseau routier et peut être sujet à d'importants biais car le système routier n'est rarement le même dans toutes les régions. La construction des routes se fait généralement en tenant compte du paysage, des collines et rivières. Selon les saisons, les éléphants se concentrent souvent le long des rivières et les comptages faits sur les routes peuvent résulter en des sur-estimations. Dans certaines régions où il y a une grande activité humaine, les éléphants sont en général timides et évitent les routes ce qui résulte en une estimation basse. Un bon exemple est le comptage par route fait en Mars 1988 sur le Nazinga Game Ranch en Burkina Faso (Jachmann 1988a, 1991). Au Nazinga du fait du dérangement humain les éléphants étaient timides et évitaient donc les routes (Jachmann 1988b & 1989).

L'étude demandait environ 6 jours de travail et s'étendait sur 267km de routes. On a utilisé des angles de repérage et distances de repérage pour calculer les distances perpendiculaires. A deux reprises la distance perpendiculaire moyenne a été prise pour la largeur du transect, et les 95% de limites de confiance ont été calculés en comptant plusieurs fois la même portion de route et en utilisant la variance des estimations pour un calcul approximatif de l'erreur d'échantillonnage, (Burnham *et al.* 1980). L'étude

a donné une estimation de population de 293, environ 20% de moins que le comptage par l'air fait la même année (Tableau 6.2), ce qui a été une estimation modérée (Jachmann 1991).

Bien que les estimations de populations obtenues par des comptages en voiture risquent d'être biaisées, ces comptages seront souvent la seule méthode de recensement praticable quand le budget disponible est limité. Une analyse coût/bénéfice a montré qu'une seule étude à pied par transects en ligne au Nazinga Game Ranch était huit fois plus chère qu'une étude par route (Jachmann 1988a, 1991).

6.5 EXEMPLES D'ÉTUDES SUR LE TERRAIN

6.5.1 Généralités

Deux exemples d'études sur le terrain de comptages par transects sont décrites ici: l'une de la Game Management Area de Lupanda au centre de la Vallée Luangwa en Zambie (Jachmann 1992) et l'autre de la Nazinga Game Ranch au Burkina Faso (Jachmann 1991). Des comptages multi-espèces ont été effectués dans les deux cas utilisant la méthodologie de transects en ligne pour estimer les densités des animaux et pour déterminer des quotas de chasse d'espèces choisies. Les résultats et commentaires de ces exemples se limiteront cependant aux estimations de la population des éléphants.

6.5.2 Lupande Game Management Area (GMA), Zambie

6.5.2.1 Plan des transects

Dans la zone d'étude du GMA de Lupande (3.728km²) un total de 41 transects ont été disposés à des intervalles de 5km et ayant une longueur total de 317,5km (quatre transects d'une longueur

Méthode de l'étude	Année	Estimation de Population	95% C.J.	Estimateur
Recensement aérien	1989	366		Compte total
Etude à pied	1987	487	210-774	Série Fourier
Etude à pied	1988	306	0-952	Modèle Hayne
Etude en voiture	1988	293	0-728	Distance perp.

Tableau 6.2 Estimations de populations d'elephants dans le Nazinga Game Ranch, Bukina Faso (Jachmann 1991).

de 10km et 37 transects d'une longueur de 7,5km). Les transects ont été parcourus deux fois en 1992, la première fois fin juillet et la deuxième fois fin octobre (fin de la saison sèche).

La disposition des transects a été plus ou moins établie en fonction du nombre limité de route dans la zone d'étude. Après avoir parcouru un transect, l'équipe des observateurs devait couvrir la même distance sur le retour vers la route. Les transects ont été disposés de façon à ce que l'équipe d'observateurs puisse finir chaque transect dans une matinée. Malgré les contraintes décrites ci-dessus, le nombre de transects et la longueur totale des transects ont été choisis pour former une distribution égale des transects dans la zone d'étude, avec environ 1 km de transect par 12km² de zone d'étude. A l'exception de quelques transects au nord, tous les transects étaient disposés de l'est à l'ouest ou avec une position magnétique de 90° ou 270°. Tous les transects étaient marqués par une étiquette à leur début portant un nombre qui correspondait à la longueur et à la position magnétique du transect.

6.5.2.2 Parcourir les transects

Six équipes d'environ trois personnes chaque, dont un chef d'équipe, un guide pour le terrain et un guide pour les villages s'occupaient des transects. Tous les transects étaient parcourus de 7.00 heures à 10.00 heures. Avant la première expédition, en juillet, toutes les équipes ont suivi un séminaire de trois jours afin de se familiariser avec la théorie des transects en ligne, l'estimation des distances et l'utilisation d'une boussole, d'un pedomètre et d'un télémètre. Une boussole a été utilisée pour suivre une ligne droite d'après des points de repère le long du trajet et pour prendre des relevements vers le ou les objets par rapport à la ligne de transect. Afin d'estimer la distance parcourue sur le transect, des pedomètres StepSets 400 ont été utilisés. Cet équipement a fait l'objet d'un calibrage tous les deux jours sur une distance de 400m, indiquant automatiquement la longueur de pas d'une personne. Il indique la distance parcourue avec une précision de 25m, tandis qu'une série de lignes indiquait une erreur de 5-10% pour chaque des pedomètres utilisés pendant l'étude. Par contre, on utilisait sur les pentes un télémètre pour déterminer la distance de profil couverte sur le transect.

L'information suivante a été relevée par rapport à la ligne droite sur le transect chaque fois qu'un animal/groupe a été détecté:

- l'espèce
- le nombre d'animaux dans le groupe
- la distance de l'animal à l'observateur
- le relèvement à la boussole de la position de l'animal en s'assurant que toutes les indications ont été prises sur la ligne de transect.

6.5.2.3 Résultats

Pendant les deux études effectuées à pied, 14 groupes d'éléphants seulement ont été repérés avec un total de 62 animaux, ce qui représentait une taille moyenne d'un groupe de 4,43. La population a été estimée à 403 +/- 185 (95% de limites de confiance 22-783), en utilisant le Generalized Hayne estimateur. Dans une étude aérienne, couvrant 6% de la région de Lupande, la population a été estimée à 666 +/- 258 (95% de limites de confiance 160-1172), ce qui n'est pas très différent de l'estimation obtenue dans l'échantillonnage par transects en ligne.

6.5.3 Nazinga Game Ranch, Burkina Faso

6.5.3.1 Plan des transects

Dans le Nazinga Game Ranch (1.000km²), 30 transects d'une longueur totale de 562,1km ont été parcourus. Les transects allaient de la frontière sud à la frontière nord du ranch (position magnétique de 180°). Chaque équipe a été déposée au début d'un transect et reprise à la fin. On a pu utiliser le plan d'étude en raison du grand réseau de routes donnant un accès facile à toute la région. Trois études à pied ont été faites en 1987 pendant les premières semaines de février, avril et mai (fin de la saison sèche). En 1988, une seule étude a été faite à pied en avril. Tous les transects ont été marqués par des étiquettes à leur début et à leur fin. La manière de parcourir les transects était en principe la même que dans la région Lupande en Zambie.

6.5.3.2 Résultats

Les données recueillies pendant les trois études conduites à pied en 1987 ont été groupées pour arriver à une estimation de la population des éléphants de 487 +/- 277 (n = 35), en utilisant le Fourier SÈries estimateur pour déterminer la densité de la population (Tableau 6.2). L'unique étude à pied faite en 1988 a donné une estimation de la population de 306 +/- 646 (n = 7), en

utilisation la Modified Hayne estimateur (Tableau 6.2). L'estimation groupée de 1987 est de 33% plus élevée que le résultat du recensement aérien (100% de la région) fait en 1989 (Tableau 6.2) L'unique étude à pied conduite en 1988 a eu comme résultat une estimation de 16% en dessous du recensement aérien de 1989. Le grand échantillonnage des études groupées a donné un plus haut degré de précision que l'étude à pied, mais l'estimation de l'étude à pied était plus précise (Tableau 6.2).

6.5.4 Discussions et conclusions

Aussi bien les plans d'étude à Nazinga que ceux à Lupande ont utilisé des transects permanent qui ont été parcourus trois fois et deux fois par an, respectivement. afin d'augmenter le nombre de repérages et donc de la précision des estimations finales (ceci ne comprend pas l'étude à pied unique faite à Nazinga en 1988). Il y avait cependant deux différences importantes entre les deux plans d'étude: premièrement, à Nazinga, le pourcentage du terrain couvert par l'étude était pratiquement six fois plus grand qu'à Lupande, et deuxièmement, l'infrastructure à Nazinga permettait de déterminer la longueur exacte de chaque transect. D'un autre côté l'utilisation des pedomètres dans la région Lupande a conduit à une erreur d'estimation de la longueur de chaque transect d'au moins 5-10%. En plus, les densités d'éléphants à Nazinga était d'environ trois fois plus élevées que celles dans la région Lupande. On pourrait en conclure que l'estimation de la population obtenue à Nazinga serait plus précise (ou aurait un intervalle de confiance plus étroit) que celle obtenue à Lupande. Ceci n'était pourtant pas le cas! Dans l'estimation de population de Nazinga il y avait une erreur standard de 57% pour 35 groupes d'éléphants repérés, tandis que dans l'estimation de population de Lupande il y avait une erreur standard de 46% pour seulement 14 groupes d'éléphants repérés. Ceci s'explique par le fait qu'à Nazinga toute la population d'éléphants est comprimée dans une région de moins de 400km² pendant la saison sèche (Jachmann 1989). Ceci veut dire que pendant les études à pied, les éléphants se trouvaient seulement dans quelques uns des 30 transects parcourus. ce qui a donné une estimation de population avec de larges intervalles de confiance (petit degré de précision). Que pouvons-nous en tirer? Si l'étude à Nazinga n'avait eu pour but uniquement de compter les éléphants. la chose à faire aurait été de stratifier ou de diviser la région

en zones avec une grande densité d'éléphants et une petite densité d'éléphants en se servant des informations détaillées disponibles concernant la distribution saisonnière des éléphants (Jachmann 1988b, 1989). Disposer les transects dans les deux strates ainsi déterminées aurait du être fait en proportion de la densité d'éléphants (par exemple, plus de transects dans la zone à grande densité), ce qui aurait fortement réduit la variance et donc les limites de confiance de l'estimation finale. Cependant, dans la région Lupande, les éléphants étaient distribués plus ou moins régulièrement sur la totalité de la zone d'étude et si le but de l'étude avait été uniquement de compter des éléphants il aurait été inutile de stratifier la zone.

Quand on prépare le plan statistique d'une étude par transects en ligne (par exemple, le degré envisagé du travail l'échantillonnage et sa répartition sur la zone d'étude et la durée de l'étude), on devrait théoriquement déterminer soigneusement le nombre de transects requis, la longueur de chaque transect, la disposition des transects et la fréquence à laquelle ils sont parcourus. Cependant, en pratique le budget disponible pour l'étude semble être le facteur le plus important pour établir le plan d'étude. par exemple, dans le GMA de Lupande on peut réaliser un coefficient de variance de 25% pour quelques unes des espèces les plus courantes, mais non pour l'estimation des densités d'éléphants. Les éléphants se manifestent en si petites densités qu'une étude visant à obtenir un coefficient de variance de 25% demanderait au moins 50 observations. Ceci impliquerait un grand travail et serait surtout extrêmement coûteux. Dans le cas du GMA de Lupande. le coût d'une seule étude est d'environ US\$ 2.500. Les estimations de population d'éléphants ont été obtenues des données recueillies dans deux études dont le coût total était d'environ US\$ 5.000. Si nous établissons le degré de précision acceptable à 25% (CV), nous devrions couvrir presque quatre fois le terrain de nos deux études précédentes, à un coût total d'environ US\$ 20.000. Il importe donc de maintenir un équilibre entre la précision requise pour des buts de gestion et la quantité de travail, de temps et d'argent nécessaire pour accomplir cette oeuvre.

Bibliographie

BUCKLAND, ST., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P. & LAAKE, J.L. (1993) *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & Halt, London & New York.

BURNHAM, K.P. ANDERSON, D.R. & LAAKE, J.L. (1980) Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72, 1-202.

JACHMANN. H. (1988a) Comparison of road and ground surveys of large mammals at the Nazinga Game Ranch. Nazinga special Reports, Series C, No. 33.

JACHMANN. H. (1988b) Numbers, distribution and movements of the Nazinga elephants. *Pachyderm* 10, 16-21.

JACHMANN. H. (1989) Nombre, répartition et déplacements des éléphants de Nazinga. *Nature et Faune* 5, 25-35.

JACHMANN,H. (1991) Evaluation of four survey methods for estimating elephant densities. *African Journal of Ecology* 29, 188-195.

JACHMANN. H. (1992) Introduction to line-transect sampling: 1992 population estimates and 1993 off-lake quotas for the Lupande Game Management Area. LIRDP, Chipata, Zambia.

NORTON-GRIFFITHS, M. (1978) *Counting Animals*. Handbooks on techniques currently used in African wildlife ecology. No. 1. (Ed. (J.J.R. Grimsdell). AWLF, Nairobi.

SECTION 3

L'ÉTUDE DES POPULATIONS



APPRENDRE A CONNAÎTRE UNE POPULATION

Cynthia Moss

Amboseli Elephant Research Project
African Wildlife Foundation
P.O. Box 48177
Nairobi
Kenya

7.1 INTRODUCTION

Toute personne s'apprêtant à étudier une population d'éléphants doit d'abord se poser une question essentielle: Quel est le but de l'étude, ou en d'autres termes, que désire apprendre le chercheur sur ces éléphants? De la réponse dépendra combien devra être connu sur la population. Si l'objectif est de savoir combien d'éléphants il y a dans une région déterminée, ou de connaître leur nombre et leur territoire, ou de connaître leur nombre, leur territoire et quels habitats ils utilisent dans ce territoire, ou encore le nombre, territoire, utilisation de l'habitat et préférences alimentaires, alors le chercheur pourrait entreprendre son étude des éléphants en utilisant des méthodes comprenant les comptages aériens, radiopistage, transects au sol et observations directes d'éléphants s'alimentant. Si, par contre, en plus ou au lieu des objectifs ci-dessus, le chercheur désire décrire la structure sociale, le comportement et la démographie des éléphants faisant l'objet de l'étude, alors il ou elle devra apprendre à connaître les différents membres de la population.

La connaissance individuelle peut être un outil important dans une étude d'éléphants et je parlerai dans ce chapitre des méthodes utilisées pour identifier et cataloguer les individus. Mais il y a d'autres moyens pour connaître les éléphants et je décrirai également les techniques que j'ai utilisées pour recueillir différents types de données sur les individus et les groupes d'éléphants.

7.2 PREMIERS PAS POUR CONNAÎTRE UNE POPULATION

7.2.1 Comment trouver les éléphants

Pour toute région d'étude le meilleur moyen est de s'adresser d'abord aux personnes locales, soit

aux personnes habitant la région ou, dans le cas d'un parc national ou d'une réserve, aux surveillants et aux gardes. Demandez où des éléphants ont été repérés, quelles pistes ils suivent, quelles sources d'eau ils préfèrent. Demandez-leur aussi où ils ont vu des excréments d'éléphants. Essayez d'avoir une idée sur les déplacements journaliers des éléphants afin que vous puissiez déterminer où les trouver le matin, à midi et le soir.

Si des comptages aériens de vos animaux ont été faits, tentez d'obtenir des copies des cartes, avec indications sur les endroits de repérage et les nombres. Ces données vous indiqueront pour chaque comptage où des éléphants ont été vus à un certain jour d'une certaine année et sous quelles conditions particulières. Mais n'espérez pas trouver les éléphants aux mêmes endroits quand vous irez les chercher. Il ne faut pas négliger que les éléphants ont des comportements très flexibles; Il est pratiquement impossible de se dire "Les éléphants viennent toujours à tel ou tel endroit à un moment donné". Cependant, les éléphants dépendent de l'eau, ce qui veut dire dans leur cas qu'ils doivent boire au moins tous les trois jours, mais il est beaucoup plus courant qu'ils boivent chaque jour. Cette dépendance de l'eau peut beaucoup aider les chercheurs, surtout si l'eau n'est disponible qu'à peu d'endroits dans la zone de recherche. Essayez de savoir où se trouvent les trous d'eau, sources, rivières, marecages, trous de forage, puits etc. S'il existe des traces d'éléphants (excréments, empreintes etc.) à certaines sources d'eau, alors cherchez vos éléphants dans cette région.

7.2.2 Comment approcher les éléphants

Après avoir acquis une idée de l'endroit où les éléphants se trouvent, il faudra penser comment les approcher et les observer. Ce stade de l'étude

dépendra largement de l'historique des éléphants dans la région et l'habitat. Les situations en Afrique vont d'un extrême à l'autre: d'éléphants fortement attachés à un habitat vivant en terrain ouvert et accessible jusqu'aux éléphants très prudents vivant dans les forêts denses.

Dans le cas des éléphants de forêt, il sera pratiquement impossible de les approcher et observer dans la forêt même. Il vaut beaucoup mieux les laisser s'approcher de vous. Pour y arriver on peut établir une cache ou un écran dans une clairière que les éléphants fréquentent, par exemple où ils trouvent du sel. La logistique est en général moins difficile pour les éléphants de savane et il y a plus de choix.

En fonction des conditions de la région d'étude, il y a différentes possibilités pour tenter d'approcher des éléphants vivant dans les habitats non-forestiers. Si la recherche est conduite dans un parc national en présence de touristes, vous devriez plus ou moins l'accomplir en voiture. Sur un terrain privé communal, il est possible d'aller à pied mais le fait d'être sur le sol n'est pas toujours un avantage. Cela peut être dangereux et vous n'avez pas l'avantage d'être en hauteur. Une alternative serait d'accomplir une partie de l'étude à dos de chameau ou à cheval.

Quel que soit le moyen de transport que vous choisissiez, il faudra observer certaines règles d'approche qui sont valables dans presque toutes les conditions. Les éléphants ont une vue médiocre, mais une bonne ouïe et l'odorat très développé. La direction du vent aura dans la plupart des cas une grande importance. Excepté pour les éléphants très attachés à leur habitat dans les parcs nationaux, le mieux est d'approcher les éléphants avec le vent venant des éléphants vers vous, c'est-à-dire sous le vent. Si vous utilisez un véhicule dans une région où les éléphants s'enfuient au bruit d'un moteur, il vous faudra probablement quitter le véhicule à une certaine distance des éléphants et continuer à pied. Dans ce cas vous devriez vous faire accompagner d'un pisteur expérimenté ou d'un guide. N'oubliez pas que les éléphants se déplacent très rapidement et si vous travaillez dans une région où il y a eu de la chasse, du braconnage, ou du dérangement, ils risquent de vous attaquer.

Supposons ici que les éléphants faisant l'objet de l'étude vivent dans une aire protégée quelconque et qu'ils soient à peu près habitués aux véhicules. Un de vos objectifs sera de les habituer à vous progressivement dans le courant de l'étude, afin que vous puissiez en fin de compte observer des

éléphants paisibles. Pendant les premiers mois de votre étude il importera d'établir des liens avec vos animaux d'étude. La clef en sera d'être aussi peu menaçant que possible. Essayez de suivre ces règles importantes:

- i) Approchez-vous toujours lentement des éléphants
- ii) N'essayez pas d'aller trop près d'eux; dès que les éléphants se retournent ou s'éloignent, immobilisez-vous et arrêtez le moteur
- iii) N'approchez pas les éléphants par derrière de leur sens de mouvement ou leur direction d'orientation.
- iv) Si possible, contournez un groupe en un large cercle et approchez les éléphants à un angle ou de devant ou mieux encore arrêtez-vous et laissez-les venir vers vous.

Si vous pratiquez toujours Ce genre d'approche ils s'accoutumeront progressivement à votre présence et réaliseront bientôt qu'il ne vaut pas la peine de s'éloigner.

Là où les éléphants risquent d'attaquer les véhicules plutôt que de s'enfuir, je préconise quand même de suivre ces règles. Je recommanderai dans la majorité des cas de vous immobiliser quand un éléphant attaque, surtout si l'éléphant semble indécis en piétinant d'avant en arrière ou en émettant des sons avant de charger. Un mâle en musth (voir chapitre 1) fait exception, il pourrait passer par toute une série de démonstrations avant d'attaquer. Il peut ou peut ne pas finir par attaquer, mais n'attendez surtout pas pour voir. En cas d'attaque sérieuse, l'éléphant baisse tout simplement la tête et charge sans hésitation et souvent sans émettre de sons. Si l'éléphant vient vers vous à toute vitesse avec apparemment l'intention d'attaquer sérieusement, une manière d'essayer de l'arrêter est de passer votre main par la vitre et de frapper contre la portière, en faisant autant de bruit que possible. C'est la méthode que m'a apprise Iain Douglas-Hamilton, qui a une grande expérience avec des éléphants qui attaquent. Dans mon cas, cela a toujours marché. Cependant, "la discrétion vaut mieux que le courage jusqu'à ce que vous soyez accoutumé aux éléphants que vous étudiez.

Encore une fois, selon les buts de votre étude il vaut mieux au début peser les pour et les contre d'une méthode indiscrète et gênante pour

recueillir les données, tel que les flèches ou l'immobilisation de membres de groupes de famille pour fixer des colliers émetteurs ou faire des prises de sang. Si vous n'essayez pas d'habituer les animaux à vous, alors il n'y aura pas de problème à utiliser ces méthodes, mais si vous essayez de gagner leur confiance, vous risquez d'anéantir tout le long travail que vous aurez effectué en changeant tout d'un coup votre comportement en essayant d'utiliser des flèches. Il est certain que les éléphants ont une bonne mémoire et une mauvaise expérience peut les inciter à se méfier pendant de longues années des véhicules ou même des chercheurs.

7.3 RECEILLIR DES INFORMATIONS

7.3.1 Données de base

Vous pouvez commencer à recueillir des données sur les éléphants, même sur ceux qui vous fuient, dès le premier jour de votre étude. Afin de se conformer à d'autres études en cours, je recommande de recueillir certaines données de base sur chaque groupe ou individu que vous rencontrez. Ainsi, les mêmes informations peuvent être comparées et mises en contraste pour les éléphants à travers toute l'Afrique.

Les données de base sont:

- i) Date, heure
- ii) Localité
- iii) Type d'habitat
- iv) Activité
- v) Nombre d'animaux dans le groupe
- vi) Type du groupe (mâle, femelle, éléphanteau, mixte).

La date et l'heure ne demandent pas d'explication. En ce qui concerne la localisation, il vous faudra décider de la précision que vous recherchez dans votre rapport. A Amboseli, nous avons opté pour des carrés de grille de 1km². Le type d'habitat dépendra de la zone d'étude, mais il existe des directives détaillées pour Pratt *et al.* 1966). Dès qu'un groupe est repéré, prenez note de l'activité manifestée par la majorité des éléphants dans le groupe. A Amboseli nous avons observé huit activités: se déplacer en s'alimentant, s'alimenter, se reposer, activités d'agrément (saupoudrer de poussière, gratter, vautrer dans la boue etc.), interaction, boire, avancer, rester immobile; s'il n'y a pas d'activité principale, nous

le notons. Ces activités sont appliquées pour des repérages généraux. Dans les études de comportement, il y aura lieu d'utiliser plus de catégories et les huit décrites ci-dessus seraient plus détaillées (voir Chapitre 10).

Les deux derniers points des données de base, le nombre dans un groupe et le type du groupe, semblent aisés, mais il y a certains problèmes et pièges pour recueillir des informations exactes.

7.3.2 Compter les éléphants

Compter les éléphants sur le sol est extrêmement difficile, même dans un terrain dégagé et avec une bonne visibilité. On pourrait croire qu'il est facile de compter de si grands animaux, mais c'est justement leur taille qui cause des problèmes. Les grands cachent les plus petits et ceux de taille moyenne. Quand les éléphants se déplacent en groupe, il est pratiquement impossible d'obtenir un nombre exact. Même après 26 ans d'expérience, quand je compte un groupe serré de plus de 10 éléphants, j'obtiens trois chiffres totaux différents en comptant trois fois de suite le même groupe.

Evidemment, vous pouvez obtenir un chiffre approximatif des animaux dans un groupe en comptant plusieurs fois, mais pour un compte exact il vous faudra attendre que le groupe se disperse. Le plus facile est de compter un groupe où les animaux se suivent un à un. Ensuite, un groupe qui s'alimente. De compter un groupe qui se repose est difficile, car les petits éléphanteaux se trouvant au milieu ne peuvent être repérés.

Observez autant que possible les éléphants à partir d'une hauteur ou mieux encore, d'une colline. Un autre moyen est d'attendre qu'un groupe traverse une route et de compter chaque animal en train de traverser. Mais si le groupe se déplace rapidement et que deux ou trois animaux traversent en même temps, alors il sera difficile d'obtenir un compte exact. Quand on recueille des données sur les nombres d'un groupe, il est recommandé d'utiliser un code qui indiquera l'exactitude de compte. (A Amboseli nous avons utilisé comme code: 0 = pas de compte; 1 = mauvais ou partiel; 2 = bonne estimation; 3 = exact). En procédant ainsi vous pourrez tenir compte de la précision du compte en analysant vos données.

Un autre problème qui pourrait se présenter quand vous comptez des groupes, est de décider ce qui est un groupe, en d'autres termes, où le

groupe commence et où il finit. Cette question pourrait se poser quand il s'agit d'une agrégation dispersée à travers une région. Il peut être difficile de décider s'il y a un grand groupe ou deux ou trois petits groupes. Ma définition de groupe est la suivante: "Un nombre d'éléphants se déplaçant ensemble où aucun animal est plus éloigné que la distance égale au diamètre de la masse coordonnée du groupe à son point le plus dense" (Moss 1983).

7.3.3 Types de groupes et composition

On trouve les éléphants en principe dans trois types de groupes: 1) groupes de mâles uniquement, 2) groupes de femelles/ éléphanteaux et 3) groupes mixtes (ce sont des groupes de femelles/éléphanteaux avec la présence de mâles adultes). Malgré le fait qu'il y a un dimorphisme sexuel évident chez l'éléphant adulte, beaucoup de personnes ont du mal à distinguer les mâles des femelles.

Avant même d'essayer de regarder les caractéristiques physiques des éléphants, il y a plusieurs points de repère pour vous aider. Les femelles ne sont que très, très rarement seules. Si vous rencontrez donc un éléphant seul, c'est très probablement un mâle. D'autre part, les groupes femelles/éléphanteaux sont constitués d'animaux de tailles différentes, du petit éléphanteau de 85cm seulement d hauteur d'épaule jusqu'aux femelles adultes allant jusqu'à 270cm. Si vous rencontrez un groupe composé d'éléphants de taille uniforme, ce sont probablement tous des mâles. Inutile de dire qu'il vous faudra vérifier le sexe et l'âge des animaux avant d'enregistrer un groupe.

7.4 DÉFINIR LE SEXE ET L'ÂGE

7.4.1 Définir le sexe des éléphants

Le dimorphisme sexuel des éléphants adultes est fortement évident en ce qui concerne leur taille. Aussi bien les mâles que les femelles grandissent tout au long de leur vie, mais la croissance des femelles se stabilise à l'âge de 25 ans environ, tandis que la croissance du mâle continue régulièrement (Laws & Parker 1968). À l'âge de 50 ans, un mâle a une hauteur d'épaule de 330cm à 360cm et pèse de 6 à 7 tonnes. Les femelles

atteignent rarement plus de 270cm d' hauteur d'épaule et pèsent environ 3 tonnes au même âge. Cette différence en taille peut vous aider beaucoup à définir l'âge des adultes plus âgés.

En plus, la forme et le poids des défenses sont différents entre mâles et femelles. Les défenses du mâle sont beaucoup plus grosses et fuselées que chez les femelles dont les défenses ont une épaisseur plus uniformes d'un bout à l'autre. Bien plus évident est la taille des défenses du mâle comparée à celle de la femelle. Les plus grosses défenses mâles jamais enregistrées pesaient 100,8kg chaque; les plus grosses défenses femelles ne pesaient que 29,7kg chaque.

La forme de la tête est une autre différence apparente. Les mâles ont des têtes arrondies et plus larges entre les yeux. Les femelles ont des têtes plutôt pointues, et la région entre les yeux est plus étroite (Fig. 7.1a). On distingue cette différence même chez les éléphanteaux.

Tout comme chez les autres mammifères, le facteur décisif pour la définition du sexe sont les organes reproductifs externes. Le problème chez les éléphants est que les parties génitales ne sont pas très visibles dans la plupart des cas et des habitats. L'éléphant mâle n'a pas de testicules externes, et le pénis est enfoncé dans une gaine (Fig 7.1b). La vulve de la femelle pend très bas entre les pattes arrières avec l'ouverture vers le sol à l'encontre de la majorité des ongulés dont la vulve se trouve juste au-dessous de l'anus.

Même quand un éléphant se trouve dans l'herbe courte et que tout le corps est visible, il n'est pas toujours facile de voir les parties génitales parce qu'elles sont cachées par les jambes la plupart du temps. La meilleure façon de bien les voir est de derrière. Chez le mâle une arête courte de l'anus et entre les jambes, pour se terminer par la fin de la gaine juste devant les pattes de derrière. Chez la femelle il y a des plis qui se terminent par l'ouverture carrée de la vulve (Fig. 7.2). Quand un éléphant urine son sexe devient visible, mais parfois on peut faire l'erreur de prendre le clitoris d'un éléphanteau femelle pour un pénis.

Les femelles adultes se distinguent également par leurs glandes mammaires ou leur poitrine, qui se trouve entre les pattes de devant. Un éléphant a deux mamelles, chacune portant un mamelon. Les poitrines des mâles et femelles sont identiques jusqu'à la première gestation de la femelle. Les mamelles commencent alors à gonfler et à grandir

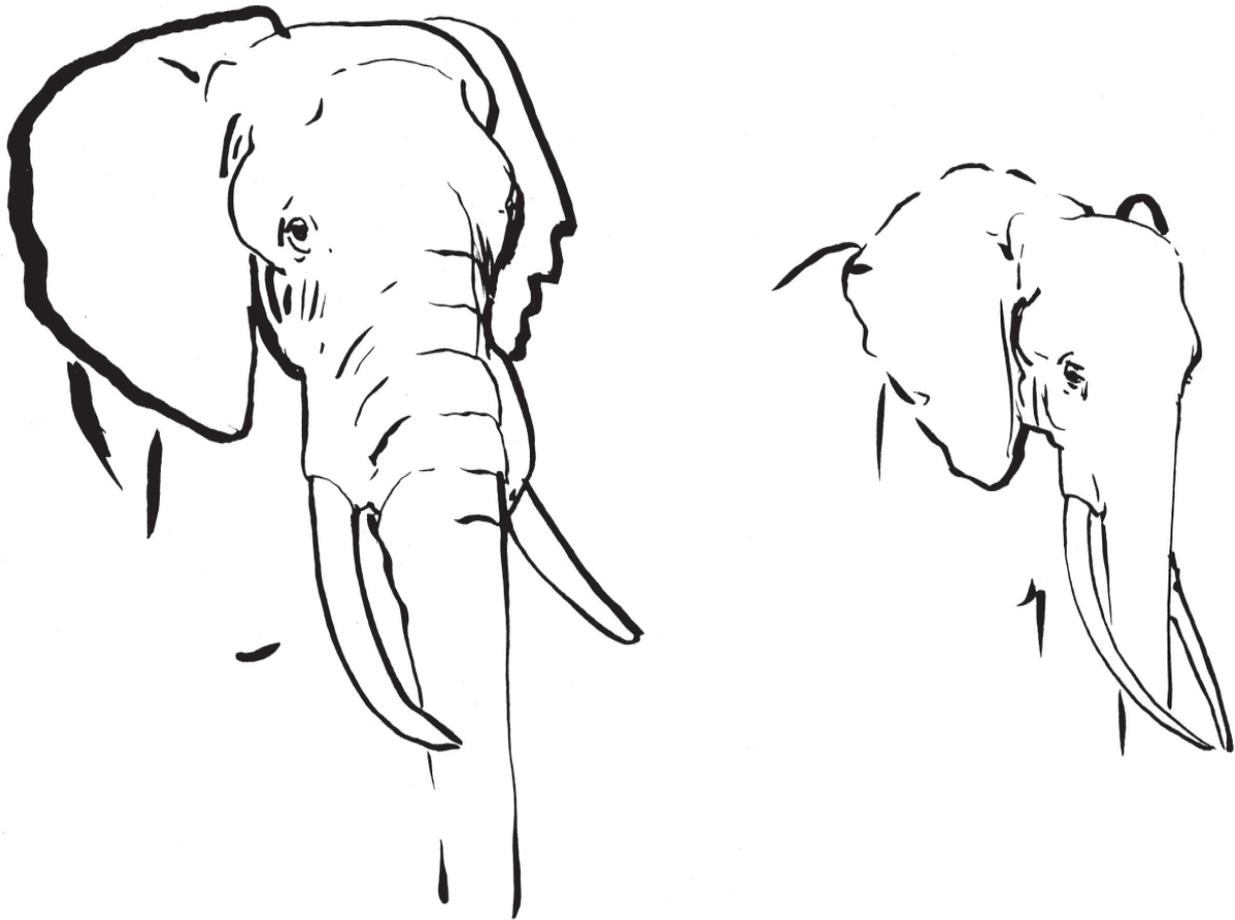


Fig. 7.1a: Formes de tête mâle (à gauche) et femelle (à droite): la tête est plus large entre les yeux et le front fuyant chez le mâle; la femelle est étroite entre les yeux et les défenses et le front forment un angle plus aigu.

et lorsque la femelle a eu un éléphanteau, elle conservera toujours des mamelles quelque peu développées même si elle n'allait pas.

7.4.2 Définir l'âge des éléphants en territoire libre

Il y a plusieurs méthodes pour déterminer l'âge des éléphants, allant de l'enregistrement des naissances des individus, ce qui permet de connaître exactement leurs âges, jusqu'à une estimation grossière selon leur apparence. Ici aussi le genre d'étude envisagée déterminera le choix des méthodes. Le Amboseli Elephant Research Project a toujours voulu être une étude de longue haleine ayant comme but de suivre l'historique de chaque animal. Au début de 1994 il y avait plus de 537 éléphants d'âges connus dans une population de 832, allant des éléphanteaux nouveaux jusqu'aux animaux de 22 ans.

L'enregistrement des naissances, couplé avec une connaissance des individus, est la méthode la plus exacte de recueillir des données, mais il sera généralement important d'estimer la structure d'âge d'une population sur une durée de moins de 30 ou 40 ans! Heureusement pour les chercheurs il y a d'autres méthodes.

Puisque la croissance des éléphants s'étale sur toute leur vie, plus l'éléphant sera grand, plus il sera âgé. On peut estimer l'âge selon la hauteur à l'épaule (Laws, Parker & Johnston, 1975; Lee & Moss 1995), la longueur du dos (Laws 1969; Croze 1972) et la longueur de l'empreinte du pied (Westem *et al.* 1983; Lee & Moss, 1986; Lee & Moss 1995). Vous trouverez les méthodes pour mesurer ces paramètres chez l'éléphant vivant dans les documents cités. Pour les éléphants morts ou immobilisés, on peut évidemment prendre les mesures sur le sol (voir

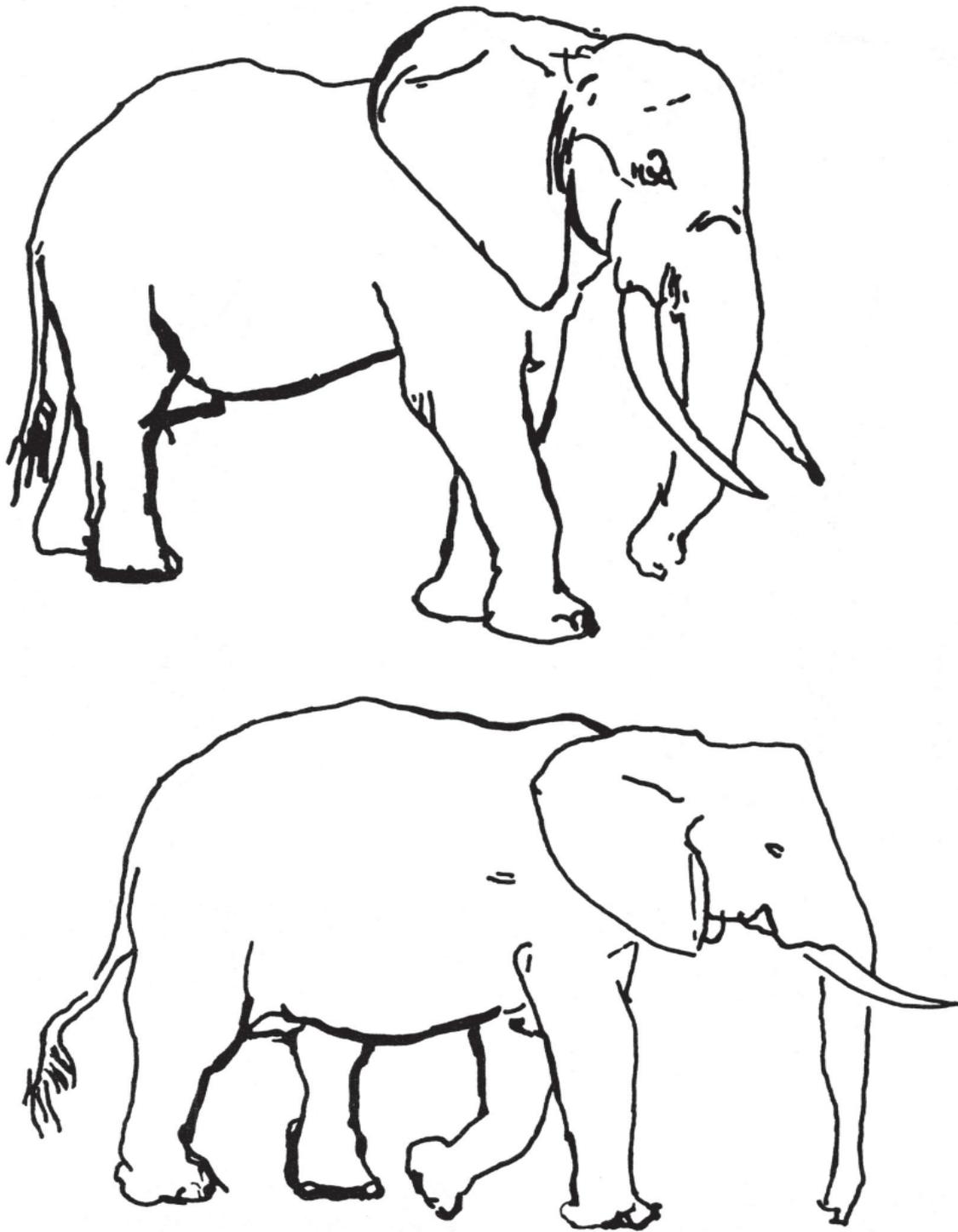


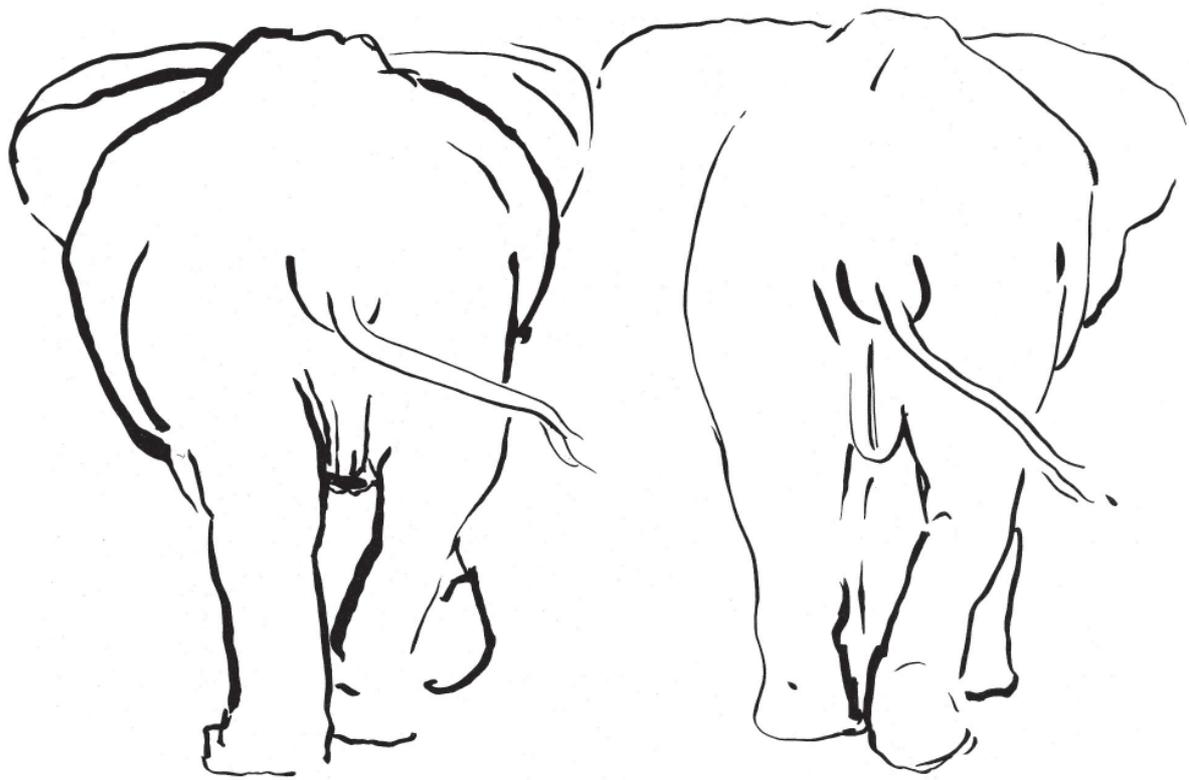
Fig. 7. 1b: Différences entre l'aspect du corps chez le mâle (en haut) et la femelle (en bas): la partie inférieure du corps chez le mâle remonte vers les pattes avant, la gaine du pénis est visible; la partie inférieure du corps chez la femelle est plus parallèle au sol; poitrine visible chez l'adulte.

Une autre méthode de définir l'âge d'un éléphant est d'après ses dents. Durant sa vie, l'éléphant acquiert six paires de molaires, dont chacune apparaît à un certain âge et s'use progressivement (voir Encadré 7.1 et Laws 1966). En examinant la mâchoire inférieure pour détecter la percée ou l'usure des dents, on peut définir l'âge d'un éléphant à sa mort. Il est parfois possible d'examiner les dents d'un éléphant immobilisé

(voir

chapitre 18).
mais ce ne serait pas une méthode adéquate pour obtenir la structure générale d'âge d'une population.

Dans les cas où des mesures ne peuvent pas être prises, on peut établir l'âge des éléphants visuellement. L'expérience aidant il est possible d'estimer l'âge des éléphants en tenant compte de plusieurs



caractéristiques, tel que la taille, le

Fig. 7.2 Femelle (à gauche) et mâle (à droite): la vulve de la femelle est à angle droit et l'ouverture pointe vers le sol, plis de la peau partant de la queue jusqu'à l'ouverture; crête chez le mâle partant d'en dessous de la queue et passant entre les jambes formant la gaine avec l'ouverture pointant vers l'avant. Notez aussi que la forme du corps chez la femelle est plus arrondie et les côtés s'évasent souvent au niveau du bassin tandis que le mâle a une forme plus étroite.

développement physique, la percée des défenses, la longueur et la circonférence des défenses et la forme et les proportions du corps. (Pour plus d'informations voir Encadré 7.2). L'âge des éléphants jusqu'à 10 ans est assez facile à définir à +/- un an, et pour les éléphants de 10-20 ans, on peut en général l'estimer à +/- deux ans. L'âge des éléphants de 20 ans et plus est plus difficile à définir à vue d'oeil, surtout celui des femelles. Puisque les éléphants mâles continuent à prendre de la hauteur à l'épaule et du poids pendant toute leur vie, l'expérience aidant il n'est pas difficile de distinguer un éléphant de 25 ans d'un éléphant de 35 ans, ou un éléphant de 35 ans d'un éléphant de 50 ans. En plus, non seulement le mâle continue à grandir et ses défenses à grossir, mais sa tête devient plus grande au niveau du front et de la base des défenses, ce qui avec l'âge fait ressembler sa tête vue de face à un sablier (Poole 1989). D'autres

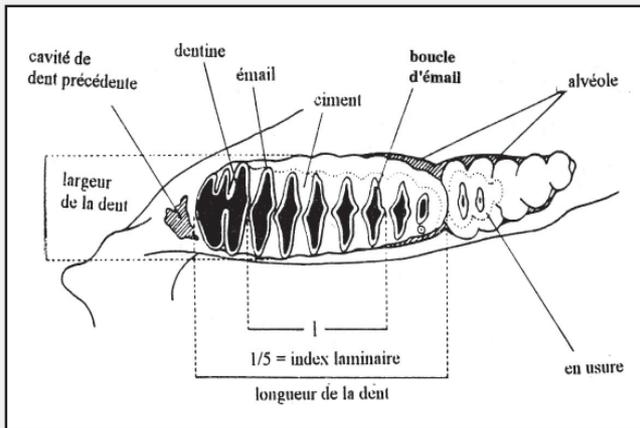
caractéristiques, tel que la taille de la tête par rapport au corps et l'épaisseur du cou et de la trompe, peuvent également servir à déterminer l'âge des mâles.

La hauteur d'épaule chez les femelles continue à augmenter légèrement pendant leur vie mais ceci est à peine perceptible (Laws & Parker 1968). Par contre, la longueur du dos des femelles augmente avec l'âge et cette dimension a servi à estimer l'âge (Laws 1969; Croze 1972). En plus, la circonférence et la longueur des défenses augmentent au fur et à mesure que la femelle prend de l'âge. L'apparence générale peut également servir. Les femelles âgées deviennent plus osseuses autour des épaules et de la tête, et le haut des oreilles se replie plus et semble se trouver plus bas, par rapport à la tête et les épaules, que chez les jeunes femelles (Moss 1988).

ENCADRÉ 7.1 ESTIMATION DE L'ÂGE DES ÉLÉPHANTS EN UTILISANT DES TECHNIQUES D'ÉVALUATION MOLAIRE

On peut déterminer l'âge d'un éléphant en observant les différents stades de l'évolution molaire. Pendant leur vie, les éléphants développent 6 molaires dans chaque quart de leur mâchoire. Chaque molaire perce à un certain âge et s'use à un rythme particulier. On a développé deux méthodes pour déterminer l'âge des éléphants à l'aide de leurs molaires. Laws (1966) a utilisé la percée et l'usure des dents pour établir 30 catégories d'âge, tandis que Sikes (1968) a utilisé le nombre de lamelles ou arcades alvéolaires des dents qui disparaissent pendant le processus de l'usure.

Jachmann (1988) a démontré des failles dans les deux méthodes en faisant ressortir les problèmes qui existent à utiliser ces techniques d'évaluation molaire chez l'adolescent vieillissant et l'adulte d'âge moyen, et aussi le problème des variations entre populations. Jachmann (1988) fait quelques rectifications aux catégories d'âge de Laws, et fait ressortir que la mensuration de la longueur et de la largeur d'un molaire suffit pour identifier le numéro correct de la molaire.



La méthode que nous présentons est adaptée de la méthode de Laws, utilisant les molaires pour l'éléphant vieillissant, et incorpore les rectifications faites par Jachmann (1988).

Quand on trouve la mâchoire d'un éléphant mort ou en état d'immobilisation, il faut déterminer le nombre de molaires existant dans la mâchoire inférieure de l'éléphant. Ensuite il faut mesurer la longueur et la largeur de la molaire la plus proche de l'ouverture de la bouche à l'aide d'un pied à coulisse. (voir Fig. 7.3). Comparez les mesures de la dent à celles du tableau ci-dessous (Tableau 7.1) pour identifier la dent comme étant M1, M2, M3, M4, M5 ou M6.

Fig. 7.3: Diagramme de mesures de dents et termes techniques (source: Laws 1966)

Numéro de la molaire	Longueur de la molaire (cm)	Largeur de la molaire (cm)
M1	1,0 - 4,0	1,3 - 2,0
M2	5,0 - 7,0	2,5 - 4,0
M3	9,5 - 14	3,9 - 5,2
M4	13,0 - 17,5	5,0 - 6,8
M5	17,5 - 22,5	5,9 - 8,5
M6	22,0 - 31,0	6,4 - 9,4

- Si la longueur de la molaire que vous mesurez tombe entre deux catégories de numéro de molaires, (par exemple entre M3 et M4 ou entre M5 et M6) alors il faut prendre la largeur de la molaire pour avoir le numéro correct.
- Si la largeur de la molaire que vous mesurez tombe entre deux catégories de numéro de molaires, alors il faut prendre la longueur de la molaire pour avoir le numéro correct.
- Si la largeur ou la longueur de la molaire tombent entre deux catégories de numéro de molaire, alors la molaire devrait être attribuée à la catégorie dont la largeur ou la longueur maximale se rapproche le plus des dimensions mesurées.

Après avoir classé la molaire selon un de ces numéros de molaires, il faudra l'examiner pour déterminer le degré de la percée et de l'usure. Il faudra également vérifier s'il y a eu des pertes de dents en cherchant des cavités de dents préalables. En utilisant les catégories de groupes décrites au tableau 7.2 on pourra déterminer l'âge de l'éléphant.

Tableau 7.1: Longueur de molaires pour numéros de molaires un à six (Manspeizer & Delellegn 1992).

CONNAÎTRE UNE POPULATION

Catégorie du groupe	Age Moyen	Description
Groupe 1	0	Pas d'usure des dents. M1 dépasse au-dessus de l'os; M2 lames fusionnées; M3 en cours de formation.
Groupe	0,5	Usure légère, M1 et M3 dépassent au-dessus de l'os; M3 en cours II de formation.
Groupe III	1	M1 très usée avec losanges (racine antérieure erode); M2 usure légère avec losanges; M3 au-dessus de l'os, éventuellement Usure légère.
Groupe IV	2±0,5	M1 perdue, pas d'alvéole évidente; M2 très usée, premières deux boucles d'émail confluentes; M3 usée jusqu'à l'émail des deux premières lames,
Groupe V	3±0,5	M2 très usée, quelques lames antérieures perdues; M3 usure très avancée, 5-6 boucles d'émail évidentes; M4 encore dans alvéole, (voir Fig 7.3).
Groupe VI	4±1	M2 très usée, il ne reste que 1-3 boucles d'émail; M3 usée à part dernières lames; M4 lames bien formées visibles dans l'alvéole, mais non fusionnées.
Groupe VII	6±1	M2 perdue; M3 usure de toutes les lames; M3 lames fusionnées, premières 4-5 lames en début d'usure visibles au-dessus de l'os, Premières 1-2 au niveau de la gencive (tachée), pas d'usure.
Groupe VIII	8±1	M3 premières boucles d'émail confluentes, partie antérieure de la dent en érosion; M4 alvéole non ouverte.
Groupe IX	10±1	5 boucles d'émail évidentes à M4. Alvéole de la dent précédente visible à la partie antérieure de M4. Deuxième dent forme la dernière boucle d'émail sur la lame qui commence à s'ouvrir. Alvéoles de M5 visibles derrière M4.
Groupe X	12±1	M4 parties antérieures très usées à l'exception de la dernière lame qui commence à s'user. M5 formée mais fusionnée sans usure.
Groupe XI	14±1	M4 très usée sur toutes les lames. Lames M5 commencent à s'ouvrir, peu d'usure sur deux premières boucles d'émail. Premières Quatre lames visibles et fusionnées sur M5.
Groupe	16±1	Bord antérieur de M4 érodé. Boucles d'émail antérieures 2-3 XII confluentes, M5 lames antérieures fusionnées et 5-6 visibles. Premières lames 1-3 au niveau de la gencive ou commencement d'usure.
Groupe XIII	18±1	M4 érodée et premières lames antérieures confluentes. Boucles d'émail confluentes. M5 lames antérieures visibles (6-7). Premières 3-4 début d'usure et boucles d'émail visibles.
Groupe XIV	20±1	M4 très érodée, seulement deux boucles visibles. Première boucle d'émail confluite avec la deuxième. M5 avec 4-5 boucles d'émail visibles. Dernière lame à peine début d'usure.
Groupe XV	22±1	M4 pas visible, seulement alvéole. M5 premières deux boucles d'émail confluentes. 5 boucles d'émail visibles sur M5, dernières Lames à peine début d'usure.
Groupe	24±2	M5 partie antérieure très érodée. Troisième boucle d'émail commence à former confluence avec deuxième boucle. Six boucles d'émail entièrement formées visibles. Dernières lames début d'usure. M6 alvéole visible.

Groupe	26±2	M5 dernières 7 boucles d'émail entièrement développées et XVII Visibles. Boucles d'émail 4-6 confluentes. M6 lames fusionnées et visibles. M6 lames non usées. Alvéoles de M6 présentes.
Groupe	30±2	M5 dernières 6 boucles d'émail erodes. Partie antérieure très XVII érodées et confluent. M6 1-2 lames entérieures avec signes d'usure. Reste des lames fusionnée. Alvéoles de M6 présentes mais refermées par lames M6.
Groupe XIX	32±2	M5 érosion du bord antérieur, quelques lames antérieures confluentes et forment saillie ou sont cassées; M6 premières 2-3 lames en usure, une ou plusieurs boucles visibles .
Groupe	34±2	M5 presque comme dans Groupe XIX; M3 a 3-4 boucles d'émail XX entièrement formées.
Groupe XXI	36±2	M5 restent seulement 5-6 boucles d'émail; érosion du bord postérieur éventuelle ment commencée; M6 a 5-6 boucles d' email formées.
Groupe	39±2	M5 alvéole que pour 2-3 boucles d'émail; M6 a 8-9 boucles XXII d'émail formées; pas d'érosion du bord antérieur. Chez ce groupe et les groupes suivants plus de développement d'alvéoles.
Groupe XXIII	43±2	M5 ne reste plus que l'alvéole ; M6 dernières 2-3 lames pas d'usure, érosion du bord antérieur à commence.
Groupe XXIV	45±2	M5 d'habitude vestige d'alvéole; M6 toutes les lames sauf dernière en état d'usure.
Groupe XXV	47±2	M6 légère ou pas d'érosion du bord antérieur, toutes les lames en XXV état d'usure.
Groupe XXVI	49±2	M6 érosion du bord antérieur, premières 3-4 bouches d'émail confluentes.
Groupe	53±2	M6 tiers antérieur, de la dent manque, il reste 6 boucles d'émail complètes.
Groupe XXVIII	55±4	M6 il ne reste que 4 boucles d' email complètes.
Groupe	57±4	M6 il reste six ou moins de boucles d'émail, toutes sont confluentes, à XXIX part 1 ou 2.
Groupe XXX	60±4	M6 moins de 15 cm de dent encore enracinés; le reste cassé ou en saillie; toutes les boucles d'émail restantes sont confluentes.

Adapté de Laws (1966) et Jachmann (1988) par Manspeizer & Delellegn (1992)
Tableau 7.2: Catégories de groupes d'âge chez l'éléphant d'Afrique selon l'usure des molaires

A Amboseli nous avons attribué à chaque animal une année de naissance connue ou estimée. Pour Les besoins de l'analyse. nous avons utilisé les catégories d'âge suivantes:

- OA 0-4,9 ans
- OB 5-9,9
- IA 10-14,9
- IB 15-19,9
- 2 20-24,9

- 3 25-34,9
- 4 35,49,9
- 5 50+

Pour des études en d'autres régions et pour des personnes essayant d'obtenir une structure d'âge pour des études à plus court terme, je propose d'utiliser des catégories de cinq années jusqu'à l'âge de 20 ans, et au dessus de cet âge, des catégories de 15 années. Ainsi, la catégorie 2 serait de 20-34,9 ans, la catégorie 3 de 35-49,9 ans et la catégorie 4 pour 50+ ans.

ENCADRÉ 7.2: INDICATIONS SUR L'ÂGE

DE ZERO A 10 ANS (MALES ET FEMELLES)

La taille des éléphanteaux indiquée ci-dessous est par rapport à une femelle adulte entre 25 et 45 ans, ayant une hauteur d'épaule d'environ 250cm. Il faut faire des concessions pour des éléphanteaux ayant des mères plus jeunes ou plus âgées.

AGE	HAUTEUR D'EPAULE	DEVELOPPEMENT
Nouveau-né	Le haut de l'épaule atteint les Plis inférieurs en dessous "coude" de la mère; peut passer facilement sous elle.	Mince, Jambes raides; parfois parties des cordon ombilical attachée; le blanc des yeux souvent rouge; arrière des oreilles souvent D'un rose clair; souvent pollu sur la tête et le dos.
2-3 semaines	Idem	Marche bien; corps plus étoffé; l'arrière des oreilles n'est plus rose; trompe courte et mince mais explore, ramasse des brindilles.
3-4 mois	Atteint le bas du coude de	Plus rond, plus gras; commence à se nourrir la mère d'herbe; passe du temps loin de la mère; joue avec d'autres éléphanteaux.
8-9 mois	Atteint le coude; peut encore passer sous de la mère mais la frôle problemement	S'alimente avec habileté et continuellement pendant de longs moments; peut boire avec la trompe.
1 an	Epaule plus haute que les mamellesde la mère, atteignant les plis au-dessus du coude	Dimensions de la tête et des oreilles en proportion, aussi avec le corps.
1-2 ans	Haunt de l'épaule à mi-chemin entre coude et jonction de la jambe et la torse, " l'aisselle"	Trompe mieux proportionnée; défences de l'éléphanteau m,le peuvent dépasser la l'evre à partir de 18 mois (selon la region d'Afrique).
2-3 ans	Atteint l'aisselle; de la mere	Défences de la majorité des éléphanteaux males et de beacoup de femelles visibles; mère commence à montrer des signes de sevrage.
3-4 ans	Haut de l'épaule au-dessus de l'aisselle; le dos presque au même niveau que le pli anal et atteint le quart inférieur de l'oreille de	Presque tous les éléphanteaux ont des défences de 5-7cm; la plupart des éléphanteaux tetent encore, mais quelques uns éventuellement sevrés.
4-5 ans	Atteint le pli anal ou au-dessus	Défenses de 15-18cm; a probablement arrête de tété et a éventuellement un frère ou une soeur plus jeune.
5-6 ans	Semble avoir atteint le tiers de la taille d'une femelle adulte; dos presque au niveau de la moitré de l'oreille de la mère	Défenses environ 20-23cm; differences entre comportements mâle et femelle plus prononcées; éléphanteaux femelles prennent le rôle de mère vis-à-vis d'éléphanteaux plus jeunes; éléphanteaux mâles cherchent d'autres mâles pour se bagarrer.

6-7 ans	Hauteur d'épaule et de dos au-dessus de la base de la queue de la mère et au-dessus de la moitié de l'oreille	Défenses commencent à s'évaser chez le mâle et la femelle; différences plus évidentes; mâles ont défenses plus épaisses et corps plus lourds.
7-8 ans	Dos à niveau avec les yeux de la femelles adulte et bien au-dessus de la base de la queue	Défenses maintenant généralement bien évasées; ne ressemble plus à un éléphanteau, mais plutôt à un jeune adulte.
8-9 ans	Hauteur et longueur générales plus de la moitié d'une femelle adulte	Défenses environ 25-30cm.
9-10 ans	Taille générale presque 3/4 de la femelle adulte	Les mâles sont plus grand que les femelles du même âge et passent plus de temps à la périphérie de la famille; femelles plus intégrées dans la famille.

DIX ANS ET PLUS – CATEGORIES D'AGE PRECONISEES POUR LES FEMELLES

10-15 ans	Défenses minces, probablement toujours évasées plutôt que convergentes; corps plus carré que chez les femelles adultes qui ont le corps plus rectangulaire.
15-20 ans	Défenses commencent à voir leur configuration adulte, c'est-à-dire convergente, droites, asymétriques, l'une étant plus haute que l'autre.
20-35 ans	Circonférence des défenses à la base nettement plus grande que chez la femelle adolescente.
35-50 ans	Défenses légèrement plus grosses; le dos s'est allongé et donne une apparence longue à l'animal.
Plus de 50 ans	Creux au-dessus des yeux, oreilles tenues plus bas, longueur de dos plus importante, desfoise de longues défenses.

DIX ANS ET PLUS - CATEGORIES D'AGE PRECONISEES POUR LES MALES

10-15 ans	Forme de tête du mâle (incliné plutôt qu'angulaire) plus évidente; ciconférence des défenses et hauteur d'épaule plus grandes que chez la femelle du même âge.
15-20 ans	A environ 17 ans, les mâles atteignent la même hauteur que les plus grandes femelles d plus de 40 ans.
20-25 ans	Plus grands que toutes les femelles adultes; mais la majorité encore minces et têtes étroites comparés à des mâles plus âges.
25-40 ans	A environ 25 ans, la forme de la tête du mâle a pris la forme d'un sablier, c'est-à-dire large au niveau des yeux et à la base des défenses; la tête devient plus grande au fur et à mesure qu'il passe dans cette catégorie d'âge; la hauteur de l'épaule augmente régulièrement.
Plus de 40 ans	Très grands, dépassent les femelles les plus grandes d'environ un mètre ou plus au niveau de l'épaule; cou épaissi; aspect général du corps lourd; circonférence des défenses au niveau de la lèvre nettement plus grande que chez les mâles plus jeunes et toutes les femelles.

7.5 IDENTIFICATION INDIVIDUELLE

7.5.1 Pourquoi faire une identification individuelle?

Beaucoup d'aspects de l'écologie des éléphants et de leur comportement seraient difficiles ou même impossibles à étudier sans connaître les individus. Prenons quelques exemples. Disons que vous voulez comprendre la distribution et les schémas d'association des éléphants dans un certain territoire. Vous pourriez, le premier jour, enregistrer le nombre et emplacement des éléphants à divers endroits et à des moments différents. Le premier groupe repéré par vous pourrait comprendre 12 animaux en train de s'alimenter dans le carré A-5. Le deuxième jour vous verrez peut-être un groupe de 12, également dans le carré A-5, mais vous ne pourrez dire s'il s'agissait des mêmes 12 animaux, ou si cinq étaient les mêmes et sept des animaux différents. Sans connaître les individus, il vous serait impossible de recueillir des données qui reflèteront une composition du groupe soit consistante ou fluide, vous ne pourrez non plus recueillir des renseignements sur l'utilisation de l'espace des individus ou des groupes.

Mettons maintenant que vous étudiez le comportement social. Que pourriez-vous dire sur le comportement de ces 12 animaux dans le groupe vu par vous le premier jour, à part qu'ils étaient dans un groupe d'une certaine taille et qu'ils ont eu un certain comportement. Afin de pouvoir dire qui s'est associé à qui ou qui domine qui, vous devez les connaître en tant qu'individus. Alors seulement vous pourrez effectuer les études décrites dans le 10^{ème} chapitre.

Si le but de votre recherche est d'étudier la démographie de la population sur un certain laps de temps, il n'y a pas de meilleur moyen pour obtenir une vue complète et exacte que de recueillir des données sur le taux de naissances, la mortalité, les intervalles entre naissances, l'âge et la maturité sexuelle etc. de chaque individu connu.

7.5.2 Quand est-il utile d'utiliser l'identification individuelle comme technique?

Il est aisé d'expliquer pourquoi la connaissance individuelle des éléphants est importante, par contre d'essayer de le faire n'est pas toujours

pratique. Si la population à étudier est très grande, disons de plus de 2.000 individus, il serait très difficile d'essayer de connaître chaque individu. Dans certains cas il vaudrait peut-être mieux tenter d'identifier les adultes seulement, ou alors un ou deux adultes de chaque famille et peut-être même seulement les grands mâles. En plus, si l'habitat ne se prête pas bien à l'observation des éléphants, tel que la forêt ou la brousse dense, il ne serait pas pratique d'essayer d'utiliser la méthode d'identification individuelle.

Quand vous préparez vos questions et vos objectifs d'étude, choisissez de façon réaliste ce que vous pouvez et ne pouvez pas faire, compte tenu des conditions particulières dans votre région d'étude. Si l'identification individuelle peut être faite et si elle vous aide à trouver les réponses à vos questions, alors elle en vaut certainement la peine.

7.5.3 Quels critères permettent d'identifier un éléphant?

Aucun éléphant ne ressemble à un autre, et quand un chercheur commence à observer des éléphants et à essayer de les distinguer, il ou elle se mettra à voir une grande variété de caractéristiques individuelles; taille et forme du corps et des défenses, attitude et façon de se déplacer, proportions relatives (par exemple jambes longues, large tête, petites oreilles etc.). On peut arriver à reconnaître un éléphant tout comme on reconnaît un ami s'éloignant de l'autre côté de la rue. Il faut cependant disposer d'un moyen sûr pour l'identification. Apart cette identification plus générale de la "gestalt".

Iain Douglas-Hamilton (1972) a introduit une méthode sûre d'identification des individus par leurs oreilles, et cette méthode est maintenant largement appliquée dans les études d'éléphants à travers l'Afrique. Les dessins sur les oreilles rendent chaque éléphant unique et, en fait, très facile à reconnaître. Les oreilles des éléphants sont toujours dotées de trous, d'entailles et de coupures à leurs bords. En plus, les veines des oreilles sont souvent proéminentes et leur dessin est unique, un moyen d'identification aussi précis que les empreintes digitales chez l'homme, et bien plus faciles à voir. Une combinaison des entailles, des trous et du dessin des veines assurent une identification précise une fois que l'on a pris une photo.

7.5.4 Par où commencer

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les éléphants se trouvent dans trois groupes différents. La meilleure façon de procéder est de commencer par ces groupes en tenant compte du type auquel ils appartiennent.

a) Groupe avec un mâle ou groupe de mâles

Dans ce cas il est bon d'essayer d'identifier tous les individus. Prenez note du nombre dans le groupe et des âges relatifs. Puis recherchez les caractéristiques frappantes des individus, telles que:

- i) Absence de défenses
- ii) Présence d'une seule défense
- iii) Défenses cassées
- iv) Grandes trous ou déchirures aux oreilles
- v) Oreilles cassées
- vi) Cicatrices sur le corps
- vii) Déformations et blessures, par exemple absence du bout de la trompe, pas de queue.

Essayez de faire une description et si possible un dessin de chaque animal. Votre description pourrait être la suivante: "Grand mâle, catégorie 3 ou 4, avec défense droite cassée et entaille en forme de V dans le bas de l'oreille gauche".

Le prochain pas consiste à prendre des photos, dont nous donnons plus de détail plus bas.

b) Groupe de femelles/éléphanteaux

Au début, on peut traiter ce genre de groupe différemment des groupes de mâles. Votre but immédiat doit être d'identifier les femelles adultes seulement, plutôt que de tenter d'identifier chaque individu. Vous pouvez vous occuper des éléphanteaux plus tard s'ils sont nécessaires pour votre étude.

Ici également les notes que vous prendrez seront importantes. Notez d'abord combien d'animaux il y a dans le groupe et détaillez ensuite selon l'âge combien d'adultes, combien d'éléphanteaux et leurs âges approximatifs. Trouvez les femelles adultes et notez toutes les caractéristiques frappantes comme pour les mâles, telles que absence de défenses, grandes trous ou entailles dans les oreilles etc. Puis prenez des photos.

7.5.5 Photographier les éléphants

Je préfère les photos aux dessins parce que les dessins ne montrent pas les détails précis des veines sur les oreilles. Je préconise aussi des

photos en noir et blanc plutôt que des photos couleur parce que j'ai trouvé que les tirages sont plus précis pour les détails. J'utilise Kodak Tri-X 400 ASA ou Fuji 400 ASA. Ce sont des pellicules rapides que l'on peut utiliser même dans la pénombre.

Un bon appareil de 35mm avec un objectif zoom de 80-200mm, ou 100-300mm est indispensable. Si l'identification individuelle est tentée dans des régions où il est difficile d'approcher les éléphants, alors un objectif allant jusqu'à 600mm sera nécessaire. Mais si vous utilisez un long objectif, il vous faudra un trépied, monopied ou tout au moins un sac lesté posé sur la porte du véhicule pour permettre de bonnes photos. Même si l'on utilise un objectif plus court et plus léger, je recommande de stabiliser l'appareil d'une des manières énumérées ci-dessus ou en le reposant contre le cadre de la porte ou de la vitre si vous êtes en voiture. Plus la photo est nette, mieux cela vaut.

En fait il est plus difficile de prendre de bonnes photos en noir et blanc qu'en couleur. La lumière est très importante. Les meilleures conditions pour obtenir le meilleur contraste pour faire ressortir les trous, entailles, bosse et dessins des veines, est de travailler dans une lumière venant de biais, c'est-à-dire quand le soleil est sur le côté mais illumine l'oreille. Je ne voudrais cependant pas manquer d'ajouter qu'il vous sera d'ordinaire déjà assez difficile de viser un éléphant et que les raffinements d'éclairage sont donc un luxe. Mais ce n'est pas la peine de prendre des photos avec une mauvaise lumière, par exemple quand l'éléphant est éclairé par derrière, c'est-à-dire quand l'éléphant est entre vous et le soleil.

Il faut prendre une photo de la tête, des oreilles et des défenses. Si vous prenez une photo d'un éléphant que se présente de côté, attendez que l'oreille soit aplatie contre le cou et l'épaule et assurez-vous que vous voyez les trous et entailles dans votre viseur. Votre œil sera le meilleur juge de l'angle et de la lumière. Si vous avez le temps, prenez plus d'une photo de chaque oreille. Si vous photographiez l'éléphant contre le ciel, je recommande d'ouvrir l'objectif d'un demi cran, c'est-à-dire, de surexposer légèrement. La cellule ajustera le ciel clair à la forme foncée de l'éléphant, mais vous devriez peut-être ignorer ces mesures, pour être sûr que l'éléphant ne soit pas sous-exposé. La plupart des appareils photo peuvent régler automatiquement pour sur- ou sous-exposer autant que vous le désirez.

L'idéal est d'obtenir trois prises de vue de chaque individu: une de l'oreille et de la défense gauches, une de l'oreille et de la défense droites, et une de face prenant la forme des défenses. Si vous êtes assez près, ajustez l'appareil uniquement sur la tête et les défenses, mais si vous êtes plus loin, prenez tout l'éléphant. Plus tard, en développant les photos, vous pourrez agrandir la tête et les défenses. Si l'éléphant porte des cicatrices, bosses, déformations ou signes particuliers de la forme du corps, vous pourrez photographier tout le corps.

L'aspect le plus important en faisant des photos d'identité est de prendre des notes. Il ne sert à rien de prendre des douzaines de photos d'un groupe et d'essayer après de savoir quelle oreille gauche va avec quelle oreille droite. Mieux vaut faire une note pour chaque prise de vue. Je vous donne par la suite un exemple de la méthode que j'applique:

(Avant de photographier, vous aurez noté toutes les données de base d'observations, puis la taille du groupe et sa composition et toutes caractéristiques frappantes des individus, éventuellement faisant un ou deux dessins des oreilles). Disons que cette famille comportait quatre femelles adultes. Jusqu'au moment où vous les aurez enregistrées, appelons-les F (pour femelle) de I à 4:

	Film#26
2 photos oreille droite plus grande femelle —F1, défense droite plus haute, bosse sur épaule droite	1-2
1 photo gauche de -15 ans —F2, avec grande entaille en V dans oreille droite	3
2 photos gauche de F3—20-25 ans, défenses régulières convergentes avec éléphanteau lère année	4-5
1 photo face de F4—30-40 ans, a une défense gauche	6

Ces renseignements seront peut-être tout ce que vous aurez pu obtenir à cette occasion, mais vous aurez été bien conseillé d'avoir photographié les quatre femelles adultes. À la prochaine rencontre, vous essayerez de prendre les autres oreilles et des photos de face des individus pour compléter l'identification.

7.5.6 L'établissement de dossiers d'identification

À Amboseli, chaque éléphant au dessus de l'âge de 8 ans a une carte d'identité avec sa photo collée dessus. Le numéro de la photo (numéro du rouleau puis numéro de la prise) et la date de la photographie sont indiqués sous chaque photo. Ce système d'identification permet de faire des doubles facilement à partir du négatif et est un bon moyen pour assortir chaque photo aux notes prises sur le terrain. D'autres informations à indiquer sur la carte sont le nom ou le numéro de l'animal, sa date de naissance estimée ou connue, sa mère (si connue), sa famille (si connue), la région où il a coutume de se trouver; puis, dans le cas d'une femelle adulte, ses descendants et l'année de leurs naissances. Il serait également utile d'inclure une information sur le lieu et la date à laquelle l'animal a été vu pour la première fois. S'il s'agit d'une grande population et que vous ne pensez pas revoir les individus souvent, vous pourriez indiquer chaque date de repérage de l'individu sur le dos de la carte.

Étant donné que les femelles et les éléphanteaux, et les éléphants mâles se trouvent dans des contextes sociaux différents, un classement différent s'impose pour chaque catégorie. Puisque les mâles indépendants vivent dans des groupements épars et fluides et qu'ils sont souvent seuls, et aussi parce qu'ils se déplacent sur de grandes étendues, l'identification d'un mâle se fait tout simplement par ses caractéristiques particulières. Nous avons trouvé que le meilleur moyen est de les classer par taille, et donc par catégorie d'âge.

Les femelles et leurs éléphanteaux vivent dans des groupes de famille plus ou moins stables, ce qui facilite beaucoup leur identification. On peut repérer beaucoup d'indices sur la famille avant même d'identifier le premier individu. Tout d'abord, le nombre et la composition du groupe peuvent vous aider, ensuite la région dans laquelle on trouve le groupe ajoute un autre morceau au puzzle; et même le comportement des membres du groupe, c'est-à-dire se sauvent-ils ou sont-ils tolérants, peut donner un indice. Bien sûr, en fin de compte il vous faudra regarder leurs oreilles et leurs défenses et les caractéristiques corporelles pour pouvoir identifier les individus. De reconnaître une femelle adulte augmente les chances d'identifier les autres. Pour cette raison le meilleur moyen consiste à classer les cartes d'identité par familles plutôt que par âges ou par caractéristiques des oreilles. Ainsi quand vous trouverez la carte pour l'individu connu et que

7.6 ETABLIR DES DOSSIERS DE LONGUE DURÉE

vous chercherez les cartes pour les autres membres de la famille, vous pourrez assez rapidement identifier les autres adultes. Inutile de dire que vous ne pouvez pas partir du principe que les autres cartes s’y trouvent ou qu’il n’y en ait pas de nouvelles.

Un plan soigneusement établi sur la façon de tenir les dossiers est le stade final de la préparation d’une étude d’une population d’éléphants. Le

ENCADRÉ 7.3: MESURE DES ÉLÉPHANTS ET DÉTERMINATION DE LA CROISSANCE

L’étude des elephants dépend souvent de l’évaluation de leur taille pour établir la structure d’âge de la population, mais la détermination de la taille est un grand problème. On a tenté un grand nombre de mesures directes de la taille et du poids ainsi que plusieurs techniques pour l’évaluation non-invasive.

Les mesures de la taille ont révélé de grandes différences entre populations (Tableau 7.1). La hauteur à l’épaule chez l’éléphant sauvage d’Afrique a fait l’objet de plusieurs études, où on l’a mesuré par différentes techniques photographiques (Douglas-Hamilton 1972, Croze 1972, Jachmann 1988, Lee and Moss 1995). Ces techniques se basent sur l’utilisation d’une hauteur de référence pendant la prise de photos ou de mesurer la distance jusqu’à l’éléphant pour une distance focale de l’objectif déterminée. Une méthode d’une certaine complexité consiste à utiliser des photos stéréos (par exemple Douglas-Hamilton 1972); une autre, plus simple, est de prendre des photos d’un animal à partir d’un endroit déterminé, puis d’attendre jusqu’à ce que l’animal se soit déplacé, placer une tige de mesure dans l’empreinte d’un pied devant et de prendre une deuxième photo identique de la tige de mesure. On peut ensuite comparer l’éléphant ainsi mesuré sur la photo avec les mesures de la tige sur la seconde photo (Western et al. 1983). Jachmann (1985) a pris des mesures entre l’appareil et la position de l’éléphant avec une distance focale connue. Une autre technique similaire consiste à utiliser un objectif avec un calibre digital fixe pour mesurer exactement l’extension de l’objectif (inventé pour les baleines, Jacobsen 1991) pour photographier l’éléphant. On étalonne les extensions selon des hauteurs connues de la tige de mesure, et on peut déterminer une simple formule linéaire pour comparer les extensions notées sur le terrain en photographiant les éléphants, à la distance mesurée sur la photo. Les techniques photographiques sont

	MALES	FEMELLES	
AFRIQUE			
Uganda			
Murchison	317	274	Laws 1966, Law <i>et al.</i> 1975
Murchison du Sud	307	252	“
Queen Elisabeth	298	252	“
Kenya			
Tsavo	nd	272	Laws 1966
Amboseli	304	232	Lee & Moss 1995
Malawi			
Kasungu	295	252	Jachmann, in Lindeque & van Jaarsveld 1993
Zambie	375	250	Hanks 1972
Luangwa			
Zimbabwe			
Hwange	350	262	Haynes 1991
Namibie			
Etosha	345	262	Lindeque & van Jaarsveld
ASIE			
Tamil Nadu/Madras			
En captivité	258	231	
nés en liberté	273	240	Sukumar, Josh & Krishnamurthy 1988

Tableau 7.1: Mesures de la hauteur à l’épaule asymptotique ou maximale chez les elephants adultes dans différentes populations.

Rapides et relativement exactes, mais coûteuses en raison du prix des pellicules. Une autre mesure de la taille et de l'âge, qui procure des informations exactes consiste à se servir de la longueur du dos. Ces mesures se prennent comme pour la hauteur à l'épaule, et peuvent être faites à partir d'un avion volant à une certaine hauteur (Croze 1972). Ici également, il faut comparer à une mesure connue pour chaque vol et chaque hauteur. Les différences entre mesures de la tête entière et la longueur du dos jusqu'au pli anal, et de l'omoplate jusqu'à la longueur du dos jusqu'au pli anal, sont en général peu importantes (Lindeque & van Jaarsveld 1993), et les deux mesures donnent de bonnes indications de la taille en général.

On peut également mesurer la taille indirectement, surtout chez les populations vivant dans des régions où on peut obtenir de bonnes empreintes du pied arrière. La longueur de l'empreinte du pied arrière peut être mise en rapport avec la hauteur à l'épaule et l'âge des éléphants d'Afrique, et permet de déterminer les distributions d'âges dans une population et la taille générale des animaux (Western et al. 1983). Cette mesure peut être déterminée de façon exacte et est souvent utilisée par les observateurs. La longueur entre le talon du pied et la voûte (plutôt que la pointe) de l'orteil s'observe dans des empreintes qui sont bien visibles et non pas dans de la terre profonde, de la boue ou du sable. Une manière simple de vérifier l'effet du substrat est de mesurer l'empreinte de l'observateur sur un nombre de pas. Ceux-ci se comparent alors avec la longueur du soulier et on pourra avoir une idée de l'erreur produite par le substrat et par la marche. Il faut alors s'assurer que les mesures des empreintes du même animal devraient être mesurées pour avoir un résultat fiable.

La relation entre l'empreinte du pied et l'âge n'a été déterminée que pour une seule population d'éléphants d'Afrique dont les âges étaient connus (Lee & Moss 1986; Poole 1989). Étant donné qu'il peut y avoir des variations entre populations, ces mesures ne sont qu'une estimation grossière. En règle générale, les animaux ayant des empreintes du pied de moins de 25 cm ont moins de 5 ans, tandis que celles de plus de 50 cm appartiennent aux grands mâles de plus de 30 ans (Fig. 7.4). Les mâles ont des longueurs d'empreintes plus grandes que les femelles de tous âges au-dessus de 5 ans, et de les inclure fausserait tout profil d'âge des populations, à moins que le sexe de l'animal soit connu au moment de la prise des mesures.

La relation entre la hauteur d'épaule et l'empreinte du pied semble suivre un schéma linéaire (Western et al. 1983; Lee & Moss 1995). La hauteur à l'épaule augmente d'environ six fois la longueur de l'empreinte. Pour les éléphants d'Asie, on utilise comme mesure de base la circonférence du pied avant, qui indique une hauteur à l'épaule ($2,03 \times$ circonférence) (Sukumar et al. 1988). Cette mesure ne peut cependant être déterminée exactement que chez les animaux domestiqués ou en captivité et est donc d'une utilité limitée sur le terrain.

Des mesures comparées de la taille peuvent être prises chez les animaux morts ou immobilisés, en partant du principe que la hauteur à l'épaule peut être plus grande que la hauteur de l'animal debout en raison de la compression en station debout, et que la longueur du pied ne peut être déterminée de façon exacte quand le pied ne repose pas droit sur le sol.

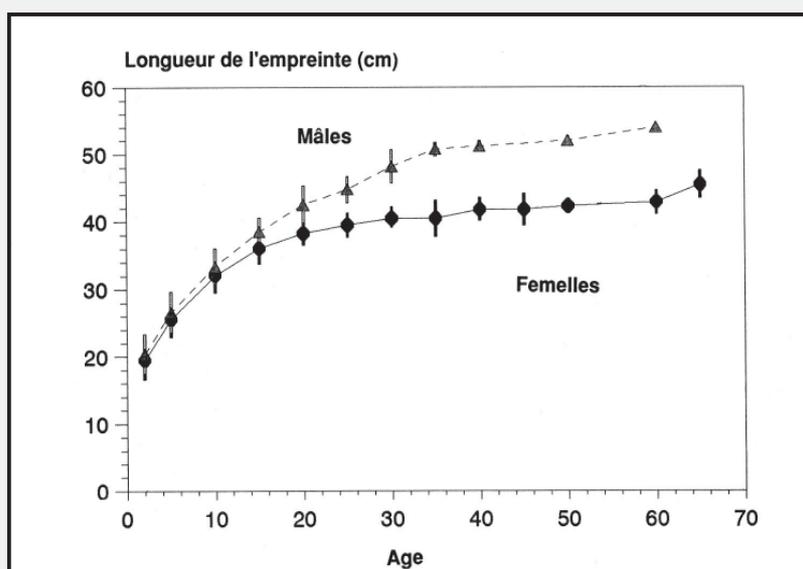


Fig. 7.4 : La longueur de l'empreinte du pied selon l'âge, avec déviations standards, chez 168 mâles et 204 femelles d'éléphants d'Afrique au Parc National Amboseli, Kenya. Données de P.C. Lee & C.J. Moss 1995.

L'évaluation de l'âge est important quand on tente d'évaluer la croissance. La majorité des études se base sur un grand échantillon transversal, plus que la croissance longitudinale est difficile à déterminer. Les mesures de croissance longitudinale sont cependant disponibles pour l'éléphant d'Afrique uniquement, provenant d'une étude de cinq animaux sauvages immobilisés pour leur mettre des colliers émetteurs (Lindeque et van Jaarsveld 1993), et quelques autres données sont disponibles, provenant d'un petit échantillon d'animaux en captivité (Laws 1966; Hanks 1972; Lang 1980). Pour les éléphants d'Asie, Sukumar et al. (1988) ont évalué aussi bien la croissance longitudinale que transversale. Lindeque et van Jaarsveld (1993) ont livré une évaluation excellente des différentes courbes de croissance, et leurs résultats indiquent que l'utilisation des trois courbes standard, Von Bertalanffy, Compertz et Logistique, donne des résultats similaires pour l'évaluation des taux de croissance, surtout à l'âge d'après sevrage (cinq ans et plus). Ils préconisent que l'utilisation de techniques de courbes non-linéaires donne des courbes de croissance plus exactes que les méthodes linéaires.

Les trois équations les plus utilisées pour des courbes sigmoïdales sont indiquées ci-dessous. Une autre courbe sans fonction sigmoïdale, une courbe exponentielle asymptotique, peut également être utilisée. Ces courbes partent du principe que la croissance prise sur des intervalles de mesures séparés est linéaire, mais il y a peu d'options différentes pour décrire les courbes.

Von Bertalanffy: $L_t = L_{as} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ (taille)

$$W_t = W_{as} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^3 \text{ (masse)}$$

Gompertz: $L_t = L_{as} * b^{r t}$

Logistique: $L_t = L_{as} / (1 + b r^{-t})$

Asymptotique: $L_t = L_{as} - b (e^{-kt})$

L_t = Longueur à temps (t); L_{as} = longueur asymptotique; K = taux constant, b = une constante dérivée empiriquement, R = fonction du taux pour le temps (t). Pour plus de détail, voir chez Zullinger *et al.* (1984) et Lindeque & van Jaarsveld (1993).

P.C. Lee, University of Cambridge, Department of biological anthropology, Downing Street, Cambridge, U.K.

type et le thème de votre étude détermineront l'établissement des données de base. Vous éviterez beaucoup de travail fastidieux et le découragement, en ayant un système de classement efficace et flexible. Dans la plupart des cas il vous faudra probablement un ordinateur, mais quand vous n'en disposez pas, de bonnes fiches de contrôle (voir 10ème chapitre) et autres genres de feuilles d'observations sur lesquelles des classifications peuvent se faire facilement seront d'une grande valeur.

Quand vous entamez votre travail je vous recommande fortement de consulter des chercheurs travaillant avec les éléphants et autres mammifères en Afrique, afin qu'une partie au moins des données de base que vous créez se conforme à un modèle utilisé dans toute l'Afrique. Nous visons à obtenir un réseau d'informations sur les populations d'éléphants permettant des comparaisons et des mises en contraste faciles.

Bibliographie

CROZE, H. (1972) A modified photogrammetrit technique for assessing age structures of elephant populations and its use in Kidepo National Park. *East African Wildlife Journal* 10,91-115.

DOUGLAS-HAMILTON, I. (1972) On the ecology and behaviour of the African elephant. D.Phil. Thesis University of Oxford, U.K. 268pp.

HANKS, I. (1972) Growth of the African elephants (*loxodontaafricana*). *East African Wildlife Journal* 10: 251-272-

HAYNES, G. (1991) *Mammoths, Mastodons, and Elephants*. Cambridge University Press, Cambridge.

JACHMANN, H. (1985) Estimating age in African elephants. *African Journal of Ecology* 23: 199-202.

JACHMANN, H. (1988) Estimating age in African elephants: a revision of Laws' molar evaluation technique. *African Journal of Ecology* 22: 51-56.

JACOBSEN, J. (1991) *Photoscale 2: Aphotogrammetric method for measuring the distance to an object and the size of that object*. Published by Author, Arcata, CA.

LANG, E.M. (1980) Observations on growth and molar change in the African elephant. *African Journal of Ecology* 18: 217-234.

- LAWS, R.M. (1966) Age criteria for the African elephant. *Loxodonta a africana*. *East African Wildlife Journal* 4, 1-37.
- LAWS, R.M. (1969) The Tsavo Research Project. *Journal of Reproduction and Fertility, Supplement 6*: 495-531 .
- LAWS, R.M. & PARKER I.S.C. (1968) Recent studies on elephant populations in East Africa. *Symposium of the Zoological Society of London* 20, 319-359.
- LAWS, R.M., PARKER I.S.C. & JOHNSTONE, R.C.B. (1975) *Elephants and their habitats The ecology of elephants in North Bunyoro Uganda*. Clarendon Press, Oxford. 376pp.
- LEE, P.C. & MOSS, C.J. (1986) Early maternal investment In male and female African elephant calves. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 18, 353-361.
- LEE, P.C. & MOSS, C.J. (1995) Structural growth in known-age African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of Zoology, London* 236, 29-41.
- LINDIQUE, M. & VAN JAARVELD, A.S. (1993) Post natal growth of elephants *Loxodonta africana* in Etosha National Park, Namibia. *Journal of Zoology, London* 229: 319330
- MANSPEIZER I. & DELELLEGN, Y. (1992) Ethiopian Elephant Conservation Development Programme Field Manual. Ethiopian Wildlife Conservation Organisation.
- MOSS, C.J. (1983) Oestrous behaviour and female choice in the African elephant. *Behaviour* 86, 167-96
- MOSS, C.J. (1988) *Elephant Memories. Thirteen years in the life of an elephant family*. William Morrow and Company, New York 336pp.
- MOSS, C.J. (1990) Elephants in Tarangire. *Pachyderm* 13, 26-30.
- POOLE, J.H. (1989) The effects of poaching on the age structure and social and reproductive patterns of selected East African elephant populations. The Ivory Trade and the Future of the African Elephant, Ivory Trade Review Group, Report No.2
- POOLE, J.H. (1989) Announcing Intent: the aggressive state of musth in African elephants. *Animal Behaviour* 37: 140-152,
- PRATT, D.J., GREEN WAY, P.J. & GWYNNE, M.D. (1966) A classification of East African rangeland. *Journal of Applied Ecology* 3,369-382.
- SIKES, S.K. (1968) The African elephant. *Loxodonta africana*. a field method for estimating age. *Journal of Zoology, London* 154, 235-248.
- SUKUMAR R. JOSHI, N.V. & KRISHNAMURTHY, V. (1988) Growth in the Asian elephant. *Proceedings of the Indian Academy of Science (Animal Science)* 97:561-571.
- WESTERN, D., MOSS, C.J. & GEORGIADIS, N. (1983) Age estimation and population age structure of elephants from footprint dimensions *Journal of Wildlife Management* 47(4), 1192-1197.
- ZULLINGER E.M., RICKLEFS, R.E., REDFORD, K.E. & MACE, G.M. (1984) Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves. *Journal of Mammalogy* 65: 607-636.

8 ÈME CHAPITRE

L'ÉTUDE DES DÉPLACEMENTS DES ÉLÉPHANTS

L.J. Whyte

National Parks Board
Kruger National Park
Private Bag X402
Skukuza 1350, South Africa

8.1 INTRODUCTION

Les déplacements des éléphants et des espèces apparentées, tels que les mammouths, ont fait l'objet de réflexion depuis les temps où l'homme primitif a commencé à les chasser. Les chasseurs d'ivoire comme William Bell (1923), sont retournés à des régions où la chasse avait été fructueuse pendant des safaris précédents, et ont dû constater que leurs proies ne s'y trouvaient plus. De nos jours il est important de connaître les déplacements des éléphants parce que les contrées sauvages ont diminué et la survie des éléphants dépend de la création d'aires de conservation relativement petites qui devront subvenir à la conservation des éléphants pour des centaines d'années à venir.

8.2 POURQUOI ÉTUDIER LES DÉPLACEMENTS DES ÉLÉPHANTS?

La connaissance des déplacements des éléphants peut donner la réponse à beaucoup de questions se référant à leur écologie générale et de ce fait à leur conservation à long terme et leur gestion. Quelques uns des secteurs à étudier sont les suivants:

a) Domaine vital

De beaucoup de points de vue, la taille du domaine vital d'un éléphant donne une indication des ressources essentielles disponibles. Des restrictions dues à la taille de l'aire de conservation (s'il y en a), et le degré de dérangement (éventuellement par les humains) auquel l'animal est exposé. Là où l'eau et la nourriture sont abondantes et où le dérangement est peu important, on peut s'attendre à de petits domaines vitaux. Au Parc National Kruger, par exemple, les domaines vitaux se sont avérés être relativement petits. ayant une superficie moyenne de 909km² (Whyte 1993). tandis que dans les environnements plus arides en Namibie, ils sont

plus larges avec une superficie moyenne calculée de 5.860km² et 8.693km² (Lindeque & Lindeque 1991), probablement parce que les éléphants dans cet environnement doivent être plus mobiles et opportunistes dû à la disponibilité restreinte de nourriture et d'eau. Ces informations de base donnent des indications importantes pour la marche à suivre dans la recherche future.

Dans certains cas, les aires de conservation (ou les domaines des éléphants) s'étendent au-delà des frontières internationales; et la connaissance des déplacements est importante pour les autorités de conservation compétentes afin de synchroniser le travail de recensement, la coordination des plans de gestion etc. Un exemple en est le domaine contigu s'étendant de l'Angola du sud et la Namibie du nord, à travers la Zambie du sud-ouest et le Botswana du nord, jusqu'au Zimbabwe de l'ouest (Douglas-Hamilton *et al.* 1992). On ne connaît pas très bien les déplacements des éléphants dans cette région et de ce fait la taille de la population totale n'est pas connue de façon exacte. La connaissance des déplacements à travers ces frontières internationales contribuerait fortement au développement d'un plan de conservation pour la totalité de la population.

b) Déplacements saisonniers ou périodiques sur de grandes distances

Il s'agit d'un aspect qui appartient aux études normales sur les domaines vitaux, mais les déplacements de ce genre donnent également une indication des régions qui peuvent avoir une importance vitale pour la conservation à long terme des populations, et peuvent (dans certains cas) se trouver en dehors des aires de conservation. Moss (1988) et Lindeque & Lindeque (1991) décrivent des régions de ce genre en dehors des Parcs Nationaux d'Amboseli et d'Etosha.

c) Relations dynamiques entre clans, troupeaux et individus

Cet aspect peut éventuellement être sans importance directe pour la gestion, mais a de l'importance pour la connaissance des éléphants et de leur écologie. Les relations qui ont été si laborieusement éclaircies par des études classiques, telles que celle de Moss (1988) auraient beaucoup moins de sens si on n'avait pas si bien compris les modèles de déplacements. Ces études ont été rendues possibles par des observations directes à Amboseli, grâce à la petite taille aussi bien de la réserve que de la population d'éléphants. Dans une région plus étendue, avec une population plus grande, d'autres méthodes telles que la télémétrie par radio auraient été essentielles.

d) Comportement pendant la recherche alimentaire et utilisation spatiale des ressources

Un des aspects fondamentaux pour comprendre l'écologie des éléphants dans une région particulière est de savoir comment les animaux utilisent les ressources à leur disposition. L'étude du comportement pendant la recherche alimentaire dépend non seulement de la connaissance de la nourriture et des autres ressources disponibles et de leur distribution, mais aussi de la connaissance des déplacements des animaux dans et autour des communautés végétales et des points d'eau.

e) Questions de gestion particulières (par exemple quels troupeaux fréquentent quelles régions)

Du point de vue gestion, il peut être important de comprendre lesquels des clans ou des groupes d'éléphants ont des domaines vitaux donnant accès à des plantes vulnérables (ou communautés végétales), ou peut-être quels éléphants risquent d'être des animaux à problèmes potentiels, tels que "maraudeurs de récolte", en dehors des aires de conservation établies. Cette connaissance aide le gestionnaire qui doit faire des opérations d'abattage et lui permet d'identifier les groupes auxquels il doit s'intéresser. De savoir lesquels des éléphants se trouvent où est également utile pour la chasse sélective aux trophées.

On sait par des études faites dans le Parc National Kruger (Whyte 1993) qu'une opération d'abattage peut provoquer un certain degré de déplacements chez les autres éléphants de la région. S'il faut abattre des animaux dans une certaine région seulement, il est nécessaire de savoir où les animaux en question sont allés en raison d'un tel abattage afin que l'attention ne soit pas déviée vers des groupes non visés.

8.3 TECHNIQUES DISPONIBLES POUR ÉTUDIER LES DÉPLACEMENTS

8.3.1 Techniques autres que le radio-pistage

Le succès des techniques n'utilisant pas le radio-pistage dépend du type d'informations requises et du terrain. Il y a deux méthodes de base, toutes deux nécessitant des animaux faciles à suivre et qui ne s'enfuient pas à l'approche.

La première méthode est une étude de longue durée au cours de laquelle toutes les localités des animaux repérés sont enregistrées, et d'où une image du domaine vital ressort lentement. La méthode se base sur la possibilité d'identifier certains animaux, soit par des caractéristiques physiques (telles que des encoches et entailles dans les oreilles, forme et taille des défenses etc.), ou après leur avoir mis des colliers codés en couleur. Étant donné que l'on ne peut pas toujours localiser de tels animaux, les données proviennent principalement de nouveaux repérages sporadiques. Une grande partie de l'étude de Moss (1988) a été conduite de cette manière, mais elle a pu identifier presque chacun des environ 750 éléphants de la population Amboseli - un exploit remarquable.

La deuxième méthode est une technique par laquelle les animaux d'étude identifiables sont suivis pendant des périodes continues et où tous les déplacements/activités sont relevés. Cette méthode nécessite beaucoup de temps et pourrait normalement être utilisée pour recueillir des données autres que celles concernant uniquement les déplacements, telle que l'alimentation ou des études de comportement. Des données sur les déplacements peuvent évidemment être recueillies pour servir ces autres priorités. On peut, bien sûr, combiner les deux méthodes et des animaux spécifiques identifiables peuvent être suivis pendant des périodes continues à intervalles réguliers.

Une faille dans ces deux techniques est que certains endroits inaccessibles visités par les animaux, soit occasionnellement ou régulièrement, risquent de ne pas être relevés, ce qui représente un biais d'une magnitude inconnue pour le résultat.

8.3.2 Radio-pistage conventionnel

8.3.2.1 Généralités

Avant qu'une personne avec peu ou pas

d'expérience dans le domaine n'entreprendra une étude par radio-pistage, elle devra réviser de près les techniques et les problèmes concernant le radio-pistage. Amlaner & Macdonald (1980) et Cheeseman & Mitson (1982) sont d'utiles références. Un article récapitulatif détaillé a également été publié par Harris *et al.* (1990).

Pour le radio-pistage, un petit émetteur est attaché à l'éléphant par un collier ou un harnais. Cet émetteur émet un signal rythmique à une fréquence prédéterminée, qui peut être détecté par un récepteur réglé sur la même fréquence. Le signal est capté par une antenne directionnelle (Yagi) branchée au récepteur, qui à son tour émet un signal audio par un haut-parleur ou des écouteurs. Le signal le plus fort sera obtenu quand l'antenne est dirigée droit vers l'émetteur.

Le grand avantage de la télémétrie par radio est que l'animal/les animaux d'étude peuvent presque toujours être repérés à volonté. On ne perd donc pas beaucoup de temps à chercher l'animal, et on peut établir le plan d'étude de sorte à permettre une analyse ultérieure sérieuse des données. Il se peut que de temps en temps et en raison du terrain, le signal ne parvienne pas -généralement quand l'animal se trouve dans une vallée - étant donné que la réception de signaux radio à haute fréquence dépend de la "ligne de vision". La portée des émetteurs (distance à laquelle un signal peut être reçu) varie selon les conditions du terrain. Dans un terrain escarpé, la portée peut être très faible, mais quand le récepteur et l'animal d'étude se trouvent à des points élevés, la portée peut atteindre 40-50km.

Il y a plusieurs méthodes différentes pour déterminer l'emplacement ou "pointer" un animal équipé d'un collier émetteur, dépendant du genre d'étude et du type de données requises. Les différentes méthodes peuvent être mises dans deux groupes différents - ceux où l'on ne détermine que l'emplacement de l'animal et ceux où l'on s'approche de l'animal après avoir établi un contact par radio, jusqu'à ce que l'on ait obtenu un contact visuel. La première méthode est réalisée en cherchant "à distance", soit par triangulation soit en utilisant la méthode développée plus récemment de pistage par satellite (voir 12ème chapitre). Les seules données que l'on puisse en général obtenir par ces méthodes "à distance" sont des estimations de la position de l'animal (sur une carte) et/ou la référence de ce point sur une grille; mais si la position de l'animal peut être estimée avec un degré d'exactitude satisfaisant, on peut le combiner avec une carte végétation/habitat ou

un Geographic Information System (GIS) (Système d'Information Géographique) si un tel système a été développé pour la région d'étude en question (GIS est une base de données sur ordinateur contenant des informations géographiques telles que type de sol, végétation, rivières, routes, topographie etc.). Cette information peut alors être utilisée pour révéler des relations entre les animaux d'étude et leur environnement physique et/ou biologique.

L'autre type de données, pour lesquelles on s'approche de l'animal et établit un contact visuel après avoir obtenu un contact par radio, permet de pointer exactement la position de l'animal et de recueillir d'autres données concernant l'habitat, les groupements sociaux et le comportement.

8.3.2.2 Sources potentielles d'erreur en utilisant le radio-pistage "à distance"

Le radio-pistage à distance est sujet à trois types d'erreurs (Macdonald & Amlaner 1980):

a) Erreur de système

i) Imprécision de la directionnalité de l'antenne En raison de la nature de ce genre de travail, les antennes restent rarement longtemps intactes. Le déploiement de l'antenne peut provoquer des imprécisions et il faudrait vérifier l'équipement à l'occasion (surtout après qu'il y ait eu des dégâts) en faisant un "étalonnage au sol"- vérifier l'antenne vers un émetteur placé à un endroit connu.

ii) Imprécisions provoquées par la géométrie de la triangulation

Si le but est uniquement de s'assurer de la position de l'animal (radio-pistage à distance), il suffit que l'observateur note sa propre position sur une carte (soit une station de base ou la position où il se trouve après avoir reçu un signal), et qu'il détermine ensuite le relevé à la boussole de la source du signal. On peut tracer une ligne sur la carte à partir de la position de l'observateur (Fig. 8.1 "Station de base 1") jusqu'à la source du signal (Point A). En le faisant à partir de deux (de la Station de base 2 jusqu'à Point B) ou de plusieurs points rapidement coup sur coup, on peut alors estimer la position ou le "point fixe" de l'animal. Ce sera le point où les lignes convergent sur la carte (Point AB). Cette méthode s'appelle la "triangulation". La vraie position de l'animal sera probablement toujours de quelques degrés soit vers la gauche ou vers la droite du relevé, et bien que la position établie sera à l'intersection de ces deux relevés (Point AB), l'animal pourra se

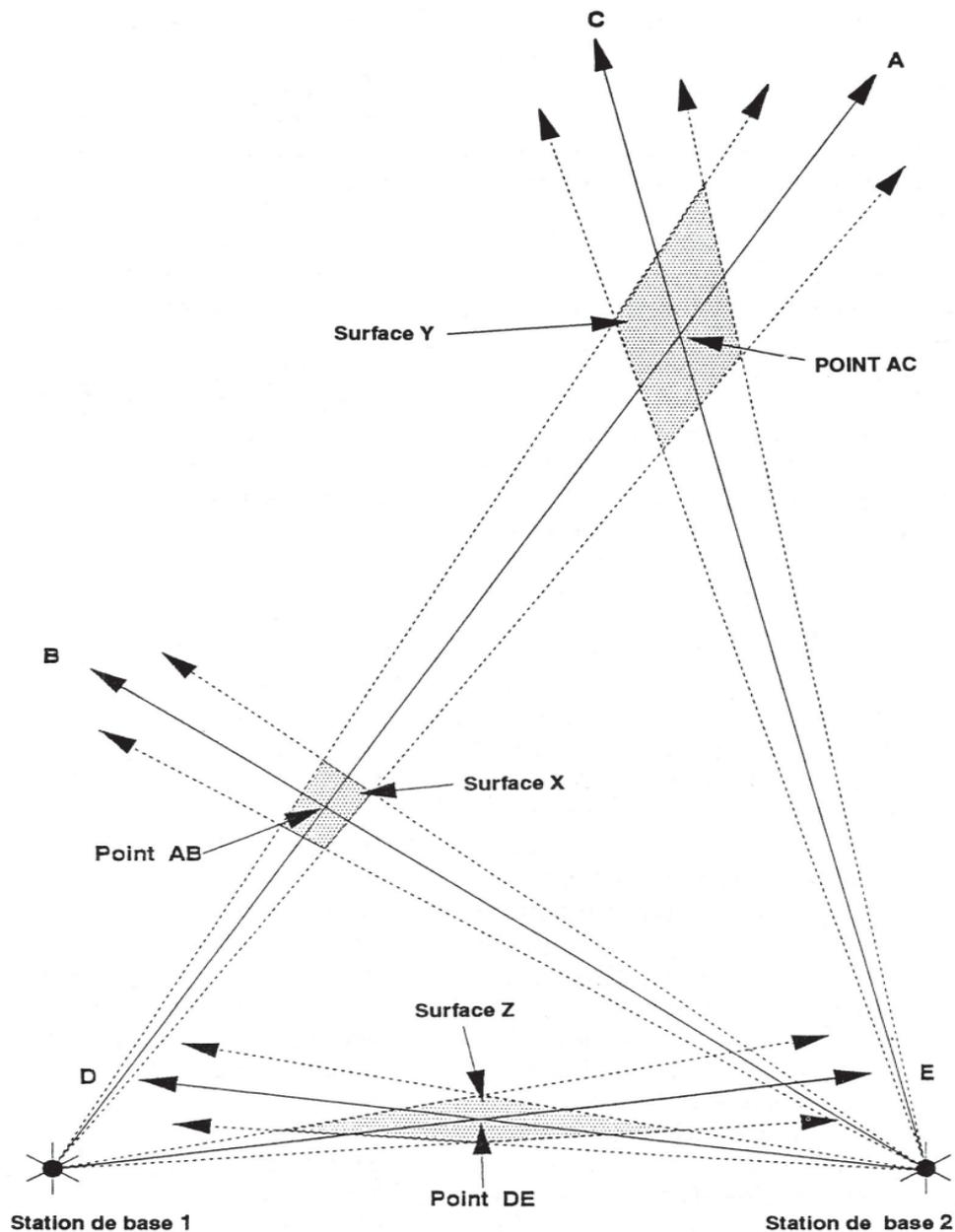


Fig. 8.1: Erreurs potentielles de la géométrie de triangulation.

trouver quelque pant dans la zone pointillée X. La triangulation aura la plus grande précision quand les relevés des deux récepteurs se coupent à environ 90° (zone X de la Fig. 8.1). Au fur et à mesure que l'angle d'intersection augmente (Zone Z) ou diminue (Zone Y) par rapport à l'idéal de 90° , le risque d'erreur augmentera. En d'autres termes, plus l'animal est proche de la ligne entre les deux récepteurs (Point DE), plus la précision diminue. De même, plus l'animal est loin des stations de base (Point AC), plus l'angle entre les relevés des deux récepteurs sera petit, ce qui réduit également la précision. Les difficultés et les limitations de la méthode sont décrites en détail par Heezen & Tester (1967), Taylor & Lloyd (1978), Macdonald (1978) et

Macdonald & Amlaner (1980). Cette méthode a été utilisée avec succès chez les éléphants par Fairall (1980).

iii) Autres imprécisions

Des erreurs peuvent survenir par une lecture erronée des relevés, lorsqu'on prend le relevé sur une boussole magnétique trop près d'une voiture. L'erreur peut également provenir d'une antenne installée trop basse - elle devrait être d'au moins une longueur d'onde au dessus du toit de la voiture.

b) Erreur de mouvement

Un délai entre les prises des relevés pour détecter la position de l'animal peut provoquer une erreur.

L'importance de l'erreur sera déterminée par la vitesse à laquelle l'animal se déplace, le laps de temps entre les prises des relevés, et la position de l'animal par rapport aux endroits où les relevés ont été pris (erreur géométrique).

c) Erreur topographique

Les ondes radio de haute fréquence sont atténuées par la végétation et peuvent être déviées par des aspects topographiques, plus la fréquence est haute, plus ceci peut se produire. Les imprécisions dues à la topographie sont variables et doivent être reconnues en fonction de la région d'étude en question.

Toutes les méthodes décrites ci-dessous ont également certains avantages et désavantages du point de vue coût/efficacité et intensité de travail. Il faudra également en tenir compte en préparant une étude.

8.3.2.3 Radio-pistage au sol

Le radio-pistage des éléphants au sol se fait en général à partir d'une voiture. À part le fait que les éléphants sont des animaux dangereux, ils ont de larges domaines vitaux, et trouver un animal porteur de collier dans un domaine vital qui peut atteindre 1.000 km² ou plus, implique que l'on perd souvent beaucoup de temps à couvrir le terrain entre des points élevés en tentant d'établir un premier "contact".

Selon les besoins de l'étude, il suffira peut-être de s'assurer de la position de l'animal uniquement par triangulation (pistage à distance). Cette méthode a été utilisée par Fairall (1980) pour détecter les éléphants. Le plus grand inconvénient avec cette méthode est qu'elle ne permet pas de recueillir d'autres données (souvent très utiles), et qu'elle est sujette à des erreurs de déplacement, erreurs topographiques et imprécisions géométriques.

Si le contact visuel de l'animal d'étude et de son groupe de famille est recherché (afin de déterminer la structure de sexe et d'âge du groupe, pour faire des études sur l'alimentation ou pour déterminer des conditions d'habitat etc.), on peut s'approcher de l'animal après avoir eu un premier contact radio, en se rapprochant du signal soit par voiture soit à pied. L'avantage d'approcher les éléphants à pied est que ceci provoque peu de dérangement si l'on prend garde à la direction du bruit et du vent, mais il faut procéder de façon extrêmement prudente. Approcher des éléphants en voiture demande en général un déplacement hors des routes, ce qui

est toujours bruyant et donne des observations sur des animaux inquiétés plutôt que tranquilles. Un autre avantage à avoir un contact visuel avec l'animal d'étude est d'éliminer des erreurs provenant d'une localisation à distance, puisqu'il est possible de pointer sa position de manière exacte sur la carte, surtout avec la technologie moderne du "Global Positioning System" (GPS). (Ces petits instruments tenus à la main peuvent indiquer des positions par coordonnées latitudinales et longitudinales précises par rapport à l'utilisateur, avec une précision de ±50m n'importe où sur la surface de la terre à partir de signaux reçus de satellites en orbite. Voir aussi la section sur les GPS au 12^{ème} chapitre).

Cette méthode est relativement bon marché, n'impliquant que les frais de voiture et les frais généraux usuels, tels que salaires etc. L'intensité du travail est grande car il faut souvent beaucoup d'heures pour voyager à travers un domaine vital en essayant d'établir un premier contact avec l'animal d'étude en question.

Bertram (1980) donne quelques conseils très utiles à ceux qui veulent faire une étude en utilisant la télémétrie par radio:

- i) Vérifiez régulièrement la fréquence de pulsation des signaux de chaque émetteur équipé d'un signal avertisseur pour annoncer une panne de piles.
- ii) Emportez toujours au moins un collier émetteur de rechange afin de pouvoir remplacer les colliers arriérés avant que le contact avec l'animal (et peut-être même avec le collier) ne soit définitivement perdu. Un collier de rechange permet également de vérifier l'équipement receveur si l'on soupçonne un problème.
- iii) Mettez un collier à plus d'un animal dans un groupe social afin que l'on puisse trouver le groupe même si un des colliers est en panne. La frustration en pendant le contact est énorme!
- iv) Habituez les animaux à vous en agissant aussi tranquillement et calmement que possible afin que vous puissiez les observer sans dérangement. Ceci facilite

également la mise en place et la récupération des colliers.

8.3.2.4 Radio-pistage par triangulation à partir de la station de base

Cette méthode nécessite l'établissement de deux ou plus de stations de base, chacune équipée d'un récepteur et d'une grande antenne sensible. Ces stations devraient être établies à l'endroit le plus haut de la zone d'étude, offrant la meilleure possibilité pour recevoir les signaux des colliers posés sur les animaux. Les positions de ces stations de base devront alors être indiquées sur la carte et une personne y installée pendant le temps que les animaux sont suivis. Des relevés à la boussole de la direction de l'animal d'étude seront pris simultanément de toutes les stations de base à des moments prédéterminés. Les positions des animaux pourront être déterminées plus tard par triangulation, comme décrit plus haut.

Cette méthode est très utile pour faire des études d'activité, étant donné que des pointages de chaque animal (chaque heure, demie-heure ou aux intervalles voulus) permettront de déterminer le chemin que prend l'animal, en reliant les "pointages". Les distances parcourues peuvent alors être calculées. L'inconvénient de la méthode est qu'elle ne permet pas de recueillir d'autres données (voir Section 8.5.3). La méthode peut également être sujette à des erreurs topographiques et des imprécisions géométriques. Ces erreurs peuvent être réduites à un minimum si l'on comprend bien la topographie locale.

La méthode sera utile uniquement dans une zone d'étude avec des terrains suffisamment élevés (tels qu'une pente élevée surplombant un domaine vital en contrebas), sur lesquels des stations de base peuvent être établies. Les larges étendues des domaines vitaux des éléphants ne permettront souvent pas d'établir un contact avec les animaux à partir de stations de base fixes s'il n'existe pas de terrain élevé convenable. Sous ces conditions la méthode est relativement bon marché une fois que les frais pour l'établissement et l'équipement des stations de base ont été déboursés. Les déplacements sont réduits au minimum et beaucoup de pointages peuvent être obtenus par la suite à peu de frais.

8.3.2.5 Radio-pistage par l'air

Le radio-pistage par l'air est une méthode qui a

fait ses preuves, surtout quand les animaux d'étude, comme dans le cas des éléphants, vivent souvent dans des environnements dégagés comme la savane, et dans ces habitats ils sont bien visibles de l'air. Dans les régions inaccessibles, les appareils aéronautiques sont également très utiles. Un autre avantage est que l'on gagne du temps. En volant à des altitudes allant jusqu'à 1.500m au dessus du sol, les signaux radio peuvent être captés à des distances allant jusqu'à 60km ou 70km, ce qui veut dire qu'un animal d'étude peut être trouvé rapidement en cas de besoin.

La méthode à utiliser dépendra du type d'appareil aéronautique disponible, mais de petits avions à ailes fixes, des hélicoptères et des avions micro-légers ont été employés avec succès. Les hélicoptères permettent d'obtenir des données de haute qualité, étant donné que leur faculté de faire du sur-place permet d'évaluer la structure d'âge et de sexe du groupe. Des données précises sur l'habitat s'obtiennent également de cette manière. L'animal peut être suivi en tenant l'antenne par la fenêtre; l'appareil ne nécessite aucune installation spéciale. Mais les frais d'utilisation extrêmement élevés des hélicoptères et leur disponibilité restreinte dans des régions rurales éloignées, excluent en général leur usage.

De petits avions à ailes fixes peuvent également fournir des données de haute qualité, aussi bien sur des variables d'habitat, que sur la composition des groupes. Un autre avantage est leur vitesse, il est donc possible de repérer beaucoup d'animaux ou de groupes différents dans une grande région dans un temps relativement court. Ils sont beaucoup moins chers que les hélicoptères et plus disponibles en règle générale, mais les frais, qui sont tout de même élevés, sont aussi un inconvénient, et les vols doivent être préparés soigneusement pour atteindre tout leur potentiel étant donné qu'ils ne peuvent pas toujours être effectués régulièrement. Il faut monter une ou deux antennes extérieures à ces avions - en principe une sur chaque aile. Les deux antennes sont reliées au récepteur à l'intérieur de l'appareil par un commutateur à double entrée. Ainsi, soit l'antenne de gauche, soit l'antenne de droite ou les deux antennes ensemble peuvent être utilisées. Le signal initial est reçu en écoutant sur les deux antennes, puis on choisit soit la gauche ou la droite pour déterminer sur quel côté de l'avion se trouve l'animal. L'avion est ensuite dirigé vers l'animal jusqu'à ce que l'intensité des signaux provenant des deux antennes soit la même. En

alternant constamment de l'antenne gauche à l'antenne droite, la direction de l'avion est ajustée pour maintenir une intensité égale des signaux. L'intensité du signal augmente à l'approche de l'animal, et si le terrain et la végétation sont propices, il est facile de localiser l'animal d'étude. Le grand avantage des avions micro-léger comparés avec les deux autres est que leur prix d'achat et les frais d'entretien et d'entraînement au vol sont relativement bas (ce qui économise d'engager un pilote). Ils sont faciles à manoeuvrer à partir de pistes en brousse et font relativement peu de bruit, ce qui réduit le dérangement des animaux. Les inconvénients comparés à d'autres appareils consistent en leur sensibilité au mauvais temps et leurs restrictions en vitesse et en autonomie.

L'enregistrement par écrit de données est difficile dans un avion car il y a peu de temps disponible quand les animaux d'étude sont en vue. Si le chercheur est également le pilote, le problème est d'autant plus grand (étant donné que piloter l'avion a forcément la priorité !). Un petit dictaphone portable ou un magnétophone sont très utiles dans ces conditions et permettent de transcrire les données plus tard.

La position de l'animal peut être pointée très exactement si le pilote/observateur connaît bien la région et s'il y a des cartes précises de la région. Si l'avion est équipé d'un GPS, ceci n'est pas nécessaire.

Un autre grand avantage du pistage par l'air, est que toutes les erreurs et inexactitudes provenant du pistage à distance décrit plus haut, peuvent être évitées (voir Section 8.3.2.2) étant donné que la position de l'animal d'étude peut être pointée de façon précise.

8.3.2.6 Radio-pistage en utilisant des satellites

Le radio-pistage par satellite est une technologie relativement récente qui améliore la logistique d'acquisition de données en évitant les insuffisances des techniques conventionnelles de la télémétrie à distance. Certains facteurs, tel que les mauvaises conditions météorologiques, l'obscurité, les frontières internationales, l'éloignement et des très grands déplacements des animaux, n'empêchent pas l'obtention systématique de données (Fancy *et al.* 1987). Voir le 12ème chapitre pour plus d'informations sur le pistage par satellite et sur les nouvelles méthodes pour étudier les déplacements, telle que le GPS.

8.4 QUELS GENRES DE DONNÉES SONT NÉCESSAIRES?

8.4.1 Généralités

Des données recueillies régulièrement à des moments déterminés permettront de mieux analyser les résultats. Les régions utilisées pendant l'étude ou les distances parcourues pourront être comparées de façon satisfaisante si on les a mesurées pour les mêmes durées de temps.

Les mouvements et le domaine vital d'un éléphant ne seront en général pas tout à fait stables, mais changent avec le temps. Les besoins d'un animal sont plus facilement satisfaits à certains moments de l'année qu'à d'autres, réduisant ainsi les besoins d'espace pour satisfaire ces besoins. Les changements saisonniers de l'environnement peuvent même réclamer des déplacements sur de longues distances ce qui provoque de très grands domaines vitaux. Ces déplacements peuvent aboutir à des migrations régulières ou à des déplacements erratiques irréguliers, pour profiter au mieux des conditions locales favorables. L'idéal serait de conduire les études sur plus de deux cycles annuels complets.

Le genre de données recherchées dépend du genre de questions auxquelles l'on désire répondre. S'il ne faut connaître que le genre de régions utilisées par les clans d'éléphants, il suffira probablement de pointer à distance aussi régulièrement que possible les éléphants dans les clans avoisinants. Mais si l'on recherche d'autres réponses à des questions (comme, par exemple, combien d'individus composent les différents clans? Tous les membres d'un clan utilisent-ils le même domaine? Les types d'habitat ont-ils une influence sur les déplacements? Quelle influence a la pluie sur les déplacements? etc.), alors d'autres types de données seront nécessaires, mais ce chapitre ne peut pas couvrir toutes ces questions, car elles impliquent d'autres techniques, telles que analyses d'habitat, études botaniques etc..

8.4.2 Domaine vital

Pour beaucoup d'animaux, le domaine vital représente la clé à leur capacité de survie et de reproduction, et la connaissance des exigences de domaine vital d'une espèce, est un facteur essentiel pour la connaissance de son écologie générale. Mais les études des domaines vitaux ont

été plutôt vagues. La raison en est que les techniques utilisées ne permettent pas une surveillance continue de la position exacte de l'animal. Les données proviennent pratiquement toujours de pointages sporadiques de la position de l'animal, pris à des intervalles soit réguliers soit irréguliers, et le parcours de l'animal pendant le temps intermédiaire n'est pas connu. Les données ne peuvent donc refléter que vaguement la nature réelle du domaine vital de l'animal d'étude, mais plus l'étude est intensive, plus l'idée devient claire.

L'intensité avec laquelle une telle étude est conduite se voit souvent limitée par des contraintes budgétaires, ou alors des contraintes de temps en raison des responsabilités supplémentaires du chercheur, mais toute donnée pouvant être recueillie sur une période suffisante procurera quelques indications sur la région qu'un animal utilise comme domaine vital.

8.4.3 Systèmes à grilles

Toute analyse de positions pointées de l'animal d'étude dépend d'un système à grilles. Une telle grille peut s'appuyer sur un des systèmes de coordonnées géographiques reconnus, tels que latitude/longitude (par exemple degrés décimaux ou degrés/minutes secondes), un

système de projection, tel que Universal Transverse Mercator (UTM), ou un système cartésien où la grille est dessinée au-dessus d'une carte de la zone d'étude, à une échelle convenant aux exigences de l'étude. L'un ou l'autre des systèmes de coordonnées géographiques est utile, car ils sont en général tous compatibles avec les programmes GIS, mais la plupart de ces études se reposent sur un système cartésien, étant donné que les références des grilles peuvent être rendues compatibles avec le GIS par un simple programme de conversion. Il faudra attribuer aussi bien aux lignes verticales qu'aux lignes horizontales de la grille des valeurs numériques (pas alphabétiques ou alphanumériques), étant donné que les positions à n'importe quel endroit de la grille sont ainsi pourvues d'un caractère arithmétique, ce qui permet par la suite d'effectuer certaines procédures mathématiques.

Le taille des cellules d'une grille cartésienne devra être choisie en fonction de l'erreur inhérente en calculant chaque pointage. En d'autres termes, si on s'attend à ce que la position calculée soit de l'ordre d'un kilomètre de la position réelle de l'éléphant, les cellules, au meilleur cas, devraient être de 1km x 1km. Bien que les grilles n'aient pas besoin d'être carrées ou d'une taille particulière, l'utilisation de grilles de 100m x 100m ou 1km x 1km peut simplifier l'analyse ultérieure des données. Fig. 8.2 donne une illustration d'une

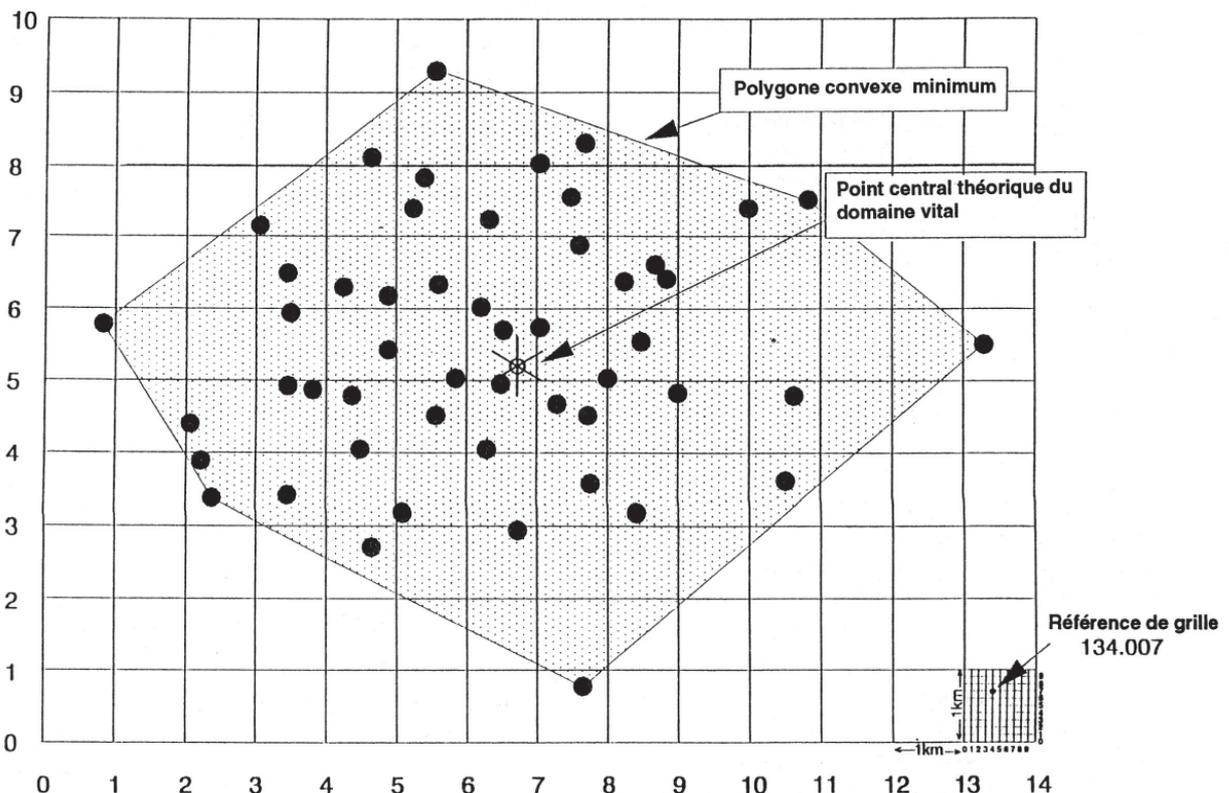


Fig. 8.2: Une grille cartésienne superposée sur les pointages représentant un domaine vital hypothétique.

telle grille de 1km x 1km, ensuite sous-divisée (coin droit du bas) en cases de 100m x 100m. Pour donner une illustration, le point A dans la case d'en bas à droite aurait une référence de grille de 134,007 (les valeurs longitudinales (Y) sont indiquées avant les valeurs latitudinales (X)). On peut attribuer à chaque pointage sur cette figure hypothétique un point de référence à six chiffres, ce qui veut dire qu'elle se trouve dans une case particulière d'une surface de 100m x 100m. Le calcul des valeurs moyennes de X et Y pour tous les pointages, indique le point central théorique (ou "centre d'activité") du domaine vital.

8.4.4 Déplacements saisonniers ou périodiques sur de longues distances

Les éléphants quittent parfois les régions de conservation de façon saisonnière ou périodique. Etant donné que de tels déplacements se font souvent sur de grandes distances, on ne sait pas toujours où les animaux se trouvent pendant ce temps, et le seul moyen réaliste de savoir quels éléphants vont où, est de surveiller leurs déplacements par radio-pistage. Un tel problème a été décrit par Lindeque & Lindeque (1991) en Namibie. Sous ces conditions, il serait peu réaliste voir même impossible, de procéder au pistage à partir de stations de base ou du sol, et devra être fait soit par l'air soit par satellite. Le pistage par satellite peut convenir, étant donné que des pointages précis peuvent être obtenus, mais à moins que plusieurs animaux dans ces groupes aient été équipés de Platform Transmitter Terminals ou PTT (voir 12ème chapitre). on ne pourra pas savoir combien d'animaux participent à ces déplacements et quels animaux vont où. Sous ces conditions, le pistage par avion est la méthode idéale, puisqu'elle permet de faire des pointages précis de la position (surtout en conjonction avec un GPS), et que des informations détaillées sur la structure du groupe peuvent également être obtenues. De savoir où les animaux sont allés est utile, mais il serait beaucoup plus intéressant de savoir pourquoi ils y sont allés, et on pourra également obtenir d'autres données concernant des aspects tels que des variables d'habitat.

8.4.5 Relations dynamiques entre clans, troupeaux et individus

Ce genre d'étude nécessite l'étude simultanée de plusieurs éléphants du même clan et de clans différents. Des femelles pourvues de colliers se trouvant éloignées de plusieurs kilomètres

peuvent appartenir au même clan, et la définition ultérieure des tailles et formes de leurs domaines vitaux respectifs peut faire la lumière sur leurs relations.

Sans avoir recours à un ordinateur, une méthode utile et simple consiste à utiliser des épingles de couleur (chaque animal porteur d'un collier ayant sa propre couleur) pour démontrer ces relations. Chaque fois qu'un animal d'étude est repéré, une épingle adéquate est mise sur la carte à la référence de grille appropriée, ainsi se développe graduellement une image plus claire des domaines vitaux que par polygones convexes (voir Section 8.5.2). Les polygones convexes des domaines vitaux des clans avoisinants au Parc National Kruger (Whyte 1993) font ressortir un haut degré de chevauchement, mais l'utilisation de la technique des "épingles en couleur" aurait fait ressortir clairement le noyau des régions généralement peu utilisées par les voisins du clan.

Les références de grille sont, elles aussi, des types clé de données à utiliser dans les analyses ultérieures.

8.4.6 Comportement pour La recherche alimentaire et utilisation spatiale des ressources

Quand on étudie le comportement pour la recherche alimentaire il faut que l'animal d'étude soit visible par l'observateur afin que celui-ci puisse noter en détail ce que l'animal mange. Ceci ne fait pas partie d'une étude ordinaire des déplacements. et il faut pouvoir répondre à des questions comme "Quelles espèces de plantes sont utilisées?" par observation directe. La radio-téléométrie est un outil utile pour ce type d'étude, parce que les animaux peuvent être facilement localisés et re-localisés quand on perd le contact visuel. On peut répondre à des questions, telle que "Y a-t-il des endroits préférés pour trouver de la nourriture? Combien loin les éléphants s'éloignent-ils de l'eau pour atteindre ces endroits? A quels moments de la journée les éléphants s'approchent ou s'éloignent-ils de l'eau?" par des études de déplacements des animaux.

Il est certain que tous ces types d'études ont deux aspects particuliers en commun. D'abord, il faut que la position de l'animal soit correctement pointée. D'autre part, un système de grilles, qui peut attribuer à toutes les localités une référence de grille exacte, est indispensable pour l'analyse ultérieure des données. Les premières

observations sur le terrain peuvent être notées au crayon sur une carte précise - les références de grille pourront être établies par la suite.

8.5 TECHNIQUES POUR L'ANALYSE DES DONNÉES

8.5.1 Analyse simple des déplacements

La mesure des déplacements est l'analyse de la distance couverte par rapport au temps passé pour couvrir cette distance. Pour obtenir les mesures optimales des déplacements d'un animal, il serait nécessaire de pointer sa position exacte (et prendre l'heure) à chaque pas. Ceci est évidemment ridicule, mais de le faire moins fréquemment entraînerait définitivement un degré d'erreur dans les mesures, étant donné que le chemin pris par l'animal entre des pointages successifs ne sera jamais une ligne droite, et moins les pointages sont fréquents, plus l'erreur sera grande. Une étude des déplacements devrait donc viser à obtenir des pointages exacts aussi souvent que possible, et le moment précis de chaque pointage est une partie aussi importante de l'ensemble des données que le pointage par radio lui-même. Selon les intervalles entre les différents pointages, le pistage est considéré comme étant continu ou discontinu.

Dans le cas du pistage continu, des pointages par radio devraient être faits à de courts intervalles (<15 minutes), afin d'obtenir une série de pointages qui permettront une approximation grossière du parcours de l'animal. Ceci est utile pour déterminer l'intensité de l'utilisation du domaine vital, les modèles d'activité et les interactions entre individus quand plus d'un animal est porteur d'un collier.

Le pistage discontinu consiste à localiser l'animal à des intervalles soit discrets soit pris au hasard. Cette technique est utile pour déterminer des domaines vitaux. Des intervalles de temps devraient être choisis de façon à avoir un minimum de problèmes d'auto-correlation, facilitant ainsi l'analyse (voir Harris *et al* 1990). Un autre avantage de la méthode est qu'elle permet l'étude simultanée d'un plus grand nombre d'animaux de groupes sociaux séparés, de populations discrètes ou d'espèces sympatriques.

a) Modèles de déplacement

Un animal ne se déplace absolument jamais à une

vitesse constante pendant de grandes durées, et il y a des différences du degré de déplacement selon des cycles journaliers aussi bien que saisonniers. Les cycles journaliers varient selon l'heure en raison de périodes de repos (voir sommeil), de trajets spéciaux vers l'eau ou des ressources de nourriture particulières etc.. Pour les étudier au mieux, un pistage continu sur plusieurs périodes de 24 heures serait nécessaire. Ces activités peuvent avoir des variations saisonnières, et ces périodes de pistage de 24 heures devraient donc être effectuées à tout moment de l'année.

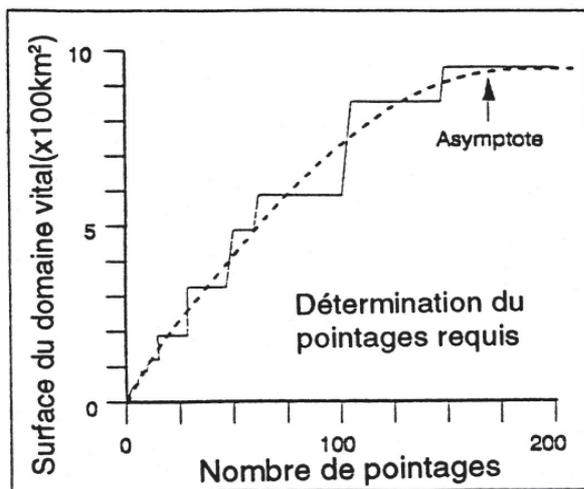
Un autre modèle de déplacements pourrait se présenter chez une espèce migratoire, de façon saisonnière, vers une autre partie, entièrement séparée, du domaine vital. Le pistage discontinu peut fournir des données adéquates à condition que les pointages soient obtenus régulièrement. Il sera peut-être nécessaire de conduire l'étude pendant plus d'une saison afin de déterminer à quel point le modèle de migration est stable. Ces déplacements peuvent être pointés sur la carte de façon satisfaisante (Fancy *et al.* 1989), mais le pistage discontinu ne révèle pas fidèlement les déplacements de l'animal. Le pistage continu révèle mieux les distances moyennes des déplacements pour différentes périodes de temps et peuvent ainsi fournir une dimension supplémentaire aux données.

b) Distance moyenne du déplacement

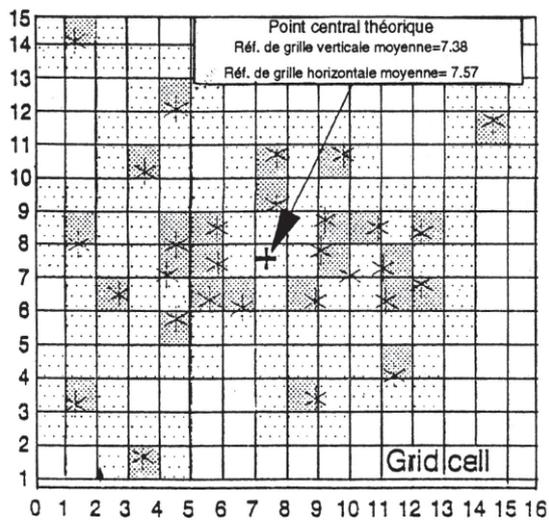
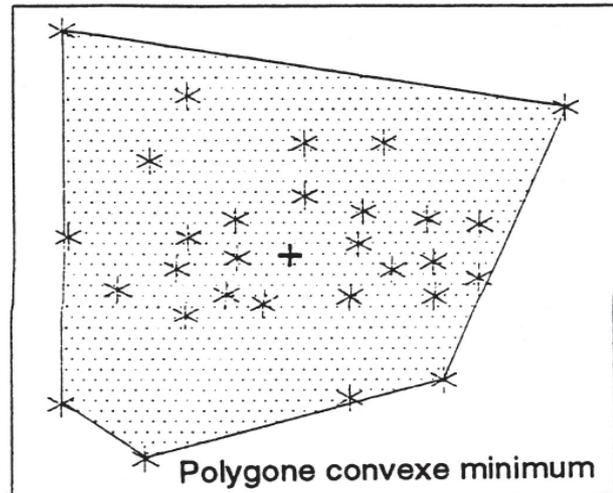
Dans toutes ces études la distance moyenne du déplacement est d'intérêt. Cette connaissance facilite la comparaison précise de différents ensembles de données. La distance moyenne du déplacement par heure varie quand les animaux sont à la recherche de nourriture, se reposent ou se trouvent en migration. Plus on étudie le modèle de déplacement de l'animal, plus souvent il sera nécessaire de localiser l'animal. Les déplacements courts (journaliers) moyens nécessitent un pistage continu, tandis que ceux d'un animal en migration pourront être pistés discrètement ou même au hasard. Il est certain que plus souvent on fait des pointages radio, plus élevée sera la qualité des données.

8.5.2 Analyse du domaine vital

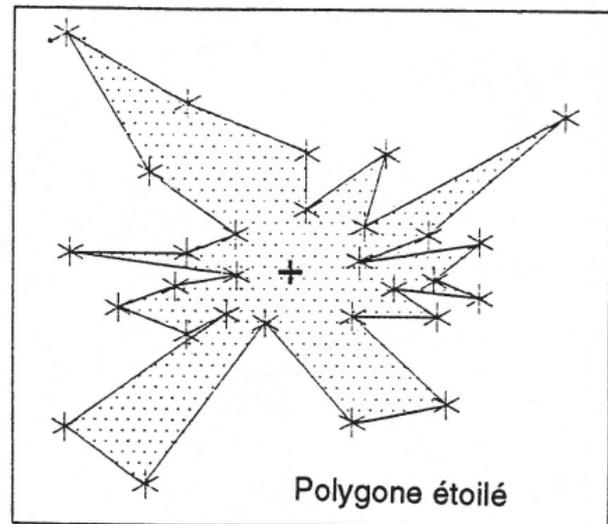
Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'étude d'un domaine vital ne donnera qu'une image de la nature réelle du domaine vital de l'animal d'étude, mais plus l'étude est conduite intensément, plus l'image sera claire. Pour pallier à ce défaut, de différentes techniques ont été



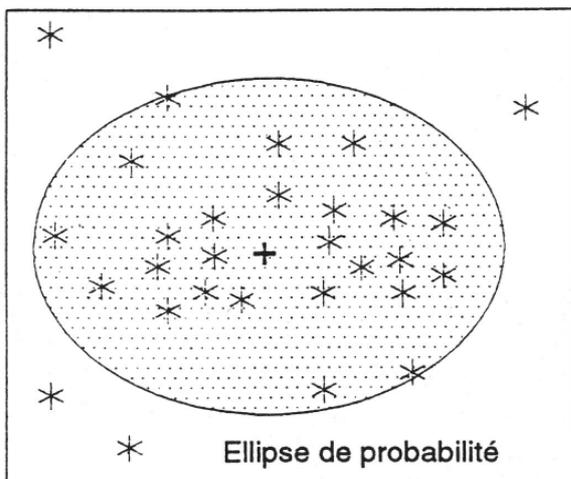
A



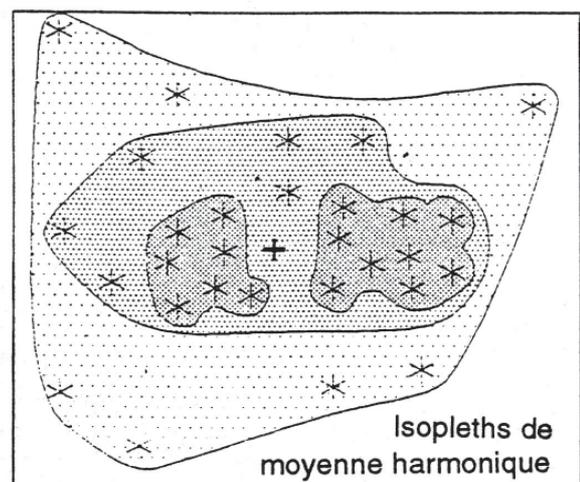
C



D



E



F

Fig. 8.3: Aspects de données sur les domaines vitaux et méthodes d'analyse.

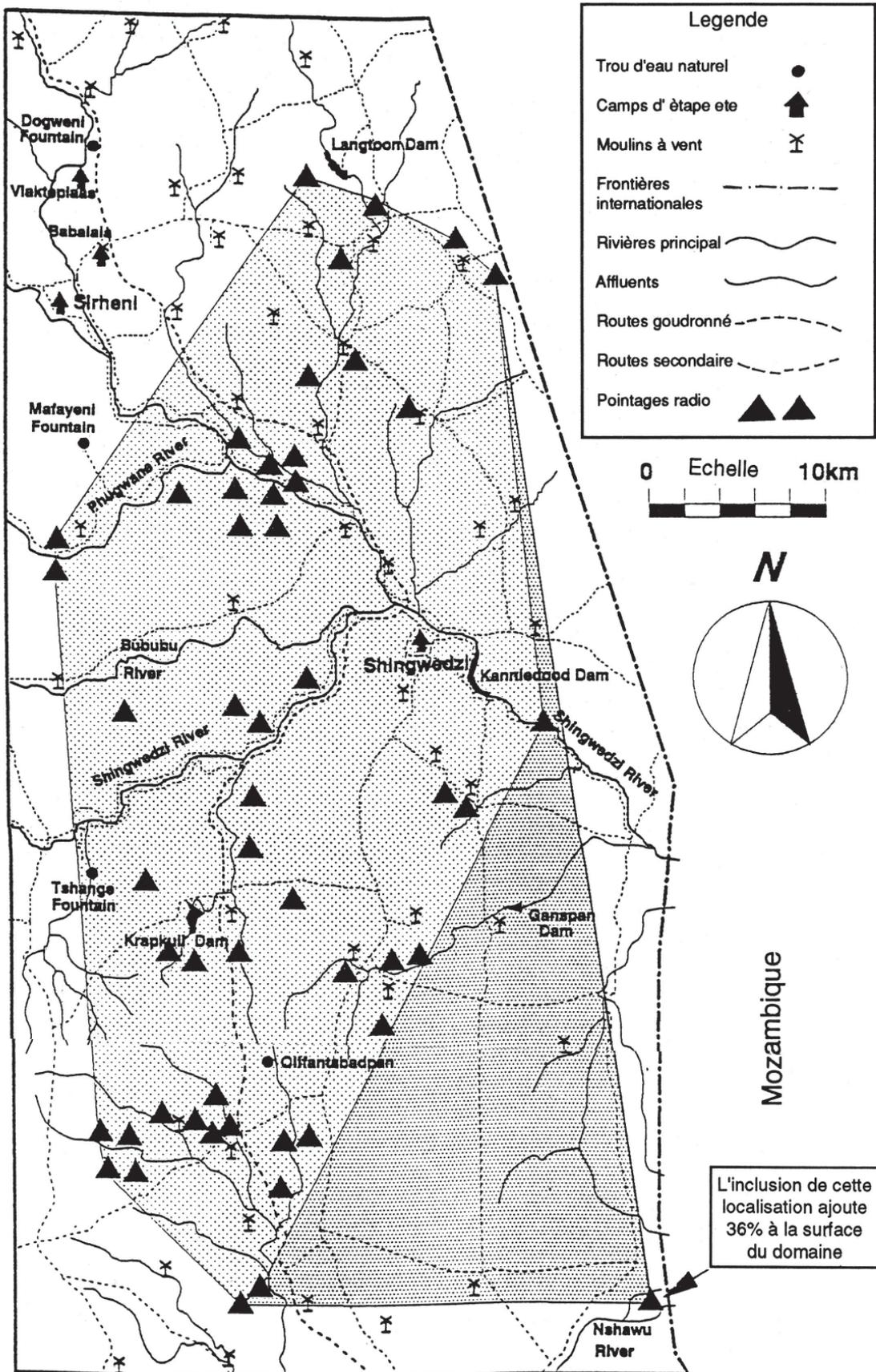


Fig. 8.4: Domaine vital enregistré d'une femelle adulte au Parc National Kruger, montrant l'influence d'un "pointage", sur la surface du polygone convexe minimum.

développées pour analyser et présenter des données sur le domaine vital. D'en parler en détail dépasserait de loin les limites de ce chapitre, mais elles ont été révisées par Harris *et al.* (1990) et résumées ici, comprenant des références appropriées pour ceux qui désirent plus de détail. Fig. 8.3 donne une illustration des méthodes respectives en utilisant des données fictives. Les 28 points de données pour toutes les méthodes sont identiques, mais aucune analyse concrète en a été faite - ils ne servent qu'à montrer ce que les analyses respectives peuvent illustrer.

a) Taille de l'Échantillon (Fig. 8.3a)

Un aspect fondamental d'une étude de domaine vital est l'accumulation de suffisamment de points pour illustrer correctement le domaine vital. Ceci est relativement facile à déterminer, étant donné que plus le nombre de pointages augmente, plus la surface du domaine vital s'agrandit. Au début l'augmentation en surface est rapide, mais elle ralentit progressivement jusqu'à arriver à un point où une augmentation du nombre de pointages n'agrandit plus la surface du domaine vital (voir Whyte 1993). Ce point est connu sous le nom d'asymptote (Stickel 1954). Quand on arrive à ce point, il est toujours utile de continuer à accumuler des données pour certaines études (intensité de l'utilisation du domaine vital), mais les limites du domaine vital auront été établies sur les grandes lignes. Cependant, chez les éléphants ceci risque de ne pas être si simple, étant donné qu'ils ont de grands domaines vitaux qui peuvent ou ne peuvent pas être bien utilisés pour des courtes périodes, et des études sur une longue durée peuvent quand même révéler des agrandissements soudains et imprévus. Au Parc National Kruger, par exemple, la surface du domaine vital d'une femelle adulte a augmenté de 36% (de 1 .200km² à 1.630km²) en raison d'un pointage dans une zone où elle n'avait pas été repérée auparavant pendant une période de 52 mois après avoir reçu un collier (voir Fig. 8.4).

b) Polygone convexe minimum (Fig. 8.3b)

Cette technique est l'une des plus simples pour le calcul du domaine vital, et celle qui est encore la plus utilisée. Son grand avantage est qu'elle est la seule qui permet une comparaison rigoureuse entre études. Elle ne se base pas sur des procédures statistiques complexes; et pour la plupart des objectifs de gestion. le polygone indique au gestionnaire la taille probable du domaine de l'animal, même s'il contient des zones inutilisées. Son désavantage est que tous les points des données y sont inclus, y compris les

points périphériques au-delà de la zone d'activité principale. Il comprend donc certaines zones qui ne sont jamais ou que rarement utilisées. Par ailleurs, cette méthode ne procure pas d'indication sur l'intensité de l'utilisation du domaine, bien que l'inclusion des pointages dans le polygone donne une bonne impression visuelle (Fig. 8.3b). On peut réduire ces désavantages en utilisant des polygones concaves (Clutton-Brock *et al.* 1982) ou des polygones restreints (Wolton 1985). Cette méthode est probablement très utile quand elle est appliquée en conjonction avec une des autres techniques.

c) Cellules de grilles (Fig. 8.3c)

Une autre technique non-statistique est la superposition de cellules de grilles. La méthode est utile pour montrer l'utilisation de l'habitat (Lawrence & Wood-Gush, 1988). Voigt & Tinline (1980) se sont servi des méthodes des cellules de grilles, où les cellules contiguës aux cellules contenant un pointage étaient incluses dans l'analyse (Méthode des cellules d'influence) et une autre méthode (cellules liées), où les cellules entre celles comportant des pointages successifs, suffisamment proches en temps mais assez éloignés pour démontrer que l'animal s'était déplacé entre eux en une ligne presque droite, étaient également incluses. La surface du domaine vital est calculée en additionnant le nombre de cellules "actives".

Le système des cellules de grilles est utile pour calculer le point central théorique, ou "centre d'activité", à partir du point d'intersection des coordonnées moyens de tous les pointages. X et Y. Ce point est utilisé dans quelques unes des autres analyses.

d) Polygones étoilés (Fig. 8.3d)

Cette méthode a été utilisée par Voigt & Tinline (1980), où le "centre d'activité" est déterminé au préalable. Chaque localisation est numérotée en fonction de sa direction par rapport à ce centre d'activité (par exemple de 0° à 360°). puis les points sont reliés dans l'ordre numérique, ce qui donne une sorte d'"étoile éclatée". Cette méthode donne un polygone plus petit que le polygone convexe, mais elle évite une bonne partie de la surface incertaine située entre points extrêmes adjacents. La surface de ce polygone peut alors être calculée.

e) Méthodes probabilistes (Fig. 8.3.e)

Avec ces méthodes, les domaines vitaux sont analysés en tant que cercles ou ellipses, où les pourtours des ellipses peuvent être utilisés pour

définir la taille du domaine vital. Elles comportent cependant certaines suppositions statistiques qui ne sont que rarement remplies en conditions naturelles, et même si ces méthodes sont utiles pour des analyses théoriques, elles ne se prêtent pas à des utilisations de gestion, dans lesquelles l'image du domaine vital doit être plus visuelle.

f) Moyenne harmonique (Fig. 8.30)

Cette technique élégante fût développée par Dixon & Chapman (1980), et permet de déterminer plusieurs centres d'activité, tailles et configurations des domaines vitaux. Il s'agit d'une procédure mathématique utilisant un système de grilles, où des valeurs sont calculées à chaque intersection de la grille, donnant ainsi une matrice sur laquelle l'on peut tracer des isoplèthes en tant que lignes de contour. Cette technique est particulièrement utile pour mettre en évidence les zones centrales et les zones à utilisation relativement élevée ou faible à l'intérieur du domaine vital.

8.5.3 Evaluer l'utilisation de l'habitat et le comportement à partir de données de déplacements

Dans beaucoup de régions de conservation, une grande partie du travail de base, tel que la compilation de listes floristiques et faunistiques,

la cartographie: du sol, de la géologie, des types de paysages, des types de végétation et/ou des communautés végétales, a déjà été accompli. Si de telles cartes de végétation et/ou d'habitat sont disponibles pour la région d'étude (par un système GIS ou par une carte avec un tracé précis des types de végétation), un certain nombre d'informations sur le comportement de recherche alimentaire et sur l'utilisation spatiale des ressources peuvent en découler, en croisant la référence sur la grille d'une localisation d'un éléphant, avec les types d'habitat. La proportion du temps passé dans un certain type d'habitat donnera une indication de l'importance de cet habitat pour l'animal ou l'espèce d'étude, et pourrait, dans le cadre d'une étude sur les éléphants, mettre en évidence des espèces ou communautés végétales à risque, dessinant ainsi des axes de recherche pour l'avenir. Plus les pointages de l'animal et les cartes de végétation sont précis, plus la qualité de l'information déduite sera bonne. La Fig. 8.5 montre le même domaine vital hypothétique que la Fig. 8.2, mais ici une carte de la végétation et une grille Cartésienne sont surimposées. Sur les 50 pointages illustrés, huit (16%) se situent en forêt et 42 (84%) se situent en savane. Seuls trois (6%) ont été enregistrés sur la rive orientale de la rivière. Par ailleurs, ils ont apparemment évité les types fluviaux (contrairement aux vrais éléphants). Si ces données étaient réelles, une telle

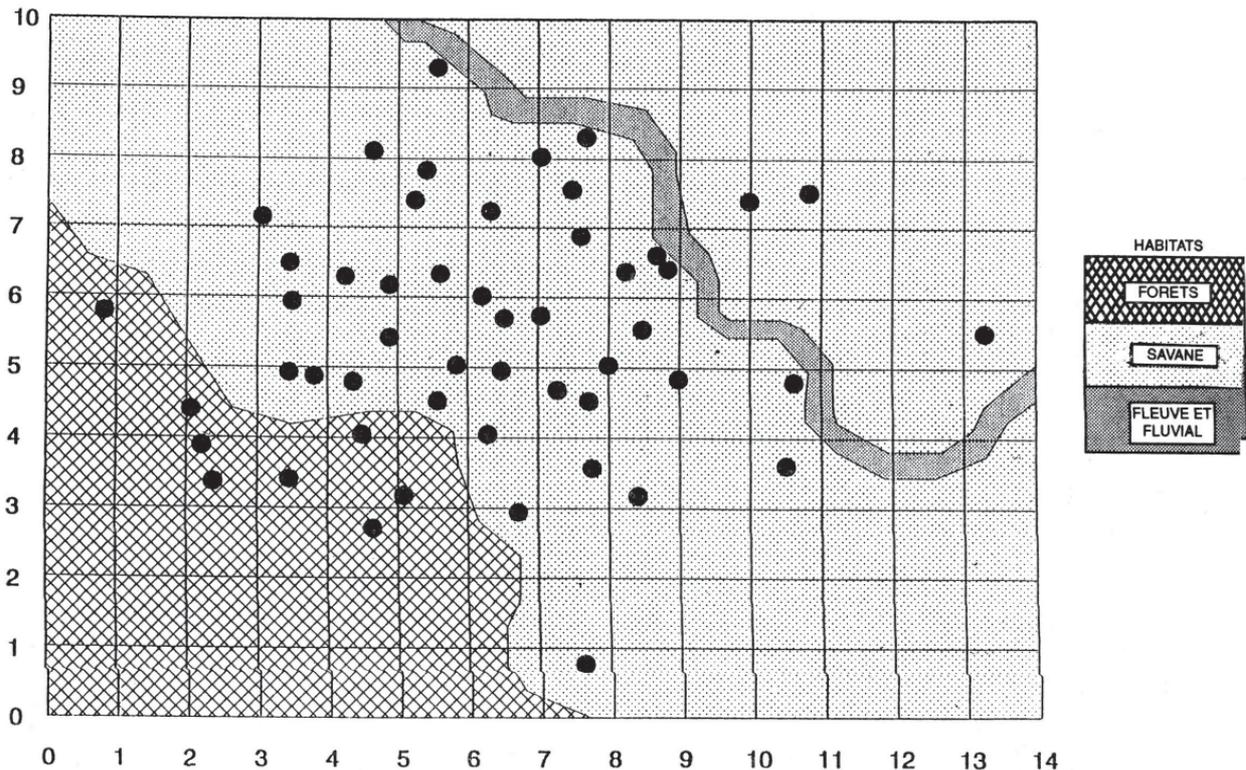


Fig 8.5: Une grille cartésienne superposée sur une carte de végétation hypothétique et pointages représentant un domaine vital.

analyse nous donnerait des renseignements sur le domaine vital et les types d'habitat préférés par cet animal.

Certains comportements pourraient également être déduits. Par exemple, comme ces éléphants semblaient éviter les zones fluviales, des pointages le long du fleuve pourraient indiquer que les animaux boivent, et donc des heures préférentielles pour ce comportement. Ceci pourrait être confirmé par des observations directes.

8.6 ADRESSES DE FOURNISSEURS

Télémétrie par satellite

1. Service Argos, Inc.,
1801 McCormick Drive, Suite 10,
Landover MD 230785, USA
2. Telonics Inc.,
92 E. Impala Ave.,
Carpinteria, CA 93013, USA

Télémétrie conventionnelle

1. Telonics Inc.
2. Wood-Ivey Systems Corp. (WISCO), P O
Box 4609,
Winter Park, FL 32793, USA

Systèmes de positionnement globaux (GPS)

1. Trimble Navigation,
P O Box 3642, Sunnyvale,
CA 94088-3642, USA
2. Garmin,
9875 Widmer Road, Lenexa, Kansas
66215, USA
3. Magellan Systems Corporation,
960 Overland Ct.,
San Dimas,
CA 91773, USA

Remerciements

Je voudrais remercier le National Parks Board of South Africa pour la permission de présenter cette vue d'ensemble: Mes remerciements vont

également au Dr. Gus Mills pour son aide avec les références bibliographiques et l'accès à sa collection privée. Le Dr. Harry Biggs a fait des remarques utiles sur les systèmes de grilles. M. Dame Pienaar a fourni les bases pour la carte utilisée dans la Fig. 8.4.

Bibliographie

- AMLANER c.j. & MACDONALD, D.W. (Eds) (1980) *A handbook on biotelemetry and radio tracking*. Pergamon Press, Oxford
- BELL, W.D.M. (1923) *The wanderings of an elephant hunter*. Neville Spearman & The Holland Press London.
- BERTRAM, B. (1980) The Serengeti radio tracking program. In: *A handbook on biotelemetry and radio tracking*, (Eds C.J. Amlaner & D.W. Macdonald), pp. 625-631. Pergamon Press, Oxford.
- CHEESEMAN, C.L. & MITSON, K.B. (Eds.) (1982) Telemetric studies of vertebrates, Symposium of the Zoological Society of London 49,1-368.
- CLUTTON-BROCK, T.H., GUINNESS, F.E. & ALBON, S.D. (1982) *Red deer: behaviour and ecology of two sexes*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- DIXON, K.R. CHAPMAN, JA. (1981) Harmonic mean measure of animal activity areas. *Ecology* 61, 1040-1044.
- DOUGLAS-HAMILTON, I., MICHELMORE, F. & INAMDAR, A. (1992) *African elephant database*. European Commission African Elephant Survey and Conservation Programme. UNEP/GRID/GEMS, Nairobi.
- FAIRALL, N. (1980) A radio tracking study of young translocated elephants In: *A handbook on biotelemetry and radio tracking* (Eds C.J. Amlaner & D.W. Macdonald), pp. 673-678. Pergamon Press, Oxford.
- FANCY, SG., PANK, L.F., DOUGLAS, D.C., CURBY, C.H., GARNER, G.W., AMSTRUP, SW. & REGELIN, W.L. (1987) *Satellite telemetry - a new tool for wildlife research and management*. US. Fish & Wildlife Service, Resource Publication 172, 54. Washington, USA.
- HARRIS, S., CRESSWELL, W.J., FORDE, P.G., TREWHELLA, W.J., WOOLLARD, T. & WRAY, S. (1990) Home-range analysis using radio-tracking data - a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20 (2/3), 97-123.
- HEEZEN, K.L. & TESTER, J.K. (1977) Evaluation of radio-tracking by triangulation with special reference to door movements. *Journal of Wildlife Management* 31,124-141.
- LAWRENCE, A.B. & WOOD-GUSH, D.G.M. (1988) Home-range, behaviour and social organisation of Scottish Black-faced sheep. *Journal of Applied Ecology* 23, 25-40.
- LINDEQUE, M. & LINDEQUE, F.M. (1991) Satellite tracking of elephants in north western Namibia. *African Journal of Ecology* 29, 196-206.
- MACDONALD, D.W. (1978) Radio tracking: some applications and limitations. In: *Animal marking Recognition marking of animals in research*. (Ed. B. Stonehouse), pp. 192-204. Macmillan, London.
- MACDONALD, D.W. & AMLANER C.J. (1980) A practical guide to radio tracking. In: *A handbook on biotelemetry and radio tracking*, (Eds. C.J. Amlaner & D.W. Macdonald). pp.142-159. Pergamon Press, Oxford,
- MOSS, C.J. (1988) *Elephant memories Thirteen years in the life of an elephant family*. ElmTree Books London.
- STICKEL, LF. (1954) A comparison of certain methods of measuring ranges of small mammals. *Journal of Mammalogy* 35 1-15.
- TAYLOR K.D. & LLOYD, H.G. (1978) The design, construction and use of a radio-tracking system for some British mammals. *Mammal Review* 8,117-139.
- VOIGT DR. & TINLINE, R.R. (1980) Strategies for analyzing radio tracking movement data. In: *A handbook on biotelemetry and radio tracking* (Eds C.J. Amlaner & D.W. Macdonald), pp. 387-404. Oxford, Pergamon Press
- WHYTE. I.J. (1993) The movement patterns of elephants in the Kruger National Park in response to culling and environmental stimuli. *Pachyderm* 16, 72-80.
- WOLTON, R.J. (1985). The ranging and nesting behaviour of wood mice, *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae), as revealed by radio tracking. *Journal of Zoology* 206, 203-224.

9^{ÈME} CHAPITRE

L'ÉTUDE DES INTERACTIONS ELEPHANT- HABITAT

Keith Lindsay

Environment & Development Group
13 St. Giles
Oxford OX1 3JS, U.K.

9.1 INTRODUCTION

L'étude des interactions entre éléphants et leurs habitats, a de l'intérêt aussi bien pour les écologistes que pour les gestionnaires de la faune sauvage (voir 18^{ème} chapitre). Les objectifs de gestion des autorités d'une zone protégée, peuvent aller de la préservation des habitats d'un status quo sélectionné (par exemple Martin & Conybeare 1992), à l'entretien d'une biodiversité maximale (Western 1989), jusqu'à la conservation de processus écologiques qui laisse de la latitude pour le changement de l'habitat (Sinclair 1983). L'impact des éléphants en recherche d'alimentation sur les habitats, et surtout sur les plantes ligneuses, a été suivi avec inquiétude ou indifférence selon le système de valeur de l'observateur (Caughley 1983) et ses objectifs de gestion.

Les gestionnaires posent généralement aux chercheurs une question qui peut simplement être formulée ainsi: "Les éléphants causent-ils la réduction du terrain boisé?" Les gestionnaires doivent décider si une intervention est nécessaire pour réduire, ou pour contrôler d'une autre manière la densité de la population d'éléphants. Si la réduction du terrain boisé est considéré comme indésirable. Il se peut que l'on trouve assez facilement une réponse à cette simple question et les questions similaires concernant le taux de changement, mais la gestion de la nature serait améliorée Si la recherche pouvait poser et répondre à des questions plus difficiles, concernant tous les facteurs ayant une influence sur l'établissement et le changement des terrains boisés.

L'étude des interactions éléphant-habitat est vaste et comprend non seulement la dynamique des populations, les densités, les distributions et la sélection alimentaire des éléphants, mais aussi la dynamique des populations et les réactions au stress écologique de la végétation. L'interaction entre éléphants et arbres comprend les effets

qu'ont les éléphants sur la survie et l'introduction de plantes, et les effets sur la survie des éléphants qu'à le changement de ressources alimentaires. Ce sont d'immenses sujets d'intérêt, ayant une longue histoire de recherche et une vaste littérature dans chaque domaine. Il est aussi un fait que les populations d'arbres sont touchées par des facteurs écologiques autres que les éléphants. Ces facteurs comprennent les feux, les conditions climatiques extrêmes, telle que sécheresse, grandes pluies et inondations ou le gel et les vents forts, ainsi que l'utilisation par d'autres herbivores et les activités humaines.

La dynamique des populations d'éléphants est en général basse. Ils ont une longue vie, se reproduisent à un taux bas, et ont une mortalité basse. Les arbres eux aussi poussent lentement. Pour arriver à une connaissance complète des processus interactifs il faudrait plusieurs siècles d'observations, mais on peut développer une charpente faite de modèles de relations hypothétiques entre éléphants et leurs habitats. Un modèle peut être simple ou complexe, allant d'un diagramme avec des cases et des flèches sur un bout de papier, jusqu'à un modèle détaillé de systèmes fait sur ordinateur. Tout modèle devrait être considéré comme un outil pour décrire et comprendre un système qui est établi sur une durée plus longue que la vie humaine.

Etant donné que l'aspect le plus évident de l'interaction entre éléphants et habitats, est l'effet de l'alimentation des éléphants sur les plantes, et puisque ceci est la question la plus imminente pour les autorités de gestion de la faune sauvage, ce chapitre se concentrera sur la gamme de réactions des plantes, à la nature herbivore des éléphants, et décrira quelques méthodes pour une étude plus détaillée. Nous discuterons sommairement d'autres aspects d'interactions éléphant-habitat et indiquerons des références littéraires à ce sujet.

9.2 MÉTHODES POUR EVALUER DES CHANGEMENTS DE POPULATIONS D'ARBRES

9.2.1 Généralité

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, il y a plusieurs niveaux possibles pour poser des questions sur les interactions éléphant-habitat. Initialement une simple description de l'importance de l'impact de l'éléphant sur les arbres suffira. Pour mieux approfondir la connaissance sur la dynamique de population des arbres, il faut s'intéresser à la perte d'arbres adultes formant la canopée, et les taux d'apparition, de croissance et de survie des arbres de taille inférieure dans le temps. Le degré d'influence sur ces taux des éléphants et d'autres facteurs, tels que les feux et les autres herbivores, est également important.

9.2.2 Etablir des cartes de végétation

Au début de tout programme de recherche sur l'interaction éléphant-habitat, il est important d'établir une carte sur la distribution géographique des principales communautés végétales. Une telle carte est utile pour deux raisons: déterminer la surface relative des communautés végétales spécifiques en question, tels que les terrains boisés fluviaux ou fourrés au sommet des collines, et de procurer une base pour la stratification du travail d'échantillonnage (voir ci-dessous).

Dresser une carte de végétation de configuration idéale se fait par images satellite renforcées par de nombreuses mesures de la composition d'espèces végétales au sol. Une classification par ordinateur et des techniques statistiques polyvalentes (Jongman *et al.* 1987) permettent de classer les mesures de compositions végétales par site selon les types d'habitat ou communautés et améliore l'interprétation des images satellite. L'établissement de cartes plus rudimentaires est réalisé par examination visuelle des photos aériennes et représentation des types évidents de communautés, en vérifiant et corrigeant sur le sol. Cependant, même ce niveau de technique sophistiquée n'est pas toujours atteint. Quand on ne dispose pas d'une carte détaillée de la végétation, une estimation grossière de la distribution des types de végétation sera toujours mieux que rien.

9.2.3 Historique

Les informations sur les tendances de la structure des communautés végétales et les densités d'éléphants peuvent provenir de rapports chronologiques, soit par écrit soit verbaux (Duglin 1991, Campell 1991). Les informations historiques sont tout spécialement utiles si elles sont accompagnées de photos par lesquelles on peut identifier les localités et les revisiter pour des raisons de comparaison (par exemple Lock 1993). Des données quantitatives sur les changements dans la structure ligneuse peuvent être fournies par des photos aériennes ou des images satellite (voir Section 9.2.4).

9.2.4 Approximation à distance

Il existe de nombreuses sources de données sur la nature de l'habitat sur une large échelle géographique. Parmi elles il y a plusieurs formes d'approximation à distance, un terme général qui inclut des images obtenues soit par satellite soit par l'air.

Les images satellite sont utiles pour dresser des cartes et évaluer les changements dans la végétation au sol sur de grandes surfaces, à un coût relativement bas. Des images sont produites à partir de mesures de la réflexion de la lumière à différentes longueurs d'ondes, dont certaines sont dirigées spécialement sur la nappe de végétation. Plusieurs satellites ont été envoyés en orbite, le premier ayant été Landsat I en 1972, suivi par d'autres dans la série Landsat et le système français SPOT en 1986, et il y a eu des progrès continus concernant la résolution spatiale et spectrale des détecteurs.

Budd (1991) décrit les avantages relatifs des différentes méthodes par satellite. Un avantage des données satellite est qu'elles peuvent être facilement analysées par ordinateur, en particulier avec un Geographic Information System (GIS). Ceci permet un classement rapide de grandes surfaces de terrain si les caractéristiques réfléchissantes de la végétation peuvent être identifiées. Les données obtenues par réflexion permettent la classification d'une végétation distribuée relativement uniforme sur de grandes étendues, et moins quand la variation spatiale est complexe. Elles sont très efficaces pour dresser des cartes de terrains nus ou brûlés. Il y a cependant de nombreux facteurs qui peuvent influencer la réflexion de la végétation, y compris la structure complexe verticale ou horizontale des plantes en terrain humide, le type de terre, les

effets atmosphériques tels que poussière ou vapeur d'eau, ainsi que l'angle du soleil à différents moments de l'année. Ainsi qu'il a été dit plus haut pour l'établissement de cartes, les techniques sophistiquées par ordinateur peuvent également être un inconvénient quand on n'est pas équipé pour, et ceci peut mettre les données satellite hors portée de beaucoup de personnes. Il y a en Afrique plusieurs centres d'approximation à distance, où des images peuvent être traitées à la demande, ainsi qu'un nombre croissant de sociétés se spécialisant dans ces techniques. L'utilisation de la technique d'images satellite pour les interactions éléphant-habitat est encore à ses débuts, mais peut par la suite s'avérer être une technique très utile (Nellis & Bussing 1990).

L'information quantitative sur la structure de l'habitat de grandes surfaces et à travers le temps peut être obtenue par des photos aériennes. Le genre de photos disponibles à cet effet sont en général des photos verticales faites par les services gouvernementaux chargés de dresser des cartes, et elles sont disponibles à une échelle d'environ 1:50.000, existant également en paires stéréo.

Des photos à échelle plus grande, telle que 1:4.500, peuvent être prises spécialement pour la surveillance des habitats (par exemple Viljoen 1990). Ces photos sont souvent prises avec des pellicules "fausses couleurs" sensibles à la lumière infra-rouge, qui révèlent plus efficacement les feuillages. Il est possible d'acheter à cet effet des appareils photo de qualité relativement haute, fabriqués par exemple par Hasselblad, que l'on peut installer dans le fuselage d'un petit avion à ailes fixes.

Les photos à plus petite échelle sont en général utiles seulement pour examiner les changements de la canopée des arbres, tandis que des photos à plus grande échelle peuvent être utilisées pour buissons et arbres. Il serait possible d'identifier des espèces individuelles d'arbres sur des photos à échelle plus grandes, mais rarement sur celles à petite échelle.

Les méthodes d'analyse doivent en général comprendre le tracé au marqueur de touffes de végétation ou surfaces de terre nue en forme de polygones, que l'on surimpose ensuite à l'aide d'une feuille spéciale portant une distribution calibrée de points placés au hasard. Le nombre de points comptés et multipliés par un certain facteur, vous donnera la surface du polygone (par exemple Dublin 1991, KCS 1991). Trois densités dans une telle surface délimitée peuvent être

comptées directement (Croze 1974). On a également développé des techniques plus sophistiquées, utilisant des logiciels pour l'analyse d'images (Viljoen 1990), et quand on dispose d'ordinateurs cela peut faire gagner du temps pendant l'analyse des données.

Une autre source de données sur la distribution spatiale des terrains boisés sont les études systématiques aériennes à basse altitude (100m agl), qui sont souvent faites par des chercheurs pour le recensement de grandes populations herbivores. Pendant ces études un observateur peut estimer et dresser une carte du degré relatif d'arbres endommagés ou tombés (A. Verlinden comm. pers.).

9.2.5 Échantillonnage au sol de la végétation

Les photos prises au sol fournissent un rapport visuel de l'état des habitats. Des informations qualitatives peuvent être obtenues par comparaison avec des photos prises au sol au préalable par des observateurs (Dublin 1991). D'autres informations quantitatives peuvent être ainsi obtenues si les photos sont panoramiques et prises exactement au même endroit à différentes occasions (Dunham 1989). Cette technique comporte des inconvénients, car au fur et à mesure que les plantes deviennent plus rares et plus éloignées du point où les photos sont prises, elles deviennent de plus en plus difficiles à reconnaître.

En fin de compte, les données les plus détaillées devront provenir de l'examen et l'énumération des plantes par échantillonnage au sol de la végétation. Les mesures les plus précises et le plus facilement répétées proviennent de touffes de végétation. Il faut examiner la végétation dans des zones témoins qui sont représentatives pour toute la surface. Des zones témoins devraient être choisies sur le sol sans biais, et ceci peut être fait à l'aide d'une carte avec une grille surimposée et en choisissant les points d'échantillonnage à l'aide d'une table de nombres au hasard. Anderson & Walker (1974) font cependant remarquer qu'il vaut mieux choisir des points d'échantillonnage à l'intérieur de zones ou strates ayant des communautés de plantes uniformes ou homogènes, plutôt que sur l'écotone ou la limite entre types. Ce genre d'échantillonnage par stratification peut se faire à l'aide d'une carte des principaux types de communautés végétales.

La méthode d'échantillonnage peut également être faite "sans touffes de végétation". Ces

méthodes comprennent la technique PCQ (Point Centered Quarter) (Croze 1974), où l'on mesure la distance jusqu'à la plante la plus proche, ou le carré d'occlusion ou "Bitterlich stick" (Lewis 1991). qui utilise le chevauchement angulaire des canopes d'arbres à l'aide d'un pied à coulisse pour estimer l'étendue et la densité. Ces méthodes seraient utiles pour une étude unique, mais risquent de donner des sur- ou sous-estimations quand la végétation est massive, ou lorsque la distribution est haute et variable. Elles sont également difficiles à reproduire ultérieurement.

La méthode la plus fiable consiste à faire des comptages dans des zones déterminées au sol (par exemple Anderson & Walker 1974, Barnes 1983, Guy 1981, McShane 1987, Mueller-Dombois 1972, Mwalyosi 1987). Etant donné que cette méthode est la plus courante parmi les chercheurs pour l'étude des interactions éléphant-habitat, une description plus détaillée en est donnée à l'encadré 9.1.

Les mesures des différentes espèces de plantes devront inclure la densité, l'étendue et le volume de la canopée, et le degré de dégâts causés par les éléphants et autres agents, classés par grandes catégories (Anderson & Walker 1974). La hauteur des plantes ou la classification par catégories, telles que arbres adultes (>3m), buissons (1-3m), plants (0,15-1m) et jeune plants (<0,15m) devront être enregistrés. Il faudra noter si les plantes dans les catégories de moindre hauteur semblent avoir été ramenées à la taille de buissons dû à l'action des éléphants. Les catégories pour classer le pourcentage de dégâts à la canopée devraient être réparties de la façon suivante: 0, 1-25, 25-50, 50-75, 75-99, 100 (la dernière indiquant que l'arbre est mort). Des estimations du pourcentage de dégâts à l'écorce seront à noter séparément. Finalement, il faudra noter si les dégâts sont récents (par exemple, nouveau, pendant l'année passée) ou anciens.

A moins de vouloir recueillir des données

ENCADRÉ 9.1: POINTAGES AU SOL DE LA VÉGÉTATION

Pour le pointage au sol de la végétation il faut compter au sol les plantes dans des zones sélectionnées. Le nombre de plantes comptées peut être converti en densité en divisant l'ensemble de la surface de comptage. Le nombre de plantes dans les différentes catégories d'hauteur ou de dégâts peut s'exprimer en proportions du nombre total compté.

Les pointages de végétation peuvent avoir différentes configurations: soit des transects disposés en "ceintures" de quadrats carrés ou circulaires, de tailles différentes. Les plus utiles sont en général les transects puisqu'ils peuvent être alignés à la boussole le long d'une ligne centrale, avec une largeur constante mesurée à l'aide d'un mètre étendu de part et d'autre. La mesure et l'établissement d'un quadrat carré au sol prend plus de temps et d'effort, et il y a plus de risque de mal compter les plantes au bord du quadrat. Les transects peuvent aussi être établis de façon à se situer dans des types étroits de végétation tel qu'en bordure de rivière, ou à être à angle droit avec des gradients connus dans certaines conditions écologiques, afin de réduire à un minimum les variations entre transects. Un pointage circulaire avec un point fixe au milieu et un mètre pour définir les bords extérieurs peut être utilisé pour de petites surfaces d'un rayon allant jusqu'à 100m. Cette méthode sera particulièrement utile pour des études uniques.

La décision concernant la taille de l'échantillon, comme la longueur des transects, dépendra du nombre d'arbres, de buissons ou de jeunes plants que l'on peut y inclure. Ceci est une fonction de la densité végétale et en général, il y a plus de buissons que d'arbres, et plus de jeunes plants que de buissons. Ainsi, le long d'un transect, la plus grande largeur devra être utilisée pour compter les arbres, une largeur plus petite pour les buissons et les jeunes plants. Anderson & Walker (1974) ont recommandé qu'au moins 10 individus de l'espèce arborescente dominante soient inclus dans chaque transect, et en ce qui me concerne, je recommande d'en inclure au moins 20. Anderson & Walker (1974) utilisaient dans leur exemple des transects d'une longueur de 50-100m et d'une largeur de 1-10m pour les buissons et de 5-100m pour les arbres.

La végétation est distribuée en mosaïque, et il est peu probable que la densité des plantes et les effets d'impact adviennent de façon régulière sur l'ensemble de la zone d'étude. Pour cette raison il est donc nécessaire d'avoir plusieurs transects équivalents dans chaque type d'habitat pour inclure toute la végétation présente, tout en ayant des intervalles de confiance convenables pour les mesures prises. Grossièrement, nous recommandons de mesurer au moins 20 transects équivalents. Le but serait de compter plusieurs centaines, et si possible des milliers d'arbres de l'espèce, dans chaque type d'habitat.

Quelques échantillonnages préliminaires d'arbres dans transects de dimensions différentes devraient

être faites pour permettre de déterminer la taille et le nombre de transects pouvant assurer des intervalles de confiance raisonnables, de l'ordre de 10-20% d'estimation.

L'analyse statistique devra comprendre des statistiques descriptives, telles que le calcul des moyennes et des intervalles de confiance, et des comparaisons entre types d'habitat ou du même type à différents moments, y compris une analyse de la variance. Les données de comptage d'arbres dans des transects sont rarement distribuées normalement, il faudra donc les transformer en prenant le logarithme (naturel) du compte + 1 (étant donné que l'on ne peut pas prendre le logarithme de zéro). L'analyse devrait être effectuée d'après les données transformées par logarithme, puis restituées aux comptages pour visualiser les résultats. Notez que les intervalles de confiance restitués ne seront pas symétriques.

rapidement sans l'intention de retourner au même endroit, il faudra marquer de façon permanente les zones choisies afin de pouvoir y retourner pour prendre des mesures ultérieurement. Il faudra utiliser des indicateurs en pierre ou en béton, soit en forme de pyramide ou de cône, et enfoncés dans la terre, parce que les éléphants risquent de déranger les indicateurs moins permanents (G.C.Craig, comm.pers.). Un registre détaillé de l'emplacement de la zone est nécessaire, indiquant la distance et le relevé à la boussole de la route la plus proche, et les points de repère et la végétation. Si possible, utilisez des récepteur GPS pour indiquer les coordonnées géographiques exactes des zones de végétation.

9.2.6 Etudes de survie

L'étude des taux de survie des arbres de différentes catégories de taille, et le classement des arbres dans une catégorie inférieure ou supérieure, est faite de préférence avec des arbres marqués. Des marques métalliques avec un numéro poinçonné dessus peuvent être clouées à l'arbre, ou attachées par un fil de fer à des troncs minces. Il faut aller voir ces arbres régulièrement afin de pouvoir distinguer si la marque a été perdue ou si l'arbre a disparu. Les comptages d'arbres marqués tués par différents agents destructifs survenus entre deux visites, peuvent servir à calculer les taux de survie par unité de temps dans les différentes catégories de taille. A noter sont également les emplacements individuels des arbres, tels que la distance le long d'un transect et la distance perpendiculaire de la ligne centrale, pour des fins d'identification. Il est également important à ce stade de l'analyse de connaître la relation entre la taille et l'âge d'un arbre (Dublin *et al.* 1990).

9.2.7 Techniques expérimentales

La technique expérimentale la plus efficace pour évaluer les effets de l'endommagement de la

végétation par les éléphants. est de déterminer la réaction des plantes à des différences de densité d'éléphants. Il importe de garder constants d'autres facteurs, tels que la structure de la terre ou de l'habitat, afin que le seul facteur variable soit la densité des éléphants.

Les espaces clos, où une zone d'habitat est protégée par une clôture résistante aux éléphants, tel qu'à Sengwa (Guy 1989) ou une fosse comme au Parc National Murchison Falls, Uganda (Lock 1993) ou Parc National de Tsavo, Kenya (van Wijngaarden 1985) ne procure qu'une indication de la dynamique des plantes en cas d'absence totale d'éléphants. Un espace clos établi là où les densités d'éléphants sont basses mais en augmentation, peut indiquer comment les conditions de végétation se maintiendraient si l'augmentation ne se produisait pas. Si cet espace clos a été établi en cas de haute densité après endommagement par les animaux, il peut fournir des renseignements sur les taux de récupération de la végétation. Les enclos sont souvent utilisés en conjonction avec des zones de protection contre les incendies pour séparer les effets causés par les éléphants de facteurs écologiques différents (Lock 1993).

Il est parfois possible de se servir d'activités induisant des variations de la densité des éléphants dans différentes régions, par exemple intensités d'abattage différentes, l'intérieur à l'opposition de l'extérieur des parcs etc. La première a été proposée pour Tsavo (Laws 1969) et est considérée pour le Parc National Kruger, Afrique du Sud (A. Hall-Martin comm. pers.).

Les gradients de densités sont la méthode la plus puissante pour obtenir des informations sur la relation entre utilisation animale et condition végétale (Andrew 1988). Ceci se produit dans des sites naturels ayant de l'attrait pour les éléphants, tels que sources d'eau ou salants ou s'il y a concentration dans un parc national à la suite de braconnage (Western 1989). Mais on confond

parfois les effets d'une simple différence de densité. avec des gradients pédologiques ou végétaux.. Il y a deux manières de traiter ce problème. Une consiste à étudier la végétation à des points d'eau ou de salants artificiels, surtout si le reste de l'habitat est uniforme. L'autre consiste à établir des transects qui courent parallèlement aux gradients écologiques connus, mais à une distance des points d'eau suffisamment grande pour éviter les effets de la densité (J. du Toit comm. pers.).

Les densités d'éléphants sont convergentes aux points d'eau artificiels, tels que ceux du Parc National Hwange, Zimbabwe (Conybeare 1991). On peut alors mesurer la végétation sur des transects radiaux (Thrash *et al.* 1991). Il faut également une mesure de la densité des éléphants le long du transect, ce qui est possible par des comptages d'excréments ou par observations directes.

Dans ces cas, il faudrait faire le rapport direct entre densités d'éléphants et changements dans la structure de l'habitat. Il est indispensable de connaître la durée de la présence des éléphants pour les différentes densités. Par exemple, Perkins & Thomas (1993) ont trouvé dans leur analyse du changement de végétation autour des points d'eau pour bétail au Kalahari de Botswana, que l'âge du point d'eau ainsi que le taux de reproduction du bétail étaient des facteurs importants pour déterminer les conditions d'habitat.

Les données pour ce genre d'expérience peuvent être examinées en faisant des pointages des mesures à des distances du point d'eau en essayant de trouver des corrélations avec les mesures de densités d'éléphants. L'évolution d'un gradient des conditions de végétation à travers le temps peut être suivi selon l'augmentation des variations éléphants /surface/ temps. Une autre dimension expérimentale peut être ajoutée en faisant varier le régime d'approvisionnement d'eau pour observer le changement et la récupération de la végétation après différentes périodes d'impact (Child 1968).

9.3 BIOLOGIE DES ÉLÉPHANTS, RÉGIME ALIMENTAIRE ET IMPACT SUR LA VÉGÉTATION

Les domaines d'intérêt dans une étude sur les interactions éléphant/habitat, sont les densités de population d'éléphants à travers le temps dans

la zone d'étude, le choix de la nourriture, et l'impact des éléphants sur la végétation ligneuse par rapport à des facteurs écologiques.

Les densités d'éléphants peuvent être évaluées dans une région entière ou dans des zones clé, en différentes saisons. Il faudra examiner la distribution des éléphants par rapport aux ressources dans l'habitat, telles que minéraux et eau. On peut s'attendre à de hautes densités d'éléphants près des sources d'eau en saison sèche, et il peut y avoir des changements des densités à travers le temps. Une augmentation de densité peut être l'effet d'une augmentation du nombre d'éléphants par reproduction ou par immigration dans des aires protégées. Une réduction de la densité peut survenir après des activités d'abattage ou de braconnage.

On peut examiner le choix de l'activité alimentaire par observations directes du comportement (voir 10ème chapitre) ou par des méthodes plus indirectes. Bien que la première méthode soit la plus évidente pour obtenir des informations directes sur le régime alimentaire des éléphants, elle présente plusieurs problèmes. Il n'est pas toujours possible d'observer les éléphants quand les animaux d'une certaine région sont difficiles à approcher en raison d'un manque de visiteurs ou de la présence de braconniers. Les conditions ne permettent souvent pas l'observation dans des habitats denses, les terrains escarpés ou pendant la nuit. Il est nécessaire d'obtenir un échantillonnage équilibré en ce qui concerne l'utilisation de terrain et les types d'habitat. Des taux d'alimentation différentiels peuvent indiquer que les observations de choix alimentaire sont biaisées par rapport à des aliments fréquemment ingurgités.

Les méthodes indirectes pour évaluer le régime alimentaire comprennent des échantillons stomacaux pris sur des éléphants abattus, l'analyse d'échantillons d'excréments et des méthodes basées sur les plantes (Chafota 1994; de Villiers *et al.* 1991).

9.4 MODÈLES D'INTERACTION ÉLÉPHANT-HABITAT

Des modèles de réactions des populations végétales à l'impact des éléphants, ont été développés par Caughley (1976), Norton-Griffiths (1979), Barnes (1983), Dublin *et al.* (1990) et Craig (1992). La méthode utilisée par Dublin *et al.* (1990), qui établit un modèle de la dynamique des

populations d'arbres semble être la plus utile de toutes. Tous les modèles présentent des avantages spéciaux, mais ont tendance à dépendre de la nature des formules mathématiques employées. Une méthode qui évite ces inconvénients est d'établir des modèles à base de règles, comme préconisé par Starfield & Bleloch (1986).

9.5 AUTRES ESPÈCES INFLUENCÉES PAR L'INTERACTION

Le recensement d'autres mammifères, oiseaux ou autres espèces animales, peut être effectué pour déterminer lesquelles sont influencées de façon négative ou positive par les changements d'habitat provoqués par les éléphants. Des études plus détaillées des exigences d'habitat de ces espèces pourraient révéler les aspects les plus essentiels des habitats.

9.6 LE CHOIX DE LA PROCEDURE ET DES MÉTHODES D'ÉTUDE, ET LA PRÉPARATION D'UNE PROPOSITION DE RECHERCHE

Ainsi que l'a exprimé Taylor (1993), le plan d'un programme de recherche ou de contrôle devrait dès le début être lié à des objectifs de gestion précis, et ceci est tout spécialement vrai dans le cas des interactions éléphant-habitat. En termes généraux, la recherche implique des observations ou des expériences destinées à vérifier des hypothèses concernant les processus écologiques, et elle n'est pas toujours liée directement à la gestion. Le contrôle est une forme de recherche qui a essentiellement pour but de détecter des changements de l'écosystème, et peut être utilisé pour procurer des informations sur l'efficacité d'activités de gestion en accomplissant des objectifs préconisés. La recherche peut être entreprise pour des projets de longue ou de courte durée, tandis qu'avec le travail de contrôle on escompte des résultats sur une durée moyenne ou plus longue. Si la gestion d'écosystèmes peut réellement "s'adapter", les actions ou même les objectifs seront réévalués ou modifiés selon les résultats provenant de la recherche et du contrôle. De même, les techniques de recherche ou de contrôle peuvent être modifiées selon les résultats obtenus ou les modifications apportées aux objectifs de gestion.

Le choix du sujet d'étude impliquera un examen profond des objectifs de recherche et des

contraintes logistiques sous lesquelles vous travaillerez, et l'étude se concentrera donc sur les questions que vous désirez poser et votre capacité d'obtenir des réponses dans un laps de temps raisonnable. Nous ne pouvons assez insister sur l'importance que peut avoir le temps supplémentaire, passé au début, pour développer un plan de recherche, ce qui peut faire gagner énormément de temps, d'effort et de moyens utilisés. Une proposition explicite de recherche devra être élaborée et diffusée pour obtenir des commentaires, aussi bien au niveau gouvernemental que de l'institution scientifique où vous travaillez et parmi les collègues, si besoin est par correspondance. Vous ne devriez pas hésiter à consulter les experts nationaux ou internationaux dans votre domaine, et si vous avez des doutes sur qui contacter, vous pouvez commencer par vous adresser à IUCN/SSC African Elephant Specialist Group, une organisation spécialement conçue pour encourager la coopération technique de la gestion des éléphants.

Il est très recommandé de consulter les autorités de gestion compétentes pour la préparation d'un plan de recherche ou de contrôle. Du fait d'avoir été consultées, les autorités de gestion seront au moins averties de vos activités et pourront même initier un certain échange de connaissances. Que vous receviez ou non des commentaires utiles de la part des gestionnaires, les initiatives de consultation devraient au moins vous avertir de leur intérêt et procurer des possibilités de dialogue.

Les différents objectifs demandent différents genres de traitement. Si les gestionnaires réclament des estimations rapides du taux et du degré de perte de terrains boisés, alors il faudra une étude des arbres unique et approfondie. Une telle étude est peut-être nécessaire sur une large échelle géographique ou seulement dans certaines zones clés. Si une étude plus approfondie de la dynamique des terrains boisés est réclamée, alors il faudra visiter à des intervalles réguliers, si possible une fois par an, des zones ayant des sites de végétation fixes. La structure d'âge de la population des arbres devra être évaluée, en même temps que les taux de survie de différentes catégories de taille, taux de classification dans les catégories de taille plus petites et classification dans le stade adulte. Des mesures répétées sur des groupes d'arbres identifiés de façon permanente, sont nécessaires pour ce genre d'information.

La proposition d'étude devra comprendre un

calendrier des activités de recherche et une date limite pour obtenir les résultats et préparer un rapport. Ceci est tout spécialement important dans le cas d'une étude sur les interactions éléphant-habitat, étant donné que les événements écologiques se déroulent sur une longue période, mais que les réponses nécessaires pour prendre des décisions de gestion doivent être données rapidement. Le danger d'une étude sur un problème difficile sans date fixe, est que la seule réponse pourrait être le commentaire peu satisfaisant: "plus de recherche nécessaire". Un autre danger est que l'on demandera au chercheur de donner des réponses dépassant les limites de ses résultats et résultant dans une opinion non fondée. Une entente entre chercheur et gestionnaire aidera à éviter ce double dilemme.

Il y a différentes échelles spatio-temporelles qui doivent intervenir en préparant une étude:

a) Echelle géographique ou spatiale

Ceci concerne l'emplacement et les types de surfaces, allant des aires protégées jusqu'aux terrains ayant un degré limité d'occupation humaine, et ceux proches de ou comprenant de fortes activités humaines. La région d'étude peut inclure toute l'étendue de la population nationale ou se concentrer sur des zones clés d'intérêt spécial.

b) Echelle temporelle

La connaissance des événements passés et des tendances de la végétation, peut mettre les conditions mesurables actuellement en contexte, et faire la lumière sur les processus à grande échelle en cours. Des informations sur les populations des arbres et les densités d'éléphants recueillies aussi longtemps que possible, du passé jusqu'à nos jours sont nécessaires pour déterminer le taux et la tendance des changements, et pour établir des scénarios possibles pour l'avenir immédiat, à courte et à longue échéance.

Parmi les aspects logistiques il faut compter la disponibilité et la compétence des biologistes et des travailleurs sur le terrain, le temps, l'équipement (y compris le transport), les frais annexes, et les méthodes d'analyse à utiliser. Une contrainte extraordinaire concernant tous ces facteurs est la disponibilité de fonds pour financer les activités envisagées.

Une manière de traiter avec succès un problème majeur, tel que les interactions éléphant-habitat, est de le diviser en parties aisées à accomplir, afin que la totalité du programme de recherche puisse

être définie, composée de projets individuels dont chacun est "faisable", et que l'on peut traiter selon des priorités si et quand les moyens le permettent. Une récapitulation des méthodes recommandées pour aborder les différentes questions soulevées par les objectifs de gestion se trouve au Tableau 9.1.

Bibliographie

- ANDERSON, G.D. & WALKER, B.H. (1974) Vegetation composition and elephant damage in the Sengwa Wildlife Research Area, Rhodesia. *Journal of the Southern African Wildlife Management Association* 4 1-14.
- ANDREW, M.H. (1988) Grazing impact in relation to livestock watering points. *Trends in Ecology and Evolution* 13(12), 336-339.
- BARNES, R.F.W. (1983) Effects of elephant browsing on woodlands in a Tanzanian National Park: measurements, models and management. *Journal of Applied Ecology* 20:521-540.
- BUDD, J.T.C. (1991) Remote sensing techniques for monitoring land-cover. In: *Monitoring for Conservation and Ecology* (Ed. B. Goldsmith), pp. 33-59. Chapman and Hall, London.
- CAMPBELL, A. (1991) History of elephants in Botswana. In: *The Future of Botswana's Elephants* (Ed. P. Hancock), pp.5-15. Kalahari Conservation Society, Gaborone.
- CAUGHLEY, G.J. (1976) The elephant problem - an alternative hypothesis. *East African Wildlife Journal* 14, 265-283.
- CAUGHLEY, G.J. (1983) Dynamics of large mammals and their relevance to culling. In: *Management of Large Mammals in African Conservation Areas* (Ed. R.N. Owen-Smith), pp.115-126. Haun Pretoria.
- CHAPOTA, J. (1994) Factors governing selective impacts of elephants on woody vegetation. Ph.D. Thesis. University of the Witwatersrand, South Africa.
- CHILD, G. (1968) An ecological survey of northeastern Botswana. UNDP/FAO Report to the Government of Botswana.
- CONYBEARE, A.M.G. (1991) Elephant occupancy and vegetation change in relation to artificial waterpoints in the Kalahari sand area of Hwange National Park. D.Phil. Thesis. University of Zimbabwe, Harare.
- CRAIG, G.C. (1992) A simple model of tree/elephant equilibrium. In: *Elephant Management in Zimbabwe, 2nd Edition* (Eds. R.B. Martin & A.M.G. Conybeare), pp.81-86. Department of National Parks and Wildlife Management, Republic of Zimbabwe, Harare.
- CROZE, H. (1974) The Seronera bull problem. II. The trees. *East African Wildlife Journal* 12 29-47.
- DE VILLIERS, P.A., PIETERSEN, E.W., HUGO, T.A., MEISSNER, H.H. & KOK, O.B. (1991) Method of sampling food consumption by free-ranging elephant. *South African Journal of Wildlife Research* 21, 23-27.
- DUBLIN, H.T. (1991) Dynamics of the Serengeti-Mara woodlands. An historical perspective. *Forest & Conservation History* 35, 169-178.
- DUBLIN, H.T., SINCLAIR, A.R.E. & MCGLADE (1990) Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-Mara woodlands. *Journal of Animal Ecology* 59, 1147-1164.
- DUNHAM, K.M. (1989) Long-term changes in Zambezi riparian woodlands, as revealed by photogrammetry. *African Journal of Ecology* 27, 263-276.
- GUY, P.R. (1981) Changes in the biomass and productivity of woodlands in the Sengwa Wildlife Research Area, Zimbabwe. *Journal of Applied Ecology* 18, 507-519.
- GUY, P.R. (1989) The influence of elephants and fire on a *Brachystegia-Julbermaria* woodland in Zimbabwe. *Journal of Tropical Ecology* 5, 216-226.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F. & VAN TONGEREN, O.F.R. (Eds.) (1987) *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Pudoc, Wageningen.
- KCS (1991) Tree canopy cover within the dry season range of elephant in the Chobe National Park. Unpublished report by Ecoserve for the Kalahari Conservation Society. Gaborone.
- LAWES, R.M. (1969) The Tsavo Research Project. *Journal of Reproduction and Fertility, Supplement* 6, 495-531.
- LEWIS, D.M. (1991) Observations of tree growth, woodland structure and elephant damage of *Colophospermum mopane* in Luangwa Valley, Zambia. *African Journal of Ecology* 29, 207-221.

INTERACTIONS AVEC LE HABITAT

Question de recherche	Rapport historique	Images Satellite	Photos aériennes	Etude unique de végétation	Echantillonnages renouvelés de végétation	Exclusion et/ou gradients	Etudes des populations d'éléphants	Etudes du comportement des éléphants	Etablissement de modèles de la dynamique des interactions	Etudes d'espèces différentes
Distribution géographique des types de structures d'habitat et de gâts dans le domaine vital des éléphants	CML	CML	c	ML						
nie4es et des cifiques L	L	CML	C	ML						
trigemont ure de l' ~ de la 4l4pharils L	L	ML	ML		ML	ML				
trigemont 4 des densité4 turo de rs autresmales L	L	ML	ML		ML	ML	ML	CML	CML	
'our gestlori								ML		

9.1:

MthodeS de recherche prtarit de mieux poser des questions d4coularit des objectifs de geStion. Les codes utilis4s dans Je r4frent ~ l'4chelle temporelle:

C = court termer situation actuelle

M = moyen termer concerriant les

4V4riements sur une p4riode drenViron 2-5 ans

L = long termer concernant une p4riode allant de 5+ ans ~ plusieurs d4cennies

Distribution

gÈogographique des types de structures d'habitat et d4gils dans le domaine vital des ÈlÈphants L

Etendues boisÈes et dÈg,ts dans des rÈgions spÈcifiques L

Taux de changement de la structure de l' habitat

Distribution de la densitÈ des ÈlÈphants L

Taux de changement de la densitÈ des ÈlÈphants

Effets de la densitÈ sur la structure de l'habitat

CML CML CL ML ML CML C

ML MLML

Tableau 9.1: M4thodes de recherche prtarit de mieux poser des questions dÈcoulant des objectifs de geStion. Les codes utilis4s dans le l- rÈfÈrent § l'Èchelle temporelle:
C = court termer situation actuelle
M = moyen termer
concerriant les ÈvÈnements sur une p4riode dernviro 2-5 ans
L long terme, concernant une peeriode allant de 5+ ans § plusieurs dÈcennies

LOCK, J.M. (1993) Vegetation change in Queen Elizabeth National Park, Uganda: 1970-1988. *African Journal of Ecology* 31, 106-117.

MARTIN, R.B. & CONYBEARE, A.M.G.. (1992) *Elephant Management in Zimbabwe* (Second Edition). Department of National Parks and Wildlife Management, Republic of Zimbabwe, Harare,

MCSHANE, T.O. (1987) Elephant-fire relationships in Combretum/Terminalia woodland in south-west Niger. *African Journal of Ecology* 25, 79-94.

MUELLER-DOMBOIS, D. (1972) Crown distortion and elephant distribution in the woody vegetations of Ruhuna National Park. Ceylon. *Ecology* 32, 208-226.

MWALYOSI, R.B.B. (1987) Decline of *Acacia tortilis* in Lake Manyara National Park, Tanzania. *African Journal of Ecology* 25, 51-53.

NELLIS, M.D. & BUSSING, C.E. (1990) Spatial variation in elephant impact on the Zambezi Teak Forest in the Chobe National Park, Botswana. *Geocarto International* 2, 55-57.

NORTON-GRIFFITHS, M. (1979) The influence of grazing, browsing and fire on the vegetation dynamics of the Serengeti. In: *Serengeti. Dynamics of an Ecosystem* (Eds. A.R.E. Sinclair & M. Norton-Griffiths), pp. 310-352. University of Chicago Press, Chicago.

PERKINS, J.S. & THOMAS, D.S.G.. (1993) Spreading deserts or spatially confined environmental impacts? Land degradation and cattle ranching in the Kalahari of Botswana. *Range Degradation and Rehabilitation* 4, 179-194.

SINCLAIR, A.R.E. (1983) Management of conservation areas as ecological baseline controls. In: *Management of Large Mammals in African Conservation Areas* (Ed. R.N. Owen-Smith), pp. 13-22 Haun Pretoria.

STARFIELD, A.M. & BLELOCH, A.L (1986) *Building Models for Conservation and Wildlife Management*. McGraw-Hill, New York.

TAYLOR, R.D. (1993) Working Group Discussion Three: Elephant -habitat working group. African Elephant Specialist Group Meeting 17-22 November 1992, *Pachyderm* 17, 10-18.

THRASH, I., NEL, P.J., THERON, G.K., & BOTHMA, J. du P.(1991) The impact of the provision of water for gate on the woody vegetation around a dam in the Kruger National Park, Koedoe 34, 131-148.

VAN WIJNGAARDEN, W. (1985) Elephants - Trees - Grass - Grazers; relationships between climate, soils, vegetation and large herbivores in a semi-arid savanna ecosystem. ITC Publication No.4, Wageningen.

VILJOEN, A.J. (1990) The use of video digitised aerial photographs and image processing techniques for resource management in the Kruger National Park, South Africa. In: *Proceedings: Resource Ecology 90, Second International Symposium on Advanced Technology in Natural Resource Management*. Washington, D.C., 12-15 Nov. 1990.

WESTERN, D. (1989) The ecological role of elephants in Africa. *Pachyderm* 12. 42-45.

10^{ÈME} CHAPITRE

L'ETUDE DU COMPORTEMENT DES ÉLÉPHANTS

P.C.L Lee

University of Cambridge
 Department of Biological Anthropology
 Downing Street
 Cambridge, U.K.

10.1 INTRODUCTION

Pourquoi étudier le comportement? Chez les éléphants, Comme Chez toutes espèces, le Comportement nous fournit des renseignements sur la façon de vivre et de mourir des éléphants; ce qu'ils mangent et comment ils trouvent leur nourriture, comment ils forment des groupes, s'accouplent et élèvent leurs petits. Pendant les études du Comportement on peut examiner les formes de domaines vitaux, le comportement en s'alimentant, la dynamique sociale, l'accouplement, le soin des jeunes et la communication. Ces études peuvent ainsi augmenter notre connaissance de la biologie et de la socialisation fondamentales chez l'éléphant en état sauvage, et sont une partie intégrale des stratégies de gestion et des programmes de conservation.

Les premiers pas pour chaque étude de comportement consiste à définir les questions que l'on voudra poser. Ceci est spécialement important, car après avoir défini une question, on aura une idée précise du genre de données nécessaires, du détail et de la quantité de données requises, et de la durée de l'étude. Dans le passé les biologistes sur le terrain repéraient leurs sujets et prenaient note de tous les comportements intéressants. Cependant, pendant les études de comportement plus récentes on a réalisé que l'argent et le temps sont limités. La façon la plus efficace de rassembler des informations est de formuler une hypothèse, ou d'examiner un modèle; ou de faire ressortir un aspect particulier du comportement nécessitant une recherche particulière pour une population particulière. L'examen d'une hypothèse et l'établissement d'un modèle sont des sujets très complexes et exigent une bonne connaissance de la littérature compétente avant de commencer l'étude. L'étude des populations spécifiques exige également un

certain travail de recherche, aussi bien pour identifier les sujets d'intérêt que pour faire de plus amples comparaisons avec d'autres populations. Ces deux méthodes, la théorique et celle de l'étude des populations spécifiques, ne s'excluent pas l'une l'autre, et dans de nombreux cas les données recueillies pour une certaine population peuvent être utilisées pour revoir et améliorer les modèles existants. Le point important reste le même: définissez d'abord votre question afin de pouvoir décider de la meilleure façon de recueillir des données!

Comment alors décider du centre d'intérêt de l'étude? Il y a des moyens pratiques et théoriques pour décider de la façon de sélectionner le comportement à étudier. Dans le cas des éléphants, des questions pratiques ont souvent un rapport direct plus important que des questions plus théoriques. Mais même quand le choix d'une question de recherche est dicté par des réflexions pratiques, il y a un certain nombre de principes fondamentaux dans l'étude du comportement qu'il ne faudra pas négliger. En ce qui concerne l'éthologie classique ou les études du comportement, il y a quatre domaines principaux d'examen (Tinbergen 1963). Il s'agit du développement, de la causalité, de la fonction et de l'évolution, que l'on définit comme suit:

i) Le développement pose des questions sur la façon dont le comportement se produit pendant la vie de l'animal. Une question de développement peut définir la présence et la forme du comportement depuis l'enfance jusqu'à l'âge adulte, par exemple le changement de l'allaitement à l'alimentation indépendante, ou elle peut se concentrer sur une seule phase durant le développement, tel que la bagarre en jouant, par rapport à l'agression.

ii) La causalité concerne la façon dont le comportement se produit et les mécanismes qui déclenchent un comportement. Il y a souvent un élément physiologique, anatomique ou neurologique. Par exemple, l'agressivité accrue des mâles en période de musth (voir le chapitre) peut s'expliquer en partie par rapport aux changements hormonaux associés avec l'état de musth.

iii) La fonction semble relativement sans ambiguïté: qu'accomplit le comportement? Par contre, l'utilité courante du comportement (que fait le comportement au moment présent) peut être examinée séparément de la fonction plus adaptable (par exemple pour augmenter la survie ou la reproduction). La fonction sur laquelle l'étude doit se concentrer à ce niveau est cette fonction directe-qu'apporte le comportement au moment où il a lieu?

iv) L'évolution d'un comportement ne peut que rarement être traitée dans une étude de comportement présent. Dans la plupart des cas un comportement évolue à travers l'existence d'une espèce, et il peut ou ne peut pas avoir la même fonction au moment présent. Ceci dénote l'importance de séparer les questions d'utilité courante et d'adaptation passée quand on émet des hypothèses.

Si l'on aborde l'étude du comportement de façon théorique, il est indispensable de comprendre la différence entre ces quatre domaines d'étude afin de pouvoir formuler les hypothèses particulières que l'on désire vérifier. Une hypothèse est l'énonciation explicite d'un rapport entre cause et effet. Dans le sens de la logique classique, "si A, alors B". Il peut être difficile de prouver une hypothèse de façon définitive, mais il faut que l'on puisse la réfuter. Une étude du comportement utilisant la vérification d'hypothèse doit permettre de vérifier les causes proposées et leurs effets, et implique un soin particulier de la méthodologie statistique.

D'un autre côté, des questions pratiques seront au centre de la formulation d'une question d'étude. Par exemple, une étude écologique des interactions éléphant-habitat pourrait être nécessaire pour évaluer l'impact des éléphants sur la végétation dans un espace restreint pendant une longue durée. Dans ce cas, la partie de l'étude concernant le comportement devra inclure l'examen des taux d'alimentation, de choix alimentaire, de l'utilisation de domaines saisonniers, et de la distribution des groupes, conjointement avec un programme surveillant la végétation (voir 9ème chapitre). Un autre exemple

d'un problème pratique menant à la formulation d'une stratégie de recherche sur le comportement pourrait être les problèmes de la conservation qui découlent des études génétiques chez les petites populations. En observant les comportements d'accouplement et d'élevage chez une population, on pourra en tirer des informations bien plus importantes sur les contributions génétiques, que les différents individus transmettent aux générations suivantes, et l'élaboration de modèles génétiques peut être plus subtile et adaptée plus spécialement à la population particulière.

10.2 DÉFINIR LE COMPORTEMENT

10.2.1 Généralités

Avant d'étudier le comportement il faut que l'observateur définisse le comportement. Dans la majorité des études, ces identifications prennent la forme d'une définition, faite par l'observateur. On peut définir le comportement soit par ses formes motrices ou ses actions; par exemple, les catégories de locomotion se définissent très simplement par marcher, rester debout, courir. Ces mêmes actions motrices peuvent également être rassemblées dans une catégorie nommée "locomotion" ou "mouvement". Dans ce cas, le comportement est défini selon le résultat de l'action plutôt que l'action même. Mais, quand l'éléphant prend une bouchée d'herbe après tous les deux pas, définir cette action par s'alimenter ou marcher serait une définition subjective, et le terme à donner au comportement dépend des buts de l'étude. Si les objectifs de l'étude sont énergétiques ou écologiques, le terme "s'alimenter en se déplaçant" serait le plus juste, et une évaluation précise du nombre de bouchées prises à chaque pas est importante pour définir le comportement. Si par contre l'étude vise à examiner le comportement joueur des éléphants, un terme plus général, tel que "bouger" pourrait suffire pour décrire l'activité. Le comportement peut également être défini selon son contexte, par exemple une catégorie général nommée "comportement oestral", parlant du comportement d'une femelle exhibée spécialement en présence d'un mâle (voir Moss 1983 et le chapitre).

Il importe que les activités soient définies du point de vue de l'observateur, et il faut donc établir un exposé raisonné des définitions. Cet exposé devra

servir de référence pendant toute la durée de l'étude pour assurer que la définition formelle écrite et les catégories pratiques enregistrées soient les mêmes. Il est également important que les catégories de comportement s'excluent l'une l'autre -chaque action ou résultat d'action ne sert qu'à une seule définition, facile à reproduire aussi bien par le même observateur pendant différentes observations, que par différents observateurs; finalement, le nombre de catégories devrait être limité. Ceci réduira les erreurs qui pourraient aboutir à une collection de données peu fiable. Il serait utile de se familiariser avec des études précédentes afin de standardiser des termes et définitions avec d'autres chercheurs pour pouvoir comparer avec un grand nombre d'études.

L'identification d'un certain comportement et la définition associée présentent des problèmes de jugement subjectif. La fonction évidente d'un comportement peut souvent être confondue avec sa définition limitant ainsi la perspective de l'observateur du comportement, ou sa capacité de voir le comportement en dehors de son contexte spécifique. Par exemple, le simple fait drappeler "se battre en jouant" le contact tête-à-tête, défenses à défenses chez les mâles, suppose que les mâles a) jouent et b) utilisent des formes motrices remarquées quand ils se battent. Aucune de ces suppositions n'est peut-être vraie, et d'appeler le comportement "sparring" élimine cette source potentielle de biais. Il faut constamment être conscient des problèmes de biais dans une étude du comportement. dès la décision initiale sur les objectifs de l'étude plus tard en formulant les définitions du comportement, et ensuite en décidant la façon de recueillir analyser et interpréter les données.

10.2.2 Catégories du comportement

Le comportement des éléphants peut être réparti selon les larges catégories suivantes: activités, interactions et associations. Les activités sont les actions accomplies pour l'entretien normal ou régulier, telle que chercher la nourriture, boire ou se déplacer. Les interactions sont des comportements échangés entre les individus. Une interaction survient entre deux (diadique) ou trois (triadique) ou plusieurs animaux (polyadique). L'interaction prend soit la forme d'un comportement exhibé simultanément par les individus, soit un échange séquentiel. Par exemple, le jeu de deux éléphanteaux peut prendre la forme d'un affrontement tête contre tête (comportement simultané et similaire), ou alors, un animal poursuit et l'autre s'enfuit

(comportements séquentiels, échange simultané) (Lee 1986). Selon la nature de l'étude, il faudra différencier entre ces deux types d'interaction. Un autre aspect important des interactions peut ressortir pendant la collection de données; l'identité de l'individu qui est à l'origine de l'interaction et celle de celui à qui elle s'adresse peuvent être notées. Par exemple, pendant des rencontres agressives entre mâles, les mâles en musth sont plus aptes à commencer la poursuite, tandis que les mâles subordonnés et non en musth sont plus aptes à s'enfuir (voir Poole 1987, 1989).

Les associations ne sont pas un comportement proprement dit; par contre, la définition d'association est souvent un élément vital pour comprendre le comportement, son contexte et ses conséquences. Une association reflète la tendance ou la probabilité de trouver des individus au même endroit au même moment. On peut établir quelques mesures générales d'associations. La première est celle du "voisin le plus proche". L'identité (par exemple âge/catégorie sexuelle) de deux individus et la distance entre ces individus peuvent être enregistrées. Les mesures de la distance peuvent se faire par une estimation de la distance réelle, par exemple en mètres, ce qui demande de l'entraînement pour arriver à un certain degré d'exactitude. D'autre part, la distance pourrait se mesurer en "longueurs d'éléphants", en utilisant certaines références standards (par exemple, longueur du corps d'une femelle adulte, ou longueur de trompe). Les mesures de proximité peuvent être complétées par une autre mesure d'association, celle du rapprochement et de l'éloignement. Dans ce cas, on enregistre les individus qui sont à l'origine d'un changement de proximité et de la réaction d'autres animaux, comme si le changement de distance entre eux'était une interaction. L'analyse de ce genre de données sera décrite ci-dessous.

Un problème qui survient en étudiant les associations est la définition d'un groupe d'éléphants. Etant donné que l'on trouve des éléphants dans des "groupes" allant de 2 à 2.000, une définition raisonnable du groupe sera un point de départ essentiel pour une étude. Il y a suffisamment d'informations disponibles pour servir de point de départ pour concevoir l'ensemble coordonné d'un certain nombre d'éléphants ayant des activités similaires, se déplaçant dans la même direction, et où aucun des animaux n'est éloigné plus que le diamètre du gros du groupe (Lee 1987). Cette définition ne contient pas de présomptions concernant la composition du groupe, soit des mâles, soit des femelles et des éléphanteaux, soit des groupes de

sexe mixte, et elle ne veut pas non plus dire qu'un groupe et une unité familiale soient synonymes. En effet, la définition précise d'un groupe tient compte d'études détaillées sur la composition d'un groupe et la stabilité individuelle des formes d'associations.

10.2.3 Durée du comportement

En général, le comportement des éléphants et d'autres animaux se produit soit discrètement ou sur une longue période, comme un état continu de comportement. Les événements se produisent en général comme fait unique et rapide, par exemple transférer une bouchée d'herbe de la trompe à la bouche est un événement unique de courte durée. Mais le fait de se nourrir, prenant plusieurs bouchées d'herbe, peut durer pendant plusieurs minutes consécutives ou même plusieurs heures. La façon dont on échantillonne un comportement dépend du fait que ce soit un événement ou un état. Les événements se mesurent le mieux en tant que fréquences (nombre par unité de temps), tandis qu'un état peut être mesuré en tant que fonction de sa durée (temps passé dans l'état). La définition du type de comportement - événement ou état - est de prime importance pour le choix des intentions et détermine la fréquence et la durée des observations.

Plusieurs types de mesures ont été définis (par exemple Martin & Bateson 1986). Il s'agit de la latence du comportement, exprimée en temps passé entre un événement et la survenance d'un second événement spécifique. Par exemple, le délai entre une menace et une retraite peut être mesuré en tant que latence pour réagir à une agression. L'autre mesure est celle de la fréquence, ou combien de temps un comportement survient pendant une certaine période de temps; par exemple, le nombre de bouchées de nourriture par minute. Ceci s'exprime en taux de survenance par unité de temps. La durée d'un comportement est la mesure de la durée du comportement. et s'exprime en secondes ou minutes (durée de temps) par événement. Finalement, on peut enregistrer l'intensité du comportement. Dans ce cas, on fait une évaluation qualitative du degré de l'excitation, ce qui risque d'être une décision subjective, ou une détermination post hoc faite pendant l'analyse. Par exemple, une salutation accompagnée d'une vocalisation, défécation et urinement aurait une intensité plus grande qu'un contact simple entre trompe et face (Moss 1988).

Finalement il faut considérer les accès d'action.

Si un comportement consiste d'un modèle ou d'une action motrice discret suivi par une autre action du même type, on peut parler d'un comportement ayant lieu par accès. Par exemple, un éléphant peut prendre contact avec un téton, arrêter de téter pendant un court moment pour faire un pas, puis prendre contact et téter à nouveau. Le problème dont nous parlons ici concerne la dépendance; les différents contacts avec le téton sont tous liés par le comportement. L'éléphant continue à téter jusqu'à ce qu'il ait réussi à se allaiter, et si l'on prenait chaque contact comme étant un événement individuel on grossirait artificiellement les fréquences de tétées. Ceci pose un problème, car le comportement au début de l'allaitement définit le comportement suivant ces événements et le comportement initial détermine combien de temps l'état va durer. Donc chaque comportement de allaitement enregistré dépend statistiquement (et pratiquement) du comportement précédent. Pour surmonter ce problème, les différents contacts avec le téton peuvent tous être comptés comme un accès de allaitement, et un autre accès d'allaitement peut être compté après l'écoulement d'un certain temps. Dans ce cas, la latence pour reprendre l'allaitement peut se mesurer, et un critère pour séparer les accès peut se calculer à partir de ces latences. Un autre exemple du problème de la dépendance est le allaitement. Si un éléphant se allaitement au cours du premier enregistrement d'observations du comportement, alors quelle probabilité y a-t-il qu'il s'alimentera encore pendant le deuxième enregistrement? Si l'intervalle entre les deux enregistrements (intervalles d'échantillonnage) est petit, alors le deuxième enregistrement sera probablement une conséquence du premier. Si, par contre, l'intervalle est plus grand alors les chances que l'éléphant se déplace ou se nourrit d'un autre aliment sont égales. Un moyen pour s'assurer que chaque enregistrement donne les mêmes échantillons de comportement (et sera donc un rapport indépendant des événements) est d'utiliser de grands intervalles entre les enregistrements. Ceci voudra cependant dire que des événements rares ont été omis pendant l'échantillonnage. Des méthodes statistiques pour l'analyse du comportement pouvant survenir en forme d'accès ont été élaborées et sont décrites par Slater & Lester (1982). Ces exemples montrent qu'un rapport détaillé du comportement permet une analyse plus précise, et que l'on doit toujours tenir compte des moyens permettant d'analyser au mieux ces observations en préparant des méthodologies d'échantillonnage.

10.3. ÉCHANTILLONNAGE DU COMPORTEMENT

10.3.1 Techniques d'échantillonnage

Le choix de l'échantillonnage du comportement dépend au prime abord des objectifs de l'étude, ce qui déterminera les comportements à enregistrer. Les procédures d'échantillonnage sont alors déterminées selon les besoins d'enregistrement d'un comportement survenant comme évènement, ou d'enregistrement de la durée d'un état. Finalement, les biais ou la dépendance du comportement auront une influence sur ces procédures.

La meilleure technique pour échantillonner le comportement animal est de tenir un registre continu des comportements sélectionnés d'un individu particulier. Il s'agit de la méthode d'échantillonnage Focal d'Animaux (Focal Animal Sampling) lancée par Jeanne Altmann (1974). On choisit un seul animal et établit un rapport sur son comportement pendant une certaine période de temps. Le sujet doit être assez facile à identifier, à localiser et à suivre, pendant la période d'échantillonnage. Ces conditions limitent les possibilités de cette technique dans beaucoup d'études sur les éléphants. L'échantillonnage Focal d'Animaux peut cependant être appliqué pour des groupes ou des catégories d'âge/sexe. Le principe de cette technique consiste à rester avec un certain groupe, par exemple une unité familiale, et en noter le comportement à des intervalles spécifiques pendant une certaine période de temps. La période de temps choisie pour l'échantillonnage focal doit refléter la possibilité d'observer le

comportement pendant cet'échantillon. Un échantillonnage focal destiné à étudier l'alimentation peut ne pas dépasser dix minutes, si l'alimentation se fait toute les deux ou trois minutes. Cependant, si le comportement en question est rare, tel que l'allaitement ou le jeu, alors des'échantillons de plusieurs heures seront nécessaires pour détecter le comportement. Au sein de l'échantillonnage focal le comportement peut être enregistré soit seulement à certains intervalles pendant l'échantillon, par exemple toutes les cinq minutes pendant une période d'une heure, soit de façon continue pendant cette période (Fig. 10.1). Les intervalles d'échantillonnages sont des moments déterminés d'avance pendant une observation, auxquels le comportement est noté, et la détermination de l'intervalle dépend du taux de survenance et de la durée du comportement. Il faut absolument éviter le problème de biais pour la collection de données. ce qui arrive quand l'intervalle de l'échantillon est court, par rapport à la durée d'un comportement. Il s'agit ici du problème de la dépendance pour les données, mentionné au sujet des accès de comportement.

L'échantillonnage par intervalle peut se faire soit instantanément, c'est-à-dire seul le comportement survenant à un certain moment est enregistré, ou être un échantillonnage binaire, où seule la première survenance d'un évènement est enregistrée pendant l'intervalle en question. Cette dernière technique pose des problèmes analytiques, étant donné que l'on ne peut mesurer une durée et que les fréquences d'évènements rares risquent d'être surestimées, tandis que celles d'évènements très courants risquent d'être sousestimées (Altmann 1974; Dunbar 1976; Martin & Bateson 1986; mais consultez Rhine &

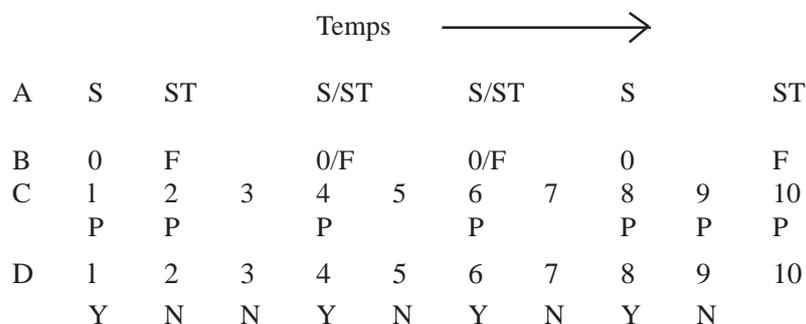


Fig. 10.1: Illustration de différentes techniques d'échantillonnage par rapport à la survenance de comportement. A: comportement à échantillonner (D = Début, ST = Stop); B: enregistrement continu (0 = comportement marche, F = comportement arrêt); C: Enregistrement instantané de l'intervalle (P = -comportement présent à l'intervalle); D: enregistrements binaire du comportement pendant l'intervalle (Y= Comportement enregistré pendant l'intervalle, N = Comportement non enregistré, puisque seul la première survenance est notée). Les chiffres se rapportent aux intervalles consécutifs selon lesquels le comportement est à échantillonner.

Linville 1980). La technique d'enregistrement continu permet de rattacher des durées précises aux évènements, et des taux précis d'occurrence peuvent être déterminés. Ce genre d'échantillons demandent cependant beaucoup de temps aussi bien pour recueillir les données que pour l'analyse, et risquent de se terminer abruptement en raison d'une mauvaise visibilité ou de la perte de l'animal focal. Ils limitent aussi le nombre d'individus que l'on peut échantillonner pendant une courte période de temps. De tels échantillons se réalisent probablement le mieux en utilisant un enregistreur d'évènements ou un ordinateur.

Une technique alternative est celle de l'échantillonnage par Balayage. Cette méthode consiste à localiser un nombre d'individus différents et à enregistrer leur comportement à un moment donné. Ceci est un moyen d'échantillonnage puissant et efficace pour les activités fondamentales et les interactions courantes, ou pour les associations entre individus. Il faut cependant faire remarquer que des balayages répétés sur les mêmes individus ou un nombre d'individus dans le même groupe, risque de produire une dépendance dans le comportement mesuré. Quand plus d'un enregistrement est fait d'un groupe, il faut s'assurer que chaque balayage est fait à des intervalles suffisamment grands pour que le premier comportement enregistré ne détermine pas les comportements ultérieurs - en d'autres termes, à des intervalles indépendants. Il faut aussi tenir compte du fait que les activités de groupe sont souvent coordonnées, et que les enregistrements de différents éléphants dépendront de l'emplacement et de l'activité du groupe; par exemple, si le groupe se trouve à un point d'eau, plusieurs éléphants seront probablement en train de boire, et la proportion de temps passé à boire sera aussi élevée artificiellement. D'autre part, s'il y a interaction entre deux animaux, et si des balayages des deux animaux sont faits, alors le taux d'interaction sera également doublé comparé au taux "réel" de l'interaction. Si l'individu A joue avec l'individu B, alors l'enregistrement de deux balayages de jeux mèneront à une sur-estimation de la fréquence du jeu et du degré d'association. Les intervalles de balayage et choix des sujets doivent être préparés avec soin pour éviter ce problème. Il est très important d'échantillonner de façon régulière sur la totalité des catégories d'âge et de sexe représentées dans le groupe afin de réduire au minimum les sources potentielles de biais.

L'échantillonnage dépendant du comportement sert à recueillir un maximum de données en cas

d'évènements rares. Si, par exemple, l'étude doit se concentrer sur des évènements relativement peu fréquents, comme par exemple le jeu des éléphanteaux ou le comportement des femelles en oestrus pendant l'accouplement, alors le moyen le plus efficace pour collectionner des données est de commencer les observations au moment seulement où le comportement survient. Bien que l'on peut ainsi tirer un maximum de détails sur le comportement, on ne peut pas utiliser ces échantillons pour déterminer la fréquence des évènements.

Une dernière catégorie est l'Echantillonnage Ad Libitum. C'est en effet un grand nom pour l'enregistrement de certains comportements quand ils surviennent sans rapport avec une technique d'échantillonnage par intervalle ou par durée. Cette technique est utile seulement quand il y a une visibilité similaire pour tous les individus, et que tous les animaux peuvent être enregistrés au hasard quant à leur comportement, et pour des comportements ayant la même chance d'être repérés par les observateurs. C'est pourtant un excellent moyen pour recueillir des données concernant des évènements qui n'ont que peu de chances de survenir pour des échantillonnages normaux, tels que les naissances, et pour des interactions, où la direction de l'interaction est d'un intérêt spécial et où l'évènement est trop rare pour être échantillonné de manière approfondie par d'autres moyens, par exemple les menaces ou les bagarres entre mâles (par exemple Poole 1987).

10.3.2 Les problèmes des biais

Il y a des problèmes de méthodes et de statistiques pour toutes ces techniques, et la méthode choisie sera en général un compromis entre conditions d'observation, précision absolue, indépendance totale et -tailles d'échantillon. Les plus grands problèmes à surmonter sont ceux de la dépendance en recueillant des données, qui peut être incorporée soit dans le projet d'échantillonnage ou dans l'analyse. Si le comportement est enregistré à la minute un, puis à nouveau à la minute 10, ces deux intervalles ne pourront être utilisés dans l'analyse de la fréquence du comportement uniquement s'il est connu que le comportement n'est pas survenu pendant toute la période de dix minutes. Autrement, un comportement n'étant survenu qu'une fois pendant 10 minutes sera compté comme étant survenu deux fois, et les fréquences seront largement grossies. Dans la plupart des cas, les intervalles d'échantillonnages qui sont

pratiques sur le terrain, risquent de représenter en dessous de leur valeur les événements rares et au dessus de leur valeur les états de longue durée. Il faut trouver le juste milieu entre ces problèmes, et la meilleure façon d'y arriver est de s'assurer que l'intervalle primaire d'échantillonnage est plus long que la durée moyenne du comportement principal. Pendant l'analyse on peut exclure des intervalles qui semblent être sujets à dépendance. Si le comportement dure donc en moyenne sept minutes, les données d'intervalles de dix minutes peuvent être analysées. Il vaut mieux prendre légèrement trop d'échantillons et rejeter par la suite des données, que de se dire après coup que l'on aurait dû prendre plus d'échantillons!

Il faut également tenir compte de quelques autres biais généraux, dont l'un est l'heure de la journée. Si certaines activités risquent de survenir à certains moments de la journée, alors une surreprésentation de ces heures pendant les observations pourrait donner des estimations faussées des taux de survenance (voir Harcourt 1978). Pour certains comportements, par exemple les activités demaintien, il est indispensable que les échantillons soient Étalés de façon régulière sur toute la journée. Si certains comportements risquent de survenir au même moment, par exemple si l'allaitement est plus probable quand les animaux sont au repos, alors il serait futile de déterminer la fréquence de l'allaitement quand les observations sont faites pendant les périodes d'alimentation. De tels problèmes ne surviennent en général qu'en cours d'analyse, et il est bon d'en tenir compte pendant la collection des données et l'adaptation des intervalles ou des intensités d'échantillonnage (fréquence d'échantillonnage) pendant l'étude.

Un autre biais peut être celui de l'habitat. Quand le comportement est associé à des habitats spécifiques, alors il faut s'appliquer à échantillonner de façon régulière dans tout l'habitat. Il est évident que quelques comportements, par exemple s'alimenter ou boire, dépendent de l'habitat, tandis que le repos sera plus fréquent dans des zones boisées. Ces réflexions sont indispensables si l'échantillonnage doit servir à estimer la proportion de temps passé pour des activités spécifiques. Un autre biais spécifique à l'habitat est celui de la visibilité. Il peut être impossible d'observer des éléphants dans la brousse dense, ou dans des marécages profonds et humides. D'un autre côté, il est possible que les éléphants soient nerveux ou perturbés dans certains habitats, comme par exemple ceux ayant une mauvaise visibilité ou près des villages ou fermes. Bien que ces problèmes

soient inévitables dans toute étude, il faut tenir compte de leurs effets éventuels sur la collection des données et les résultats de l'analyse ultérieure.

La dynamique d'un groupe d'éléphants peut également poser des problèmes, du fait que les activités sont éventuellement extrêmement synchronisées à l'intérieur du groupe, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Les fréquences de comportement qui en résultent peuvent donc dépendre de la taille du groupe au moment de l'enregistrement du comportement. Ceci fait valoir la nécessité d'avoir un échantillon assez large pour pouvoir justifier des observations provenant de groupes de tailles différentes. Il faut tenir compte des inconvénients méthodologiques, bien qu'en pratique il soit peut-être impossible de s'assurer que les échantillons soient représentatifs de toutes les tailles de groupes possibles. Ces données devront être présentées avec une mise en garde.

Un dernier biais peut être celui de la présence de l'observateur. Les humains sont souvent la cause d'un changement de comportement chez un animal observé, tout simplement du fait de leur présence proche. Prudence, fuite et agression sont tous des réactions possibles de l'animal. Une partie importante de l'étude est donc de s'assurer que les animaux autour de l'observateur soient détendus, ou que les observations soient faites à une distance suffisamment grande pour ne pas changer le comportement. Le processus de l'accoutumance - habituer les animaux à l'observateur - prend beaucoup de temps (voir 7ème chapitre).

10.3.3 Expériences sur le terrain

Parfois la meilleure méthode d'étudier le comportement consiste à manipuler un comportement et à observer les conséquences. On ne peut trop insister sur le fait que pour accomplir avec succès une expérience sur le terrain, il faut connaître le degré de conséquences possibles. Il n'y a aucune justification pour expérimenter aveuglement avec un animal grand, intelligent et ayant une longue vie, qui a d'excellente faculté de reconnaissance individuelle et de mémoire (voir Moss 1988). Par contre, si elles sont préparées avec soin, beaucoup de genres d'expériences sur le terrain peuvent donner des informations extrêmement utiles, surtout celles concernant la communication vocale et olfactive (voir Poole & Moss 1989 et 11ème chapitre).

L'expérience type sur le terrain consiste à introduire un stimulus connu à un groupe nouveau ou un individu, et d'en enregistrer les conséquences. Le choix du stimulus, sa présentation et l'enregistrement du comportement sont soumis aux mêmes contraintes et techniques que les observations de comportements normaux, avec la contrainte supplémentaire des considérations éthiques ou de bien-être.

10.4 TECHNIQUES DE COLLECTION DE DONNÉES

10.4.1 Protocole d'échantillonnage

D'abord, trouvez votre éléphant! Ceci est en effet bien plus difficile que l'on pourrait croire. Le choix des animaux en tant que sujets doit être incorporé dans le projet d'étude. Il faut tenir compte des biais discutés plus haut, et les effets de l'heure du jour, de l'habitat, de la taille du groupe, de la composition du groupe, de l'activité ainsi de suite, doivent tous être soumis à un examen pour faire le choix des sujets.

La méthode la moins exposée aux biais subjectifs ou dûs à l'observateur, consiste à utiliser des critères d'échantillonnage au hasard. Par contre, le choix au hasard de sujets n'est possible que si ces individus peuvent être localisés assez facilement! Dans une méthode d'échantillonnage au hasard une liste de sujets prédéterminés devra être dressée. Si les sujets doivent être des mâles, alors, dans le cas où les identités individuelles sont connues, on pourra les attribuer à un ordre d'échantillon provenant d'une table de nombres au hasard (une liste publiée de nombres sélectionnés au hasard). Si, ce qui est plus probable, les identités ne sont pas connues, alors des catégories d'âge (voir 7^{ème} chapitre) pourront servir d'échantillon choisi au hasard. L'attribution au hasard des catégories d'âge à la liste prioritaire des échantillons pourrait donner la liste de sujets suivante: mâle 1A, mâle 1A, mâle 3, mâle 4, mâle 2 etc... De cette manière, le premier mâle à échantillonner serait un jeune mâle de la catégorie d'âge 1A ou de 10-15 ans, suivi d'un autre du même âge, puis un mâle de la catégorie 3 ou de 25-35 ans, puis un autre de la catégorie 4 ou de 35-50 ans, et un autre de la catégorie 2 ou de 20-25 ans, etc. (voir 7^{ème} chapitre et Poole 1989). Une liste non établie au hasard, mais également de sujets prédéterminés, pourrait contenir le premier mâle rencontré dans chaque

catégorie d'âge, alternant pendant toute la période d'échantillonnage. Une liste plus exposée au biais mais plus simple à utiliser serait de choisir des sujets en fonction de leur première apparition. Du moment que le prochain individu choisi n'était pas à proximité du sujet précédent, cette technique permet de recueillir un maximum de données pendant le temps de recherche, ce qui est toujours un facteur important pour la collection de données. Nous ne pouvons assez insister sur l'importance que chaque échantillon d'individus différents soit indépendant de l'échantillon précédent, et qu'aucun individu ou aucune catégorie d'âge/sexes soit trop représenté pour la totalité des échantillons.

Un moyen excellent pour localiser et échantillonner des groupes indépendants ou des individus de catégories d'âge/sexes appropriées est l'utilisation de la méthode de transects. On établit un chemin de recherche prédéterminé, et tous les éléphants avec lesquels un contact a été pris le long de cet chemin seront échantillonnés pendant une certaine période de temps. Un des avantages spéciaux d'un transect est que le chemin de recherche peut être choisi pour échantillonner des habitats ou des surfaces spécifiques, et de cette manière une représentation exacte des distributions d'éléphants et des tailles de groupes dans chaque habitat peuvent être faites. Par contre, les transects devront permettre de tenir compte de certains facteurs, tel que l'heure de la journée. Un chemin qui est donc suivi à une heure spécifique de la journée, devra donc être suivi à différents moments de la journée et pendant des saisons différentes, donnant un nombre égal de points par jour, mois et année dans chaque habitat. Un petit problème est que les éléphants n'ont pas l'habitude de se concentrer sur les chemins à la demande de l'observateur. Les éléphants peuvent donc se trouver ailleurs, et le transect donnera ce qu'on appelle des repérages négatifs ou repérage nul dans la zone. Ces repérages négatifs sont également importants, parce qu'ils permettent une évaluation précise du fait de préférer ou d'éviter des régions spécifiques.

Une autre méthode consiste tout simplement à choisir le premier animal ou groupe comportant la catégorie d'âge/sexes appropriée, que l'on a contacté dans un habitat à un moment spécifique de la journée. Ce groupe ou individu peut alors être observé pendant une période spécifique de minutes à heures, ou même pendant 24 heures quand c'est possible. Bien que ceci risque de biaiser les observations vers les groupes qui sont repérés plus difficilement, tel que les très grands

groupes visibles, ou vers des habitats ayant une bonne visibilité, on obtient un maximum d'intensité de l'échantillonnage et un minimum de perte de temps dû à la recherche des sujets. Evidemment, il faudra faire des compromis entre la technique au hasard et celle du premier repérage, en fonction du temps et de l'énergie disponibles pour l'observation.

Il faut noter que la méthode de l'observation dépendra elle aussi des objectifs de l'étude. L'étude de jeunes animaux profitera évidemment d'un échantillonnage sélectif et intensif des groupes, qui contiennent des sujets potentiels spécifiques, tel que les femelles, tandis qu'une étude visant à examiner l'utilisation de l'habitat devra assurer la représentation égale des habitats utilisés et non utilisés par les éléphants. L'intensité et l'efficacité des techniques d'échantillonnage dépendent de la possibilité de localiser des

éléphants. et de les approcher et de les observer, et ceci aura une influence sur le plan de l'étude.

10.4.2 L'enregistrement de données

a) Feuilles de contrôle

Le moyen le moins compliqué d'enregistrer des données du point de vue technologique, et donc le moins sujet à des défauts (et le moins cher) est l'utilisation de feuilles de contrôle (Fig. 10.2). Les feuilles de contrôle sont simplement un moyen pour coucher des observations sur papier, et peuvent donc être conçues à recevoir des données de complexités différentes. Une simple feuille de contrôle consiste en un nombre de colonnes pouvant recevoir des catégories prédéterminées de comportement quand et au moment où ils surviennent. D'ordinaire, des informations standard sont inscrites sur chaque feuille de contrôle - par exemple, la date, l'heure, l'endroit,

ENREGISTREMENT STANDARD:

Échantillon /Identifié	Date/Heure
Emplacement/habitat	Temps
Taille du Groupe	Type du Groupe

TEMPS	ACTIVITE	VOISIN	DISTANCE	ACTIVITE VOISIN
00				
05				
10				
15				
20				
25				
30				

TEMPS (S/ST)	APPROACH	AGGRESSION	CONTACT	VOCAL	JEU

Fig. 10.2: Feuille de contrôle d'un échantillon comprenant aussi bien l'enregistrement instantané d'évènements que l'enregistrement continu pour des états et des interactions. L'enregistrement standard comprend des informations de base concernant l'échantillon. Dans la prochaine section, on enregistre les activités et les voisins les plus proches à des intervalles de 5 minutes. Dans la troisième section, on peut enregistrer la durée de toutes les interactions (début et stop) pendant l'observation de 30 minutes et le type d'interaction sera coché dans la colonne appropriée.

les conditions météorologiques, numéro d'échantillon. Ensuite, des informations spécifiques seront inscrites, telle que l'individu ou la catégorie âge/sexes en observation, taille du groupe, activité, habitat, et individus à proximité ou la composition générale du groupe. Pour un échantillonnage par balayage, ceci sera éventuellement tout ce qui sera enregistré avant de faire le prochain balayage. Pour un échantillonnage focal, on fera un certain nombre de balayages concernant le même individu à des intervalles prédéterminés, et en même temps un enregistrement continu de tout autre comportement ou interactions pourra être fait dans des colonnes appropriées (voir Fig. 10.2 & 10.3). Avec des feuilles de contrôle, on peut faire des enregistrements rapides et corrects pour chaque catégorie prédéterminée, en utilisant des codes dans les colonnes. D'autre part, des catégories de comportement peuvent être cochées quand et au moment où ils surviennent. De plus amples détails pourront être indiqués à la main s'il y a de la place pour des commentaires. En plus, des feuilles de contrôle à colonnes peuvent être analysées très facilement, puisqu'on peut récapituler rapidement et efficacement les événements dans chaque colonne.

b) Notes sur le terrain

Les notes prises sur le terrain sont en général un rapport écrit à la main sur toutes les observations

d'intérêt, que l'on peut transcrire plus tard sur une feuille de contrôle. Les notes prises sur le terrain ou les observations peuvent également être enregistrées sur bande magnétique et transcrites plus tard sur les feuilles. Ces rapports peuvent être établis soit ad libitum, soit en tant que protocoles standardisés d'échantillonnage. Dans quel cas l'enregistrement est fait en premier lieu sur des bloc-notes. Ils ont l'avantage d'être bon marché et facile à utiliser pour tout le monde, les séquences des comportements peuvent être maintenues, et les comportements ne pouvant être classés facilement dans une catégorie, peuvent être enregistrés. Par contre, le désavantage des bloc-notes est qu'ils nécessitent beaucoup de travaux d'écriture.

c) Bandes magnétiques et caméras vidéo (caméscopes)

Les bandes magnétiques et les caméras vidéo sont pratiques quand il y a beaucoup de comportements survenant rapidement et que l'observateur ne veut pas perdre le contact visuel avec les sujets. Par contre, comme tout équipement technique, les bandes magnétiques, les magnétophones et les caméras vidéo risquent de tomber en panne sur le terrain; il faut beaucoup d'entraînement avant de bien pouvoir s'en servir et ils sont chers car il faut par la suite beaucoup de temps pour la transcription ou l'analyse de la bande vidéo. Les caméras vidéo sont

FEUILLE DE CONTRÔLE NO:

DATE	HEURE	EMP	HAB	GP TAILLE	ID	M/ FE	ACT	NOURRITURE	VP	ACT VP	NOURRITURE VP	VP DIS

Fig. 10.3: Feuille de contrôle d'un échantillon servant à balayer des échantillons de groupes d'éléphants. pour des activités et proximités de diverses catégories d'âge/sexes. Emplacement (Emp) et type d'habitat (Hab) sont indiqués pour l'échantillon de chaque groupe séparé et individu, en même temps que la taille du groupe et sa composition (par exemple nombre de mâles et femelles/éléphanteaux) -M/FE). Ensuite, l'identité ou la catégorie d'âge/sexes du sujet (ID) est noté pour la même période. en même temps que l'identité du voisin le plus proche (VP). son activité et types d'alimentation, aussi bien que la distance entre éléphants. D'autres informations peuvent être incorporées sans problèmes, telle que l'activité générale du groupe, la présence d'éléphants intéressés (femelles en oestrus, mâle en musth), l'identité des familles composant le groupe, et ainsi de suite.

spécialement utiles quand on désire conserver une évidence documentaire.

d) Ordinateur enregistreur d'évènements

Le moyen technologique le plus complexe pour enregistrer des observations est un ordinateur enregistreur d'évènements, avec lequel toutes les observations séquentielles et continues d'actions et d'interactions peuvent être codées avec des codes pour l'heure et l'identité. Ils nécessitent un courant constant, des programmes plutôt complexes pour coder les données et des programmes encore plus complexes pour le

décodage et l'analyse ultérieurs. Si l'on doit utiliser des ordinateurs sur le terrain, il est indispensable d'avoir une copie (papier) des observations de façon régulière pour s'assurer contre les pannes d'équipement et de programme. Au fur et à mesure que ces appareils deviennent plus petits, plus puissants et plus robustes, ils pourront servir de feuilles de contrôle à l'avenir. Mais pour ceux disposant d'un budget restreint ou ne disposant pas de courant électrique et de la technologie nécessaire, la feuille de contrôle demeure un outil puissant pour l'observation.

ENCADRÉ 10.1: PROTOCOL D'ÉCHANTILLONNAGE POUR L'ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES ÉLÉPHANTS

1ère Priorité: Déterminer quels éléments de comportement sont à étudier, et pourquoi.

- a) Définir la question de recherche, son but théorique ou pratique, son coût et la durée envisagée.

Exemple: Dynamique de mère-éléphanteau
 Propos théorique: Engagement maternel, développement des différences de sexe
 Problèmes pratiques: Survie de l'éléphanteau, dynamique des familles, taux de reproduction, croissance
 Coût et Durée: Selon l'emplacement et la méthodologie utilisée

2ème Priorité: Détermination de l'âge et du sexe des individus dans une population; identification; acculumanance à l'observateur.

- a) Définissez un point de contact avec les éléphants. C'est ainsi qu'ils seront observés et où on les trouvera. Les éléphants sont-ils observés d'une plateforme ou d'un véhicule? N'oubliez pas que des stations d'observation statiques vous donneront des données spécifiques à l'activité. On peut observer à pied, mais ceci comporte beaucoup de risques si les éléphants se méfient.

Des évidences de la présence d'éléphants (dégâts à la végétation, excréments frais, vocalizations) peuvent aider à déterminer les zones de forte utilisation. Des parcours le long des transects ou des chemins de recherche préétablis dans une zone où l'on sait trouver des densités raisonnables d'éléphants peuvent être utilisés comme point de départ pour trouver les éléphants.

- b) Déterminez l'âge et le sexe de la population (voir 7ème chapitre). Vous obtiendrez ainsi l'information démographique essentielle sur les populations et les informations nécessaires pour choisir les sujets (et thèmes) pour l'étude du comportement.
- c) Identification des individus (voir 7ème chapitre). Bien que l'identification individuelle ne soit pas une nécessité pour les études de comportement, on peut obtenir bien plus d'informations, et la validité des résultats sera plus grande quand on peut faire des distinctions entre différentes femelles chef de famille, familles ou mâles adultes. Faites un dossier comprenant des photos ou des dessins des oreilles, défenses, forme de corps, taille, auquel on peut se référer rapidement sur le terrain (voir 7ème chapitre).

Exemple: Identifiez des mères et, si possible, des éléphants individuels; déterminez l'âge et le sexe des éléphants; déterminez l'âge des mères; déterminez les compositions familiales.

3ème Priorité: Détermination de sujets pour les études d'observations.

- a) Déterminez les sujets d'étude. Tout en se concentrant sur la recherche, utilisez les informations à votre disposition concernant la structure des populations, sa distribution spatiale et les identifications individuelles pour décider quels animaux choisir pour l'étude.
- b) Dressez un protocole d'observation. Déterminez la fréquence et la durée des périodes d'observation. Déterminez comment et quand vous devez localiser et observer de nouveaux sujets, et combien d'observations répétées des mêmes individus ou catégories d'âge / sexe sont nécessaires. Déterminez comment étaler les observations sur les saisons, mois, périodes de 24 heures, et pour les emplacements et activités.

Exemple: Choisissez suffisamment de familles pour l'observation afin de pouvoir classer les éléphanteaux d'après leur sexe, âge et taille de famille. Contrôlez, si possible, les différences en composition familiale. Alternez entre des observations détaillées d'éléphanteaux spécifiques (échantillons focaux) et balages au hasard, de tous les éléphanteaux contactés une fois par jour pour minimiser la variance individuelle. La durée de l'échantillon focal doit être déterminée d'après la période maximale de contact ininterrompu, ainsi que de la fréquence des comportements d'intérêt.

4ème Priorité: Détermination du comportement à enregistrer

- a) Définissez le comportement à étudier. Pour chaque type de comportement, indiquez une définition afin que d'autres puissent la reproduire et afin qu'elle reste consistante pendant toute la durée de l'étude.
- b) Déterminez la méthode d'enregistrement. Il faudra probablement faire des échantillons d'essai pour s'assurer que le comportement est enregistré correctement, rapidement et de façon fiable. Etablissez des codes, des feuilles de contrôle ou des données pour avoir un rapport permanent des événements, états, durées, interactions, direction des interactions, résultats des interactions et conséquences associées. Assurez-vous par des observations d'entraînement que chaque enregistrement de comportement est indépendant.
- c) Augmentez au maximum la fréquence et la durée des échantillonnages pour obtenir un échantillon de valeur statistique fiable du comportement, des individus et pour corriger la variance due à l'heure du jour, de l'habitat, de la saison et de l'activité. Adaptez la fréquence et la durée de l'échantillonnage au cours de l'étude pour obtenir une représentation égale des sujets et pour corriger la variance. Comptez (ajoutez ou codez) les observations au cours de l'étude. Notez tous changements apportés au protocole d'échantillonnage.

Exemple: Energétique de l'éléphanteau et de la mère évaluée grâce à l'enregistrement des activités de maintien, recherche de nourriture, utilisation d'habitat et taille de groupe. Interactions mère / éléphanteaux exhibées par le jeu, allaitement ou contact, sont évaluées grâce à des échantillons focaux de différents éléphanteaux, tandis que des mesures de temps passé en activité ou à proximité peuvent être évaluées par blayage au hasard sur des éléphanteaux d'une grande variété d'âge, sexe et compositions familiales. Des mesures supplémentaires, telle que la croissance, peuvent être prise sur des empreintes, tandis que les événements reproductifs peuvent être contrôlés continuellement au cours de l'étude.

10.5 PROJET D'ANALYSE

Pendant tout ce chapitre nous avons mis l'accent sur le problème des biais pour le protocole d'échantillonnage, afin de faciliter une analyse et une interprétation exactes et fiables des résultats. Certains autres caractéristiques de l'analyse en étude du comportement sont à voir.

La taille de l'échantillon doit être assez grande

pour permettre un travail de statistique confortable quand l'étude va au-delà d'une simple description et d'hypothèses expérimentales. Un problème particulier est que de nombreuses observations de comportement ne pourront pas en elles-mêmes produire un grand échantillon; les observations doivent provenir d'un échantillon suffisamment grand d'individus ou de groupes, afin que le total des observations ne soit pas faussé par une seule observation. Il

faut donc veiller particulièrement à étaler les échantillons de façon égale à travers le temps, les catégories d'âge, les habitats etc. Si non, peu de vérifications statistiques seront possible. De bons logiciels pour l'analyse statistique seront d'une grande aide, mais ceux qui font des recherches de comportement devront réaliser que leurs observations ne répondront que rarement aux besoins des distributions normales, tailles d'échantillons, voire variance etc. qui sont nécessaires pour appliquer des tests paramétriques, et il est donc indispensable d'avoir quelques connaissances en statistiques non-paramétriques (par exemple Siegel & Castellan 1988). Un statisticien pourra aider à expliquer la différence entre ces deux types de tests.

Il y a trois types d'analyses principales concernant les observations de comportement (Lee 1983). Les événements peuvent être mesurés (comptés) et représentés en taux par temps d'observation. Les comptes peuvent également être utilisés pour faire des estimations de la proportion de temps passé à observer différents événements, ou des actions pour des sujets séparés. Des mesures directes de la durée des états peuvent être prises et utilisées pour calculer des statistiques descriptives pour les différents états de comportement. Sides données sont recueillies sur des individus dont on sait qu'ils sont différents, il importe toujours de retenir l'identité de ces individus pour l'analyse, afin de minimiser la contribution différentielle d'un animal individuel. Il en est de même quand des échantillons sont pris de catégories d'âge/sexe connues, afin d'assurer une représentation égale pour toute une population des animaux.

Une autre forme d'analyse est celle des proportions. Là, la fréquence d'un événement est représentée par rapport à celle d'un autre événement. Par exemple, la proportion des pas par rapport aux bouchées peut être utilisée pour décrire l'intensité et l'énergétique de la recherche alimentaire. Les proportions suggèrent que les comportements analysés ensemble sont en effet liés l'un à l'autre d'une certaine façon. Il importe de démontrer par l'analyse ces rapports avant d'établir une proportion. Et puis, les observations peuvent être utilisées pour en établir un indice. Un indice est spécialement utile pour évaluer des éléments de relation ou d'interactions que l'on ne peut pas mesurer directement. Ils ne représentent pas un temps "réel", et en tant que mesures dérivées ils sont difficiles à utiliser dans des tests statistiques, puisqu'on ne peut pas connaître les distributions supposées. Cependant, en tant

qu'estimation ou facteur descriptif d'une interaction ou d'une relation, ils sont un outil puissant d'analyse.

Un grand nombre d'indices ont été utilisés pour les analyses de comportement. Certains sont de simples calculs de la contribution relative de différentes proportions par rapport à une somme totale, tel que l'indice de diversité alimentaire ou hétérogénéité. Un autre indice est celui qui évalue la responsabilité individuelle dans l'initiative des interactions (Hinde / Atkinson 1970). Un autre indice courant dans les études de comportement se réfère à des associations et prend les données de proximité pour calculer un indice d'association. Un grand nombre d'indices d'association sont disponibles, qui changent selon la façon d'utiliser en calcul les observations séparées et conjointes (par exemple White & Burgmann 1990). Un des indices les plus utiles pour les éléphants est celui décrit par Ginsberg & Young (1992) pour la proportion simple des repérages en tant que $X/N-D$, qui représente le nombre de repérages, où des individus ou groupes A et B sont vus ensemble (X), divisé par le nombre total des périodes de repérage (N), moins le nombre de périodes de repérage, où ni A ni B ont été vus.

Une dernière difficulté à surmonter pendant l'analyse consiste à trouver une façon pour traiter les observations tronquées, ou des inscriptions incomplètes d'états de comportement pendant une observation. Dans beaucoup de cas, un échantillonnage peut être interrompu en raison d'une perte de visibilité. Dans ce cas, il faut faire une inscription "hors de vue", afin de pouvoir corriger des proportions de temps. Si une mauvaise visibilité cause une inscription incomplète, il faudra donc l'écartier de l'analyse. Dans certains cas, un échantillon pourrait commencer quand l'animal montre déjà un comportement. Dans ce cas également, la durée de l'état du comportement est incomplète et devrait être écartée de l'analyse, tout comme dans le cas où l'état de comportement dure au-delà de l'échantillon. Dans ce dernier cas on peut continuer à enregistrer le comportement jusqu'à sa fin, afin de mesurer complètement sa durée, mais la durée prolongée de l'échantillon devrait être écartée pour les calculs de fréquence. Il vaut parfois mieux abandonner un échantillon et recommencer le tout plus tard si la perte de visibilité est grande. Suivre des éléphants en terrain escarpé ou en brousse dense risque d'augmenter la perte de durée d'observation, et en préparant le projet de l'intervalle d'échantillonnage il faut tenir compte de la

probabilité de compléter une période entière d'observation.

10.6 CONCLUSIONS

L'étude du comportement des éléphants est une tâche difficile mais méritoire qui demande à être bien étudiée. Les objectifs de l'étude doivent être énoncés clairement; la méthodologie doit convenir à ces objectifs, impliquer un dérangement minime au comportement normal de l'éléphant et leur éviter le stress. Quand il s'agit de grands animaux avec une longue vie ayant des grandes variations individuelles dans leur comportement, il peut être difficile de généraliser, à moins que la taille des échantillons soit grande et que la durée de l'étude s'étende sur une longue période. Il est néanmoins possible d'obtenir des données cruciales pour la survie et pour une gestion réussie des éléphants en faisant des études de comportement, et les difficultés pratiques peuvent être surmontées grâce à une préparation minutieuse des observations.

10.7 AUTRE LITTÉRATURE

Le document de Jeanne Altmann est d'importance essentielle:

Altmann, J. (1974) Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-65.

Les livres suivants sont une introduction très utile aux observations de comportement et de leurs applications:

McFarland, D. (Editor) (1981) *The Oxford Companion to Animal Behaviour*. Oxford University Press, Oxford.

Martin, P. and Bateson, P. (1986) *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge.

Sackett, G.P. (Editor) (1978) *Observing Behaviour Vol. II: Data Collection and Analysis Methods*. University Park Press, Baltimore.

Lehner, P.N. (1979) *Handbook of Ethological Methods*. Garland STMP Press, New York.

Quelques connaissances statistiques sont une grande aide avant de commencer une étude. Les textes suivants sont des informations de base:

Siegel, S. and Castellan, N.J. Jr. (1988) *Non parametric Statistics for the Behavioural Sciences*. McGraw-Hill, London.

Snedcor, G.W. and Cochran, W.G. (1980) *Statistical Methods* (7th Edition). Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981) *Biometry* (2nd Edition). W.F. Freeman, San Francisco.

Bibliographie

ALTMANN, J. (1974) Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49, 227-65.

DUNBAR, R.I.M. (1976) Some aspects of research design and their implications in the observational study of behaviour. *Behaviour* 58,79-98.

GINSBERG, JR. & YOUNG, T.P. (1992) Measuring associations between individuals or groups in behavioural studies. *Animal Behaviour* 22, 377-379.

HARCOURT, A.H. (1978) Activity periods and patterns of social interaction: a neglected problem. *Behaviour* 66, 121-35.

HINDE, R.A. & ATKINSON, S. (1970) Assessing the roles of social partners in maintaining mutual proximity, as exemplified by mother-infant relations in rhesus monkeys. *Animal Behaviour* 18, 169-76

LEE, P.C. (1983) species, study sites and methods, In *Primate Social Relationships: An Integrated Approach* (Ed. R.A. Hinde), pp 8-16 Blackwell, Oxford.

LEE, P.C. (1986) Early social development among African elephant calves. *Notional Geographic Research* 2,388-401.

LEE, P.C. (1987) Allomothering among African elephants. *Animal Behaviour* 35, 278-91.

MARTIN, P. & BATESON, P. (1986) *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge.

MOSS, C.J. (1983) Oestrous behaviour and female choice in the African elephant. *Behaviour* 86,167-96

MOSS, C.J. (1988) *Elephant Memories. Thirteen Years in the Life of an Elephant Family*. William Morrow and Company, New York

POOLE, J.H. (1987) Rutting behaviour in African elephants: the phenomenon of musth. *Behaviour* 102,283-316.

POOLE, J.H. (1989) Announcing intent: the aggressive state of musth in African elephants. *Animal Behaviour* 37, 140-152.

POOLE, J.H. & MOSS, C.J. (1989) Elephant male searching: group dynamics and vocal and olfactory communication. *Symposium of the Zoological Society of London* 61, 111-125.

RHINE, R.J. & LIN VILLE, A.K. (1980) Properties of one-zero scores in observational studies of primate social behaviour: the effect of assumptions on empirical analyses. *Primates* 21, 111-22.

SIEGAL, S. & CASTELLAN, N.J. (1988) *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*. McGraw-Hill, London.

SLATER, P.J.B. & LESTER, N.P. (1982) Minimising errors in splitting behaviour into bouts. *Behaviour* 79, 153-161.

TINBERGEN, N. (1963) On aims and methods of ethology. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 20, 410-33.

WHITE, F.J. & BURGMAN, M.A. (1990) Social organization of the pygmy chimpanzee (*Pan paniscus*) -multivariate analyses of intra-community associations. *American Journal of Physical Anthropology* 83,193-201.

SECTION 4
TECHNIQUES DE RECHERCHE EN
DÉVELOPPEMENT



11ÈME CHAPITRE

L'ETUDE DE LA COMMUNICATION VOCALE CHEZ L'ÉLÉPHANT

Karen McComb

School of Biological Sciences, Biology Building, University of Sussex, Falmer
Brighton BN1 9QG, U.K.

Amboseli Elephant Research Project, African Wildlife Foundation
P.O. Box 48177, Nairobi, Kenya

11.1 INTRODUCTION

L'étude de la communication vocale chez l'éléphant est un domaine nouveau et fascinant. Les chercheurs se sont aperçus pour la première fois, aussi tard que dans les années 1980, qu'une grande partie de la communication vocale chez l'éléphant se situe en dessous de la limite de basse fréquence de 30Hz de l'ouïe humaine, c'est-à-dire elle est infrasonique. On a trouvé maintenant que les répertoires vocaux des éléphants d'Afrique et d'Asie comprennent une grande variété de "grondements" infrasoniques, en plus des vocalisations audibles plus connues, telle que les barissements et les cris (voir Berg 1983; Payne *et al.* 1986; Poole 1988; Poole *et al.* 1988). Les êtres humains peuvent, en général, repérer les appels infrasoniques quand ils sont près d'un éléphant vocalisant, puisque l'harmonique (multiples entiers du son fondamental) de la plupart des grondements entre dans la sphère audible. Par contre, nous ne pouvons entendre les fréquences fondamentales de ces appels infrasoniques, qui se situent entre 14 et 35Hz. Ces sons fondamentaux extrêmement bas donnent aux grondements des caractéristiques inhabituels - la faculté d'être entendu sur de très longues distances (par exemple Payne 1989; Langbauer *et al.* 1991).

Comprendre la communication entre éléphants est sans doute un des pas les plus importants pour comprendre l'organisation sociale des éléphants. et l'étude de la communication vocale en est une partie essentielle. La communication est à la base de la vie sociale complexe de chaque éléphant. Le réseau social extrêmement vaste que les éléphants semble établir (Moss & Poole 1983) serait, au moins en partie, une fonction de la capacité de communication sur de longues distances offerte par les infrasons. L'étude de la communication vocale peut aussi fournir des informations sur les capacités cognitives des

éléphants - l'habilité de reconnaissance social par des appels et la complexité des messages qu'ils sont capables d'envoyer et de recevoir. La connaissance de la façon dont les éléphants se servent des appels pour coordonner leurs activités pourrait nous permettre d'identifier les stimulants vocaux, et en les reproduisant, de les utiliser pour éloigner des groupes des régions où ils causent des dégâts. De façon plus générale, l'étude de la communication fournira des informations essentielles de base pour la gestion et la conservation des éléphants en révélant la nature et l'étendue des liens sociaux parmi les populations naturelles.

J'expliquerai dans ce chapitre les techniques qui sont disponibles actuellement pour étudier la communication vocale chez les éléphants. Deux techniques sont au centre de toute étude de communication vocale - les enregistrements sonores des appels et le contrôle des réponses des sujets à l'écoute, quand ces appels seront rejoués sous des conditions contrôlées (McGregor *et al.* 1992). Cette combinaison puissante permet au chercheur d'étudier non seulement les différences structurales entre appels, mais aussi les réactions d'autres membres de l'espèce. La plupart des études de communication des éléphants nécessiteront une combinaison d'enregistrement et de playback, et seront agrémentées d'analyses vocales. Dans tous les cas, des observations opportunistes d'échanges vocaux entre éléphants au cours normal de leur vie journalière devraient précéder ce stade de l'étude. Le travail d'observation est spécialement important pour aider à définir les questions à étudier et contribuera à l'établissement d'hypothèses faciles à vérifier. Que le but soit de déterminer le processus étant à la base de la reconnaissance sociale, ou d'identifier les stimulants infrasoniques que l'on pourrait utiliser pour

décourager les éléphants d'envahir les terres de culture, les questions devront être bien définies au début de l'étude (voir McGregor *et al.* 1992; Barnard *et al.* 1993).

11.2 L'ENREGISTREMENT DE VOCALISATIONS D'ÉLÉPHANT

11.2.1 Généralités

Les vocalisations d'éléphant sont un défi pour toute personne effectuant des enregistrements de sons - qu'elle soit amateur ou professionnelle. Bien que l'oreille de l'éléphant soit en mesure de détecter de très basses fréquences (Heffner & Heffner 1980; Heffner *et al.* 1982), ceci n'est pas le cas pour l'oreille humaine, ou pour un microphone et magnétophone moyens. Des précautions rigoureuses doivent donc être prises pour s'assurer que les fréquences infrasoniques soient enregistrées correctement. Ci-dessous, je parlerai des règles à suivre au moment de l'achat de l'équipement d'enregistrement, de l'équipement actuellement disponible, et des façons d'employer cet équipement pour réussir des enregistrements de vocalisations d'éléphants de haute qualité. Le but à tout moment devra être d'obtenir des enregistrements nets et des représentations exactes des vocalisations. Le test crucial sera de savoir si ces enregistrements -réproduits à un volume exact - pourront convaincre un éléphant.

11.2.2 Equipement

a) Réaction aux fréquences de l'équipement

Ne pouvant pas entendre nous-mêmes les fréquences fondamentales des vocalisations infrasoniques, nous ne pouvons pas savoir si un système d'enregistrement de sons travaille correctement simplement en l'écoutant. Avant d'entreprendre des enregistrements, il faut absolument vérifier si l'équipement proposé a les capacités techniques d'enregistrer toute la gamme de fréquences émises par les vocalisations des éléphants. L'équipement de base pour l'enregistrement serait un microphone, un magnétophone et éventuellement, selon le type de

microphone utilisé et sa compatibilité avec le magnétophone, un ensemble câble électrique / préamplificateur pour les relier. La gamme de fréquences que l'équipement peut enregistrer correctement sera indiquée comme "Réaction à la fréquence" aux "Caractéristiques techniques" de votre manuel d'instruction. Aucune faiblesse du système d'enregistrement ne peut être tolérée - chaque unité du système devra être capable d'enregistrer des fréquences à 10Hz ou moins. Le fait que le système d'enregistrement puisse réagir correctement aux hautes fréquences est moins important - la plupart des microphones et magnétophones de haute qualité peuvent enregistrer des fréquences allant jusqu'à 20.000Hz, ce qui est bien au dessus des fréquences que l'on trouve dans les barissements et grondements des éléphants.

b) Microphones

Plusieurs microphones assurent la réaction nécessaire aux fréquences (voir ci-dessus). En faisant un choix, il vaut mieux chercher un microphone de fabrication robuste, résistant à la poussière et à des degrés d'humidités changeants, et qui soit suffisamment sensible pour enregistrer sur des distances moyennes. Les deux types le plus couramment utilisés par les chercheurs jusqu'à présent sont de la série de microphones 1/2" Sennheiser MKH 110 et le Bruel & Kjaer (c'est-à-dire modèles 4149 et 4155). De ces deux modèles, le Sennheiser utilise un système d'orientation qui permet de mieux capter les hautes harmonies des grondements, que le fait l'équivalent omnidirectionnel. Cependant, pour les basses fréquences, tous les microphones disponibles pourront opérer efficacement de façon omnidirectionnelle. Les microphones devront toujours être utilisés avec bonnette anti-vent et enveloppe en tissu pour réduire les distorsions causées par le mouvement de l'air près du microphone (voir ci-dessus).

c) Magnétophones

Le microphone devra être relié soit à un magnétophone à bobine ou à un magnétophone audio-numérique (R DAT). Le R DAT enregistre de façon à rendre un minimum de sifflement - un avantage particulier quand l'enregistrement initial doit être amplifié et rejoué aux éléphants. Les magnétophones R DAT sont aussi plus compacts et donc plus faciles à manipuler sur le

¹ Consultez les producteurs du magnétophone et du microphone pour vous assurer qu'un ensemble câble électrique/ amplificateur est nécessaire. Certains magnétophones peuvent alimenter les microphones par eux-mêmes, tandis que d'autres nécessitent l'intermédiaire d'une batterie entre microphone et magnétophone. Si les spécifications indiquent une divergence entre le signal de sortie du microphone et le signal correspondant d'entrée pour le magnétophone, on peut également incorporer des condensateurs appropriés pour compenser cette lacune.

terrain que les magnétophones équivalents à bobine. Il est recommandé de vérifier les spécifications des magnétophones au moment de l'achat. Deux magnétophones qui ont déjà fait leur preuve sont le Sony TCD D 10 DAT avec un modificateur DC (pour ajuster la réaction aux fréquences à 0Hz), et le Nagra IV SJ à bobine qui peut enregistrer à 0Hz sur la chaîne FM.

11.2.3 Quelques tuyaux

a) Le problème du vent

Un des principaux obstacles pour réussir de bons enregistrements de vocalisations d'éléphants sur le terrain est l'effet du mouvement de l'air sur le système d'enregistrement. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'équipement pouvant enregistrer les sons infrasoniques doit être sensible à des fréquences allant à 101-k et moins. Ceci est en contradiction avec des systèmes d'enregistrement normaux, qui ne réagissent efficacement qu'à des fréquences allant jusqu'à 50Hz. Ceux qui ont déjà fait des enregistrements sur le terrain avec un équipement normal seront surpris de se rendre compte quelles différences extraordinaires sont dues à la basse fréquence; le vent comporte de forts éléments de basse fréquence. et tandis que les fréquences les plus basses sont éliminées par un équipement d'enregistrement standard, elles apparaissent entièrement en cas d'utilisation d'un système infrasonique. Les forts éléments de basse fréquence suffisent à surcharger le microphone même à une vitesse réduite du vent, et ceci détériore le signal d'enregistrement. L'effet est si grand qu'il faut en principe limiter les enregistrements à des moments de calme relatif (par exemple tôt le matin et tard le soir). Un écran anti-vent (un tube en matière flexible sur un cadre) et une bonnette anti-vent (une gaine mise sur l'écran, souvent en fourrure artificielle) devraient toujours être utilisés pour minimiser le courant d'air près du microphone.

b) La meilleure manière de préparer une séance d'enregistrement

Quand on s'apprête pour la première fois à faire des enregistrements de vocalisations d'un groupe d'éléphants, il faudra résister à la tentation de tout capter sur la bande magnétique. Les meilleurs enregistrements s'obtiennent quand on ne perd pas de vue ses objectifs et que l'on choisit un individu particulier pour en enregistrer les vocalisations. Par exemple, les meilleurs enregistrements d'appels de contact et de réponses de femelles adultes s'obtiennent quand une femelle est séparée du reste de son groupe familial. Dans ce cas, le microphone peut être

dirigé soit vers l'individu ou vers un membre du groupe principal qui pourrait l'appeler. Par contre, si le but est d'étudier les appels entre mères et leurs éléphanteaux, on peut isoler les paires mère/éléphanteau pour l'enregistrement. Des événements plus rares, tel que le vacarme d'accouplement, peuvent être traités au moment opportun - bien que l'on pourrait suivre des femelles en oestrus pour obtenir des enregistrements du chœur oestral et des appels après copulation.

c) Emploi de l'équipement

Les enregistrements devraient se faire à partir d'un véhicule ou d'une cachette à proximité du sujet vocalisant; des distances de 15-25m sont idéales si cela ne perturbe pas le comportement des éléphants. En fixant le microphone en le dirigeant vers le sujet on obtiendra moins de bruits superflus, que si on le tient directement. Le mieux serait de régler la sensibilité du niveau d'enregistrement du magnétophone de façon à obtenir une déviation de 5db à 10db inférieur au niveau de codage maximum (PPM). Un effet important du mouvement de l'air est qu'il occasionne la réduction du niveau d'enregistrement. Seulement quand l'air est complètement calme peut-on régler l'appareil au degré le plus sensible; plus il y a de mouvement dans l'air, plus il faut réduire le niveau d'enregistrement pour éviter une surcharge (ce qui provoque une déviation du signal enregistré).

d) Compte rendu des enregistrements

Etant donné que les appels sont souvent difficiles à prédire, le magnétophone doit tourner pendant toute la séance d'enregistrement. On use beaucoup de matériel, mais c'est le seul moyen d'être sûr que l'on enregistre la totalité des appels. Les bandes ne contenant pas d'appels utiles pourront être utilisées à une prochaine séance. Un rapport décrivant quel individu a vocalisé et le contexte de chaque appel devront être enregistrés en même temps que les vocalisations, tout comme des informations, telle que date, heure, vitesse du vent etc. (voir McGregor *et al* 1992).

Il n'est pas aussi facile que cela semble de savoir exactement quel animal a appelé. Dû à leur structure, les appels infrasoniques sont difficiles à identifier dans l'espace par les humains. Donc, quand éléphant que l'on enregistre se trouve parmi d'autres éléphants. il peut y avoir des doutes pour savoir si cet individu ou un autre du groupe a fait l'appel. Ces incertitudes doivent absolument être notées. Il y a quelques indices visuels qui indiquent Si un éléphant a appelé -

par exemple, les appels sont souvent accompagnés par des mouvements d'avant en arrière des oreilles (battements d'oreilles) et de périodes d'écoute avant ou après (voir Poole *et al.* 1988). En cas d'appel fort, la bouche s'ouvre quelquefois visiblement. Par contre, on ne peut pas toujours se fier à cet indice, étant donné que la bouche est souvent cachée par la trompe et pour certains appels moins forts, la bouche ne s'ouvre que très peu. Il en est de même de la vibration du front, qui a servi d'indice pour l'appel infrasonique des éléphants d'Asie (voir Payne *et al.* 1986), mais qui est difficile à détecter chez l'éléphant d'Afrique.

e) Enregistrement de sons provenant d'un collier émetteur

La description ci-dessus concernant les enregistrements infrasoniques s'applique à des enregistreurs de sons utilisant des microphones et des magnétophones portatifs, ce qui correspond à la pratique courante. Des chercheurs au Zimbabwe ont, par contre, incorporé de petits radio-microphone dans des colliers émetteurs (Payne 1989). Ces radios-microphone peuvent transmettre de façon continue, les vocalisations provenant des colliers d'éléphants, à des stations de base, pour mémorisation numérique sur ordinateur à fin d'analyse ultérieure. Bien que ce soit une solution élégante au problème de l'enregistrement des vocalisations d'éléphants, elle nécessite l'immobilisation toujours difficile de l'animal et la fixation d'un collier, et dépasse de loin l'envergure de la plupart des projets de recherche. En plus, les enregistrements ne peuvent être utilisés qu'accompagnés d'informations détaillées sur le comportement de l'éléphant pendant la vocalisation, informations devant être synchronisées avec la bande magnétique de l'enregistrement.

11.2.4 Réseaux d'enregistrement

Grâce à la technologie moderne on peut surveiller simultanément l'emplacement et le comportement vocal des éléphants dans une région (Landbauer *et al.* 1991; Kieman 1993). Un magnétophone à quatre canaux peut être utilisé pour enregistrer à partir de quatre radio-microphones placés au carré (par exemple 0,25km par 0,25km). En comparant les signaux enregistrés par chacun des quatre microphones, l'emplacement de chaque animal émettant des sons peut être calculé par rapport au coordonnés des microphones. En utilisant ce "système passif de l'emplacement vocal" on peut enregistrer des conversations entre différents groupes

d'éléphants tout en pouvant préciser leurs emplacements. Cette méthode pourrait être très utile quand on tente d'étudier la communication entre éléphant sur une plus grande échelle, mais elle implique une grande connaissance et des équipements techniques.

11.3 ANALYSE ACOUSTIQUE DES APPELS

11.3.1 Généralités

Le but de l'analyse acoustique est de classer les appels selon leur structure afin de pouvoir distinguer entre individus et entre types d'appels. Après avoir déterminé les différences, on peut se servir des expériences de playback pour vérifier si ces différences de structures ont un sens particulier pour les éléphants. c'est-à-dire, si les éléphants peuvent également distinguer entre différents appels. Bien que l'analyse vocale forme une partie importante de l'étude de la communication vocale chez l'éléphant, c'est un sujet pour spécialiste (voir Ladefoged 1962), et je ne décrirai les techniques que sommairement.

11.3.2 L'équipement

Tout comme pour les systèmes d'enregistrement. il faut étudier les caractéristiques de l'équipement d'analyse afin de s'assurer qu'il soit en mesure de traiter des fréquences aussi basse que 10Hz. Une grande gamme est disponible, mais les appareils risquent d'être très chers. Pour cette raison il serait plus raisonnable d'utiliser les installations existant dans les laboratoires de recherche des universités et des institutions gouvernementales, plutôt que d'installer un nouveau système.

L'analyse physique des vocalisations permet leur décomposition selon différentes courbes, fournissant ainsi une représentation visuelle de la répartition de l'intensité du signal sonore en fonction de la fréquence, de la durée ou des deux à la fois. Trois des formes les plus utiles pour représenter des vocalisations d'éléphant sont le spectrogramme, analyseur de spectre et graphiques (voir Fig. 11.1). Les spectrogrammes (Fig. 11.1a) indiquent comment le contenu en énergie d'un appel est distribué sur ses fréquences constituantes. Dans ce format, la fréquence est représenté sur l'axe vertical, la durée sur l'axe horizontal, et la noirceur du tracé représente l'intensité relative de chaque fréquence. Les

analyseurs de spectre (Fig. 11.1b) donnent une moyenne de l'énergie sur une certaine durée (de temps) de l'appel et montrent sa répartition sur le spectre de la fréquence. Dans ce cas, la fréquence est sur l'axe horizontal et le contenu en énergie (ou amplitude) sur l'axe vertical. Les graphiques (Fig. 11.1c) montrent les vibrations individuelles dont sont constitués les graphiques. Ici, le temps est sur l'axe horizontal et la phase sur l'axe vertical. Quelques systèmes d'analyses de sons (par exemple Kay DSP 5500 Sonagraph) fournissent tous les trois formats.

11.3.3 Effectuer des mesures acoustiques

La meilleure façon de faire une étude initiale d'un appel est de la représenter en spectrogramme. Avec cette méthode la plupart des appels apparaîtront en tracés noirs denses à des intervalles réguliers; ceux-ci sont la fréquence fondamentale et l'harmonique. La fréquence fondamentale, la bande étroite noire la plus basse, est la fréquence primaire de la vibration des cordes vocales de l'éléphant et le déterminant principal du son aigu de l'appel. Les surfaces noires plus larges, s'étalant sur plusieurs harmoniques, sont également visibles sur le spectrogramme. Ces "formants" sont le produit de résonances de l'appareil vocal de l'éléphant, et déterminent la qualité de l'appel. Des mesures de la fréquence fondamentale et des formants peuvent être faites en utilisant l'écran du spectrogramme, en ajoutant des informations provenant des présentations du spectre et forme d'ondes (voir par exemple Fig. 11.1). Grâce à ces caractéristiques et à d'autres, tel que la longueur et la qualité sonore des appels, on peut identifier différents types d'appel et des différences entre individus pour des appels du même genre (pour tests statistiques voir Barnard *et al.* 1993; Siegal & Castellan 1988; Sokal & Rohlf 1969).

11.4 PLAYBACK

11.4.1 Préparer les appels pour le playback

Les appels choisis pour être utilisés en playback devraient être clairs, ayant un niveau élevé du signal enregistré par rapport au niveau du bruit de fond sur la bande. Par contre, des appels enregistrés à un niveau tellement haut qu'ils provoquent une surcharge du microphone, c'est-à-dire, le niveau de codage maximum enregistré au dessus du son aigu pour le signal enregistré,

ne devraient pas être utilisés car ils risquent d'être déformés. Des appels qui n'ont pas été enregistrés dans leur totalité (par exemple le début de l'appel a été coupé), des appels comprenant des interruptions en raison du bruit du vent et des appels comprenant des bruits de fonds inhabituels, devront également être exclus. Tous les signaux enregistrés sur la bande seront amplifiés pour le playback - les interruptions dues au vent et les bruits de fonds seront donc beaucoup plus perceptibles. Après avoir choisi les meilleurs appels, on peut les utiliser soit en original pour le playback, soit les transférer sur une autre bande. Cette mise au point peut se faire en transformant tout simplement un appel sélectionné sur une autre bande, pour le rendre plus accessible et pour l'isoler des signaux enregistrés au préalable et ultérieurement. Des possibilités de mise au point par ordinateur existent également, et peuvent être utilisées pour modifier la structure d'un appel ou pour synthétiser des nouvelles versions de l'appel.

11.4.2 Le problème de l'accoutumance

Les éléphants exhibent une réaction amoindrie à des stimulants auxquels ils sont exposés de façon régulière. Il faut éviter cette "accoutumance" à tous prix, car elle n'est que rarement réversible. Pour réduire au minimum les risques d'accoutumance il faut: 1) attendre au moins une semaine, de préférence plus longtemps, entre opérations de playback; 2) utiliser des signaux de playback courts - il vaut mieux ne pas dépasser un ou deux appels, ou une seule séquence d'appels, pendant une séance de playback; 3) ne jamais utiliser comme stimulant des enregistrements qui sonnent "anormaux" - les animaux s'y habitueront plus rapidement. Il faut constamment veiller à des signes d'accoutumance, et si certains groupes d'éléphants commencent à ignorer les signaux de playback, il ne faudra plus faire des expériences de playback avec ces animaux.

11.4.3 L'équipement

Pour reproduire des appels à partir d'un enregistrement, la sortie du magnétophone devra être branchée à un amplificateur de puissance et à un haut-parleur. Nous répétons que ces deux appareils devront être à même de réagir à des fréquences d'environ 10Hz.

a) Amplificateur

Etant donné que l'équipement devra être utilisé en terrain, il faut pouvoir le brancher à une

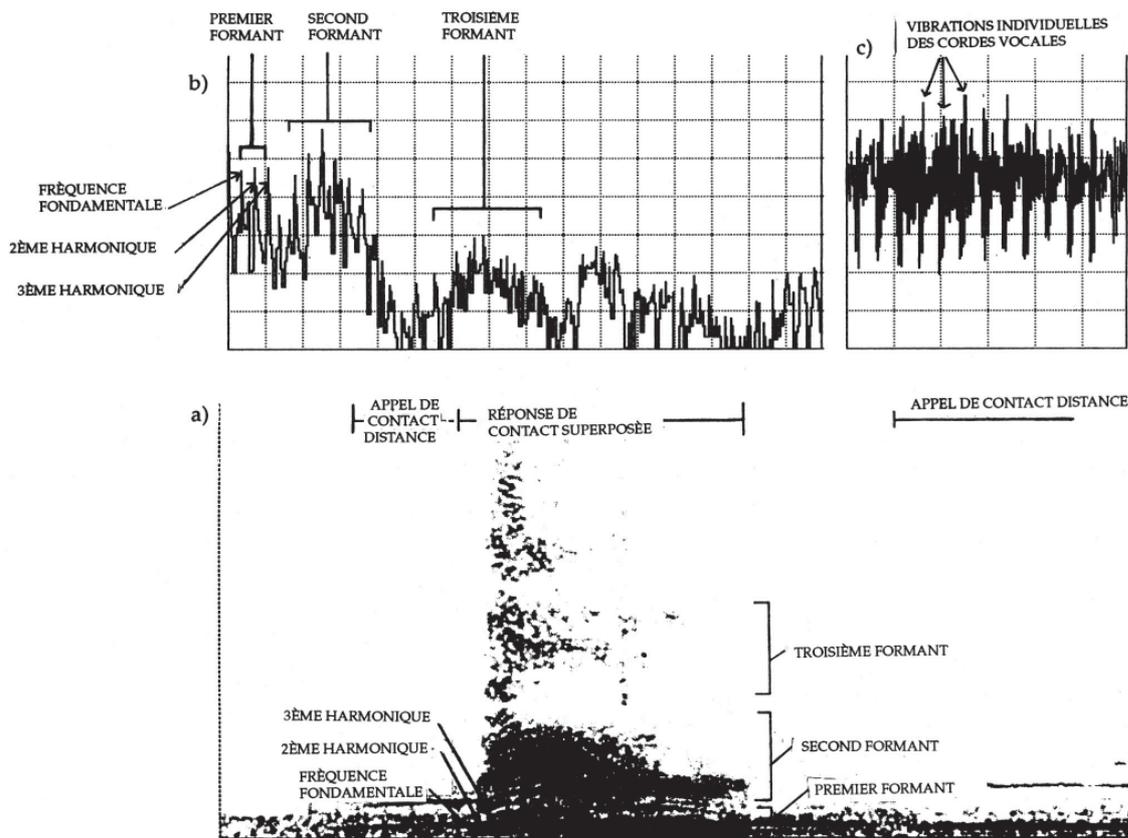


Fig. 11.1: Formes courantes de diagrammes d'analyses de son pour vocalisations "réponse contact" des éléphants (superposant un appel contact plus éloigné).

- a) Spectrogramme: Temps (0-15,13 sec.) sur l'axe horizontal et fréquence (0-1000Hz) sur l'axe vertical.
 b) Analyseur de Spectre (pris à la fréquence fondamentale de pointe): Fréquence (0-1000Hz) sur l'axe horizontal et amplitude relative sur l'axe vertical.
 c) Courbes: Temps (0-0,59 sec) sur l'axe horizontal et phase sur l'axe vertical.

batterie de 12V. De bons amplificateurs stéréo pour automobile sont particulièrement adéquats. La puissance de l'amplificateur, quand il est utilisé avec le haut-parleur, devra pouvoir reproduire les appels à leur volume naturel. L'efficacité des différents haut-parleurs varient selon leur modèle (voir ci-dessous), et si un amplificateur de 300W peut donner l'amplification nécessaire pour certains, une puissance plus grande sera nécessaire pour d'autres. Le volume correct de playback pour chaque appel devra être déterminé avant de faire des expériences en changeant le réglage du système de playback, jusqu'à ce que le haut-parleur émette à un niveau de pression sonore (NPS) typique pour un éléphant émettant ce genre d'appel de la même distance. Habituellement on ne mesure pas les NPS d'éléphants émettant des appels avec un mètre NPS ou un système d'enregistrement calibré, et on n'ajuste pas le volume du haut parleur à ceci

en utilisant un mètre NPS. Poole *et al.* (1988) décrivent les NPS typiques pour les types d'appel usuels.

b) Haut-parleurs

Les haut-parleurs pouvant fonctionner à des fréquences aussi basses que 10Hz ne sont pas toujours disponibles sur le marché, et doivent en général être fabriqués sur commande. Un des plus grands problèmes en reproduisant des appels d'éléphants est la nécessité de faire vibrer le diaphragme du haut-parleur exactement à la fréquence naturelle de vibration des cordes vocales de l'éléphant (14 fois/seconde pour certains appels infrasoniques). Le grand effort que doit fournir le récepteur peut être compensé soit en fabriquant un haut-parleur extrêmement grand et robuste et suffisamment rigide pour forcer l'air dans les deux sens approximativement au taux requis, ou en fabriquant des enceintes

pour les haut-parleurs qui modifient les vibrations du diaphragme, les rendant ainsi plus précises et efficaces plutôt que de choisir du matériel robuste plus simple. Les bandpass enceintes peuvent être construites comme unité plus légère et plus compacte que l'équivalent des haut-parleurs en corne et représentent donc le meilleur choix pour les séances de playback. Une enceinte bandpass de sixième ordre, de dimensions 0,75m x 0,75m x 0,75m et un poids d'environ 40kg a déjà été utilisée avec succès pour les playbacks sur le terrain.

11.4.4 Description d'une expérience de playback

Le haut-parleur doit être installé avant le début de l'expérience, et il faut donner suffisamment de temps aux éléphants pour se calmer avant de commencer le playback. Les vocalisations peuvent être transmises d'un véhicule, si les animaux sont habitués à la présence de véhicules, ou d'un emplacement au sol s'il y a suffisamment d'abri. Bien que la distance entre le haut-parleur et les animaux dépendra évidemment à un certain degré de la question posée par l'étude, il n'est pas recommandé de transmettre le playback à moins de 50m à moins que la végétation soit très dense. Le but est de créer une situation qui soit réaliste pour les écouteurs; plus le haut-parleur est éloigné et plus la végétation est dense, moins les éléphants s'attendent à voir ou à sentir l'éléphant vocalisant. Quand les réactions à différents appels sont comparées pendant une série de playbacks, les distances entre animal et haut-parleur devraient toujours être les mêmes.

Les playbacks peuvent être adressés à des individus ou à des groupes, ceci dépendra de la question posée par l'expérience. La situation idéale pour un playback est quand les sujets sont au repos ou en train de s'alimenter calmement à un certain endroit. En général, il est très difficile de faire une séance de playback quand les éléphants se déplacent. À part les difficultés logistiques pour installer le haut-parleur, les éléphants en mouvement ont tendance à se concentrer sur la destination recherchée (par exemple un point d'eau) et risquent d'ignorer les stimuli auxquels ils auraient répondu sous d'autres circonstances.

Après avoir trouvé le groupe de sujets en question et à condition qu'ils restent calmes pendant la période précédant le playback (voir ci-dessous), on peut émettre le signal de playback à un volume appropriée (détails à la Section 11.4.3). Il serait inopportun de lancer aux sujets un de leurs

propres appels, ce qui provoquerait évidemment une situation peu réaliste et mettrait en danger les playbacks faits ultérieurement à ce même groupe.

11.4.5 Surveiller les réactions des éléphants

Les appareils vidéo procurent un des meilleurs moyens pour enregistrer les réactions des éléphants à un playback. Ils permettent de donner un compte rendu des événements plus complet qu'un document écrit, et peuvent être évalués plusieurs fois de suite pour en tirer d'autres informations. Ceci est un grand avantage au début d'une série d'expériences, permettant à l'observateur d'être flexible au sujet des mesures de comportement à prendre. En utilisant l'appareil vidéo, l'observateur devra décider au paravant quels individus il voudra suivre avec la caméra si le groupe se disperse. Par exemple, le fait de toujours inclure la femelle chef de famille dans le compte rendu est un moyen pour pouvoir faire une comparaison standard des groupes.

Les réactions évidentes au playback comprennent: écouter (oreilles étendues et raides pendant que le corps reste immobile), sentir (la trompe est levée ou baissée), rapprocher ou s'éloigner du haut-parleur, appeler, augmenter la cohésion du groupe (les membres du groupe "s'agglutinent", surtout les éléphanteaux se rapprochent plus des adultes), et augmentation de la sécrétion de la glande temporale (McComb pers.obs.; voir aussi Poole & Moss 1989; Langbauer *et al.* 1988 & 1991). Étant donné que beaucoup de mesures des réactions ne peuvent être faites qu'en les comparant avec un comportement préalable, il est recommandé d'enregistrer sur vidéo également plusieurs minutes de comportement pendant la période précédant le playback. Un cadran horaire ajouté pendant l'enregistrement du playback vous permettra de mesurer le temps de latence plus facilement, par exemple le temps entre le début du playback et le début de l'approche vers le haut-parleur.

Quand on aura récapitulé les réactions au playback en mesures de comportement du genre qui est décrit plus haut, on peut utiliser les comparaisons statistiques pour examiner si les différentes catégories de playback suscitent les mêmes ou différentes réactions. Selon la vérification que l'on désire faire avec le playback, les catégories peuvent être des appels émis en différents contextes, des appels émis en de mêmes contextes par des individus différents ou de sexe différent, des appels reproduits de différentes

distances etc. Quand les différentes catégories suscitent différentes réactions, l'analyse vocale permettra de déterminer de quelle façon les écouteurs font la distinction.

11.5 CONCLUSION

Ce chapitre vous donne des informations sur les techniques actuellement connues pour étudier la communication entre éléphants. Chaque chercheur devra décider laquelle s'adapte le mieux à son étude particulière. Le choix devra être fait en fonction de la question posée pour l'étude, et sera en principe sans ambiguïté quand les hypothèses auront été définies clairement. Pour les études nécessitant l'enregistrement de son et le playback, des fonds suffisants devront être réunis au début de l'étude. L'achat d'appareils spécialisés pour l'enregistrement et le playback reviendra à US\$ 8.000. Avant chaque étude il est indispensable de consulter soigneusement la littérature disponible sur la communication vocale chez l'éléphant et sur les méthodes d'observation et projets expérimentaux

(7ème et 10ème chapitre; Martin & Bateson 1993; McComb 1992; McGregor *et al.* 1992; Barnard *et al.* 1993).

Remerciements

Je remercie Cynthia Moss, Joyce Poole, Soila Sayialel et Katito Sayialel pour m'avoir initiée à l'étude de la communication entre éléphants sur le terrain; Aylestone Ltd., Cambridge pour avoir conçu et construit mon haut-parleur; et Cynthia Moss et Angela Turner pour avoir commenté l'avant-projet de ce manuscrit. Mes propres recherches sur la communication entre éléphants ont été appuyées par African Wildlife Foundation, Association for the Study of Animal Behaviour, Newsham College, Cambridge, Royal Society of London et Tusk Charity.

Bibliographie

- BARNARD, C., GILBERT, F. & MCGREGOR, P. (1993) *Asking Questions in Biology Design, Analysis and Presentation in Practical Work* Longman Scientific and Technical Harlow.
- BERGE J.K. (1983) Vocalisations and associated behaviors of the African elephant. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 63,63-79.
- HEFFNER, R. & HEFFNER, H. (1980) Hearing in the elephant (*Elephas maximus*). *Science* 208, 518-520.
- HEFFNER, R., HEFFNER, H. & STICHMAN, N. (1982) Role of the elephant pinna in sound localisation. *Animal Behaviour* 30, 628-629.
- KIERNAN, V. (1993) The pentagon's green flag of convenience. *New Scientist* 139 (1886), 12-13.
- LADEFOGED, P. (1962) *Elements of Acoustic Phonetics*. University of Chicago Press, Chicago.
- LANGBAUER, W.R., PAYNE, K.B., CHARIF, R.A., THOMAS, E.M. (1988) Responses of captive African elephants to playback of low- frequency calls. *Canadian Journal of Zoology* 67, 2604-2607.
- LANGBAUER, W.R., PAYNE, K.B., CHARIF, R.A., RAPAPORT, L. & OSBORN, F. (1991) African elephants respond to distant playbacks of low- frequency conspecific calls. *Journal of Experimental Biology* 157, 35-46.
- MARTIN, P. & BATESON, P. (1993) *Measuring Behaviour: an Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MOSS, C.J. & POOLE, J.H. (1983) Relationships and social structure of African elephants. In: *Primate Social Relationships; An Integrated Approach*. (Ed. R.A. Hinde). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MOSS, C.J. & POOLE, J.H. (1983) Relationships and social structure of African elephants. In: *Primate Social Relationships; An Integrated Approach*. (Ed. R.A. Hinde). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MCCOMB, K. (1992) Playback as a tool for studying contests between social groups. In: *Playback and Studies of Animal Communication; Problems and Prospects*. (Ed. P.K. McGregor), pp. 111-119. Plenum Publishing Corporation, London.
- MCGREGOR, P.K., CATCHPOLE, C.K., DABELSTEEN, T., FALLS, J.B., FUSANI, L., GERHARDT, H.C., GILBERT, F., HORN, A.G., KLUMP, G.M., KROODSMA, D.E., LAMBRECHTS, M.M., MCCOMB, K., NELSON, D.A., PEPPERBERG, I.M., RATCLIFFE, L., SEARCY, W.A. & WEARY, D.M. (1992) Design of playback experiments. In: *Playback and Studies of Animal Communication*. (Ed. P.K. McGregor), pp. 1-9. Plenum Publishing Corporation, London.
- PAYNE, K.B. (1989) Elephant talk. *National Geographic* 176(2), 264-277.
- PAYNE, K.B., LANGBAUER, W.R. & THOMAS, E.M. (1986) Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Behavioural Ecology and Sociobiology* 18, 297-301.
- POOLE, J.H. (1988) Elephant trunk calls. *Svara II* (6), 29-31.
- POOLE, J.H., PAYNE, K., LANGBAUER, W.R., MOSS, C.J. (1989) The social contexts of some very low frequency calls of African elephants. *Behavioural Ecology Sociobiology* 22, 385-392.
- POOLE, J.H. & MOSS, C.J. (1989) Elephant mate searching; group dynamics and vocal and olfactory communication. *Symposium of the Zoological Society of London* 61, 111-125.
- SIEGAL, S. & CASTELLAN, N.J. (1988) *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*. McGraw-Hill, London.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. (1969) *Biometry; The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

PISTAGE DES ÉLÉPHANTS PAR SATELLITE

Chris Thouless

c/o WWF East African Regional Office
P0 Box 62440, Nairobi, Kenya

Environment and Development Group
11 King Edward Street, Oxford OX1 4HT U.K

12.1 INTRODUCTION

Au 8^{ème} chapitre vous avez pu lire que le radio-pistage d'animaux sauvages'était un outil indispensable dans la recherche et la gestion de la nature, donnant des informations concernant les déplacements des individus que l'on ne pouvait pas recueillir autrement. La plus grande partie du radio-pistage est faite en utilisant des colliers "conventionnels", qui transmettent des impulsions VHF. Les animaux sont repérés en les recherchant dans leur domaine, ou par triangulation au sol, ou de l'avion, en utilisant des récepteurs radio aériens directionnels en ligne de vue directe de l'émetteur. Selon les conditions locales et la capacité d'émission du collier, cette distance peut aller de quelques 100 mètres jusqu'à plus de 100 kilomètres. Ce genre de radio-pistage est aussi connu sous le nom de pistage "conventionnel", et comporte plusieurs inconvénients (voir 8^{ème} chapitre).

En raison des inconvénients du radio-pistage conventionnel, il n'est pas étonnant que l'idée de faire du pistage de la faune sauvage à distance, en utilisant des signaux reçus par des satellites en orbite au-dessus de la terre, ait été reçue avec grand enthousiasme. Sous des circonstances idéales, ceci permet de suivre les déplacements des animaux, jour et nuit, à n'importe quel endroit, sans avoir à quitter le terminal de l'ordinateur et son fauteuil.

Le pistage par satellite de la faune sauvage a été possible depuis le début des années 80, et utilise un système dirigé à partir de la France par Service Argos et les satellites météorologiques de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Ce système a été utilisé avec succès pour les ours polaires, les caribous, les boeufs musqués, les albatros migrateurs et une variété d'autres espèces (Fancy *et al.* 1988; Harris *et al.* 1990). Il a également été appliqué pour les éléphants en Namibie (Lindeque & Lindeque 1991), au Kenya (Thouless *et al.* 1992), au

Caméroun (Tchamba pers. comm.) et le Zaïre (Hillman-Smith pers. comm.) Cependant, pour plusieurs raisons que nous discuterons ci-dessous, le pistage des éléphants par satellite comporte quelques difficultés particulières, et les résultats n'allaient pas toujours de pair avec les attentes. Des progrès se font actuellement, aussi bien avec le Système Argos qu'avec d'autres techniques de pistage d'animaux par satellite, et il est possible que beaucoup de problèmes que l'on rencontre actuellement soient bientôt résolus.

12.2 LE SYSTÈME ARGOS

Le système Argos dépend des satellites TIROS dirigés par NOAA, qui tournent sur orbite autour de la terre à une altitude de 850 km, environ 14 fois par jour, passant près des pôles nord et sud. On présume qu'il y en a au moins deux en orbite simultanément (bien qu'en réalité il puisse y en avoir entre un et quatre en fonctionnement), et il est projeté de lancer de nouveaux satellites chaque année pour assurer un fonctionnement ininterrompu.

Des signaux radio codés sont émis par l'émetteur, ou poste terminal d'émetteur (PTE), de l'éléphant, à des intervalles typiques de 60-90 secondes. Quand le satellite sur orbite passe au-dessus d'un émetteur PTE, il peut détecter quelques uns de ces signaux. Si un nombre suffisant de signaux ont été reçus pendant le passage du satellite, celui-ci peut calculer l'emplacement du PTE. (En fait, il calculera deux positions possibles: une de chaque côté de la trajectoire du satellite. La position la plus probable sera déterminée d'après les emplacements précédents et la vitesse de l'émetteur.)

L'emplacement d'un PTE est estimé grâce à l'effet Doppler (la modification de la fréquence

apparente du signal en raison du mouvement relatif de d'émetteur et du récepteur) des signaux du PTE reçus par un satellite pendant qu'il passe au-dessus. Au fur et à mesure que le satellite se rapproche du PTE, la fréquence détectée sera légèrement plus forte que la fréquence transmise de 401.650MHz, et baissera quand le satellite s'éloigne. Des calculs de taux de modification de la fréquence et le point où la fréquence reçue devrait être la même que la fréquence transmise, permettra au satellite de calculer la distance et la direction du PTE de sa trajectoire au point le plus proche. Plus les signaux provenant du PTE seront clairs et cohérents, plus la précision de l'emplacement calculé sera grande. Le Service ARGOS classe les emplacements de Classe 0 (NQ0), ayant une précision associée réduite et pouvant être calculée d'après seulement deux signaux, à Classe 3 (NQ3), pour cette dernière ARGOS prétend que 68% des emplacements seront à 150m du vrai emplacement. Nous avons trouvé que les emplacements de la Classe 0 n'ont que peu de valeur, étant donné que les erreurs se situent souvent à plus de 20km (Thouless *et al.* 1992). Les données recueillies par le satellite sont transférées à différentes stations terrestres et ensuite aux centres de traitement ARGOS à Landover, Maryland, USA et à Toulouse, France. Les résultats sont distribués aux utilisateurs par modem téléphonique, télex, imprimé ou disquette. Les données peuvent également être recueillies directement du satellite en utilisant un terminal local (LUT) qui comprend une antenne, un récepteur dédié et un microprocesseur (Lindeque & Lindeque 1991).

12.3 FRÉQUENCE ET QUALITÉ DE L'EMPLACEMENT

Pour chaque passage du satellite, la chance de résoudre une position dépend du nombre de signaux reçus du PTE pendant que le satellite se trouve au-dessus. Et ceci dépend de la puissance des signaux émis, du taux de répétition des impulsions du PTE. et de l'altitude angulaire du satellite. Si la trajectoire du satellite est suffisamment éloignée du PTE pour passer en bas de l'horizon, alors le temps disponible pour recevoir des signaux du PTE sera réduit et il risque d'y avoir plus d'interférences avec des signaux venant de la végétation. mais s'il passe presque verticalement au dessus de l'emplacement, il sera plus difficile pour le satellite de calculer l'emplacement.

Les émetteurs sur les éléphants ont en général

produit des informations moins bonnes que ceux sur d'autres animaux par rapport au nombre d'emplacements déterminés, ainsi que leur qualité. Il semble y avoir trois raisons pour ceci:

- i) La majorité des études sur les éléphants ont été effectuées près de l'équateur. Du fait de l'orbite polaire des satellite TIROS il y a moins de passages par jour au dessus de l'équateur que dans les latitudes tempérées ou polaires. Etant donné que tous les passages de satellite ou orbites passent au dessus des deux pôles, mais que chaque orbite successif passe au dessus de différents points de l'équateur. une plus petite proportion d'orbites pourront être vus d'un certain point au sol quand on s'approche de l'équateur. Quand deux satellites reçoivent des données il peut y avoir 20 passages utiles à hautes altitudes, comparés à un nombre de passages aussi peu élevé que quatre au dessus de l'équateur. (Fancy *et al.* 1988).
- ii) La grande masse fluide du corps d'un éléphants proche de l'antenne aérienne du PTE réduit son efficacité et réduit la puissance d'émission de l'émetteur. Donc, le fait de mettre un collier à un éléphant peut produire moins que la moitié du nombre d'emplacements que seraient produits en prenant des mesures sur le sol (Thouless *et al.* 1992).
- iii) Bien que des antennes aériennes à fouet extérieures donnent de bon signaux de transmission, du fait de la force et de la dextérité des éléphants il sera nécessaire d'utiliser des antennes moins efficaces enfermées à l'intérieur du collier.

12.4 LE PROBLÈME DE LA PRÉCISION

L'analyse des données des déplacements des éléphants part du principe que l'information concernant l'emplacement est relativement précise. Les erreurs de localisation au cours de pistage conventionnel peuvent provenir de triangulation incorrecte, ou parce que les cartes de la zone d'étude ne sont pas satisfaisante. De graves erreurs peuvent provenir de signaux déviés, mais peuvent souvent être identifiées par les observateurs sur le terrain à cause de leur expérience avec les animaux et la connaissance

de la zone d'étude (voir 8ème chapitre). L'importance générale des erreurs présumées est souvent connue, et les erreurs d'observations ne varieront pas de beaucoup. Ceci n'est pas le cas pour le pistage par satellite, étant donné que le pisteur se trouve souvent loin de la zone d'étude.

La précision des emplacements résultant de pistages conventionnels peut en général être décrite d'une manière simple, par exemple que tous les emplacements sont précisés à 1km ou 200m près. Il est plus difficile de décrire la précision d'emplacements provenant de pistage par satellite; Service Argos dit, par exemple, que 68% des emplacements de la Classe 2 sont précisés à 350m près. Une plus grande proportion d'emplacements sera juste à 500m près. et il est probable que seulement une petite proportion sera erronée de plus de 1km. Cependant, il est possible qu'une très petite proportion d'emplacements sera beaucoup plus erronée, et du fait que le pisteur ne se trouve pas sur les lieux, il ou elle risque de ne pas identifier et éliminer ces erreurs occasionnelles, ce qui résultera en des informations biologiques fausses. Pour les espèces et les zones d'étude où il est possible d'obtenir plusieurs emplacements au cours de la journée. de fausses localisations peuvent être éliminées en les comparant avec d'autres, mais pour les éléphants ceci sera plus difficile. Il est peut-être possible d'éliminer quelques fausses localisations sur la base d'improbabilité physique; par exemple, Lindeque & Lindeque (1991) ont rejeté des emplacements dans l'Océan Atlantique, mais souvent on ne peut pas les détecter si facilement.

Les causes d'erreur connues sont les suivantes:

i) Altitude

ARGOS calcule l'emplacement d'un PTE en supposant que l'émetteur se trouve à une certaine altitude. La différence entre l'altitude réelle du PTE et l'élévation présumée provoquera une erreur. Ces erreurs surviennent principalement sur un axe est-ouest, étant donné que les satellites voyagent sur des orbites presque nord-sud. Si des signaux provenant des PTE sont plus haut que l'élévation présumée, ARGOS les interprète comme provenant d'emplacements qui sont plus proches qu'en réalité du satellite le long de la direction de sa trajectoire (Harris *et al.* 1990). French (1986) a démontré qu'en cas d'une élévation maximale du satellite de 26°, une erreur d'altitude de 500m résultera en une erreur longitudinale de 250m. D'après ARGOS l'erreur de longitude peut sous certaines conditions géométriques atteindre quatre fois l'erreur d'altitude.

ii) Vitesse de déplacement

Pour une vitesse de PTE de Xkm/h, l'erreur en mètres est de 100 à 200X. Donc, pour un éléphant qui se déplace à 10km/h, l'erreur en mètre sera de 100 à 2000m. L'effet de mouvements sur petite échelle, par exemple le mouvement de la tête pendant l'alimentation, est inconnu mais probablement petit.

iii) Instabilité de l'émetteur

Si la fréquence du signal par le PTE change pendant le passage du satellite, alors des emplacements inexacts pourront être obtenus, surtout sur l'axe longitudinal. On a pu établir que les PTE varient moins que trois parts par million au dessus de leur degré de températures, mais les changements rapides de température de l'électronique des PTE peuvent causer des variations de fréquence, ce qui peut occasionner des erreurs.

iv) Erreur de l'orbite du satellite

La trajectoire calculée du satellite pendant le passage peut être incorrecte, ce qui occasionnera des erreurs dans le calcul de l'emplacement du PTE. Cette source d'erreur peut être réduite si l'on utilise un signal de référence avec un terminal local (voir section 12.5.2).

On a que peu de connaissance sur l'importance de ses facteurs, et le seul moyen de connaître le niveau de précision est de localiser l'éléphant sur le sol pendant le passage du satellite, et d'enregistrer un grand nombre de positions simultanées vraies et calculées qui pourront être comparées entre elles. De faire des essais avec le collier avant de le mettre à l'éléphant risque de donner une image trop optimiste, étant donné que la performance du système émetteur sera relativement haute quand le collier ne sera pas sur l'éléphant.

12.5 EQUIPEMENT DE PISTAGE PAR SATELLITE POUR ÉLÉPHANTS

12.5.1 Ensemble du collier

La majorité des colliers satellite utilisés sur les éléphants ont été fabriqués par Telonics Inc. of Arizona, U.S.A. Ils consistent d'éléments électroniques et électriques, enfermés hermétiquement dans un boîtier métallique, attachés à des colliers en sangle, avec une matière amortissante extérieure en uréthane. Les colliers sont attachés à une plaque en laiton à l'aide de

quatre boulons qui passent par des trous dans les deux pans des colliers et sont serrés par quatre écrous et une autre plaque en laiton. Les antennes aériennes sont du type dipolaire, dont environ 20cm d'antenne dépassent de chaque côté de l'émetteur à 180°. L'antenne est cousue au collier et couverte d'environ 3mm de sangle des deux côtés. Pour assurer un rendement maximum, le PTE devra se situer sur le dessus du cou de l'éléphant et il faut donc un contrepoids. Si un autre Émetteur VHF est compris dans l'ensemble, ceci peut le rendre plus lourd que le PTE et peut ainsi servir de contrepoids. Le collier et les émetteurs seront de toute façon bien plus lourds que les colliers VHF standard. Un éléphant mâle portant un collier pour satellite au Kenya a eu des traces de frottement dues au collier, et il faut vérifier si ceci est un problème courant et s'il provient de ce que le collier est trop étroit ou que le poids du collier soit excessif.

Les avantages d'inclure un émetteur VHF sont qu'il est possible de l'utiliser pour retrouver l'éléphant sur le terrain, ce qui permettra d'enlever le collier après que l'émetteur satellite ait fini d'émettre, et peut servir à vérifier les emplacements indiqués par le PTE.

Il faut compenser la taille de l'ensemble PTE et la puissance d'émission en fonction du poids de la batterie. Si l'on recherche une longue durée, alors le microprocesseur du PTE peut être programmé pour mettre l'Émetteur en route et l'arrêter de façon régulière. ce qui donnera, par exemple, un 'cycle de service' de 22 heures en marche/26 heures en arrêt. Les cycles de service doivent être programmés à l'avance et ne peuvent pas être changés quand le collier est fixé sur l'éléphant. Avec un cycle de 24 heures marche/24 heures arrêt les émetteurs pour éléphants Telonics sont supposés durer plus d'un an.

D'autres genres de données peuvent également être recueillies par satellite, si des éléments enregistreurs appropriés sont incorporés dans l'émetteur. Sur d'autres espèces, des données ont été recueillies sur des facteurs tel que les niveaux d'activité et les températures.

12.5.2 Terminal d'utilisation locale

Un terminal d'utilisation locale (TUL) est un petit récepteur satellite qui permet de collecter des données du satellite pendant qu'il passe au-dessus. Bien que les TUL soient chers (coût au moins environ US \$ 30.000), ils peuvent réduire les frais courants, et sans TUL le délai que

prennent les données pour revenir sur le terrain risque d'être excessif. A part le fait qu'ils fournissent des informations immédiates sur l'emplacement des animaux porteurs de collier, le TUL donne aussi des informations plus détaillées sur les signaux reçus des PTE. et peuvent être utilisés pour améliorer la qualité des informations sur les emplacements. Avec un TUL approprié on peut aussi recevoir des données avec une résolution de 1km x 1km de la zone sur laquelle passe le satellite, ce qui peut servir à établir des cartes des températures de la surface des océans, des événements climatiques, incendies, inondations et végétations.

Les TUL peuvent également être utilisés pour améliorer la précision des localisations en conjonction avec une radio balise locale de référence (a émetteur placé à un endroit connu), ce qui permettra de faire des corrections en cas d'erreur de la trajectoire présumée du satellite.

12.5.3 Récepteur de liaison montante

Le signal produit par un PTE satellite ne peut être reçu par un récepteur VHF conventionnel, et pour pouvoir vérifier les PTE sur le terrain il faut donc acheter un récepteur spécial. Celui-ci pourra être un récepteur test, qui indique tout juste si le PTE Émet, et coûtera moins de US\$ 100; ou un récepteur de liaison montante, qui reçoit et analyse les données du PTE, et peut coûter plus de US\$ 5.000. Ce sera peut-être une dépense inutile, à moins que la calibration, par exemple de la température ou des données d'activités, soit requise.

12.5.4 Logiciel

Certains logiciels ou programmes d'ordinateur peuvent aider à interpréter les données de satellite. Le programme de prédiction satellite peut-être utile si des vérifications au sol doivent être faites, étant donné que l'information sur les temps de passage du satellite et la hauteur que le satellite atteindra au dessus de l'horizon, permettra de prédire quels passages sont les plus aptes à produire des emplacements de bonne qualité. Le logiciel LARST est en cours de préparation chez Bradfield University Research Ltd., et le Natural Resources Institute of UK, pour être utilisé avec un système TUL. Ce programme recueillera des informations détaillées sur les fréquences reçues d'un passage de satellite, et calculera les meilleures estimations de la position du PTE en calculant quel emplacement fournit le

moins d'inconsistance entre valeurs. Il traite et présente aussi l'information sur l'écologie du terrain pour mieux comprendre les mouvements des animaux. Telonics Inc. développe également un TUL avec un logiciel du nom de TIRIS.

12.6 VHF COMPARÉ AU PISTAGE PAR SATELLITE

Ni le pistage conventionnel, ni le pistage par satellite sont des méthodes idéales sous toutes les circonstances. Le choix de l'un ou de l'autre dépendra des conditions particulières de la zone d'étude et de plusieurs autres réflexions.

i) Coût

Le pistage par satellite revient cher, du point de vue équipement et du point de vue frais Argos, bien que les frais de personnel et d'avion peuvent être moins élevés que pour le pistage conventionnel. En 1994, les prix pour des PTE avec collier pour éléphants étaient d'environ US\$ 4.500 chaque (Telonics Inc.). Les frais pour les données d'emplacement Argos sont de 60FF/jour (environ US\$ 9-10) par PTE. Les charges sont calculées pour chaque jour de réception à partir d'un PTE; ce serait donc cher d'utiliser un cycle de service, où l'émetteur est en marche pendant une courte durée chaque jour. En utilisant un TUL, les frais journaliers seront réduits à 25FF, mais les frais d'investissement seront bien plus élevés. Anesthésier les éléphants et enlever les colliers est aussi une opération onéreuse, et la longévité réduite des colliers satellite, comparé aux colliers conventionnels, mérite réflexion.

Les colliers conventionnels sont beaucoup moins chers que les colliers satellite, mais que le pistage conventionnel revienne ou non moins cher que le pistage par satellite dépendra de la nécessité d'utiliser un avion, du temps nécessaire pour trouver les animaux et des frais qu'il faut payer pour l'utilisation de l'avion. En général, le pistage par satellite sera plus rentable pour une étude portant sur relativement peu d'animaux, étant donné que le coût du pistage par satellite (sans TUL) augmente en même temps que le nombre d'éléphants à collier, tandis que le temps de vol par animal localisé pour effectuer un pistage conventionnel, ce qui est en général la plus grande dépense, diminuera selon le nombre d'éléphants à collier.

ii) Restrictions logistiques

Il y a plusieurs circonstances sous lesquelles le pistage conventionnel n'est pas possible, en raison

du manque de disponibilité d'un avion, déplacements internationaux des éléphants, et ainsi de suite. Dans ces conditions, le pistage par satellite est le seul moyen possible, même si cette méthode ne correspond pas entièrement aux besoins en données.

iii) Besoins en données

L'opportunité du pistage par satellite dépend du genre d'information requise. En raison des problèmes de manque de précision, il est très recommandé d'élaborer des modèles de déplacements des populations d'éléphants là où les déplacements annuels sont relativement grands comparés aux déplacements journaliers. Il ne se prête pas bien pour étudier l'utilisation détaillée de l'espace. Par exemple, dans le cas d'une étude d'utilisation d'habitat, où les parcelles d'habitat mesurent moins que des dizaines de kilomètres d'un côté à l'autre, ou pour des déplacements nocturnes d'éléphants au-delà des limites des aires protégées à des terres cultivées adjacentes, on tirera probablement de fausses conclusions biologiques en utilisant le pistage par satellite, une technique qui conviendrait également pas pour le calcul des surfaces de domaines vitaux en utilisant la technique standard du polygone convexe minimum. Quand la taille de l'échantillon augmente, le nombre des faux emplacements périphériques augmentera aussi, et ainsi la taille du domaine vital semblera augmenter en même temps que la taille de l'échantillon. Il importe que d'autres techniques pour le calcul de la taille des domaines vitaux soient élaborées pour analyser les résultats du pistage par satellite, une fois que l'on comprendra mieux les erreurs.

Le pistage par satellite peut être utilisé pour recueillir d'autres informations que les emplacements, et a été très utile par exemple pour transmettre des données sur les longueurs de plongées des mammifères marins. Par contre, la collection de données à distance par satellite empêche d'obtenir des données détaillées concernant par exemple l'utilisation de l'habitat et la taille des groupes, qui réclament une observation directe.

12.7 DÉVELOPPEMENTS FUTURS

12.7.1 Nouveaux systèmes satellite

Les colliers satellite ont une longévité restreinte en raison des fortes consommations en énergie

pour transmettre à un satellite et la nécessité de transmettre même quand le satellite ne se trouve pas au-dessus. On peut fortement économiser l'énergie de la batterie si les satellites stimulent la mise en marche des colliers. La technologie existe, mais pour ces systèmes un récepteur doit être incorporé à l'ensemble PTE. Il en résulte une complexité, un coût et une perte de courant accrus, et la technique n'a pas encore été utilisée pour la recherche de la nature. On prévoit que deux nouveaux systèmes satellite, SAFIR et STARSYS, fonctionneront de cette manière.

12.7.2 Utilisation de la technologie GPS

Un autre système satellite que l'on peut utiliser pour déterminer des emplacement est le système GPS (Global Positioning System). Ce système utilise les différences de durée entre les signaux reçus de chacun de quatre ou plus de satellites, en vue simultanément, pour calculer une position d'un récepteur. Les localisations sont plus correctes que celles provenant de Argos, et sont disponibles 24 heures sur 24. Puisque la transmission provient de satellites, et non du sol, de plus petites antennes (mais plus sophistiquées) peuvent être utilisées sur le récepteur.

Un ensemble GPS attaché à l'éléphant peut enregistrer sa position, mais n'est pas capable de transmettre l'information recueillie à un observateur. Pour ce faire, il faudrait un ensemble émetteur rattaché au récepteur pour relayer l'information. Deux manières ont été proposées. L'une est de construire un appareil interactif qui transmet un flot de données quand il est actionné par une impulsion radio appropriée. Ceci implique que l'on soit en ligne de vision de l'émetteur à des intervalles appropriés - ce qui dépendra de la capacité du chip et de la fréquence des informations sur l'emplacement recueillies par le récepteur. Pour ce faire, il faudra inclure un émetteur VHF dans l'ensemble du collier pour la localisation au sol.

L'autre moyen consiste à envoyer le flot de données numériques via Argos. Cela semblera peut-être bizarre d'utiliser deux différents systèmes satellite de cette manière, mais Argos est en fait une très bonne manière pour transmettre des informations à distance: son défaut consiste à ne pas pouvoir produire des localisations correctes consistantes, et ici le GPS a fait ses preuves.

Des prototypes de plaques GPS pour animaux ont été construits en utilisant le système Argos par

Telonics Inc. (Degler & Tomkiewicz, 1993) et par Lotek, utilisant le système interrogatoire. On espère avoir des systèmes en fonctionnement dans le courant des deux prochaines années.

12.8 ADRESSES DE FOURNISSEURS

Telonics Inc.
932 Impala Ave., Mesa,
Arizona 85204-6699, U.S.A.
Tél: (602) 892-4444.
Fax: (602) 892-9130.
Fournisseur d'émetteurs,
téléométrie pour terrain.
TUL, appareil

CLS Service Argos,
18 Av. Edouard-Belin,
31055 Toulouse Cedex, France.
Tel: 61394700.
Fax: 61 75 10 14.

Dr. J.B. Williams,
Natural Resources Institute,
Chatham Marine,
Kent ME4 4TB, UK.
Tél: 0634880088.
Fax: 0634n 880066.

Logiciels LARST et terminal d'utilisation locale
BURL.

Lotek - Wireless Telemetry Systems.
115 Pony Drive, Newmarket,
Ontario L3Y 7B5.
Tél: 416 8366890.
Fax: 416 836 6455.

Remerciements

Nous remercions Malan Lindeque, Jim Williams, Stan Tomkiewicz et Bill Burger, qui ont fournis de précieux commentaires pour une version précédente de ce chapitre.

Bibliographie

- DEGLER, R. & TOMKIEWICZ, S. (1993) GPS update, *Telonics Quarterly* 6(2).
- FANCY, S.G., PANK, L.F., DOUGLAS, D.C., CURBY, CH., GARNER, G.W. AMSTRUP, S.C. & REGELIN, W.L. (1988) Satellite telemetry: a new tool for wildlife research and management. *U.S Fish and Wildlife Service Resource Publication* 72.
- FRENCH, J. (1986) Environmental housings for animal PTTs. *Argos Newsletter* 26, 7-9.
- HARRIS, R.B., FANCY, S.G., DOUGLAS, D.C., GARNER, G.W., AMSTRUP, S.C., McCABE, T.R. & PANK, L.F. (1990) Tracking wildlife by satellite: current systems and performance. *U.S Fish and Wildlife Technical Report* 30.
- LINDEQUE, M & LINDEQUE, P.M. (1991) Satellite tracking of elephants in northwestern Namibia. *African Journal Ecology* 29, 196-206.
- THOULESS, CR., HOARE, R. & MULAMA, M. (1992) Satellite tracking of elephants in Laikipia District, Kenya. *Pachyderm* 18, 28-33.

L'ÉTUDE DE LA PHYSIOLOGIE REPRODUCTIVE DES ÉLÉPHANTS

Hamisi Mutinda

Kenya Wildlife Service
P.O Box 40421
Nairobi, Kenya

13.1 INTRODUCTION

On appelle physiologie reproductive l'étude du fonctionnement normal des organes et systèmes reproductifs, aboutissant à l'accouplement accompli, fécondation, insémination, parturition et lactation. Bien que nous ayons une bonne connaissance des systèmes et fonctions reproductifs d'un grand nombre de mammifères, nous ne savons que peu sur la physiologie reproductive des éléphants, telle que les hormones qui contrôlent le cycle oestral. Bien que l'intérêt porté à ces fonctions ne semblerait avoir qu'une valeur académique, la connaissance pourrait avoir des conséquences importantes pour la gestion. Par exemple, si nous savions exactement quelles hormones contrôlent le cycle sexuel de la femelle, nous pourrions probablement empêcher des grossesses et ainsi manipuler la dynamique de la population des éléphants.

La quantité d'hormones dans le corps dépend de la condition reproductive de l'animal. Les hormones sont transportées dans le sang, mais leurs métabolites sont rejetés du corps par l'urine et les fèces et peuvent être analysés sur des épreuves d'urine et de fèces.

Ce chapitre décrit comment recueillir des échantillons d'hormones des éléphants et comment les analyser, permettant de mieux comprendre le cycle reproductif de l'éléphant. Ce chapitre demande quelque connaissance de la physiologie de l'éléphant. Si vous n'êtes pas au courant de certains termes, nous vous conseillons de vous servir d'un manuel biologique élémentaire.

13.2 HORMONES REPRODUCTIVES

Les hormones sont un élément chimique produit par certaines parties du corps et transporté par le sang vers un organe cible situé à une certaine distance.

Différentes hormones contrôlent différentes fonctions du corps, et ceux ayant une influence sur la fonction reproductive s'appellent tout simplement des hormones reproductives. IL existe deux groupes d'hormones fondamentaux:

i) Stéroïdes

Ceux-ci sont des produits de décomposition du cholestérol. Les stéroïdes ne sont pas entièrement solubles dans l'eau, et sont donc attachés à des molécules porteuses de protéine avant d'être transportés vers des tissus cible. Les hormones sont liées à des molécules de sucre et/ou sulfate avant éjection ce qui les rend solubles dans l'eau, et peuvent donc être éliminées facilement par l'urine. Les stéroïdes dans les fèces ne sont en général pas liés à des molécules de sucre en raison de l'activité microbienne dans l'intestin inférieur qui détruit le lien.

L'oestrogène et la progestérone sont les hormones stéroïdes principales agissant sur la reproduction des mammifères. Les hormones sont produites principalement par l'ovaire pendant le cycle oestral. Pendant la grossesse les hormones sont produites uniquement par l'ovaire chez certaines espèces, et par l'ovaire et le placenta chez d'autres.

Chez les éléphants on a trouvé que les niveaux de progestérone dans le plasma étaient bas pendant la phase folliculaire et élevés pendant la phase lutéine du cycle oestral et démontrent donc une longueur du cycle oestral entre 14 et 16 semaines (McNeilly *et al.* 1983; Brannian *et al.* 1988; Plotka *et al.* 1988; de Villiers *et al.* 1989). Pendant la grossesse, les niveaux de ce stéroïde s'élevaient à une valeur maximale au milieu de la grossesse (9-12 mois), avant de baisser à la fin de la période de gestation (de Villiers *et al.* 1989). Des modèles de niveaux d'oestrogène dans le plasma n'ont jusqu'à présent pu démontrer le cycle oestral (Brannian *et al.* 1988; Plotka *et al.* 1988), mais les

niveaux augmentent pendant le début de la grossesse (Hodges *et al.* 1983).

ii) Protéines

Ce sont des chaînes composées d'acides aminés (chaînes de peptides), qui sont liées et forment une large molécule. Parmi les hormones de protéines reproductives sont la prolactine, l'hormone folliculostimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH).

Les concentrations FSH et LH du plasma ne démontrent pas un cycle oestral. Par contre, les niveaux de LH sont au plus haut avant le début de l'oestrus comportemental (McNeilly *et al.* 1983; de Villiers *et al.* 1989). On a trouvé que les niveaux du plasma prolactine s'élèvent à des valeurs élevées vers le cinquième mois de la grossesse (McNeilly *et al.* 1983).

13.3 ÉCHANTILLONNAGE D'HORMONES

13.3.1 Généralités

Il faut tenir compte de quatre facteurs quand on envisage d'étudier les hormones chez l'éléphant sauvage. Il faut décider (i) quelles hormones on veut étudier, (ii) quel genre d'échantillon on veut avoir, (iii) de la possibilité de recueillir les échantillons désirés et (iv) si oui ou non l'hormone requise peut être mesurée à partir des échantillons requis.

13.3.2 Approcher les éléphants pour prélever des échantillons

a) Prélèvements de sang

Le sang est le meilleur milieu pour analyser tous genres d'hormones. C'est peut-être pourquoi on s'en est autant servi pour les études de la reproduction des éléphants mentionnées plus haut. Des prélèvements de sang peuvent être faits sur un éléphant immobilisé (voir 7ème chapitre), ou après un abattage d'éléphant (voir 18ème chapitre). Notez que le stress du saignement ou des événements précédant le prélèvement, par exemple, la poursuite, la capture, l'immobilisation etc. peuvent avoir une influence sur les niveaux d'hormone dans le sang.

Pour des raisons de logistique il n'est pas possible de faire des prélèvements de sang quand des prélèvements répétés du même animal sont nécessaires.

b) Prélèvements d'urine

A l'encontre des prélèvements de sang, les prélèvements d'urine peuvent se faire avec un dérangement minimal de l'animal. Il faut veiller à ne pas déranger inutilement l'éléphant, et en même temps à assurer sa propre protection. Il faudra attendre qu'un éléphant ait fini d'uriner avant de vous approcher de l'animal. Autrement, l'éléphant se méfiera et risquera de se déplacer en urinant, dispersant l'urine sur une grande surface ce qui rendrait difficile de la recueillir. Si vous êtes en voiture, approchez-vous de l'animal lentement et avec précaution. Arrêtez le moteur dès que vous êtes assez proche des éléphants pour recueillir votre échantillon. Il est bon de placer la voiture entre la flaque d'urine et l'éléphant pour pouvoir accéder à votre échantillon facilement. Des niveaux d'hormone dans l'urine ont été utilisés dans l'étude de la physiologie reproductive d'éléphants mâles libres (Poole *et al.* 1984).

c) Prélèvements de fèces

Des prélèvements de fèces peuvent être faits quand les animaux sont à une bonne distance, il n'est donc pas nécessaire d'interférer.

13.3.3 Comment faire les prélèvements

a) Prélèvements de sang

Le sang est prélevé des veines de l'oreille sur un éléphant immobilisé à l'aide d'une seringue de 10ml surmontée d'une aiguille de calibre 19-21. Le sang est ensuite transféré dans une ampoule en verre et gardé dans une glacière pendant quelque temps pour permettre la coagulation. Le sérum est ensuite prélevé par décantage. Une centrifuge opérée manuellement ou à l'aide de la batterie de la voiture aidera à mieux nettoyer l'échantillon avant le décantage. Le sérum décanté passera dans la centrifuge pendant 30 minutes et le sérum clair sera transféré dans une fiole propre et étiquetée avant de le congeler à -20°C.

b) Prélèvements d'urine

Un échantillon d'urine peut être recueilli du sol tout de suite après urination à l'aide d'une seringue en plastique (sans aiguille). Ceci est spécialement facile quand le sol est non-poreux. L'échantillon est transféré dans une fiole et gardé dans une glacière contenant de la glace pendant une heure, afin que la terre et autres débris organiques puissent se déposer. L'urine peut ensuite être décantée, et par la centrifugation l'échantillon sera encore mieux nettoyé. La centrifuge n'a pas besoin d'être puissante, un appareil avec une vitesse maximale de 2000

révolutions par minute sera suffisante. Des centrifuges plus puissantes sont en général disponibles dans les laboratoires, et des échantillons qui ne sont pas suffisamment propres pourront être centrifugés à des vitesses plus élevées avant l'analyse. L'échantillon devra être étiqueté avant de le mettre dans le congélateur à -20°C .

c) Prélèvements de fèces

Un prélèvement de fèces peut être fait longtemps après défécation, ces échantillons sont donc les plus faciles à recueillir sur le terrain. La partie périphérique des excréments est en général plus riche en liquide et matières végétales digérées que la partie centrale et devrait donc être utilisée pour l'échantillon. Un prélèvement de fèces se fait en transférant environ 200g à 300g de masse fécale dans une fiole. Cette fiole sera étiquetée et gardée dans une glacière avec de la glace, puis congelée 2 à 6 heures après collection.

13.3.4 Etiquetage, emmagasinage et transport

Un bon étiquetage est de prime importance dans une collection d'échantillons. Il faut utiliser des stylos indélébiles pour l'étiquetage. Parmi les informations les plus importantes à indiquer sont le genre d'échantillon (quand plusieurs genres d'échantillons sont recueillis simultanément), la date de la collection, et le nom et/ou l'état reproductif de l'éléphant. Des codes aideront beaucoup à réduire le travail d'écriture, et l'étiquetage sera plus net.

Les échantillons devront être congelés pendant toute la période d'emmagasinage, et pendant le transport jusqu'au laboratoire afin que l'activité des enzymes produits par les micro-organismes dans l'atmosphère ou ceux dans l'échantillon soit maintenu à des degrés très bas. Ainsi les hormones ne seront pas digérées avant l'analyse. Les échantillons peuvent être transportés au laboratoire dans de la neige carbonique ou du nitrogène liquide.

13.4 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Plusieurs techniques d'analyse d'hormones provenant du sang, de l'urine ou des fèces ont été développées, mais on préfère les méthodes d'examen immunotaires, tel que l'examen

immunotaire par radioactivité (EIR) et les examens immunotaire par enzyme (EIE). Les essais immunologiques se basent sur les réactions anticorps-antigènes. Les anticorps sont des protéines produites par des cellules spécifiques dans le corps, quand un corps ou une substance (antigène) étranger est introduit. Les anticorps sont spécifiques aux substances ou antigènes contre lesquels ils sont produits.

Dans la technique EIR ou EIE des volumes fixes d'hormone marquée et non marquée (standard et échantillon) sont ajoutés à un volume fixe d'une solution contenant des molécules excédentaires de leur anticorps respectif. Les molécules d'hormone marquée et non marquée rivaliseront pour la place restreinte sur les molécules des anticorps. Donc, en cas d'anticorps excédentaire, la concentration de l'hormone non marquée de l'échantillon ou du standard est en relation inverse avec la quantité d'hormone marquée fixée. La mesure de l'hormone marquée fixée est utilisée pour calculer la quantité d'hormone dans l'échantillon et le standard.

Le marqueur utilisé est l'hydrogène radioactif, tritium, pour le EIR et une molécule d'enzyme pour le EIE. L'hydrogène radioactif utilisé fait partie des atomes d'hydrogène multiples trouvés sur la molécule d'hormone; la mesure est donc prise par compte direct de la quantité de radiation émise par l'hormone marquée par minute. Ceci est fait en utilisant des compteurs spécialisés en fonction du genre de radiation émise. La radiation bêta (β) est la plus faible et relativement sans danger, mais il y a des restrictions pour l'usage des moyens radioactifs dans beaucoup de laboratoires.

Les EIE sont utilisés dans la majorité des laboratoires. La méthode fonctionne sur un principe similaire au EIR. Dans le cas de l'EIE, la quantité d'hormones marquées fixées est déterminée par le degré de changement de couleur qui survient après avoir ajouté des quantités excédentaires de substrate d'enzyme. Les changements de couleurs sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre. Tous les réactifs utilisés, anticorps, hormone marquée et substrate d'enzyme, sont disponible sur le marché. Les procédures utilisées pour l'analyse des échantillons par EIE ou EIR, y compris les préparations des solutions et des tubes ou plaques, se pratiquent dans les laboratoires ou les analyses peuvent être faites.

13.5 APPLICATIONS DE L'ANALYSE D'HORMONES RÉPRODUCTIVES

Nous ne sommes qu'au début de la connaissance de la physiologie reproductive des éléphants, mais ces études pourraient jouer un rôle important à l'avenir. Quand nous aurons une connaissance approfondie du cycle hormonal chez l'éléphant, il devrait en théorie être possible de développer des remèdes qui pourraient servir de contraception chez l'éléphant.

Dans les régions où les éléphants entrent en conflit avec les humains, ou causent des changements d'habitat indésirables, les gestionnaires voudront éventuellement contrôler le nombre d'éléphants. Anos jours, l'abattage était le seul moyen pour réduire le nombre d'éléphants, bien que plus récemment des programmes de translocation ont été effectués pour transférer des éléphants d'une région à une autre. Il est probable que dans le cas de petites populations où toutes les femelles adultes sont connues et peuvent être identifiées, la contraception pourrait être une alternative extrêmement avantageuse à l'abattage, pour limiter la croissance des populations (Whyte 1994).

Théoriquement, la faculté de définir exactement la période d'ovulation permettra également

d'effectuer un programme d'insémination artificielle pour les éléphants libres. Bien que l'on ne l'applique pas actuellement, l'insémination artificielle peut devenir un élément important dans des situations où une population d'éléphants diminue et/ou quand les mâles sont rares (par exemple pendant les périodes de braconnage extensif).

Bibliographie

- BRANNIAN, J.D., GRIFFITH, F., POPKOFF, H. & TERRANCO VA, P.F. (1988) Short and long phases of progesterone secretion during the oestrous cycle of the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Reproduction and Fertility* 84, 357-365.
- DE VILLIERS, D.J., SKINNER, J.D. & HALL-MARTIN, A.J. (1989) Circulating progesterone concentration and ovarian functional anatomy in the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Reproduction and Fertility* 86, 195-201.
- HODGES, J.K., CILLA, H. & McNEILLY, A.S. (1983) Circulating oestrogen concentration during pregnancy in the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Reproduction and Fertility* 67, 121-127.
- McNEILLY, A.S., MARTIN, R.D., HODGES, J.K. & SMUTTS, G.L. (1983) Blood concentrations of gonadotrophins, prolactin and gonadal steroids in males and non-pregnant and pregnant female African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of Reproduction and Fertility* 67, 113-120.
- PLOTKA, E.D., SEAL, U.S., ZEREMBKA, FR., SIMMON, L.G., TEARE, A., PHILLIPS, L.G., HINSHOW, K.C. & WOOD, D.G. (1988) Ovarian function in the elephant: Luteinizing hormone and progesterone cycles in African and Asian elephants. *Biology of Reproduction* 38, 309-314.
- POOLE, J.H., KASMAN, L.H., RAMSAY, E.C. & LASLEY, B.L. (1984) Musth and urinary testosterone concentrations in the African elephant (*Loxodonta africana*). *Journal of Reproduction and Fertility* 70, 255-260.
- WHITE, I. (1984) Small populations can benefit from birth control. *Custos*. August 1984

14ÈME CHAPITRE

QUE POUVONS NOUS APPRENDRE DES DÉFENSES

Njoroge Ngure

African Wildlife Foundation
P.O Box 48177
Nairobi, Kenya

14.1 INTRODUCTION

L'ivoire ou les défenses des éléphants peuvent nous fournir des informations utiles sur les éléphants. Mais c'est quoi l'ivoire? Et de quoi est constitué une défense?

La défense d'un éléphant est l'incisive supérieure prolongée, exposée à l'extérieur chez l'éléphant plus âgé, qui s'étend de la base de la cavité pulpaire dans la mâchoire supérieure jusqu'à la pointe étroite à l'extérieur.

Pour toutes les espèces ayant des défenses, comprenant les hippopotames, les éléphants, les morses etc., les défenses sont des dents spécialement adaptées, et la structure chimique des dents et des défenses est similaire. Le mot ivoire ne s'appliquait traditionnellement qu'aux défenses des éléphants. Cependant, Espinoza et Mann (1991) ont développé un guide d'identification pour les défenses des différentes espèces de mammifères, et disent que le mot ivoire peut être utilisé correctement pour décrire toute dent et défense de mammifère ayant un intérêt commercial.

14.2 QUE PEUVENT NOUS DIRE LES DÉFENSES?

Les défenses peuvent nous dire différentes choses dans des circonstances différentes. Les défenses nous permettent de déterminer l'âge et le sexe de l'éléphant, et d'identifier des individus et des populations (Laws 1966; Moss 1988). Elles peuvent servir à indiquer des tendances des populations, et l'absence de défenses sur une carcasse est une indication que la cause de la mortalité était le braconnage pour l'ivoire (Pilgrim & Western 1986a; Douglas-Hamilton 1975). Le matériel paléontologique des défenses fournit des indications sur le procès évolutif (Wyckoff

1972), et donne des informations sur le régime alimentaire et la distribution des éléphants aux temps paléontologiques (Van der Merwe & Vogel 1978; Gathua 1992). Les défenses fournissent aussi une information sur les taux de croissance des défenses (Laws 1966; Laws *et al.* 1975).

Il ne nous est pas possible de décrire dans ce chapitre toutes les manières dont les défenses peuvent nous fournir des informations. Ce chapitre ne parlera donc que des aspects de valeur pratique pour le personnel des aires protégées et des chercheurs; notamment, comment les défenses peuvent servir à déterminer l'âge et le sexe des éléphants, à identifier les individus et les populations, et à déterminer les tendances des populations.

Nous discuterons également dans ce chapitre l'utilisation du matériel des défenses pour obtenir des informations sur l'écologie des éléphants, et l'utilisation de l'ivoire pour déterminer la provenance des défenses. Ces deux actions nécessitent des laboratoires spécialisés, hautement techniques, un personnel compétent et de grandes sommes d'argent. Elles peuvent donc dépasser les moyens d'un grand nombre d'autorités d'aires protégées, mais nous en parlons parce qu'elles ont une importance potentielle énorme pour la gestion des éléphants.

Si l'on était capable de déterminer la provenance de l'ivoire, on pourrait théoriquement limiter le commerce d'ivoire aux seuls pays qui sont fortement engagés dans la gestion des éléphants.

Avant de parler en détail de la façon dont nous pouvons tirer ces informations de l'ivoire, il est utile de parler des restrictions de ces méthodes. D'abord, ainsi que nous le verrons, une grande partie du travail de recherche n'a pas encore été fait. Ensuite, l'ivoire ne révélera toutes ses

informations que dans le contexte d'un ensemble de données détaillées, indiquant d'où il vient, comment il a été trouvé etc., détails qui ne sont en général pas disponibles.

14.3 DÉTERMINATION DE L'ÂGE ET DU SEXE, ET IDENTIFICATION DES INDIVIDUS ET DES POPULATIONS

14.3.1 Détermination de l'âge des éléphants

Les défenses poussent pendant toute la vie d'un éléphant (Laws 1966). Bien qu'il n'y ait pas de rapport quantitatif exact entre la taille des défenses et l'âge de l'éléphant, on peut utiliser les défenses pour déterminer l'âge des éléphants. En général on peut dire, plus les défenses sont grandes plus l'éléphant est âgé. En les utilisant avec d'autres paramètres, tel que l'apparence faciale et la taille, les mesures des défenses peuvent améliorer de beaucoup les estimations de l'âge (7ème chapitre, Moss 1988).

Etant donné que les défenses se cassent et s'usent quand les éléphants s'en servent, leur circonférence au niveau de la lèvre est un meilleur indice de l'âge que leur longueur (Pilgram & Western 1983; Pilgram & Western 1986a).

Curieusement, le poids d'une défense est un aussi bon indice pour estimer l'âge que la circonférence à la lèvre, ce qui veut dire que les défenses s'usent et se cassent de manière uniforme (Pilgram & Western 1986a). Plus l'éléphant est âgé, plus il y a de probabilité que les défenses se soient modifiées. Ceci veut dire que l'on peut supposer que les mesures des défenses sont un meilleur indice pour déterminer l'âge chez les jeunes éléphants. Ceci est en effet le cas, étant donné que les estimations d'âge d'après les défenses deviennent moins fiables au delà de l'âge de 30 ans (Pilgram & Western 1986a).

Il est difficile de mesurer le poids des défenses chez les éléphants vivants, donc la taille des défenses restera toujours le paramètre idéal pour déterminer l'âge des éléphants vivants. Déterminer l'âge des éléphants d'après la taille des défenses commence à l'âge de la percée de la défense, qui se situe entre deux et trois ans. Il y a quelques variations au sein des populations (Laws 1966; Moss 1988), mais il y a peu d'informations indiquant s'il y a des différences entre populations (Moss 1991).

La mesure directe de la taille des défenses n'est pratique qu'en cas d'éléphants morts, immobilisés ou relativement apprivoisés. La longueur apparente et la circonférence à la lèvre (voir Fig. 14.1) de la défense sont le plus couramment

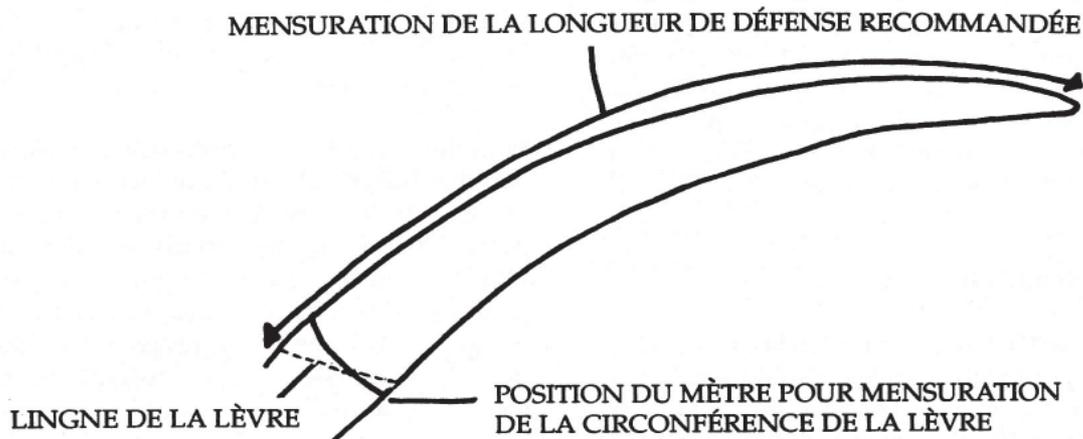


Fig. 14.1: Prendre les mesures d'une défense d'éléphant

mesurées (Pilgram & Western 1986a). Pour le cas des éléphants vivants, libres, la taille des défenses doit être mesurée à distance.

Si l'on dispose d'informations de base mettant l'âge en rapport avec la taille des défenses dans une population, la taille peut être mise en corrélation avec l'âge. Si l'on ne dispose pas de ces données, seulement la taille pourra donner une indication des âges relatifs des éléphants dans une population. Une manière idéale de procéder serait de comparer la taille des défenses d'individus d'âge connu avec la taille des défenses d'individus dont l'âge est inconnu, et de déterminer ainsi l'âge des derniers. N'importe sous quelle condition, il faudra tenter d'utiliser au mieux les informations de base disponibles, l'expérience et les mesures.

14.3.2 Détermination du sexe des éléphants

La taille et la forme des défenses permettent de distinguer entre les sexes. Les mâles ont en général des défenses plus grandes que les femelles du même âge. Les défenses des mâles percent plus tôt et poussent plus vite quand le mâle vieillit, tandis que le taux de croissance des défenses chez la femelle reste stable (Laws 1966; Moss 1988). Les défenses des mâles sont souvent plus grosses et plus fuselées ou coniques, tandis que les défenses des femelles ont une circonférence plus uniforme ou une forme plus cylindrique (Pilgram & Western 1986a).

Quelques éléphants d'Afrique n'ont pas de défenses. La fréquence de ce fait est basse (Parker & Martin 1982), et la plupart des éléphants sans défenses sont des femelles (McKnight 1994). Tous les éléphants sans défenses à Amboseli sont des femelles (Moss 1988). Il est donc normal de supposer qu'il s'agit d'une femelle quand on rencontre un éléphant sans défenses, mais il faudrait tout de même confirmer le sexe.

14.3.3 L'identification des individus

La taille des défenses, leur forme, la couleur et la structure sont déterminées génétiquement et varient donc d'un individu à l'autre. La taille et la forme des défenses varient également en raison de la croissance et de l'utilisation (Pilgram & Western 1986a). Les défenses peuvent donc être utilisées pour identifier les individus, ce qui est important dans les études de comportement (voir 7^{ème}, 10^{ème} et 11^{ème} chapitres). Dans des études

de comportement et des populations précédentes on a utilisé les défenses en combinaison avec d'autres caractéristiques pour identifier les individus (Douglas-Hamilton 1972; Moss 1988). Le manque de défenses, ou la présence d'une défense unique peuvent également servir à reconnaître des éléphants individuels.

14.3.4 L'identification des populations

On sait que les défenses des éléphants varient entre populations et peuvent donc être utilisées pour distinguer entre populations. Par exemple, quelques populations ont des défenses avec de plus grandes différences en taille pour un groupe d'âge particulier que d'autres (Laws 1966). D'autres ont des formes de défenses uniques, par exemple les éléphants du Kilimanjaro se distinguent des éléphants d'Amboseli par leur défenses plus petites, plus minces (Moss 1988). On a avancé la théorie de séparer les sous-populations régionales d'éléphants d'Afrique en raison des proportions, de la couleur, de la dureté et la structure de leurs défenses (Pilgram & Western 1986a).

14.3.5 Besoins en données

Les mesures les plus fiables pour déterminer l'âge et le sexe des éléphants sont la circonférence au niveau de la lèvre et la longueur apparente (voir Fig. 14.1 pour la façon de prendre des mesures). Quand on recherche une estimation de la taille d'éléphants libres, vivants, un appareil photo dont on peut calibrer les photos selon les mesures véritables peut être utile (Douglas-Hamilton 1972). Cette technique s'appelle la photogrammétrie.

Pour mesurer la circonférence des défenses détachées de l'éléphant, il faut identifier nettement la ligne de la lèvre. Cet endroit se repère en général d'après le tissu attaché à la défense. En plus, on peut également se guider d'après les petites perforations se trouvant de la base de la défense à la ligne de la lèvre. Le poids des défenses détachées de l'éléphant peut être mesuré à l'aide d'une balance.

Les données sur la forme et la couleur des défenses peuvent être recueillies par la photographie, des descriptions verbales détaillées ou des dessins. Pour la couleur on peut se référer à une carte de couleur standard.

14.4 DÉTERMINATION DE LA CAUSE DE LA MORT ET DES TENDANCES DES POPULATIONS

14.4.1 Raisonnement

En examinant une carcasse d'éléphant, la présence ou l'absence de défenses peut être une indication de la cause de sa mort. L'absence de défenses chez un éléphant mort qui de façon certaine a été porteur de défenses, est en général une indication qu'il a été victime de chasseurs d'ivoire, surtout quand il semble que les défenses ont été coupées à la hache précipitamment. Cependant, l'absence de défenses n'est pas toujours une indication de la chasse à l'ivoire, car des personnes, et même des éléphants, peuvent arracher les défenses d'un éléphant mort d'une autre cause (Douglas-Hamilton & Douglas-Hamilton 1975, Moss 1988).

La présence de défenses sur une carcasse prôte encore plus à confusion. L'éléphant a pu être tué pour l'ivoire et la carcasse laissée pour pourrir afin de mieux pouvoir enlever les défenses (Moss 1975). L'éléphant a également pu être tué pendant des rituels de tribus (Moss 1988), ou par des agriculteurs désenchantés par l'envahissement des terres de culture. Enfin, l'éléphant a pu mourir de causes naturelles.

Les défenses peuvent également fournir des renseignements sur la condition d'une population. Si l'on trouve des défenses de plus en plus petites dans une population, ceci peut indiquer qu'il y a moins d'éléphants plus âgés ou plus grands. Etant donné que les mâles plus âgés sont les plus importants pour la reproduction (voir le chapitre). et que les femelles plus âgées sont importantes pour assurer la survie des éléphanteaux en temps difficiles, telle que sécheresse (Moss 1988). une telle population pourrait être considérée comme instable, et éventuellement en diminution.

Quand on trouve une population avec une grande proportion ou une proportion croissante d'animaux sans défenses, il est probable que les animaux porteur de défenses font l'objet d'une suppression sélective de la population (Pilgram & Western 1986b).

étant donné qu'une défense détachée de sa source indique un éléphant mort, les défenses elles-mêmes peuvent également nous fournir des informations sur ses populations et individus de source. Les stocks d'ivoire d'une aire protégée

peuvent ainsi fournir une multitude de renseignements sur la condition de la population. Le taux de récupération de défenses, à l'exception des catégories de très jeune âge (Corfield 1973), peuvent être un indice du taux de mortalité. Si l'on remarque que des défenses de plus en plus petites arrivent à un magasin local d'ivoire, un magasin gouvernemental central ou un entrepôt, c'est un indice que la population de source est probablement en train de décliner et que la structure d'âge de la population change. Etant donné que les chasseurs d'ivoire prennent de préférence de grands éléphants et que les défenses des femelles sont en général plus petites, on peut conclure de la proportion de défenses de femelles sur le marché que les grands éléphants porteur de défenses ont déjà été éliminés, et ceci peut servir d'indice de la condition des populations qui fournissent l'ivoire sur le marché.

14.4.2 Besoins en données

Pour obtenir un maximum de données sur la mortalité des éléphants et les tendances des populations, il sera nécessaire d'instaurer un système de rapport et d'analyse pour les données concernant l'ivoire et les carcasses d'éléphants. Ces rapports peuvent être fait de quelques pages dans un calepin qui peut également servir à d'autres informations. Les pages réservées pour l'information sur l'ivoire devront être en forme de feuilles de données rassemblant un maximum d'informations sur les défenses et leur source. La région où les défenses ont été trouvées, la cause de la mortalité, le sexe de l'éléphant etc. sont tous des sujets à noter. Sera à noter également l'effort en temps et en journées des patrouilles pour récupérer les défenses (voir 16ème chapitre).

Si les défenses sont récupérées pour le magasin d'ivoire local, elles devront être marquées correctement pour être sûre qu'aucune information soit perdue. Il faudra tenir un registre principal contenant toutes les informations obtenues sur le terrain, mais également des informations comme les tailles et poids des défenses. Des références de ces informations aux défenses collectées devraient être disponibles à tout moment.

Si les défenses doivent être transportées, par exemple à un magasin central, il faudra élaborer un système d'enregistrement permettant de retenir un maximum d'information sur la région de provenance. Si l'on prend des échantillons pour des analyses biochimiques (voir ci-dessous), Il faut également retenir des informations sur la région de provenance.

Un bon système permettra d'avoir un maximum d'informations sur les défenses, de faciliter le traitement de données et l'interprétation des résultats.

14.5 ETUDIER L'ÉCOLOGIE DES ÉLÉPHANTS ET DÉTERMINER LA PROVENANCE DE L'IVOIRE

14.5.1 Ecologie des éléphants

14.5.1.1 Informations générales

Les défenses des éléphants peuvent fournir des informations sur le régime alimentaire des éléphants (Van der Merwe *et al.* 1990; Vogel *et al.* 1990). Ils peuvent également nous renseigner sur les déplacements des éléphants et l'utilisation des habitats. Le fait que les défenses puissent nous fournir des informations sur l'écologie des éléphants repose sur la manière dont elles poussent. La dentine, le composant principal de l'ivoire, est formée de cellules appelées cellules odontoblastiques qui garnissent la cavité pulpaire au centre de la défense. Ces cellules forment des couches d'une épaisseur consistante. Le point de la défense le plus éloigné de la cavité pulpaire contient donc la dentine formée le plus tôt. Le fait que l'ivoire puisse nous fournir des informations sur l'écologie des éléphants est dû à notre connaissance des différents éléments incorporés dans les tissus des plantes et donc les tissus des animaux.

14.5.1.2 Isotopes de carbone

Les isotopes sont des formes d'un élément chimique différent en masse atomique, et la plupart des éléments existent en tant que deux ou plus isotopes. Pendant la photosynthèse, les plantes convertissent du gaz carbonique atmosphérique et de l'eau en tissus. Il y a deux manières biosynthétiques par laquelle les plantes le font, et selon la manière utilisée, elles s'appellent plantes C-trois (C₃) ou C-quatre (C₄). Pour simplifier, les plantes C₄ incorporent ¹³C, un isotope de carbone instable, à un taux plus rapide que les plantes C₃, et contiennent donc plus de ¹³C que ¹²C (l'isotope de carbone stable). En Afrique, les plantes C₃ englobent principalement les arbres et les buissons, tandis que les plantes C₄ englobent principalement les herbes en habitats chauds ou secs.

Les éléphants mangent en général des plantes en proportions relatives de leur occurrence dans leur milieu, et les isotopes de carbone qui sont incorporés dans leurs tissus témoignent des

différences écologiques mentionnées ci-dessus (Van der Merwe *et al.* 1990). Par exemple, les éléphants se nourrissant principalement d'herbes, auront de plus hautes valeurs en ¹³C.

Puisque les défenses poussent grâce à des couches de dentine qui s'ajoutent au niveau de la cavité pulpaire, les proportions d'isotopes de carbone incorporés dans les couches à un moment donné dépendent des proportions trouvées dans la nourriture à ce moment. On peut donc dire comment le régime alimentaire d'un éléphant s'est modifié pendant sa vie en fonction des différences isotopiques le long de ses défenses.

14.5.1.3 Autres éléments

Autres éléments peuvent être utilisés comme indice du régime alimentaire des éléphants. Par exemple, il y a une corrélation négative entre la quantité de précipitation et les valeurs de nitrogène isotopique chez les plantes (Van der Merwe *et al.* 1990; Vogel *et al.* 1990). Les plantes dans des régions arides sont particulièrement riches en nitrogène stable (¹⁵N) comparé, celles en région humide. Les tissus des animaux reflètent la différence qui permet de distinguer les éléphants des habitats humides de ceux des habitats secs.

Les éléments provenant de la terre, incorporés dans les plantes et ensuite dans les tissus des éléphants, fournissent également des informations sur les plantes servant de nourriture aux éléphants. Les strontium quatre-vingt sept (%r) et plomb deux cents six (²⁰⁶Pb) proviennent du déchet radioactif de rubidium quatre-vingt sept (⁸⁷Rb) et uranium deux cents trente huit (²³⁸U) respectivement. En Afrique, la terre provenant de vieilles croûtes granitiques qui était riche en rubidium et uranium avaient des proportions de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr et ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb plus fortes que celle contenant des sédiments soit jeunes et volcaniques ou marines. Tout comme pour le nitrogène et le carbone, les défenses ont la même composition isotopique de plomb (Pb) et strontium (Sr) que les plantes servant de nourriture aux éléphants, et celles-ci témoignent directement de la composition isotopique de la terre sous-jacente et le soubassement. Ceci à son tour permet de distinguer les éléphants de ces régions en utilisant la matière des défenses.

14.5.2 Détermination de la provenance de l'ivoire

14.5.2.1 Informations générales

Déterminer la provenance de l'ivoire est lié aux

différents aspects de l'écologie des éléphants mentionnés plus haut. Tous les éléments mentionnés peuvent nous aider à détecter l'origine de l'ivoire trouvé sur le marché. Détecter l'origine de l'ivoire peut également être facilité par le fait que l'ADN (matériel génétique) des autres tissus du même éléphant peut également fournir certaines indications sur son origine.

Il apparaît de l'exposé ci-dessus concernant le carbone que les différences en proportion d'isotopes de carbone le long d'une défense reflètent des changements de la fréquence relative des plantes C_3 et C_4 dans une région pour des éléphants qui n'ont pas migré. Les mêmes différences reflètent des déplacements d'éléphants entre différents habitats, où les fréquences relatives des plantes C_3 et C_4 n'ont pas changé. Ainsi, les différences en valeurs ^{15}N le long des défenses des éléphants reflètent soit des changements temporels des précipitations dans une région, ou des déplacements d'éléphants entre régions ayant de différents degrés de précipitation (Sukumar & Ramesh 1992; DeNiro & Epstein 1978). Puisque le plomb et le strontium dans une formation géologique ne varient pratiquement pas dans le temps, leur variation le long d'une défense d'éléphant ne peut que refléter des déplacements d'éléphants sur une grande échelle.

Le plus grand effort pour tenter de déterminer la provenance de l'ivoire en utilisant des isotopes a pu être fait suivant l'embargo sur le commerce international de l'ivoire par la septième Conférence des Parties à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) en 1989. L'utilisation de tous les isotopes, conjointement, peut par contre beaucoup améliorer le processus de discrimination et permettre de déterminer la provenance de l'ivoire (Van der Merwe *et al.* 1990). Bien que les premières tentatives d'appliquer la composition isotopique de l'ivoire pour la réglementation du commerce de l'ivoire a donné des résultats prometteurs, le manque d'une base de données continentale empêche d'y parvenir totalement (Van der Merwe 1993; Koch & Behrensmeyer 1992). En plus, c'est extrêmement cher et n'est donc pas une méthode pratique pour l'ensemble de l'Afrique.

14.5.2.2 L'utilisation de l'ADN

L'ADN ne peut être extrait de l'ivoire pur, mais quand d'autres origines ne sont pas disponibles, l'ADN dégradé attaché aux défenses peut suffire pour l'analyse (Georgiadis *et al.* 1990). Grâce à une technique appelée réaction en chaîne de

polymérase, on peut multiplier même de petites quantités d'ADN pour obtenir les quantités requises.

Les mitochondries sont des granules possédant leur propre ADN. Cet ADN est transmis exclusivement à des descendants par l'ovule femelle. En cas d'espèces où les femelles ne migrent pas loin, leur mitochondries accumulent des marqueurs génétiques unique pour la population. L'analyse de cet ADN fournit une possibilité pour distinguer les populations par leurs défenses, bien qu'il y ait de grandes coïncidences pour les populations du *Loxodonta africana* (Georgiadis *et al.* 1990).

14.5.3 Besoins en données

Des échantillons pour l'analyse isotopiques des défenses peuvent être pris de n'importe quel partie de la défense. Il faut uniquement un morceau de défense de la taille de l'ongle du pouce. Cependant, la partie d'où l'échantillon est prélevé dépendra de l'objectif de l'analyse. Si l'on désire, par exemple, connaître le régime alimentaire d'un éléphant juste avant sa mort, il faudra choisir un échantillon près de la cavité pulpaire. Si l'on a l'intention de vérifier la composition isotopique du régime alimentaire de l'éléphant au cours de sa vie, il faudra prendre des échantillons le long de la défense. L'objectif de l'étude dictera les besoins en détails de chaque analyse de défense. On peut également prendre des échantillons sur des objets en ivoire.

Etant donné qu'il ne faut prendre pour l'analyse chimique que des échantillons non contaminés, il ne faudra utiliser que de l'ivoire non taché et non cassé (Harbottle & Silsbee, sans date). Vous pourrez obtenir des détails sur l'analyse isotopique des éléments décrits ci-dessus de Koch & Behrensmeyer (1992) et de Van der Merwe (1988 et 1990), mais les procédures demandent en général une préparation des échantillons pour la spectrophotométrie des masses. L'enregistrement des valeurs isotopiques est décrit en détail chez Van der Merwe (1988). Des informations supplémentaires sur l'analyse de l'ADN peuvent être obtenues par Georgiadis *et al.* (1990).

Des recherches plus approfondies de l'ADN, et des analyses microchimiques et isotopiques demandent énormément de temps et de ressources financières. Bien que l'analyse de l'ADN par échantillon sera relativement bon marché, il faut une grande quantité d'échantillons pour faire une recherche complète (18ème

chapitre -Encadré 18.1, Georgiadis 1990). D'un autre côté, le coût de l'analyse isotopique est très élevé, allant d'environ US\$50/échantillon pour le carbone et l'azote, à US\$ 150/échantillon pour le plomb et le strontium (Koch & Behrensmeier 1992). Van der Merwe (1993) a estimé qu'une base de données continentale de la composition isotopique de l'ivoire pourrait revenir à US\$400.000, à condition que l'équipement nécessaire soit disponible. Pour inclure des oligo-éléments supplémentaires, les techniques microchimiques disponibles seront probablement trop chères pour un usage de routine (Wyckoff 1972).

14.6 CONCLUSION

Il est possible que les défenses des éléphants puissent fournir des informations utiles sur les individus et les populations. Elles peuvent nous donner divers renseignements dans des circonstances différentes et quelquefois elles sont la seule source d'information sur des éléphants morts. Des recherches supplémentaires doivent être faites pour se rendre compte de tout le potentiel des informations fournies par les défenses. Il faut en même temps, tenir compte du coût d'une telle recherche et de ses applications

Bibliographie

- CORFIELD, T.F. (1973) Elephant mortality in Tsavo National Park, Kenya. *East African Wildlife Journal* 11, 339-368.
- DENIRO, J.M., EPSTEIN, S. (1978) Carbon isotopic evidence for different feeding patterns in two hyrax species occupying the same habitat. *Science* 201, 906-908.
- DOUGLAS-HAMILTON, I. (1972) On the ecology and behavior of the African elephant. D. Phil. Thesis. University of Oxford, U.K.
- DOUGLAS-HAMILTON, I. & DOUGLAS-HAMILTON, O. (1975) *Among the Elephants*. Collins & Harvill Press, London.
- ESPINOZA, E.O., & MANN, M. (1991) *Identification guide for ivory and ivory substitutes*. World Wildlife Fund & The Conservation Foundation, Baltimore. Publishers Ltd., Bristol, 152pp.
- GATHUA, M.J. (1992) A fossilized elephant tooth in Kakamega forest. *East African Natural History Society Bulletin* 22(4), 60.
- GEORGIADIS, N., PATTON, J. & WESTERN, D. (1990) DNA and the ivory trade: how genetics can help conserve elephants. *Pachyderm* 13, 45-46.
- HARBOTTLE, G. & SILSBEE, J. (undated) Preliminary report on the possible sourcing of ivory by neutron activation analysis.
- KOCH, P.L., BEHRENSMEYER, A.K. (1992) Determining the source area of ivory through isotopic analysis. AWF Ivory and Elephant Information Service 19 (special issue).
- LAWS R.M. (1966) Age criteria for the African elephant. *Loxodonta a. africana East African Wildlife Journal* 4, 1-37.
- LAWS, R.M., PARKER, J.S.C. & JOHNSTONE, R.C.B. (1975) Elephants and their Habitats: *The Ecology of Elephants in North Bunyoro, Uganda*. Clarendon Press, Oxford. 376pp.
- McKNIGHT, B.L. (1994) End of year report. Tsavo East Elephant Research Project. 6pp.
- MOSS, C.J. (1975) *Portraits in the Wild: Behaviour Studies of Mammals of East Africa*. University of Chicago Press, Chicago. 371pp.
- MOSS, C.J. (1988) *Elephant Memories. Thirteen Years in the Life of an Elephant Family*. William Morrow and Company, New York 336pp.
- MOSS, C.J. (1991) Chobe National Park elephant age structure survey. Report to the Department of Wildlife and National Parks, Botswana.
- PARKER, J.S.C. & MARTIN, E.B. (1982) How many elephants are killed for the ivory trade? *Oryx* 16, 235-239.
- PILGRAM, T. & WESTERN, D. (1983) Tusk measurements provide insight into elephant population dynamics. *African Elephant and Rhino Group Newsletter* 2, 16-17.
- PILGRAM, T. & WESTERN, D. (1983a) Inferring the sex and age of African elephants from tusk measurements. *Biological Conservation* 36, 39-52.
- PILGRAM, T. & WESTERN, D. (1983b) Inferring hunting patterns on African elephants from tusks in the international ivory trade. *Journal of Applied Ecology* 23, 503-514.
- SUKUMAR, R. & RAMESH, R. (1992) Stable carbon isotope ratios in Asian elephant collagen: implications for dietary studies. *Ecologia* 91, 536-539.
- VAN DER MERWE (1993) On the trail of ivory. Custos. The National Parks Board of South Africa. August 1993, Pretoria.
- VAN DER MERWE, N.J., LEE-THORP, J.A. & BELL, R.H.V. (1988) Carbon isotopes as indicators of elephant diets and African environments. *African Journal of Ecology* 26, 163-172.
- VAN DER MERWE, N.J., LEE-THORP, J.A., THACKERAY, J.F., HALL, M.A., KRUGER, H., COETZEE, H. BELL, R.H.V. & LINDEQUE, M. (1990) Source-area determination of elephant ivory by isotopic analysis. *Nature* 346, 744-746.
- VAN DER MERWE, N.J. & VOGEL, J.C. (1978) ¹³C content of human collagen as a measure of prehistoric diet in woodland North America. *Nature* 276, 815-816.
- VOGEL, J.C., EGLINGTON, B. & AURET, J.M. (1990) Isotope fingerprints in elephant bone and ivory. *Nature* 346, 747-749.
- WYCKOFF, R.W.G. (1972) *The Biochemistry of Animal Fossils*. Sciencetechnical

SECTION 5
LES ÉLÉPHANTS DANS LEUR
CONTEXTE HUMAIN



potentielles.

ÉVALUATION DE L'IMPACT DES INTERACTIONS ENTRE HUMAINS ET ÉLÉPHANTS

Kadzo Kangwana

African Wildlife Foundation

15.1 INTRODUCTION

A travers l'Afrique, les éléphants existent en tant que populations en îlot entourées par des humains, et un élément principal des relations entre humains et éléphants est le conflit concernant l'utilisation du terrain. Les éléphants sont une espèce grande, réclamant de grands espaces. Au cours de leur recherche de nourriture et d'eau, ils ont depuis toujours entrepris de vastes migrations saisonnières, et bien que la majorité de ces déplacements aient été limités ces dernières années, les éléphants nécessitent toujours de larges espaces. En même temps, en raison de la population humaine croissante en Afrique, une partie de plus en plus grande de terres est convertie pour l'agriculture, empiétant de plus en plus sur des terres qui servaient auparavant à la faune et la fore sauvages. En raison de ces deux tendances les éléphants et les humains empiètent sur leurs habitats respectifs et entrent de plus en plus en conflit.

Le type de conflit provenant de la rencontre des humains et des éléphants dépend largement de l'activité primaire économique des humains. Quand ils font de l'agriculture, des conflits surviennent quand les éléphants mangent et détruisent leurs cultures, et quand l'activité économique primaire est l'élevage soit sur des ranchs soit en pâturages traditionnels, le conflit provient des besoins de pâture et de sources d'eau.

Le plus grand déficit pour le personnel d'aires protégées est de réduire les conflits entre humains et éléphants, de trouver des solutions aux problèmes humains dûs à la vie commune avec les éléphants, et en même temps conserver les éléphants. C'est seulement quand on pourra relever ce déficit qu'il sera possible pour les éléphants et les humains de cohabiter sur le continent.

Avant de trouver des solutions aux problèmes du conflit humain-éléphant, il faut en avoir une bonne connaissance. Il faut connaître la nature du conflit,

son étendue, son impact économique, et son impact sur les éléphants. Ce chapitre doit vous servir de guide pour savoir comment évaluer l'impact des éléphants sur les humains et l'impact des humains sur les éléphants.

Les éléphants ne sont pas les seuls animaux sauvages ayant des conflits avec les êtres humains, et bien que ce chapitre se concentre sur l'enquête des interactions humains-éléphants, il ne faut pas oublier que les méthodes peuvent être étendues à des enquêtes plus vastes des conflits entre humains et la nature concernant d'autres espèces.

15.2 ÉVALUATION DE L'IMPACT DES ÉLÉPHANTS SUR LES HUMAINS

15.2.1 Généralités

Le conflit entre humains et éléphants concerne en général la destruction des cultures par les éléphants, blessures et mortalité chez les humains causées par les éléphants, rivalité entre éléphants et humains pour l'utilisation des ressources d'eau limitées, endommagement de structures d'irrigation par les éléphants et bétail tué par les éléphants. Un examen préliminaire vous donnera une idée des problèmes dans votre région, et vous guidera pour décider quelles mesures prendre pour faire des enquêtes supplémentaires.

15.2.2 Examen préliminaire

Il se peut que des conflits vous soient signalés ou que vous en entendiez parler bien avant que vous pensiez à les examiner. On aura toujours tendance

à vous parler des frais occasionnés par la vie avec la faune sauvage. Votre première tâche sera tout simplement de vérifier ces rapports.

Passez à pied ou en voiture dans la région d'où on a signalé des problèmes, cherchez des signes de dégâts, et vérifiez si les éléphants en sont la cause. Des empreintes d'éléphants, bouses et l'écorchement ou l'abattage d'arbres (comportement caractéristique des éléphants pour se nourrir) sont des signes évidents.

Questionner les gens vous renseignera également, puisque les gens locaux sont aptes à savoir quand les éléphants viennent dans la région, et ils décriront en détail les dégâts causés par les éléphants.

Quand vous aurez identifié les principaux problèmes avec lesquels les gens sont confrontés, vous pourrez développer une stratégie pour évaluer l'ensemble de l'impact entre humains et éléphants. Quelques méthodes clés pour évaluer l'impact des éléphants sur les humains sont les suivantes:

- poser des questions aux gens ou faire une enquête à l'aide d'un questionnaire;
- faire des évaluations indépendantes des frais de la vie avec les éléphants, telle que l'étendue et la valeur des dommages aux cultures;
- consulter la documentation existante pour obtenir des renseignements; et
- observer les éléphants.

La meilleure façon d'évaluer les conflits entre humains et éléphants est d'utiliser une combinaison de ces méthodes. Il tiendra à vous de décider de la meilleure méthode pour votre situation, car chacune donne un genre différent d'informations

Des enquêtes à base des questionnaires permettent d'obtenir rapidement des informations d'un échantillon de personnes. Elles vous donneront une évaluation du problème de leur point de vue, et vous permettront de chercher des informations sur différents sujets à la fois. Il sera cependant possible de compléter ces informations par des évaluations plus objectives. Des évaluations indépendantes de maraudes peuvent vous donner des informations très précises sur la fréquence des maraudes et la perte

économique pour les cultivateurs, mais elles prennent beaucoup de temps. Une façon facile d'obtenir des informations est de consulter les documentations existantes telle que les rapports concernant des incidents dans un parc ou des rapports gouvernementaux locaux, et elles sont spécialement utiles si vous cherchez une perspective historique, car la documentation peut aller plusieurs années en arrière. Malheureusement, cette documentation ne sera jamais aussi bonne que les personnes qui l'établissent, et il est difficile de savoir quelle proportion des incidents de chaque sorte ont été documentés. En observant des éléphants, vous pourrez identifier des éléphants "à problème" et étudier leurs déplacements. Ceci vous donnera d'autres informations servant à trouver des solutions convenables. Jetons maintenant un coup d'oeil sur chacune de ces méthodes.

15.2.3 Poser des questions aux gens

Il n'est pas étonnant qu'une grande partie de l'impact des éléphants sur les humains puisse s'évaluer en posant des questions aux gens et en faisant une enquête. Le terme "enquête" désigne en général une enquête par sondage servant à recueillir des informations de ou sur une fraction de la population seulement (Heguye 1988). Cette partie, peu importe la manière de sélection, constitue un échantillon. Cette méthode est en contraste avec un "recensement", qui vise à recueillir des informations de ou sur chaque membre de la population (Heguye 1988; Moser & Kalton 1979).

Heguye (1988) indique que le but principal d'une enquête est de "recueillir des données, en général par des interviews, de manière aussi peu biaisée que possible, et de produire une image aussi précise et complète que vous, le chercheur, recherchez ou que vous êtes intéressé à avoir".

a) Définir les buts ou objectifs de l'enquête

Le premier pas dans toute enquête est d'en définir le but. L'information obtenue pendant le stade préliminaire de l'investigation sera particulièrement précieuse, car quand vous aurez identifié les problèmes généraux, vous aurez une idée de ce que vous voulez étudier. "Déterminer l'impact des éléphants sur les humains" serait un but général typique. De là proviendront d'autres sous-groupes de but, tel que "évaluer la fréquence de maraude par les éléphants", et "déterminer les attitudes des personnes envers les éléphants".

A ce moment là, il vous faudra réfléchir si vous

P.O. Box 48177
Nairobi, Kenya

vous pouvez obtenir les informations que vous recherchez en faisant une enquête unique, ou si vous devez faire une série d'enquêtes sur le même sujet. Par exemple, Si vous voulez déterminer l'impact qu'aurait une clôture autour d'un terrain cultivé pour empêcher les éléphants d'y entrer, alors vous voudriez peut-être faire l'enquête avant que la clôture soit construite et environ trois mois après qu'elle ait été érigée. ou pendant la prochaine saison.

b) Questions pratiques

En préparant votre enquête vous devez également penser à quelques questions pratiques. Par exemple, avez-vous suffisamment d'argent, de temps et de personnel pour vous aider à faire l'enquête? Vous n'aurez peut-être pas les moyens nécessaires et vous devrez chercher d'autres possibilités pour obtenir les informations, car des enquêtes peuvent être chères et prendre beaucoup de temps.

c) Définir la population

Le prochain pas en préparant une enquête est de décider chez qui vous allez faire l'enquête. Votre enquête sera-t-elle représentative de toutes les personnes vivant dans la région, ou de toutes les personnes utilisant une source d'eau, ou de toutes les personnes vivant dans un périmètre de 50km de l'aire protégée? Cette décision s'appelle définir la population (Moser & Kalton 1979).

Ensuite, vous devez réfléchir si vous pouvez parler à tous les individus de la population, ou s'il y a trop d'individus et que vous ne pourrez vous adresser qu'à une partie. Si vous décidez de parler à tous, alors vous faites ce qui s'appelle en fait un "recensement", et il vous faudra prendre la peine de sélectionner un échantillon.

En général, on a pas le temps, ni les moyens pour couvrir toute une population et il faut donc sélectionner une partie de la population ou choisir un échantillon.

d) Choisir un échantillon

Quand on choisit un échantillon. plusieurs questions sont à examiner: de quelle taille doit être l'échantillon? Quel est l'unité de l'échantillon appropriée ou est-ce que l'enquête sera faite par familles, individus, propriétés ou terrains agricoles?

La majorité de ceux qui font des enquêtes doivent réfléchir longuement sur le choix de l'unité d'échantillon. Quand on tente d'évaluer l'impact des

éléphants sur les humains, je crois qu'il vaut mieux utiliser une unité géographique comme unité d'échantillon, tel qu'un village ou une propriété, plutôt qu'un individu. Il vous faudra connaître les composants généraux de cette unité, par exemple combien d'individus vivent dans le village ou dépendent d'une propriété, afin de pouvoir interpréter à fond les résultats de l'enquête. mais ces unités permettent de travailler avec un sujet fixe qui est facile à trouver. En plus, les informations d'analyse au niveau de villages ou de propriétés devraient suffire dans la plupart des cas.

Pour établir un échantillon. il vous faut un projet d'échantillonnage. Ceci est une liste de toutes les unités existant dans la population. Si l'individu est choisi comme unité d'échantillon, alors il faudra une liste de tous les individus vivant dans la population. Si l'unité d'échantillon est une propriété ou un village, il vous faudra une liste de tous les noms des propriétaires ou des villages, et aussi une carte de tous (voir Fig. 15.1).

Une autre question à étudier est celle de l'unité de l'enquête. Poserez-vous des questions sur les individus et leur expérience, ou les expériences des villages ou des propriétés? Dans le cas des enquêtes sur l'impact des éléphants sur les humains, on prend en général comme unité d'enquête la propriété ou le village. Dans ce cas, l'unité d'échantillon et l'unité



d'enquête sont les mêmes.

Fig. 15.1: Carte de tous les Villages le long de la rivière A. Dans ce cas, la "population" sera constituée de toutes les propriétés dans une distance de 20km de la rivière A. L'unité d'échantillonnage est la propriété. Le "cadre de l'échantillonnage" serait la liste de toutes les propriétés dans la population, c'est-à-dire A, B, C, D.....etc.

Quand vous aurez défini le projet d'échantillonnage, il vous faudra choisir les unités qui feront l'objet de l'enquête. C'est-à-dire, choisir l'échantillon.

A ce stade de l'enquête, il y a des considérations statistiques nombreuses et complexes qui peuvent avoir une influence sur votre ligne de conduite. Parmi celles-ci est la question de savoir quelle sera la valeur représentative de la population de votre échantillon et comment vous pourrez utiliser l'information recueillie de l'échantillon pour tirer des conclusions sur la population. L'information la plus précise sur la population est obtenue en receillant des données sur tous les membres de cette population. Théoriquement, plus l'échantillon est grand, plus il sera représentatif de la population, mais si la population est relativement homogène, ou s'il y a peu de variations entre membres de la population, alors même un petit échantillon présentera une image précise de la population. Cependant, si vous avez suffisamment d'informations pour savoir que la population est homogène, alors vous n'aurez pas besoin de faire une enquête! En ayant un échantillon choisi autant que possible au hasard ou sans biais, ceci augmentera aussi la probabilité qu'il soit représentatif d'une population. Une discussion détaillée sur les présomptions statistiques de l'échantillonnage est donnée par Moser & Kalton (1979).

D'un point de vue plus pratique, il vous faut décider quelle envergure l'enquête devra avoir. Combien d'unités d'échantillons voulez-vous couvrir, et combien pourront être couvertes en fonction de vos moyens? En général, il faudra trouver le juste milieu. En envisageant un échantillon au hasard de 10% à 20% de la population visée, ceci devrait donner une indication de la tendance de la population. Mais vous devez réaliser que les indications sur les échantillons n'expriment que des probabilités (Moser & Kalton 1979), et elles n'indiquent que des tendances de la population.

Le défi principal d'un échantillonnage est d'assurer que les unités d'échantillons soient suffisamment représentatifs de la population, ou qu'elles aient été choisies avec suffisamment de rigueur afin que l'observateur puisse être sûr que la sélection n'était pas influencée par les sources de biais les plus évidentes, comme par exemple en posant des questions uniquement à des gens qui voulaient répondre aux questions, ou à ceux qui se trouvaient le plus près de votre base de travail!

Il y a plusieurs façons d'établir ou de choisir un échantillon, dont toutes partent de certaines présomptions statistiques. Elles sont décrites dans l'encadré 15.1.

ENCADRÉ 15.1: MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Etablir un simple échantillon au hasard implique d'extraire des unités d'une population de manière à donner à chacune une chance d'être sélectionnée. Pour ce faire il faut avoir un plan d'échantillonnage qui identifie toutes les unités de la population, soit selon leur numéro. Si la population est petite, vous pourrez écrire les noms sur des cartes de la même taille, les mettre dans un chapeau et en extraire autant qu'il faut pour l'échantillon. Si la population est grande, vous pouvez donner des numéros aux unités et choisir celles à inclure d'après une liste de numéros indiqués au hasard (des séries de numéros disposés en un ordre non systématique).

Une autre façon de choisir un échantillon systématique au hasard. Ici aussi il faut des listes complètes de toutes les unités de la population. Ensuite on tire l'échantillon en choisissant un chiffre d'une liste de chiffres au hasard, par exemple 4, et on sélectionne toutes les unités d'échantillon portant le chiffre 4. Dans ce cas, 4, 14, 24, 34, 40 – 49, 54 seront tous choisis, jusqu'à ce que l'on ait obtenu le nombre d'unités requis.

Vous pouvez aussi sélectionner une fraction d'échantillonnage, telle que un sur six, commencer à un chiffre pris au hasard, par exemple le 4, et choisir toutes les sixièmes unités, qui dans ce cas seront la 10^{ème}, 16^{ème}, 22^{ème}. Cette méthode a le désavantage qu'il vous faut être sûr que la fraction ne corresponde pas à un cycle ou schéma sur le plan d'échantillonnage (Heguy 1988).

Des échantillons stratifiés peuvent être choisis, soit pour s'assurer que le chercheur a des nombres égaux ou représentatives dans l'échantillon de certaines catégories. On peut décider d'avoir des nombres égaux de fermes à pâturages ou propriétés agricoles pour l'étude, et la moitié de l'échantillon sera tirée de la liste des fermes à pâturages et une autre moitié de la liste des propriétés agricoles. Il se peut que dans une certaine région un tiers des agriculteurs ont du bétail et deux tiers des terres de culture. Une représentation

proportionnelle de la population serait alors qu'un tiers de l'échantillon devra être choisis des agriculteurs à bétail et deux tiers des propriétaires de terres de culture.

Comme alternative, vous pourrez établir un échantillon d'un nombre égal de personnes d'âges différents. Dans ce cas il vous faudra une liste de tous les hommes et de toutes les femmes, ou de tous les membres de la population des différentes âges pour votre plan d'échantillonnage.

En électionnant un échantillon est utile de choisir quatre ou cinq de plus comme unités d'échantillonnage de réserve, dans le cas où vous ne pourriez pas interviewer tous dans l'échantillon original.

e) Etablir le questionnaire

Après avoir choisi l'échantillon, il faudra établir le questionnaire ou l'instrument de l'enquête. Cette tâche n'est pas aussi simple qu'elle paraît et plusieurs points sont à considérer.

D'abord, il faut élaborer des questions qui vous donneront l'information que vous recherchez, ou les données nécessaires pour répondre à vos besoins. Il vous faudra des informations concernant les problèmes qui ont été soulevés pendant l'enquête préliminaire. Par exemple, il vous faudra connaître l'étendue de la maraude. Quand a-t-elle lieu? Quelle récolte a été endommagée? Vous voudriez également savoir chez combien d'agriculteurs du bétail a été tué par les éléphants, ou combien de personnes ont été blessées ou tuées par les éléphants dans chaque village.

En essayant d'évaluer l'impact des éléphants sur les humains, quelques questions typiques seront les suivantes:

- Des éléphants s'introduisent-ils sur votre terrain agricole?
- Mangent-ils les produits que vous cultivez?
- A quelle saison les éléphants viennent-ils sur votre terrain?
- A quelle heure de la journée les éléphants viennent-ils?
- Comment chassez-vous les éléphants?
- Avez-vous (un membre de votre famille) été blessé par un éléphant?
- De votre bétail, y a-t-il eu des animaux blessés ou tués par un éléphant?
- Que penseriez-vous si on enlevait les éléphants?

Il vous faudra également poser des questions qui vous renseigneront sur la personne interrogée. Par exemple, depuis combien de temps vivez-vous ici? Combien de personnes dépendent de ce terrain? Les réponses vous permettront d'interpréter l'information sur l'impact selon les paramètres de la population. En déterminant quelles questions sont pertinentes, vous pourrez essayer de tenir compte du genre d'analyses que vous avez l'intention de faire avec les résultats de votre enquête.

D'autres réflexions qui se posent pour le questionnaire concernent le genre de questions à poser. Devraient-elles être du genre à donner à la personne interrogée la possibilité de choisir parmi une série de réponses? L'enquêteur devra-t-il coder les réponses selon certaines catégories établies par lui, mais qu'il ne communiquera pas à la personne interrogée? Les questions devraient être du genre à laisser la réponse ouverte, c'est-à-dire poser des questions et noter par écrit toute la réponse pour la coder par la suite?

Chacune de ces questions a des avantages et des désavantages. En fournissant à la personne interrogée des catégories influencera évidemment sa réponse, et je recommande d'éviter ce genre de questions pour les interviews. Etablir un code, où l'enquêteur dispose d'un nombre de réponses à cocher et où il interprète la réponse sur place, a l'avantage d'être une méthode rapide, mais le désavantage de gagner ou de perdre des informations. Des questions faciles peuvent être codées à l'avance, par exemple: des éléphants viennent-ils sur votre terrain? Oui = 1, Non = 2, et l'enquêteur peut cocher le bon numéro dans la case dès qu'il reçoit la réponse.

Des réponses plus compliquées ou plus intéressantes devront être notées par écrit et codées plus tard, car il serait dommage de perdre des informations avant que vous n'ayez la possibilité d'y réfléchir.

Les questionnaires font perdre du temps à la personne interrogée qui a beaucoup d'autres choses à faire, il faudra donc qu'ils soient aussi courts que possible, tout en répondant aux besoins de votre recherche. Rappelez-vous que les questions coûtent cher! Un long questionnaire implique un long interview, c'est-à-dire vous payerez plus aux enquêteurs. Vous dépenserez aussi plus pour reproduire le questionnaire et vous dépenserez plus pour trier les données à la fin!

Quand vous aurez établi le genre de questions à poser, il vous faudra penser à l'ordre dans lequel vous aller les poser. Il est bon de poser en premier les questions simples qui n'effaroucheront pas la personne interrogée. et de mettre à la fin les questions plus délicates. Quand vous serez prêt à poser celles-ci, il faut espérer qu'un bon rapport se soit établi entre l'enquêteur et la personne interrogée.

Il est également bon de commencer par des questions générales et d'arriver ensuite aux questions spécifiques. afin de ne pas influencer les réponses des personnes interrogées. Il en est de même pour des questions concernant un groupe.

Pour mieux pouvoir se référer aux enquêtes, il sera bon d'indiquer un numéro sur chaque questionnaire pour pouvoir l'identifier. Ce numéro devra être inscrit en haut du questionnaire, et sur chacune de ses pages.

Si vous devez poser des questions en plusieurs langues, il faudra s'assurer de l'équivalence linguistique, ou alors que chaque question veuille dire la même chose dans toutes les langues, une fois qu'elle est traduite.

Il faudra ensuite vérifier votre questionnaire et vous assurer que les questions sont bien comprises et que vous recevez les informations que vous escomptez. Un test préliminaire pourra également vous donner une idée sur la longueur de l'interview. Soyez sûr de tester le questionnaire sur des membres de la population qui ne font pas partie de l'échantillon principal. Si certaines personnes ont des difficultés pour comprendre des questions, reformulez les. Si l'interview est si long que la personne interrogée perd l'intérêt, alors réduisez le nombre de questions. En prenant le temps et la peine de tester et d'ajuster votre questionnaire à l'avance, vous économiserez à la longue beaucoup d'efforts .

f) L'interview

Après avoir choisi l'échantillon et établi le questionnaire, et après l'avoir testé, vous serez prêt à effectuer votre enquête. Si vous employez des "recenseurs" ou autres personnes pour vous aider, il vous faudra les former pour vous assurer qu'ils comprennent le questionnaire, et l'importance de poser des questions , un échantillon de personnes pré-sélectionnées, car vous attribuerez une portion de l'échantillon à chaque enquêteur. Il serait sage de faire participer les recenseurs au test préalable.

Il importe que chaque enquêteur pose les questions dans l'ordre établi sur le questionnaire et qu'il note les réponses correctement sans les biaiser par sa propre attitude ou des prédispositions. Il vaudra mieux accompagner chaque enquêteur pour vérifier que les questions soient posées correctement. Vous devriez également vérifier les questionnaires cochés pour vous rendre compte au début de l'enquête s'il y a des problèmes.

Veillez à ce que tous les interviews soient effectués dans un temps relativement court, étant donné que les problèmes qui vous intéressent peuvent varier selon les saisons.

En abordant les gens, il faut être aimable et poli. Retourner une autre fois si le moment que vous avez choisi pour poser vos questions ne convient pas. Selon le temps dont vous disposez et les distances que vous avez à parcourir pour atteindre les personnes à interroger, il sera peut-être sage de substituer une des unités d'échantillon par une autre sur la liste de réserve après deux ou trois visites non fructueuses.

g) Traitement et présentation des informations

Quand vous aurez recueillis vos données, vous pouvez vous occuper de les coder. Il faut d'abord établir tous les codes que vous voulez utiliser et préparer une liste de codes. Pour ce faire il faudra revoir quelques uns des questionnaires et résumer les catégories de réponses. Vous pourrez ensuite grouper les réponses en catégories et attribuer des codes pour traiter les informations. N'oubliez pas d'inclure un code pour "pas de réponse". Les codes ne devront pas se chevaucher et englober toutes les réponses possibles. Voici quelques exemple de codes:

A. Sexe de la personne interrogée

1 = mâle

2 = femelle

3 = pas d'indication

B. Problèmes rencontrés:

- a) Maraude
1 = Oui 2 = Non 3 = Pas de réponse
- b) Blessure/mortalité humaine
1=Oui 2=Non 3=Pasderéponse
- c) Blessure/mortalité bétail
1=Oui 2=Non 3=Pasderéponse
- d) Dégâts aux structure d'eau
1=Oui 2=Non 3 = Pas de réponse
- e) Dégâts magasin alimentaire
1=Oui 2=Non 3=Pasderéponse

Quand vous aurez établi votre liste decodes, vous devrez revoir vos questionnaires et attribuer des codes. La façon de traiter les codes dépend des moyens dont vous disposez. Vous pourrez indiquer les codes sur des feuilles de papier à colonnes, ce qui vous permettra de faire un compte et une analyse faciles, ou vous pourrez traiter les codes par une base de données spéciales sur ordinateur.

Le prochain stade consiste à comprendre ce que veulent dire les données que vous avez recueillies. Un premier pas serait de compter les différents codes pour chaque catégorie. Par exemple, 70 des 115 propriétaires se sont plaints de maraude. Diz. d'entre eux avaient des membres de leur famille ou de leur entourage blessés ou tués par un éléphant etc. Essayez de comprendre ce que vous disent ces chiffres.

En fin de compte il faudra établir un rapport de votre enquête. Évaluez les résultats par rapport aux questions que vous avez posées, les problèmes de la communauté, et les possibilités de résoudre ces problèmes.

Remarquez que bien que les différents pas pour effectuer une enquête semblent être distincts du point de vue chronologique, chaque phase dépend des autres pour son succès, et établir un lien avec les phases préalables ou futures devrait être une activité clé dans la préparation d'une enquête (Moser & Kalton 1979). Par exemple, quand vous décidez quelles questions poser, il sera bon d'avoir devant les yeux les tables et diagrammes que vous voudrez établir en fin d'enquête, ce qui vous permettra d'éclaircir quelles données vous recherchez. Il est indispensable de penser à l'opération entière avant d'entreprendre le premier pas.

h) Sources possibles de biais

Il y a de nombreuses possibilités de biais dans une enquête. Une en est de poser des questions tendancieuses. Une question comme "Quels problèmes vous causent les éléphants?" présume que les éléphants sont un problème et influence le cours des idées de la personne interrogée, avant même qu'elle vous réponde. Les questions doivent toujours être neutres!

Vous serez peut-être dans une région où les personnes préfèrent être interviewées par des recenseurs mâles, ou que des femmes préfèrent être interviewées par des recenseurs féminins. Vous devrez faire attention aux considérations sexuelles et aux biais dans votre communauté et choisir vos recenseurs en conséquence.

Les réponses données par les gens reflètent des fois ce qu'elles s'imaginent que vous voulez entendre, ou ce qu'elles pensent que vous pourriez faire pour les aider. Des sociologues ont surmonté ou réduit ce problème en posant la même question de différentes façons à différents moments pendant l'enquête. Ceci aide à vérifier s'il y a des inconséquences.

Des recenseurs portant l'uniforme des autorités d'aires protégées pourraient inciter les personnes interrogées à répondre de façon négative dans l'espoir que les autorités pourront les aider. D'autre part, elles peuvent être contrariées par des autorités gouvernementales locales et ne pas vouloir avoir à faire à des recenseurs en uniforme.

Il est impossible d'enlever tout biais d'une enquête, mais si l'on tient compte de leur possibilité, il sera plus facile de résoudre les problèmes les plus évidents. En rédigeant un rapport sur une enquête, il est plus équitable de mentionner quand un biais risque d'avoir influencé les résultats que vous avez obtenus.

15.2.4 Évaluations indépendantes et surveillance de la maraude

Une enquête par questionnaire confère une idée de l'étendue de la maraude dans une région, et procure des informations concernant la saison principale pour la maraude qui pourront répondre à vos besoins.

Il y a cependant certains aspects de la maraude pour lesquelles l'information requise est mieux recueillie par des évaluations indépendantes. Il s'agit ici du degré de dégâts à la récolte et de la perte économique qui en découle. On comprend

que certaines gens ont tendance à surévaluer le montant de la perte dans l'espoir de recevoir une compensation en conséquence. La surévaluation de la perte est aussi due, la perception émotionnelle de la perte. Si vous demandez à quelqu'un combien de sa récolte a été endommagée, sa réponse reflètera sa perception de la perte plutôt que la perte réelle, et la différence peut être très grande. En fait, il serait peut-être intéressant de comparer la différence entre la perte imaginée et la perte réelle.

La valeur des évaluations indépendantes est optimale quand elles font partie d'une étude systématique. Pour évaluer le degré de maraude, le premier pas serait de sélectionner au hasard plusieurs fermes ou propriétés à surveiller, en utilisant les mêmes méthodes pour la sélection au hasard décrites ci-dessus pour les enquêtes. Après avoir sélectionné les fermes, vous devrez projeter de les visiter régulièrement, posant des questions sur le nombre de maraudes depuis votre dernière visite et inspectant les terres cultivées pour évaluer les dégâts.

Les problèmes de maraudes sont sans exception saisonniers et s'examinent le mieux pendant un certain temps. Le scénario idéal est d'effectuer une étude pendant un an, mais des durées plus courtes seront dans l'ordre si vous n'avez pas le temps. Dans ce cas il vaut mieux effectuer une partie de la surveillance pendant la saison sèche et une autre pendant la période humide.

Vous pourrez laisser une feuille de données ou un calendrier au cultivateur pour qu'il puisse noter chaque fois que les éléphants viennent sur ses terres pour marauder. Vous pourrez alors utiliser ces données pour calculer le nombre moyen d'incidents de maraude chaque mois en additionnant tous les incidents sur toutes les fermes pour chaque mois et en divisant ce chiffre par le nombre de fermes. En pointant ces données pour chaque mois vous obtiendrez un diagramme comme celui à la Fig. 15.2 Cette analyse vous donne des informations sur le moment où la maraude par les éléphants est au pire. C'est une information importante, si vos autorités de gestion ont l'intention de mettre une unité de contrôle des animaux à problème sur le terrain, et vous saurez quand elle est le plus nécessaire!

Il est important de ne pas se fier pour toutes vos évaluations sur les dires des fermiers. Si vous en avez le temps, vous pourrez rendre plusieurs visites aux fermes pour vous assurer que les rapports sont corrects en cherchant des signes récents d'éléphants dans les champs. Mieux

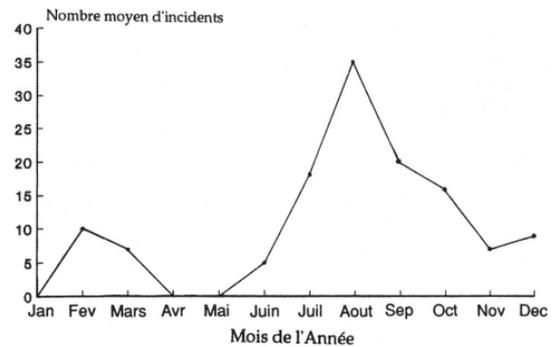


Fig. 15.2: Diagramme indiquant le nombre moyen d'incidents de maraude au District Mango pendant 1994.

encore, une série de veillées de nuit sur les fermes aidera à améliorer la qualité de vos informations.

Vous pourrez avoir l'intention dévaluer la perte économique causée par la maraude des éléphants. La meilleure façon pour le faire est de visiter les fermes que vous avez choisies aussi régulièrement que possible et d'estimer le dommage causé par la maraude. Il faudra mesurer ou estimer la surface des champs cultivés qui ont été endommagés et, si nécessaire, l'exprimer en tant que fraction de la surface totale cultivée par le fermier. Sukumar (1989) a utilisé un quadrant pour mesurer la surface de dommage et, là où c'était utile a compté le nombre d'arbres individuels abîmés. Ngure (1992) a utilisé de la ficelle pour mesurer la surface endommagée et a également compté les plantes individuelles.

Il y a différentes méthodes pour chiffrer l'étendue d'une région endommagée. Une consiste à estimer la valeur du rendement de la récolte dans la région endommagée si elle devait venir à maturité et avoir une valeur marchande, mais ceci est problématique. Si la culture avait été endommagée juste avant la récolte il serait juste d'estimer sa valeur au prix du marché. Cependant, quand une récolte n'est pas arrivée à maturité, on ne peut pas être sûr qu'elle arrivera à maturité sans être influencée par des catastrophes naturelles telle que la sécheresse ou les inondations, et en lui donnant un prix du marché on part de présomptions. Il serait plus prudent d'estimer le coût de la récolte simplement en additionnant tous les frais occasionnés jusqu'au moment où elle a été endommagée.

Un employé agricole travaillant dans la région devrait pouvoir vous aider à estimer les prix de revient et à évaluer la récolte. Si vous dressez une liste de tous les frais occasionnés jusqu'à la date de la maraude, vous pourrez ensuite les multiplier par la surface des dégâts pour obtenir une estimation de la valeur de la perte. Parmi les frais

il faut compter le coût de la semence, des engrais, des insecticides, de la main d'oeuvre et de l'irrigation.

En visitant régulièrement un agriculteur pendant une saison de croissance, vous obtiendrez un chiffre cumulatif de tous les dégâts de la récolte pendant une saison. Un échantillon des agriculteurs vous fournira les données nécessaires pour calculer la perte moyenne par terrain de culture et vous pourrez multiplier ce chiffre par la surface cultivée totale dans la région pour obtenir un chiffre de la perte en termes monétaires par saison pour toute la région.

Ces chiffres seront importants pour décider de la stratégie des gestionnaires. Si le gens perdent presque toute leur récolte, les autorités de gestion devront trouver de bons moyens pour empêcher les éléphants d'entrer dans les champs cultivés.

15.2.5 Consultation de la documentation

Une source supplémentaire d'information sur le conflit humains-éléphants existe dans la documentation concernant les incidents et les rapports dans les aires protégées et les bureaux gouvernementaux. Il serait donc bon de consulter ces dossiers.

Le personnel des aires protégées tient parfois des dossiers sur les personnes blessées ou tuées par la faune sauvage, ainsi que sur le bétail tué par la faune sauvage. En consultant ces dossiers vous pourrez déterminer combien d'incidents sont dus aux éléphants. Il serait intéressant de comparer ces données avec les réponses que vous aurez obtenues pendant votre enquête sur les incidents dus aux éléphants.

Ces dossiers ne seront probablement pas complets, mais ils vous donneront une idée du nombre d'incidents signalés chaque année. Ils vous indiqueront de toute façon le nombre d'incidents signalés et enregistrés, ce qui en elle-même est une information utile. S'il vous est possible d'influencer le travail de documentation officielle, cela vaut la peine d'encourager vos collègues à tenir des dossiers aussi complets que possible.

15.2.6 L'observation des éléphants

On obtient des informations utiles concernant l'impact des éléphants sur les humains en observant les éléphants.

En délimitant un champs cultivé et en utilisant une torche puissante vous pourrez voir quels éléphants sont en train de marauder. Après les veilles de nuit on pourra suivre les éléphants quand il fera jour. A Amboseli, par exemple, j'ai pu suivre les empreintes d'un groupe de 17 mâles à travers plusieurs champs cultivés jusqu'au Parc National où j'ai trouvé les éléphants se reposant. Quand les éléphants se sont éloignés, j'ai examiné les tas d'excréments qu'ils ont laissés, relevant quel animal avait laissé quel tas, et j'ai trouvé des tomates, du maïs et des oignons dans les excréments. J'ai donc pu identifier de façon précise quels éléphants avaient maraudé la nuit précédente.

Plusieurs parties du livre présent s'appliquent ici. Sachant déterminer l'âge et le sexe des éléphants et identifier les individus (7ème chapitre) vous permettra d'identifier les animaux maraudeurs. Nous avons observé que les éléphants fautifs récidivent et ce ne sont peut-être que quelques uns qui causent des problèmes (Sukumar 1993). Si vous pouvez identifier les éléphants "à problème", la solution sera peut-être de les enlever.

L'étude des déplacements des éléphants (8ème chapitre) vous indiquera si l'habitat humain fait partie du domaine vital de certains éléphants. Il est certain que la connaissance des chemins principaux d'entrée et de sortie d'un terrain cultivé vous permettra d'installer des barrières aux points stratégiques.

Le fait d'utiliser l'ensemble des rapports de personnes observant les éléphants vous donnera une idée plus complète des interactions humains-éléphants, et il serait utile de s'en servir.

15.3 EVALUATION DE L'IMPACT HUMAIN SUR LES ÉLÉPHANTS

15.3.1 Généralités

Tout l'impact du conflit humains-éléphants n'est pas seulement ressenti par les humains. Les éléphants ont également eu de grosses pertes, dont l'importance les a amenés au bord de l'extinction dans de nombreuses parties de l'Afrique, dû en premier lieu au braconnage des éléphants pour l'ivoire. Les éléphants ont également dû adapter leurs mouvements et habitudes de recherche alimentaire à ce continent de plus en plus peuplé.

Bien qu'il soit moins facile de quantifier l'influence humaine sur les éléphants que de quantifier l'impact des éléphants sur les humains, vous pourrez effectuer quelques études utiles. Vous pourrez, par exemple, déterminer comment l'utilisation par les humains d'une région a une influence sur l'utilisation des éléphants de la même région. Vous pourrez également étudier comment les humains et les éléphants se partagent une ressource limitée, telle que l'eau. Quand on dispose de chiffres exacts sur la mortalité des éléphants, on peut déterminer la proportion des morts causées par les humains. Il faut savoir s'adapter et utiliser toutes les méthodes dont vous pensez pouvoir tirer les données que vous recherchez.

15.3.2 L'examen de la distribution des éléphants par rapport à l'utilisation humaine

En effectuant des comptages d'excréments en forêt tropicale de l'Afrique centrale on a trouvé que le facteur principal pour déterminer la distribution des éléphants est l'habitat humain (Barnes *et al.* 1991). J'ai utilisé les comptages d'excréments pour déterminer la distribution des éléphants par rapport aux villages Maasai à Amboseli (Kangwana 1993). Des détails sur la méthode de comptage des excréments sont à voir au 5ème chapitre. Vous pouvez modifier ces méthodes pour effectuer une étude sur la distribution des éléphants par rapport aux humains de la façon suivantes.

Il faudra diviser votre zone d'étude en strates selon la distance des villages, et distribuer ensuite vos comptages dans ces strates. Vos strates pourront être à une distance des villages de 0km à 5km; de 5km à 10km; et de 10km à 15km etc. Une expédition de reconnaissance dans la région (voir 5ème chapitre) vous donnera une idée de l'endroit où placer vos transects.

Quand vous aurez recueilli les données et obtenu les densités d'excréments pour chaque transect et chaque strate, vous pourrez vous mettre à examiner les tendances de distribution. Pour étudier l'utilisation par les éléphants d'une région, il n'est pas nécessaire de convertir les densités d'excréments en nombres d'éléphants, l'utilisation relative d'une certaine région est en général suffisante. Cependant, il faudra éventuellement effectuer une étude sur l'état des excréments, car il est bon de savoir combien de temps les excréments se tiennent sur le sol (voir 5ème chapitre). Ceci vous donnera un espace de

temps dans lequel situer l'évaluation de vos distributions d'excréments.

Vous vous rendrez probablement compte que les éléphants évitent les habitats humains. Vous pouvez en déduire que si le nombre de villages augmente dans votre région, les éléphants seront obligés de trouver des régions alternatives ou de disposer de moins de surface pour eux.

15.3.3 L'examen du double usage des ressources d'eau

Dans certaines régions les éléphants et les humains sont des fois contraints à partager les sources d'eau, et il est intéressant d'observer comment il s'y prennent. Ce sera également un bon moyen d'observer les résultats d'un contact direct entre humains et éléphants.

Le premier pas consiste à identifier une région qui est utilisée régulièrement par les humains et les éléphants. Vous pourrez alors élaborer une méthode pour observer la région. Il est bon de se fixer une durée de temps. Par exemple, vous pourrez observer la région pendant deux ou trois mois, ou pendant un mois en saison humide et un mois en saison sèche, pour comparer l'utilisation de la ressource en chaque saison.

Ensuite, vous devrez diviser le jour en unités de temps pour observer le point d'eau. Par exemple, tôt le matin (06:30 heures - 09:30 heures), fin de matinée (09:30 heures - 12:30 heures), tôt l'après-midi (12:30 heures - 15:30 heures), tard l'après-midi (15:30 heures - 18:30 heures) et le soir ou la nuit. Pendant la période que vous aurez fixée pour observer la région, vous devriez observer dans une ou deux des unités de temps l'utilisation de la région par les humains et la faune sauvage. Vous devrez choisir au hasard les périodes d'observation, mais vous devez faire vos observations sur un nombre d'unités égales, par exemple, le premier jour, vous observerez la région de 06:30 heures - 09:30 heures, le second jour de 15:30 heures - 18:30 heures, et ainsi de suite.

Les données à recueillir concerneront l'utilisation de la région par les humains et les éléphants. Vous pourrez établir une simple feuille de données pour vous aider (voir 10ème chapitre pour un exemple). Dans ce cas vous pourrez inscrire la date et l'heure, ainsi que le moment quand éléphants et humains viennent dans la zone et la quittent, ce qu'ils font pendant qu'ils y sont et combien d'éléphants et d'humains viennent à un

certain moment. Il sera également intéressant d'estimer la distance entre éléphants et humains.

Les données ainsi recueillies seront une indication de la manière dont la zone est utilisée par les deux, et les moments où les conflits sont le plus probables. Dans un monde idéal, vous pourriez alors recommander aux gens d'utiliser la région aux moments où les éléphants semblent le moins l'utiliser. On a pourtant observé que les éléphants peuvent modifier les temps d'utilisations d'un point d'eau selon les temps d'utilisation humaine (Kangwana 1993).

Pendant vos études préliminaires vous avez peut-être remarqué que les éléphants détruisent des structures d'eau construites par les humains, telle que puits et trous de forage. La méthode décrite ci-dessus pour surveiller un point d'eau pourrait être utilisée pour surveiller un puit ou un trou de forage. En faisant cette étude vous pourrez vous rendre compte comment les éléphants utilisent la structure, quels dégâts ils causent, et comment vous pouvez réduire les dégâts ou empêcher les éléphants d'utiliser ces structures.

15.3.4 Contribution humaine à la mortalité des éléphants

Là où l'on dispose de bons rapports statistiques sur la mortalité des éléphants, vous aurez peut-être intérêt à déterminer combien de morts d'éléphants sont dues aux humains. Les causes humaines de la mortalité des éléphants comprennent le braconnage pour l'ivoire ou la viande, l'abattage par mesure de représaille ou hostilité par suite aux dégâts faits par les éléphants, la chasse rituelle et la chasse sportive. Les dossiers dans les aires protégées sont une bonne source d'information sur la mortalité des éléphants et ses causes. Le 16^{ème} chapitre vous indique des méthodes et une feuille de données pour recueillir des données de mortalité sur le terrain. Nous avons aussi parlé des magasins d'ivoire pour vous fournir des informations sur les tendances de la mortalité (14^{ème} chapitre).

15.4 CONCLUSIONS

Ce chapitre vous a présenté quelques unes des méthodes que vous pourrez utiliser pour évaluer le conflit entre humains et éléphants. Il apparaît clairement que le conflit entre humains et éléphants n'est pas un domaine ayant ces propres méthodes. Des réflexions sociologiques, biologiques et économiques, ainsi qu'une attitude sensée et de l'imagination sont nécessaires pour rassembler les différents éléments pour aider à évaluer le conflit entre humains et éléphants dans votre région. Quand vous aurez fait le point sur votre problème, il vous faudra prendre des décisions de gestion, mais ceci est un autre sujet.

15.5 AUTRE LITTÉRATURE

MOSEY, C.A. & KALTON, C. (1979) *Survey Methods in Social Investigation*. Heinemann Educational Books Limited, London.

SUDMAN, S. & BRADBURN, N.M. (1982) *Asking questions - a practical guide to questionnaire design*. Jossey-Brass Publishers, San Francisco.

Bibliographie

HEGUYE, E. (1988) Census and surveys In: *Introduction to Social Research* (Ed. V. Pons). University of Hull. Hull.

MOSEY, C. A. & KALTON, G. (1979) *Survey Methods in Social Investigation*. Heinemann Educational Books Limited, London.

BARNES, R.F.W., BARNES, K.L., ALERS, M.P.T., & BLOM, A. (1991) Man determines the distribution of elephants in the rain forests of northeastern Gabon. *African Journal of Ecology* 29,54-63.

KANGWANA, K. (1993) Elephants and Maasai: Conflict and Conservation In Amboseli, Kenya. Unpublished PhD. Thesis University of Cerrbridge.

NGURE, N. (1992) History and Present Status of Human - Elephant Conflicts in the Mwatate, Bura Area, Kenya. Unpublished M.Sc. Thesis. University of Nairobi.

SUKUMAR, R (1969) *The Asian Elephant: Ecology and Management*. Cambridge University Press, Cerrbridge.

CONTRÔLE DE L'APPLICATION DES LOIS ET DES ACTIVITÉS ILLÉGALES

Nigel Leader-Williams

Planning and Assessment for Wildlife Management, Department of Wildlife
P.O.Box 63150
Dares Salaam, Tanzania

Autant d'hommes, autant d'opinions; la loi de l'un est la loi pour tous. Terence c. 195-159 AD.

16.1 LES LOIS ET L'APPLICATION DES LOIS

On peut définir les lois comme un ensemble de règlements qui ordonnent ou interdisent certaines actions, et que l'on peut considérer comme instrument pratique pour appliquer une règle de conduite. Il y a deux catégories fondamentales de lois, l'une consistant de statuts écrits mis en vigueur par le corps législatif, et l'autre consistant souvent de lois non écrites et suivies par coutume. Les lois régissent aussi sur différents niveaux, allant des statuts locaux jusqu'aux lois nationales et traités internationaux. L'objectif des législateurs est d'établir des prescriptions pour régler l'activité humaine pour le plus grand bien. Cependant, les législateurs doivent concilier un grand nombre d'intérêts différents et leur vision du 'plus grand bien' peut ne pas correspondre à la vision que chacun a de ce qui est bien pour lui, ce qui est à l'origine de la règle générale bien connue que les lois sont faites pour être détournées. Néanmoins, ceux qui ont fait les lois et qui sont persuadés que le droit est de leur côté, voudront que les lois soient respectées et que les tentatives pour détourner les lois soient tenues à un minimum, et que les lois parviennent à leurs objectifs. Etant donné que le contrôle consiste à surveiller les éléments d'un système, et spécialement d'évaluer leur progrès par rapport aux objectifs établis pour le système (Bell 1983), il est tout aussi juste de contrôler le succès d'une loi pour voir si les objectifs sont atteints, que de contrôler, disons, les éléments écologiques d'un système, tels que les tendances au changement du nombre d'éléphants ou de l'étendue boisée par rapport aux objectifs d'un programme d'abattage. En fait, étant donné qu'environ 90% du personnel des autorités africaines pour la

nature est employé sur le terrain pour des travaux gestionnaires se rapportant à l'application des lois, et qu'une partie majeure de l'application des lois concerne une espèce aussi grande et charismatique avec des trophées précieuses que sont les éléphants (Cumming, Martin & Taylor 1984), il est d'importance primordiale que le contrôle de cet élément du système reçoive une priorité exceptionnelle de la part des gestionnaires de la nature. Le but principal de ce chapitre est donc d'insister sur la nécessité d'instaurer un système de contrôle pour surveiller le succès des activités pour l'application des lois dans les régions protégées d'Afrique, pour s'assurer que les investissements sont d'une bonne valeur/prix. À l'aide d'une étude spécifique, ce chapitre émet des suggestions sur la façon de réaliser ces contrôles, et discute quelques résultats importants de quelques études qui ont été faites dans ce domaine. Ceci n'est pas une nouvelle requête, la première datant d'il y a une dizaine d'années (Bell 1986a), mais une requête qui n'a malheureusement pas été satisfaite (Dublin & Jachmann 1992; Leader-Williams & Albon 1988; Leader-Williams, Albon & Berry 1990).

16.2 LES LOIS ET L'ÉLÉPHANT D'AFRIQUE

L'éléphant d'Afrique lance un défi particulier aux législateurs, qui visent à concilier une grande variété d'intérêts humains, sans parler des 'intérêts' des éléphants eux-mêmes. Les éléphants sont une provocation, car eux et leurs produits

attirent l'attention de beaucoup de gens, du fermier au chasseurs pour la viande et l'ivoire, sculpteurs et utilisateurs de l'ivoire, chasseurs touristes et touristes venant voir la faune sauvage. Jusqu'au scientifiques et conservateurs. Cependant, la perception qu'ont tous ces différents groupes, des éléphants varie grandement, et est faite d'un mélange complexe de motifs, allant de 'l'avidité' à la 'noblesse' et de l'intolérance à la sentimentalité. Pour un fermier local il s'agit de trois tonnes de viande qui peuvent détruire la récolte annuelle de maïs. Pour les chasseurs, sculpteurs et acheteurs d'ivoire c'est une source de revenu, et un produit de grande beauté, de solidité et de prestige. Pour un touriste, qu'il soit chasseur ou visiteur, l'éléphant est un trophée à emporter par le fusil ou la photo. Pour un scientifique, l'éléphant est une espèce pourvue d'une haute intelligence, ayant un système social dont l'étude est fascinante. Et il y a encore toute une étendue de problèmes moraux et éthiques qui se présentent quand il s'agit de décider si les éléphants doivent être utilisés et abattus, ou entièrement protégés et laissés en paix, ou autorisés à endommager la vie et la propriété humaines. De telles questions suscitent différentes réponses parmi différentes personnes, dont l'une peut avoir tout autant raison que l'autre.

Quel que soit l'intérêt des différents groupes, en règle générale l'expansion des populations humaines cause le remplacement de la faune sauvage et de ses habitats, et tout spécialement les espèces larges ayant une longue vie. De ce fait, des lois écrites nationales pour la protection de la nature ont existées depuis des centaines d'années dans certains pays, tandis que des lois internationales pour la protection de la nature n'ont été instaurées que plus récemment. Cependant, dans le cas des éléphants d'Afrique, les deux se sont développées presque simultanément, et les lois écrites nationales pour la protection de la nature datent de l'ère coloniale et dans certains cas, résultent d'un traité international, la soit-disant "Convention Africaine" qui a encouragé les états africains ayant des sites abritant des éléphants. de prendre des mesures pour conserver leur nature (Lyster 1985). La majorité de la législation en Afrique comporte des règlements pour la protection, la chasse et la capture de la faune sauvage. et les dommages à la vie et à la propriété humaine par ceux-ci, y compris les éléphants. Les lois comportent des clauses pour l'établissement d'autorités de gestion de la nature, de catégories d'aires protégées et d'espèces protégées, et des clauses sur des méthodes, frais, types d'utilisation

et personnes faisant cette utilisation, et des amendes pour ceux qui violent des sections spéciales d'une loi (IUCN 1986). Parmi les lois internationales qui pourraient en théorie avoir un rapport direct ou indirect avec l'éléphant d'Afrique, il y a la "Convention Africaine", qui a eu l'effet catalytique décrit ci-dessus, qui est d'encourager des mesures de conservation nationales, mais manque de nos jours de fonds et d'un bureau pour mettre en vigueur la Convention; et la "World Heritage Convention" qui joue un rôle pour mettre en valeur des aires protégées clés, y compris ceux pour la conservation des éléphants (Lyster 1985). Mais de la plus grande importance actuelle pour les éléphants d'Afrique est la Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction (CITES). En plaçant l'éléphant d'Afrique sur l'Annexe I de CITES en 1989, tout commerce international pour des raisons purement commerciales des espèces, qu'elles soient vivantes ou mortes, et comprenant toutes parties ou dérivatifs identifiables, est maintenant interdit (Broutigam 1991).

16.3 ELEMENTS D'UN SYSTÈME D'APPLICATION DES LOIS

16.3.1 Généralités

Les lois pour la nature, comme il est dit plus haut, se heurtent à beaucoup de problèmes. Pour cette raison un système complet de contrôle de l'application des lois pourrait donc inclure la surveillance du succès de l'application de chaque clause figurant dans les textes des lois, ou de chaque article d'un traité international, et d'évaluer si chaque clause ou article remplit sa fonction. En effet, il serait tout à fait possible d'établir un système de contrôle pour presque chaque clause ou article, en donnant suffisamment de réflexion à la question de l'évaluation des objectifs de cette clause ou de cet article, et en formulant des questions qui réclament une réponse pour préparer un système de contrôle adéquat. En pratique, cependant, les budgets de recherche et de travaux de contrôle des autorités nationales pour la nature et des bureaux des conventions internationales sont limités. Il est donc nécessaire de donner une priorité au contrôle de l'application des lois qui concernent les problèmes principaux de gestion auxquelles sont confrontés les autorités pour la faune et la flore sauvages (Bell 1986b). Il est évident que pour l'éléphant d'Afrique, le problème principal pour les autorités de la faune

et la flore sauvages et les conservateurs internationaux durant ces vingt dernières années, a été la perte d'éléphants pour approvisionner les marchés internationaux en ivoire illégal. Ce chapitre se concentrera donc sur ce sujet. et servira à explorer les principes généraux du contrôle de l'application des lois.

16.3.2 Application des lois et commerce illégal de l'ivoire.

Le commerce d'ivoire consiste en une longue chaîne complexe qui s'étend du chasseur tuant l'éléphant en Afrique jusqu'au commerçant au détail qui vend un produit fini en ivoire un ou deux continents plus loin. Une série toute aussi complexe de lois nationales et internationales tentent de maintenir le commerce d'ivoire dans un cadre légal et à des niveaux acceptables, tandis que différentes autorités essaient de faire respecter ces lois à divers échelons. Ceux-ci comprennent le personnel des autorités nationales de gestion de la nature qui parcourt à pied les aires protégées avec le but de repérer et/ ou arrêter les chasseurs illégaux; la police et le personnel d'unités spéciales qui enquêtent sur le trafic de l'ivoire et les livraisons d'armes à des chasseurs illégaux; le fonctionnaire des douanes qui inspecte les livraisons de et vers son pays pour trouver de l'ivoire illégal; l'inspecteur de la direction de la consommation et de la répression des fraudes qui inspecte des magasins de détail; et la police et les pouvoirs de la justice qui sont responsables pour écrouer et juger ceux qui ont violé la loi. Le succès de ces efforts d'application des lois peut être contrôlé à tous ces différents échelons, à condition qu'il y ait suffisamment de coopération de la part des autorités judiciaires dans des régions parfois névralgiques, et à condition que l'on dispose de suffisamment d'imagination pour établir des protocoles d'enregistrement de données et pour analyser les résultats d'activités qui sont de par leur nature illégales et discrètes. Avant de donner des exemples de contrôle des activités d'application des lois à différents échelons de la chaîne ou par rapport à différents éléments de la législation, nous parlerons de quelques principes fondamentaux de contrôle de toute activité d'application des lois.

16.3.3 Enregistrement de données et mesure de l'effort

Pour être utile, les activités d'application de la loi devraient être contrôlées au moyen de données

recueillies rigoureusement et consciencieusement. Pour chaque unité chargée de faire respecter la loi ou chaque patrouille anti-braconnage, il faudra charger un membre du personnel de recueillir les données. Il est indispensable que la personne recueillant les données ait une formation adéquate, que des chefs de service puissent guider le personnel qui recueille des données en participant régulièrement à des opérations et expéditions, et que des comptes rendus adéquats soient réclamés à la fin de chaque opération ou expédition par les chefs de service et/ou le personnel de recherche et de contrôle, qui révise et analyse les données. Il serait indiqué que le personnel recueillant les données soit encouragé à noter toutes observations ayant de l'intérêt et de l'importance. Ces indications supplémentaires devraient constituer un élément vital du compte rendu à la fin d'une opération ou d'une expédition. Un dernier point important est que le personnel en charge d'appliquer les lois devrait être à son tour informé des données recueillies, après analyse et quand elles seront présentées en diagramme ou format géographique. L'utilisation de plus en plus répandue de micro-ordinateurs fournit un excellent outil pour établir un lien interactif entre le personnel en charge de l'application des lois, le personnel de recherche et le personnel de contrôle, de telle manière que le travail de chacun puisse être amélioré.

Les priorités des différents aspects de l'application des lois peuvent changer de temps en temps. que ce soit consciemment ou non. Tout contrôle du succès des activités d'application des lois devrait être régi par deux réflexions fondamentales. D'abord, il est nécessaire d'avoir des catégories standard pour tous les documents concernant les activités d'application des lois. Pour les patrouilles à pied dans les aires protégées, ces catégories pourraient inclure des repérages d'animaux vivants, découvertes de carcasses, rencontres avec des personnes et chasseurs illégaux ou signes de leurs activités, nombre de chasseurs illégaux arrêtés ou saisies d'ivoire illégal exprimées en nombre et poids des défenses. Ensuite, il est indispensable de mettre toutes les catégories standard face à une mesure d'effort d'application des lois (Bell 1986a). La mesure de l'effort variera selon le type de l'activité d'application des lois, et selon le degré de complexité que ceux qui effectuent le contrôle désire avoir ou désire imposer au personnel recueillant les données. Pour les patrouilles à pied dans les aires protégées, l'effort pourra se mesurer en tant qu'unités de surface et de temps. par exemple le nombre de journées de patrouille par 100km² par mois. Par contre, dans le cas des

saisies aux frontières internationales, l'effort pourra se mesurer en unités de temps. par exemple le nombre de transports fouillés par mois.

En respectant ces deux principes fondamentaux, il sera possible de développer un tableau de prise par unité d'effort. Un tel tableau est une mesure beaucoup plus valable du succès des activités d'application des lois que des mesures de catégories ne comportant pas de mesures de l'effort fourni. Pour donner un exemple simple (Tableau 16.1), si le double des chasseurs illégaux ou le double de l'ivoire sont saisis dans une année comparé à l'année précédente. qu'est-ce que cela veut dire? Très peu, à moins d'avoir une certaine mesure de l'effort. Mais si l'on sait que le double des braconniers ou le double de l'ivoire a été saisi avec la moitié de l'effort comparé au double effort, alors les résultats ont plus de sens du fait d'être exprimés en tant que prise par unité d'effort (Tableau 16.1). Dans le premier scénario, il y a eu une augmentation sur le tableau, tandis que pour le deuxième, le nombre plus grand de prises semblerait être dû à la seule augmentation de l'effort.

Bien qu'apparemment très simple et peut-être même abstrait, le raisonnement de ces deux exemples hypothétiques ne devrait pas être pris à la légère, ainsi que nous allons maintenant l'expliquer selon un exemple de la vie réelle. Ainsi qu'il est dit plus haut, une des parties principales de la législation internationale concernant les éléphants d'Afrique, est le CITES, et une des activités majeures qui devrait être contrôlée pour

voir si l'application des lois atteint son but, est l'inscription des éléphants sur l'Annexe I de CITES en 1989. Mais quand le temps était venu de poser la question "l'interdiction a-t-elle fonctionné?" pour envoyer des délégués à la Conférence des Parties de CITES en 1992 avec l'évidence scientifique afin de leur permettre de prendre une décision concernant le vote pour la continuation de l'interdiction, il était pratiquement impossible de fournir cette évidence. Des visites à six états ayant des sites d'éléphants ont révélé une pénurie de données utiles, en particulier par rapport à l'effort fourni (Dublin & Jachmann 1992). Il n'était donc pas possible de fournir des données faisant ressortir l'effort accru fait pour appliquer les lois dans les aires protégées des différents états, en comparaison avec les effets de l'interdiction elle-même. Il en ressort que malgré toute la recherche faite à ce jour sur les éléphants. les informations nécessaires pour contrôler le succès d'une telle action de gestion importante qu'est l'interdiction du commerce de l'ivoire, ne sont tout simplement pas recueillies dans la grande majorité de régions clé de conservation (Dublin & Jachmann 1992). Ainsi que l'explique ce chapitre, dans quelques années et à l'approche de la Conférence des Parties de CITES en 1994, il est difficile de s'imaginer que le contrôle de l'application des lois se soit amélioré à travers le continent, et qu'une meilleure réponse puisse être donnée en 1994 qu'en 1992. Cependant, il est possible d'établir des systèmes simples pour contrôler les activités importantes d'application des lois, ainsi que le démontre l'étude de cas suivants.

Année	Captures (C)	Scénario I Effort (E)	C/E	Scénario 2 Effort	C/E
1	100	50	2	50	2
2	200	25	8	100	2

Tableau 16.1: Exemple hypothétique des nombres de captures, disons de chasseurs illégaux ou de nombres de défenses. comparé à différents degrés d'effort, disons de jours de patrouille ou nombres de recherches entreprises. Les indices de captures par unité d'effort ont été calculés pour deux scénarios d'effort, afin de montrer que le double de captures en année 2 doit être interprété avec précaution, à moins que des mesures d'effort sont disponibles.

¹Depuis que ce chapitre a été écrit, une étude plus approfondie sur l'effet de l'interdiction du commerce de l'ivoire a été menée (Dublin *et al* 1995). Comme dans l'étude précédente (Dublin & Jachmann 1982), les résultats ont été basés sur des données peu abondantes et incohérentes, et étaient donc peu concluants (Dublin *et al.* 1995). Le message de ce chapitre, donc, reste le même.

16.4 ETUDE DE CAS À LUANGWA VALLEY, ZAMBIE

Au début de 1980, il restait à Luangwa Valley, Zambie une des plus grandes populations d'éléphants en Afrique, et des travailleurs en conservation ont dépensé de grosses sommes d'argent pour tenter de sauver la population d'éléphants de Luangwa d'une exploitation illégale. Des patrouilles anti-braconnage faisant des travaux de routine d'application des lois étaient utilisées pour contrôler leurs propres succès (Leader-Williams *et al.* 1990). Les patrouilles anti-braconnage couvraient six régions de surfaces différentes de 1979 à 1985. Elles patrouillaient tous les mois de l'année et étaient de tailles et de durées différentes. À part les fonctions d'application des lois, les patrouilles tenaient également des registres de repérages d'animaux, découvertes de carcasses, arrestations de délinquants à tous les niveaux d'activité illégale pendant 1979-85. En effet, les données des patrouilles à pied entreprises par les gardes du Game Department indiquaient des nombres d'éléphants à Luangwa Valley pendant 1947-69. Le taux de rencontre par journée effective de patrouille servait d'unité standard de l'effort de patrouille, mettant ainsi les taux de rencontre en équivalence avec les indices "prise par unité d'effort". Pour chaque journée de patrouille à pied, un éclaireur était en charge d'enregistrer les rencontres. Les données recueillies par un éclaireur peuvent aboutir à un registre précis des événements (Bell 1986a), et les éclaireurs évitaient d'enregistrer des informations quand ils étaient dans le doute au sujet de la précision de leurs repérages. Les données suivantes ont été recueillies:

- 1) Repérages de troupeaux d'éléphants et/ou d'éléphants;
- 2) Nombres de crânes d'éléphants, intacts et ayant les trophées hachés par des braconniers, comme indice des proportions d'éléphants mourant par suite de mortalité naturelle et de braconnage;
- 3) Nombre total de braconniers rencontrés, comme indice d'activité illégale simultanée;
- 4) Camps, abris temporaires faits de branches coupées et feux de camps, comme indice rétrospectif d'activité illégale récente;
- 5) Carcasses fraîches, carcasses d'éléphants couvertes de chair trouvées avec les trophées hachés, qui fournissaient un indice d'activités illégales très récentes et fructueuses repérables d'une certaine distance (en cherchant des vautours), mais confirmées directement;
- 6) Temps effectif passé par chaque éclaireur à des patrouilles à pied pour des unités anti-braconnage (Bell 1986a). Les durées des patrouilles étaient comptées en nombre de jours passés par les éclaireurs en patrouille à pied dans la brousse, loin des véhicules;
- 7) Les délinquants étaient pris soit par des patrouilles à pied, soit par des patrouilles motorisées. Un grand nombre de délinquants, d'armes et de trophées ont été arrêtés ou saisis et ramenés au quartier général pour inculpation et confiscation. Les délinquants étaient interrogés pour fournir leurs noms, village et territoire de leur chef, et toutes autres informations. Les délinquants étaient classés selon une ou deux catégories, selon qu'ils chassaient les éléphants ou les rhinocéros, ou qu'ils possédaient de l'ivoire ou des cornes de rhinocéros, ou ils possédaient uniquement des trophées tel que de la viande ou des peaux d'autres animaux;
- 8) Les armes étaient classées comme automatiques (y compris semi-automatiques), fusils, mortier et fusils de chasse. Le nombre de trophées (défenses) saisis par chaque gang était également enregistré.
- 9) Les punitions infligées à chaque délinquant étaient notées, pour déterminer si le minimum de peines prescrites par la loi étaient appliqués et si une différence était faite entre le crime sérieux de braconnage d'éléphants et d'autres braconnages. En d'autres termes, la justice aidait-elle la conservation des éléphants?

Des patrouilles motorisées étaient faites pour différentes raisons: 1) pour pourvoir une partie d'un gang qui s'était échappé après avoir été repéré par une patrouille à pied; 2) après avoir

reçu des informations sur la possession illégale de trophées à l'index ou la possession d'armes non enregistrées; 3) sur une base irrégulière, généralement en établissant des barrières de route à des points stratégiques sur les artères principales. Les délinquants arrêtés et les armes et trophées saisis étaient classés par catégories selon les indications des patrouilles à pied. Parmi les délinquants arrêtés pendant les patrouille motorisées il y avait aussi bien ceux qui s'étaient échappés des patrouilles à pied que ceux possédant de l'ivoire ou des cornes de rhinocéros illégalement, sans avoir eux-mêmes participé à des braconnages dans les parcs nationaux.

Il est évident que d'autres données peuvent être recueillies régulièrement, par exemple les poids de tout l'ivoire saisi ou trouvé, l'âge de tous les éléphants trouvés, autres signes d'activité illégale et des détails supplémentaires sur les carcasses, des mesures plus sophistiquées d'effort fourni, et ainsi de suite. Or, la fonction principale du personnel veillant à l'application des lois est de patrouiller, plutôt que de recueillir des données. Il faut donc arriver à un compromis, afin que le personnel en charge de l'application des lois ne

soit pas accablé par la nécessité de recueillir des données, ce qui serait au détriment de leur activité principale.

Toutes ces données ont été inscrites sur des feuilles de données standard, dont nous montrons des exemples au Tableau 16.2 La feuille de patrouille (Tableau 16.2a) avait des colonnes qui pouvaient être remplies journalièrement par des élaieurs pendant la patrouille. Les totaux des colonnes étaient alors calculés à la fin de la patrouille. Les données de ces feuilles étaient entrées sur ordinateur en fin d'analyse. Le total des personnes arrêtées était fait sur une feuille d'arrestations (Tableau 16.2b), au retour de la patrouille, pour fournir des données sur les origines et les détails des délinquants, et des condamnations prononcées contre eux par la suite. Les informations recueillies pouvaient être utilisées immédiatement sur le terrain pour examiner les tendances en nombre d'animaux et en activités illégales en prenant la moyenne de la prise par indices d'unité d'effort. Cependant, pour une analyse formelle publiée ultérieurement dans un journal scientifique, il a fallu une analyse statistique complexe, étant donné que les données

a) FEUILLE DE PATROUILLE

APU: 1 Patrouille N 25/84

Région: SLNP Centre

Date de: 21.04.84 Date à: 25.04.84 Journées de patrouille effectives: 5

Jour	Troupeaux éléphants	Nombre éléphants	Crânes hachés	Crânes intacts	No. gangs	Grandeur gangs	No camps	Carcasses fraîches	Braconniers capturés	Armes éssaisi	Ivoires éssaisi	Ivoires trouvés
1	1	8	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2	3	25	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
3	4	-	NR	-	-	-	-	-	-	-	-	2
4	-	-	-	-	1	8	2	-	3	1SA	4	-
5	2	12	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Les totaux*10		NR	6	1	1	8	1	2	3	ISA	4	2

Les totaux* pour la patrouille sont alors disponibles pour l'analyse et mises en ordinateur d'après les feuilles de terrain.

Nom	Date de l'arrest.	Patrouille	Village	Chef	Délit	Arme	Trophées	Date de sentence	Sentence
Kaunda Bwalya	24/4/84	25/84	Chitenge	Mpika	Hunting	Semi-	-ivories	25/8/84	Prison :1yr
Solomon	24/4/84	25/84	Chitenge	Mpika	Carrier			25/8/84	Fine: K500

Tableau 16.2: Exemples de feuilles de patrouilles et d'arrestations convenant à recueillir des données standardisés sur les activités d'application des lois.

sur les indices de repérages contenaient beaucoup de zéros et étaient de ce fait nommées "faussées", et il fallait faire des corrections pour des patrouilles de durées différentes et à des saisons différentes. Il serait futile d'entrer plus en détail ici, et plus de renseignements en d'autre lieu (Leader-Williams *et al.* 1990). Quelques résultats de l'étude peuvent être décrits et tous les indices des chiffres sont exprimés comme s'il s'agissait de nombres de repérages pendant une patrouille de sept jours effectuée par quatre élaieurs en saison humide.

En utilisant des repérages faits par les patrouilles, les tendances en nombre d'éléphants ont montré une augmentation de 6% par an de 1947 à 1969. Le taux général de réduction, cependant, était de 12% par an de 1979 à 1985, après une augmentation rapide du prix de l'ivoire sur le marché mondial (Fig. 16.1). Les tendances d'une diminution de repérages d'éléphants obtenues ainsi, correspondaient aux méthodes précises de comptages d'éléphants par l'air, ce qui indiquerait que les méthodes utilisées auraient une certaine

valeur comme moyen d'établir des tendances de changements de population. Cette diminution du nombre total des éléphants était nettement due à des activités illégales, car la plupart des crânes n'avaient plus de trophées. Cependant, les éléphants ont augmentés dans certaines régions de Luangwa Valley en raison des immigrations (Fig. 16.2).

Malgré une forte diminution du nombre d'éléphants, les unités chargées de l'application des lois travaillaient avec motivation et succès pour capturer des délinquants en Luangwa Valley de 1979 à 1985 (Fig. 16.3). Presque tout le personnel des unités anti-baconnage a passé à peu près la moitié de chaque mois en patrouille à pied sous des conditions difficiles. Les délinquants capturés par les patrouilles à pied ont fourni des informations qui ont permis d'effectuer des patrouilles motorisées avec plus de succès (Fig. 16.4). Les arrestations ont été faites de façon économique, et environ 40% des frais ont pu être récupérés grâce à l'ivoire trouvé et saisi. Les délinquants mêlés dans des activités illégales

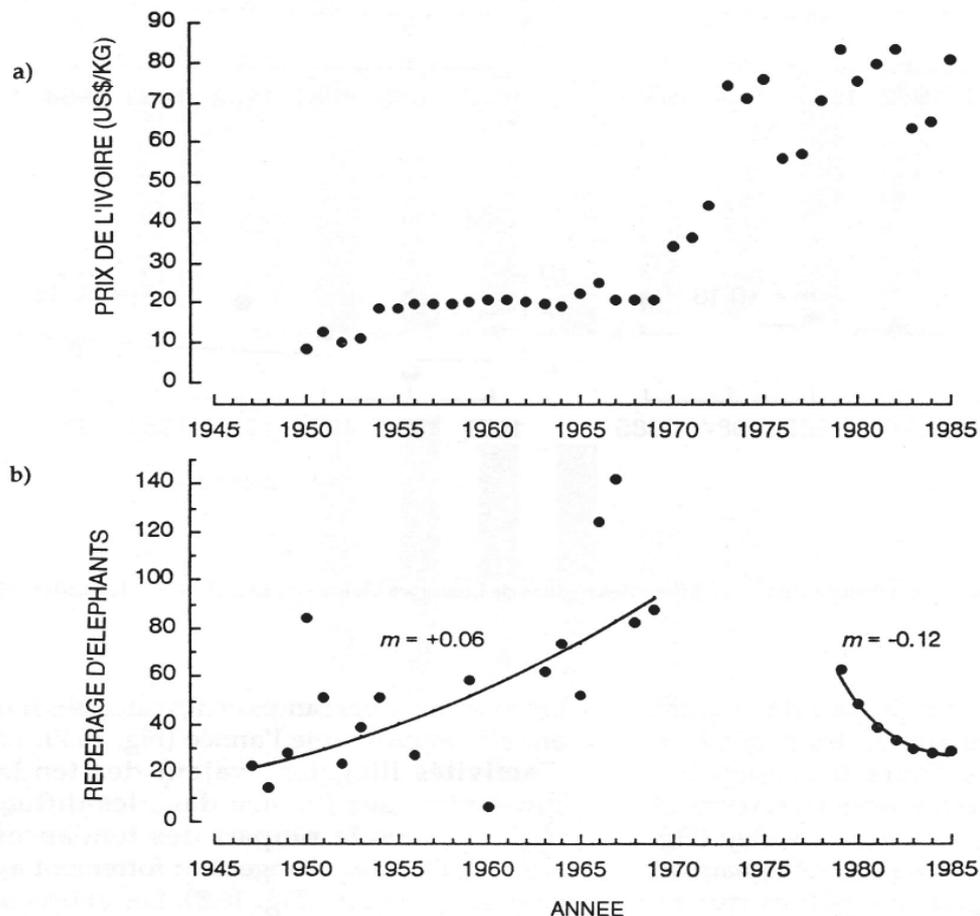


Fig. 16.1: Relation entre la valeur de l'ivoire et l'abondance d'éléphants à Luangwa Valley, indiquée comme: (a) le prix de l'ivoire (en US dollars par kg) importé au Japon pendant 1950-1985; (b) repérages d'éléphants sur la rive ouest de la rivière Luangwa pendant 1947-69 et 1969-85 (de Leader-Williams *et al.* 1990).

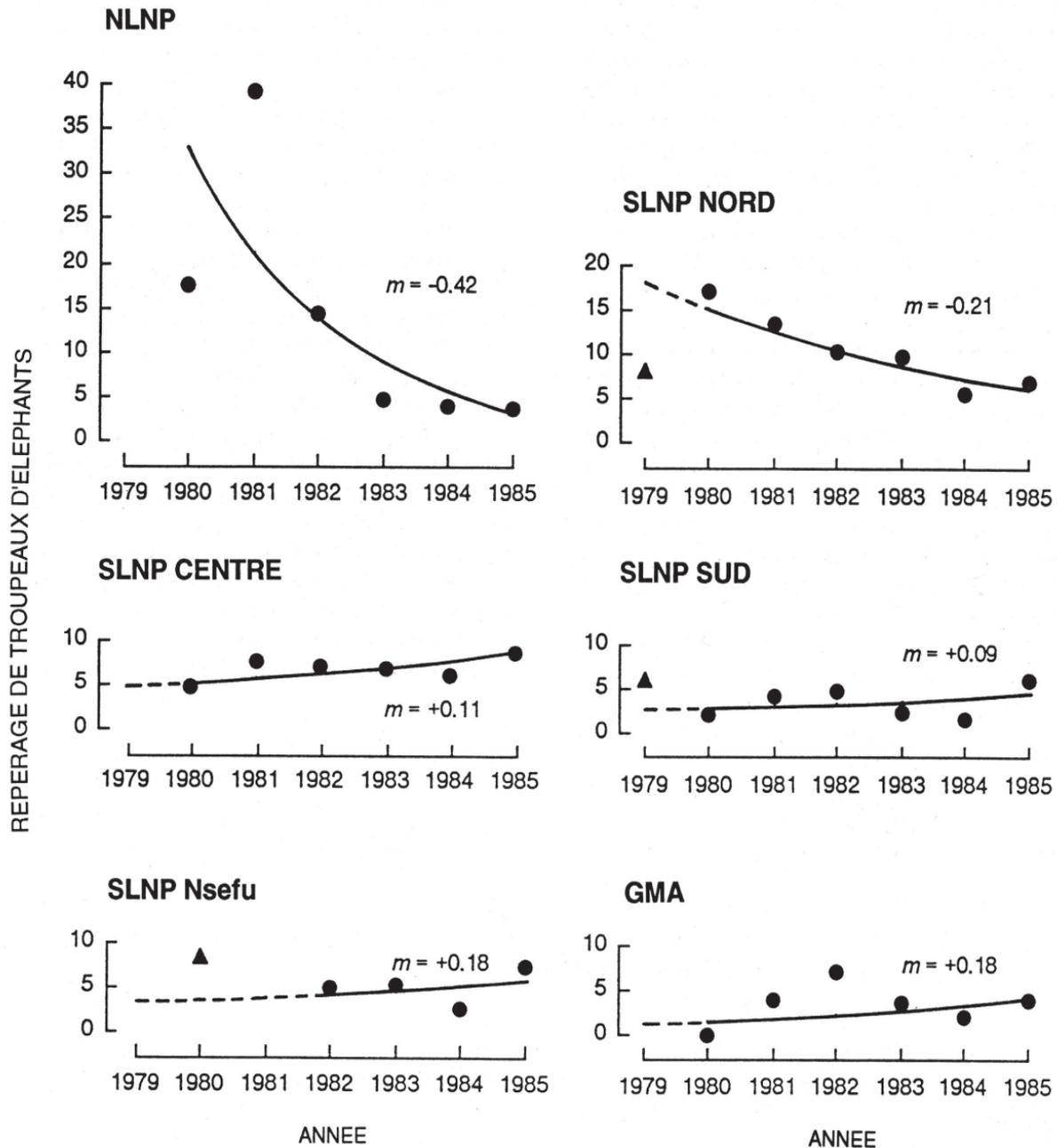


Fig. 16.2: Changements en abondance d'éléphants dans différentes régions de Luangwa Valley pendant 1979-85 (de Leader-Williams *et al.* 1990).

moins graves venaient de la plupart des régions de Luangwa Valley. Par contre, les gangs bien organisés et ayant des armes sophistiquées, exploitant les éléphants et les rhocéros, venaient de régions en dehors de Luangwa Valley (Fig. 16.5). Les délinquants exploitant des éléphants et des rhinocéros ont reçu des peines qui ne respectaient pas les lois de la faune sauvage (Fig. 16.6).

Des signes d'activités illégales, tel que les

braconniers, leurs camps et des carcasses fraîches, ont été trouvés toute l'année (Fig. 16.7). Les cas d'activités illégales avaient des tendances constantes sur l'année dans les différentes régions, mais la plupart des tendances des activités illégales changeaient fortement avec le passage du temps (Fig. 16.8). Les efforts accrus de patrouilles avaient une influence sur les niveaux des activités illégales, avec moins d'activités dans les régions où les patrouilles étaient plus fréquentes (Fig. 16.9). Les braconniers

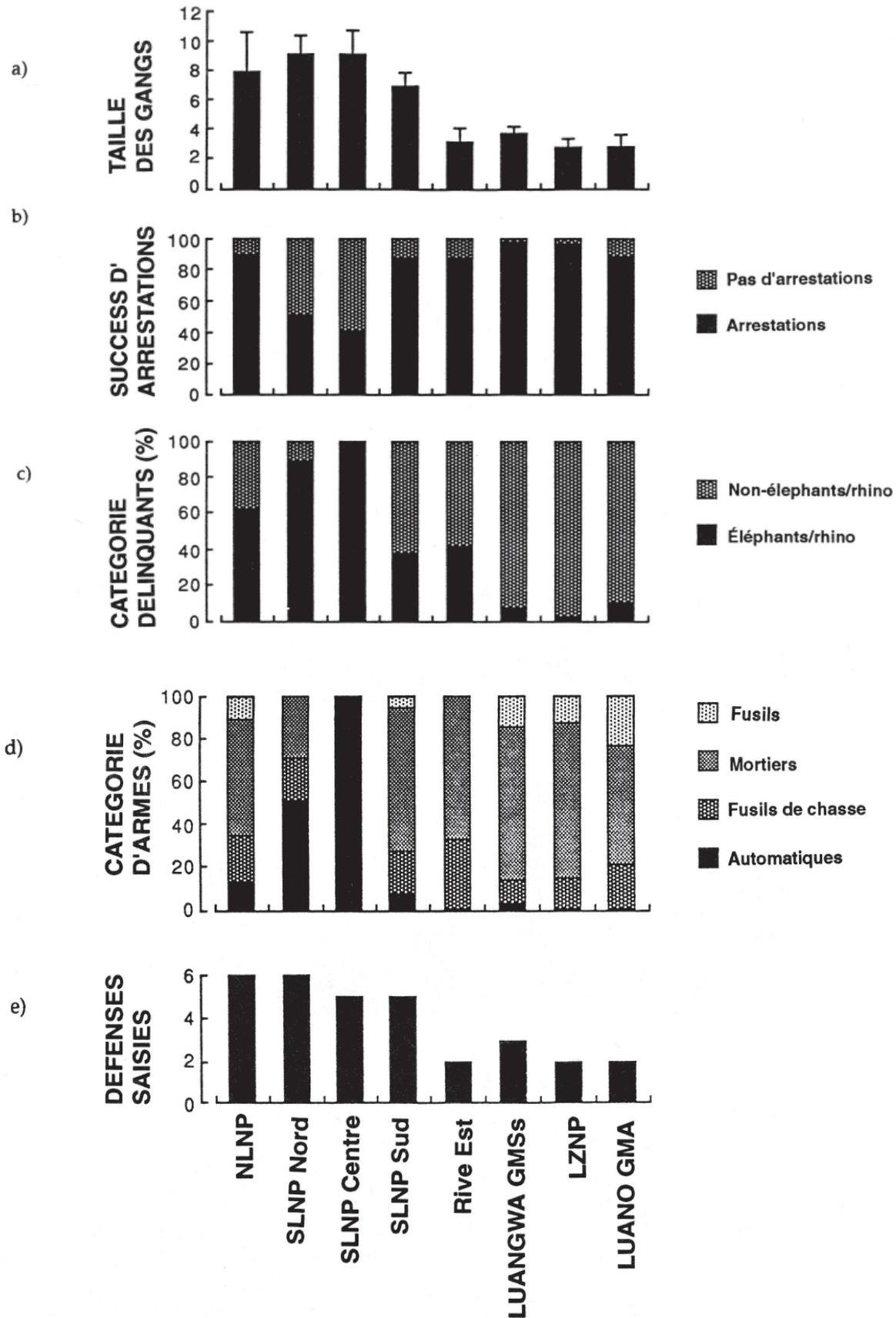


Fig. 163: Les activités de délinquants en différentes régions des vallées de Luangwa, Zambezi inférieur et Luano, indiquées comme: (a) taille moyenne des gangs; (b) proportion de délinquants pour des activités illégales d'éléphants/rhinocéros et autres; (c) proportions de chaque catégorie d'armes saisies; et (d) le nombre moyen d'ivoire récupéré des gangs (de Leader-Williams *et al.* 1990).

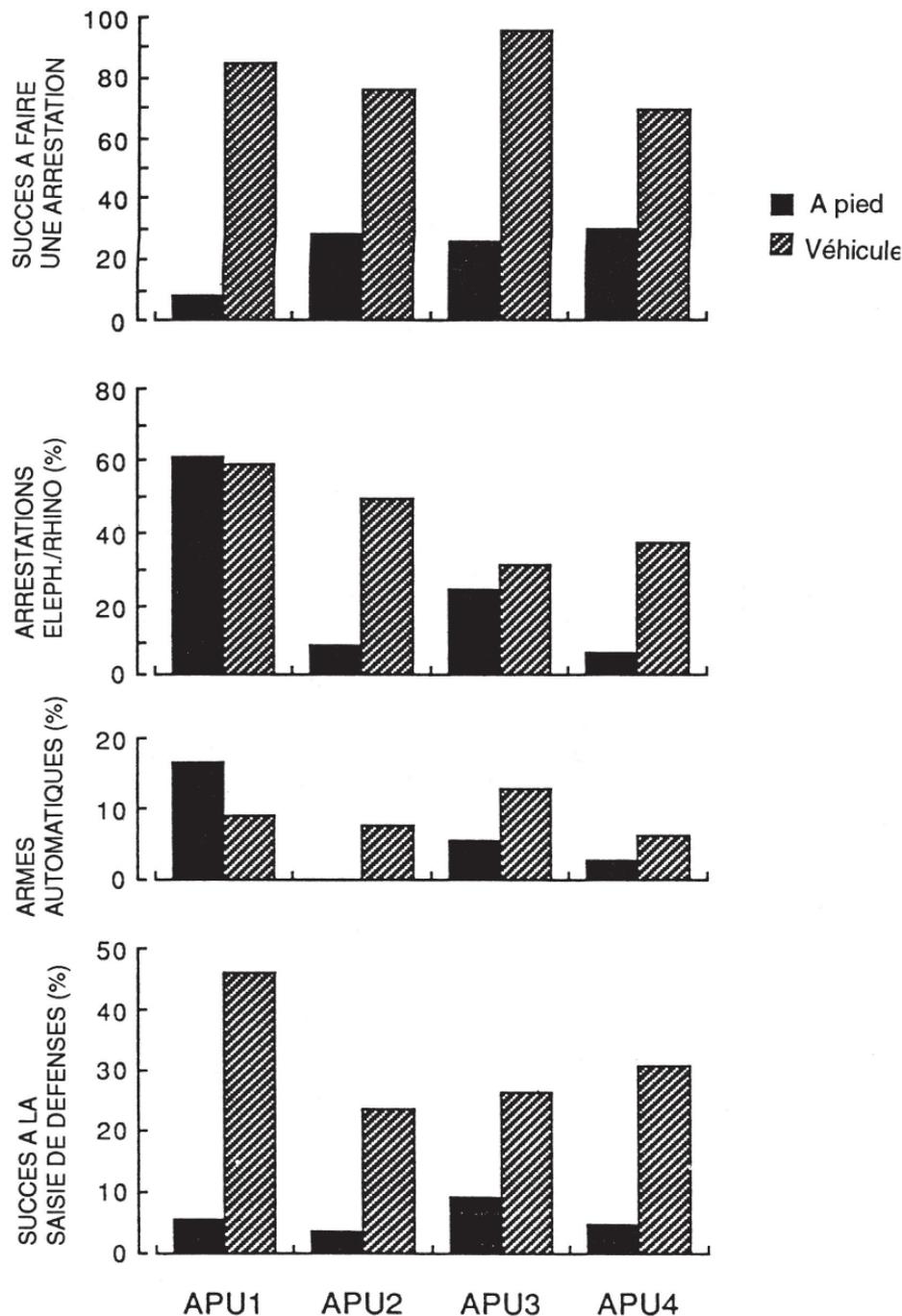


Fig. 16.4: Comparaison des succès d'arrestations et de saisies d'armes et de trophées, en patrouille à pied et en voiture par différentes unités d'anti-braconnage (de Leader-Williams *et al* 1990).

et les camps se voyaient moins dans des régions de patrouilles fréquentes, bien qu'il y ait eu relativement plus d'éléphants. On trouvait moins de carcasses fraîches là où le nombre d'éléphants était moins élevé, mais on trouvait aussi moins d'éléphants dans des régions de patrouilles fréquentes. Les différences en effort de patrouille avaient un rapport direct avec les taux de changements en abondance d'éléphants, et suffisaient pour créer des régions de sécurité relative où il y avait des immigrations locales

d'éléphants (Fig. 16.10).

La conclusion globale de cette étude était que la main-d'oeuvre disponible dans les unités chargées de l'application des lois travaillait avec efficacité pour la capture des braconniers, mais était trop petite pour offrir une protection efficace aux grandes populations d'éléphants sur de telles étendues que Luangwa Valley. Selon les prédictions, le personnel chargé de l'application des lois aurait dû être déployé à des densités

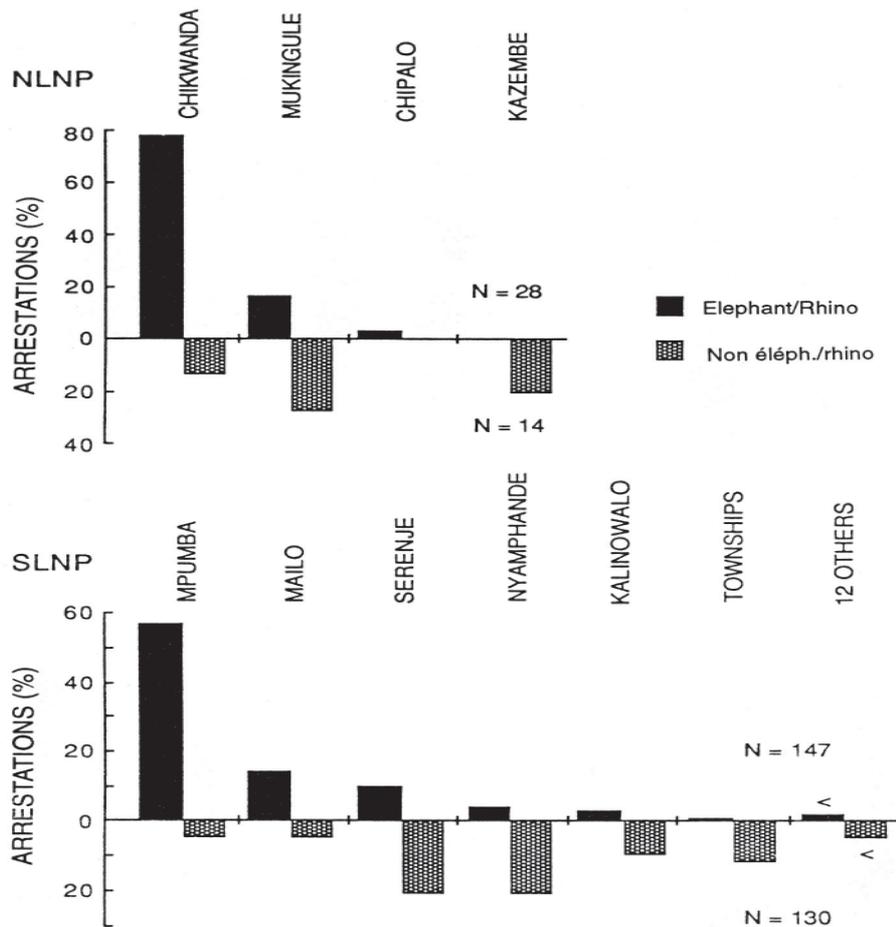


Fig 16.5: Les régions originaires de délinquants éléphant/rhinocéros capturés au Luangwa du nord (NP (NLNP) et Luangwa du sud (SLNP) (de Leader-Williams *et al.* 1990).

efficaces d'au moins un homme par 20km² d'aire protégée pour empêcher la diminution des éléphants (Leader-Williams *et al.* 1990). Ceci équivalait à la dépense de US\$ 215 par km² d'aire protégée en 1981 (Leader-Williams & Albon 1988).

16.5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude de cas décrite ci-dessus révèle des informations importantes se rapportant à un problème de gestion des éléphants important et tire des conclusions qui démontrent que la capacité d'application des lois ne correspond pas aux intentions des règlements et législations actuels pour la nature. Plusieurs événements ont eu lieu depuis que cette étude a été effectuée. D'un côté, la somme de US\$ 215 de 1981 vaut maintenant, dû à l'inflation, US\$ 340. D'autre part, l'éléphant d'Afrique a été inclu dans l'Annexe I de CITES en 1989; et la demande en ivoire semble être tombée à pic en Europe et en Amérique, et

s'est réduite de 50% au Japon. Ceci a pu réduire l'attrait pour les braconniers commerciaux de tuer des éléphants pour l'ivoire dans les aires protégées dans leurs territoires. Cependant, des renseignements provenant des états du sud semblent indiquer qu'il y a encore suffisamment d'attrait pour les braconniers de tuer des éléphants (Dublin & Jachmann 1992). Le fait qu'il ne semble pas y avoir de données exactes pour étayer les effets de l'interdiction de l'ivoire est une triste mise en accusation de la communauté scientifique et des autorités nationales de la faune sauvage. car des appels pour effectuer des recherches appropriées pour les gestionnaires ont été faits depuis beaucoup d'années (Bell 1986b; MacNab 1983). En eff.et, quand de telles recherches sont effectuées, il s'est avéré qu'elles avaient une importance pratique considérable, tout en ayant un grand intérêt pour les académiciens (Leader-Williams & Albon 1988; Leader-Williams *et al.* 1990).

Le système décrit ici pourrait être adapté facilement à différentes situations à travers

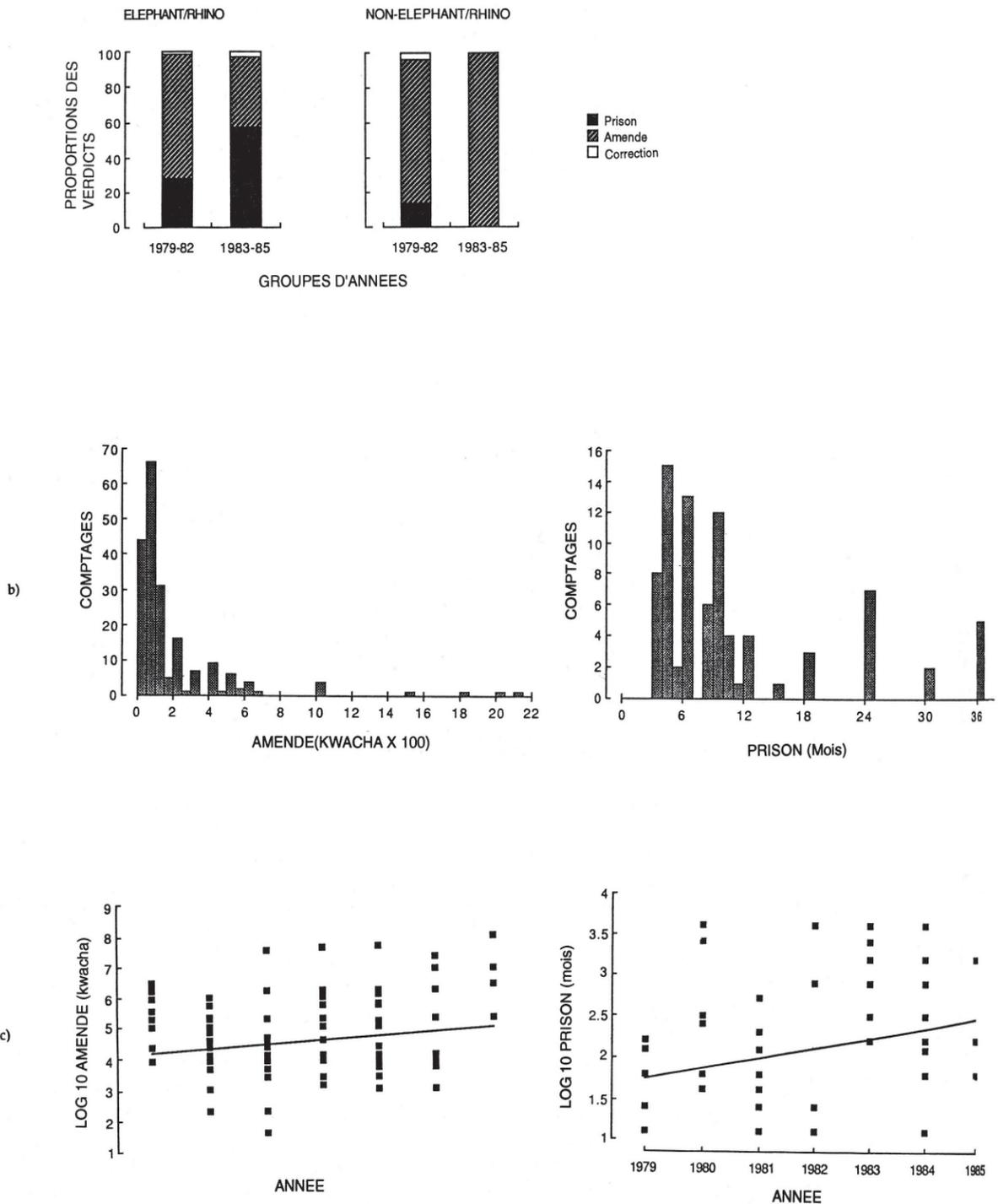


Fig. 16.6: Peines infligées aux délinquants pendant 1979-85, indiquée comme: (a) proportions des différents types de peines infligées à des délinquants d'éléphants/rhinocéros et autres délinquants avant et après un changement de loi en décembre 1982; (b) les distributions faussées d'amendes et de peines de prison comparé à de petites peines; et (c) l'augmentation légère mais significative de l'envergure des peines pendant 1979-85. Aucun de ces changements n'a respecté les lois sur la nature (de Leader-Williams *et al.* 1990).

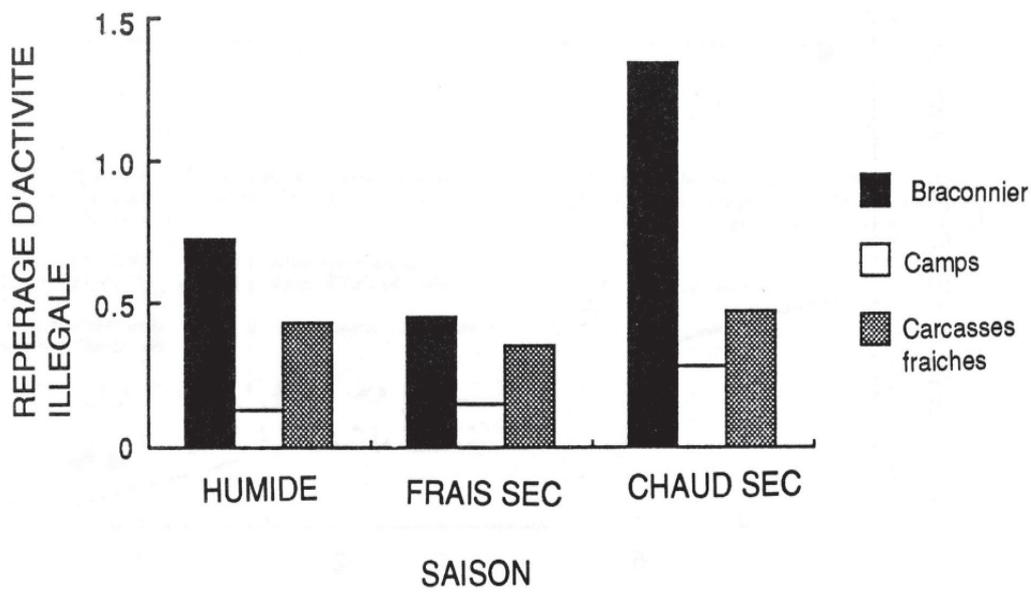


Fig. 16.7: Changements en repérages de chaque catégorie d'activité illégale pendant les différentes saisons de l'année (de Leader-Williams et al. 1990).

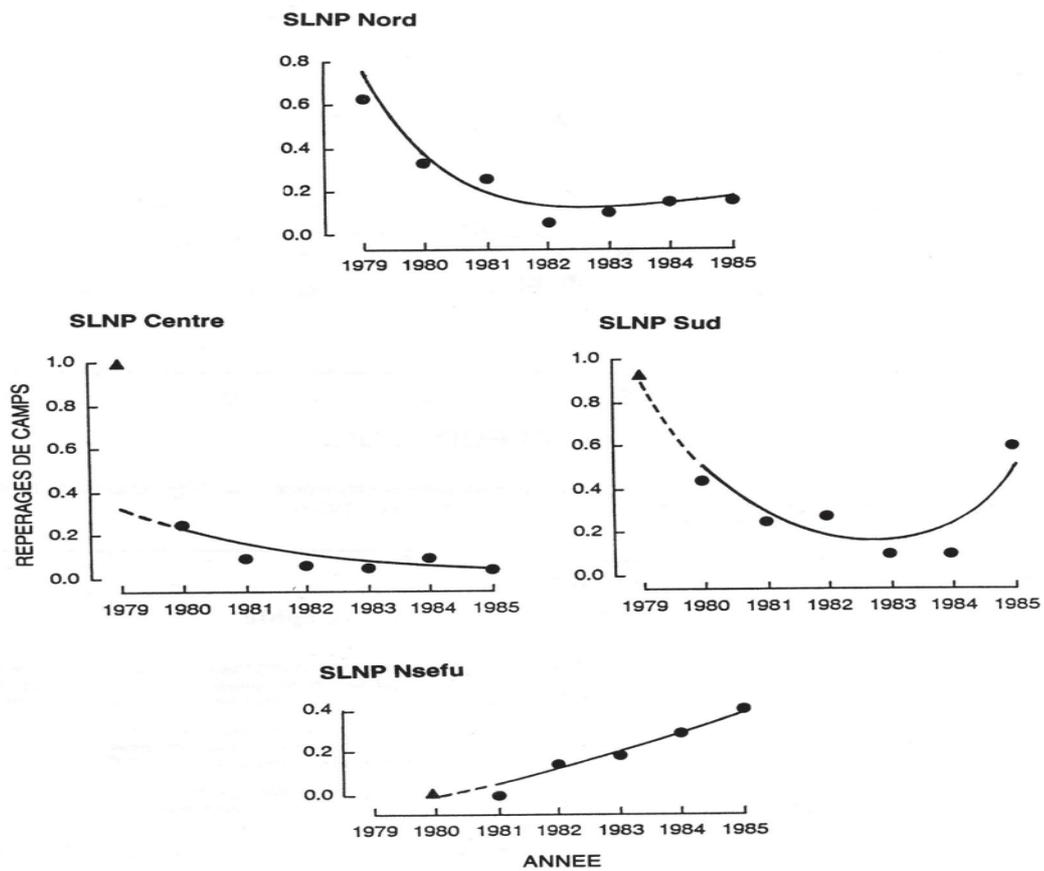


Fig 16.8: Changements en repérages de camps dans quatre régions différentes de Luangwa Valley pendant 1979-85, indiqué comme taux de repérage ajusté comme s'ils avaient été faits par 4 édaiteurs pendant une patrouille de 7 jours en saison humide. (de Leader-Williams et al. 1990).

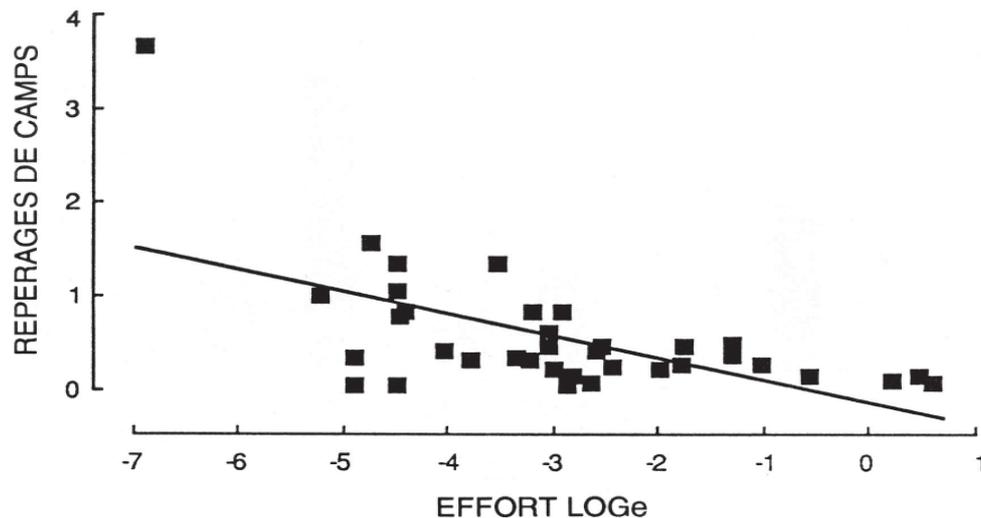


Fig. 16.9: Relation entre camps trouvés et degrés d'effort des patrouilles en différentes régions pendant 1980-85 (de Leader-Williams *et al.* 1990).

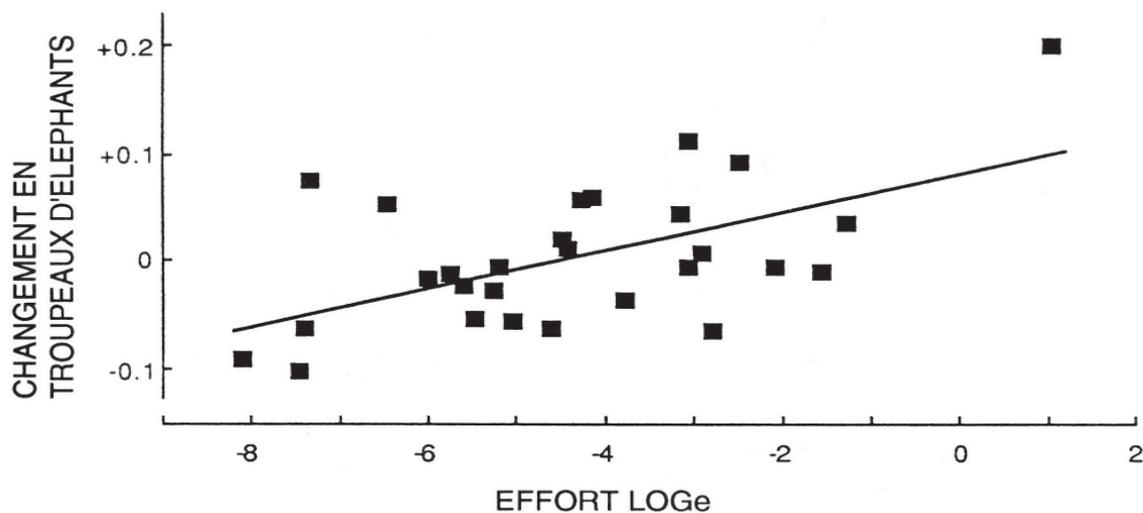


Fig. 16.10: Relation entre changements annuels des taux de repérage de troupeaux d'éléphants et de l'effort des patrouilles en différentes régions pendant 1980-85 (de Leader-Williams *et al.* 1990).

l'Afrique. Ce faisant, il faudra tenir compte des deux nécessités fondamentales mentionnées, c'est-à-dire de recueillir des catégories standard de données, et de mettre ces mesures en rapport avec des mesures de l'effort. Ainsi, dans des forêts tropicales sans système de patrouille établi, il serait possible d'établir un système de contrôle se basant sur le nombre de braconnages signalés comparés au nombre de villageois interngés dans un réseau d'indicateurs. Plus tôt ces méthodes spécifiques de contrôle de l'application des lois et des activités illégales seront instaurées à travers l'Afrique, plus tôt les données seront disponibles permettant d'évaluer de telles actions de gestion importantes comme la mise en vigueur de l'embarge de l'ivoire.

Bibliographie

BELL, R.H.V. (1983) Decision making in wildlife management with reference to problems of overpopulation. *Management of Large Mammals in African Conservation Areas* (Ed. R.N. Owen-Smith), pp. 145-172. Haum, Pretoria.

BELL, R.H.V. (1986a) Monitoring of illegal activity and law enforcement in African conservation areas. In: *Conservation and Wildlife Management in Africa* (Eds. R.H.V. Bell & E. McShane-Caluzi), pp. 317-351. Peace Corps, Washington.

BELL, R.H.V. (1986b) Research priorities: what does management need to know? In: *Conservation and Wildlife Management in Africa* (Eds. R.H.V. Bell & E. McShane Caluzi), pp. 79-91. Peace Corps Washington.

BRÄTIGAM, A. (1991) *CITES: A Conservation Tool*. Trade Specialist Group, Cambridge.

CUMMIG, D.H.M, MARTIN, RB. & TAYLOR, R.H. (1984) Questionnaire survey on the management and conservation of elephant and rhino. *The Status and Conservation of Africa's Elephants and Rhinos* (Eds. D.H.M Cummlng & P. Jackson), pp. 46-62. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland.

DUBLIN, H.T. & JACHMANN, H. (1992) The Impact of the ivory ban on illegal hunting of elephants in sin range states in Africa. WWF International Research Report. WWF, Gland, Swtzentand.

DUBLIN, R.T. MILL.IKEN, T.₁ & BARNES, R.F.W. (1995) Four years after the CITES ban: Illegal killing of elephants, Ivory trade and stockpiles. IUCN/SSC/AESG.

IUCN (1986) African Wildlife Lawn. Intemational Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.

LEADER-WILLIAMS, N. & ALBON, S.D. (1988) Allocation of resources for conservation. *Nature* 336, 533-535.

LEADER-WILLIAMS, N., ALBON, S.D. & BERRY, P.S.M. (1990) Illegal exploitation of black rhinoceros elephant populations: paterns of decline, law enforcement and patrol effort in Luangwa Valley, Zambia. *Journal of Applied Ecology* 27, 1055-1087

LYSTER, S. (1985) *International Wildlife Law* Grotius, Cambridge.

MacNAB, J. (1983) Wildlife management as scientific experimentation. *Wildlife Society Bulletin* 11,397-401.

SECTION 6

LE MANIEMENT DES ÉLÉPHANTS



17^{ÈME} CHAPITRE

COMMENT IMMOBILISER LES ÉLÉPHANTS

Chris Thouless

c/o WWF East African Regional Office
PO Box 62440, Nairobi, Kenya

Environment and Development Group
11 King Edward Street, Oxford OX1 4HT, U.K

17.1 INTRODUCTION

Il est parfois nécessaire d'immobiliser les éléphants pour Certaines raisons, telle que la mise en place de Colliers émetteur ou pour effectuer des procédures vétérinaires. Ces opérations sont dangereuses car les éléphants risquent de blesser des membres de l'équipe de téléanesthésie, ou l'éléphant immobilisé peut mourir sous l'anesthésie. Malgré une préparation et une exécution minutieuses de l'opération, il y aura toujours un risque, et il faut en tenir Compte quand on décide si l'on veut effectuer une certaine opération d'immobilisation. Il ne faudrait jamais entreprendre une opération de téléanesthésie sans que tout le monde réalise qu'il y a un risque Certain de mortalité de l'éléphant.

Il est plus sûre d'envoyer les flèches à partir d'un hélicoptère ou d'un véhicule qu'à pied. Cependant, des réflexions budgétaires ou le type de végétation peuvent indiquer que l'opération soit faite à pied. Dans Ce cas, il est préférable d'utiliser un avion détecteur et/ou une équipe de renfort en voiture. Des opérations effectuées à pied sans renfort, comme il est nécessaire en forêt, comportent un fort degré de risques. Ces risques sont particulièrement élevés dans les régions ayant une végétation dense, quand on veut immobiliser des groupes de familles d'éléphants plutôt que des mâles, et en cas de forte densité d'éléphants.

17.2 PERSONNEL

17.2.1 Equipe de téléanesthésie

a) A pied

L'équipe devrait être constituée de la personne tirant les flèches (en général un vétérinaire), d'un

pisteur/garde ou homme de renfort armé au moins d'une arme lourde. Si on a l'intention de fixer un collier émetteur à l'éléphant. alors un biologiste devrait être présent. Dans ce cas il serait préférable d'avoir un garde supplémentaire. Tous les membres de l'équipe doivent garder la tête froide, pouvoir courir vite, et avoir de l'expérience pour l'approche à pied. Le travail le plus difficile incombe à la personne assurant le renfort, qui doit toujours savoir où se trouvent tous les membres de l'équipe par rapport aux éléphants. Elle doit pouvoir décider si et quand elle doit faire un tir d'avertissement, ou tuer l'éléphant pour protéger d'autres membres de l'équipe. Il est recommandé d'avoir un homme de renfort ayant déjà une expérience à tuer des éléphants.

b) De l'hélicoptère

L'équipe chargée de l'immobilisation devrait être constituée au moins d'un pilote et d'un tireur de flèches, ce dernier sera assis à l'arrière derrière le pilote. La sélection des animaux peut être difficile, car on veut réduire le temps que l'hélicoptère passe près des éléphants. et il n'est pas facile de déterminer l'âge et le sexe des éléphants d'en haut; il serait donc préférable d'avoir une troisième personne, assise du même côté que le tireur de flèches, qui pourra se concentrer sur la sélection de l'animal cible. Des écouteurs et des interphones sont indispensables pour ces personnes afin de rester en Contact avec le pilote. Les appels et les signes de main ne sont pas une manière efficace.

17.2.2 Equipe de renfort

Le rôle de l'équipe de renfort est de porter l'équipement lourd, d'assister à chasser le reste de la famille d'éléphants et de changer la position

de l'éléphant anesthésié, si nécessaire. Si des observateurs, photographes etc. sont présents, il devront rester avec l'équipe de renfort. Des communications radio entre l'équipe de renfort et l'équipe de téléanesthésie sont essentielles.

17.2.3 Equipe de repérage

Les opérations au sol peuvent être rendues beaucoup plus sûres si elles sont dirigées par un avrion de repérage, tel qu'un Piper Supercub. Le pilote devra être à même de faire des virages serrés à petite vitesse au dessus d'un point fixe au sol, pendant un long moment, tenant compte des effets du vent, tout en observant un éléphant au sol. Il est également bon d'avoir un observateur avec de bons yeux et un estomac solide. Idéalement, l'équipe de repérage devrait pouvoir communiquer avec l'équipe au sol par un interphone, plutôt que d'avoir à parler dans un microphone.

17.3 EQUIPEMENT

17.3.1 Equipe de téléanesthésie

L'équipe de téléanesthésie aura besoin de:

- Fusil à flèches et flèches en aluminium avec des aiguilles robustes de 70mm.
- Des fusils appropriés sont décrit dans Bothma (1989)
- Etorphine ('Immobilon' ou M99)
- Spray antibiotique
- Injection antibiotique
- Stimulant respiratoire
- Seringues, aiguilles etc
- Seringues avec antagoniste narcotique (Diprenorphine, "Revivon") et de préférence antagoniste pour usage humain (Naloxone)

Le matériel suivant est uniquement pour l'équipe au sol:

- Jumelles
- Indicateur de vent (une chaussette ou petit sachet en tissus rempli de cendres)
- Miroir signalisateur
- Fusil lourd (.458, .470 ou calibre similaire)
- Radio VHF portable (de préférence avec écouteur) et piles de rechanges
- Habits foncés et chaussures convenables

17.3.2 Equipe de renfort

L'équipe de renfort aura besoin de:

Indispensable:

- Eau en jerrycan
- Radio avec piles de rechange (autant que possible)
- Couteau bien aiguisé
- Bloc-notes et stylos
- Radio VHF
- Stéthoscope et thermomètre

Si l'équipe est en voiture:

- Grosse corde (minimum de 15m)
- Treuil

Pour mettre des colliers émetteur:

- Colliers émetteur
- Boulons pour attacher les colliers
- Morceau de bois
- Foret
- Clés à écrous
- Tournevis
- Récepteur radio

Options:

- Appareil photo et pellicule
- Marqueur
- Mètre à ruban
- Tubes pour le sang
- Bouteilles à échantillon

17.3.3 Equipe de repérage

L'équipe de repérage devra avoir:

- Radio
- Carburant
- Pompe et filtre à carburant
- Médicaments contre mal de l'air (avomine, pris la veille)

17.4 PROCÉDURES DE LOPÉRATION

17.4.1 Préparation

17.4.1.1 Instructions

Avant de commencer l'opération, une réunion s'impose afin de mettre tout le monde au courant. Expliquez clairement quel genre d'animal doit être anesthésié, l'endroit général de l'opération, la durée limite, les conditions spéciales, et l'ordre de commandement.

Il est indispensable que tout le monde soit au courant des procédures à suivre en cas d'urgence, surtout si on a à faire à des éléphants agressifs et en cas d'injection accidentelle d'étorphine. Un membre au moins de l'équipe de télanésthésie, à part le vétérinaire, devrait savoir comment effectuer la réanimation artificielle et l'injection intravéneuse d'un antagoniste narcotique (de préférence Naloxone), et savoir où se trouve les médicaments et les aiguilles.

Il faut instruire les participants non indispensables à suivre les ordres et à ne quitter le véhicule que s'ils en reçoivent la permission. Il ne devront pas suivre à pied l'équipe de télanésthésie. Il faut établir clairement qui est en charge. Il faudra éventuellement partager les responsabilités entre les vétérinaires et les biologistes, mais la sécurité humaine devra avoir la priorité et une personne spéciale devra prendre les décisions à ce sujet.

17.4.1.2 Test radio

Les radios doivent être en état de fonctionnement, et les piles de rechanges chargées pendant la nuit. Il faudra se mettre d'accord sur les procédures de radio et les canaux à utiliser. Les radios devront être vérifiées pour s'assurer qu'on les entend de la distance nécessaire. Si d'autres personnes émettent sur le même canal, il faudra les informer de l'opération en cours et leur demander de ne pas utiliser leur radio. La communication radio doit être disponible entre l'avion et les équipes de télanésthésie et de renfort.

17.4.1.3 Vérification de l'équipement

Vérifier votre liste de contrôle; assurez-vous que tout l'équipement est au bon endroit et que les personnes compétentes savent s'en servir. Assurez-vous qu'il y ait suffisamment de carburant et que vous disposez de suffisamment d'heures de vol pour l'opération en question. S'il faut ravitailler l'avion en carburant, assurez-vous que le carburant, la pompe et le filtre soient à un endroit convenable. Les fusils et les flèches devront être vérifiés soigneusement. Enormément de temps et de ressources risquent d'être gâchés avec des flèches tonlues, cartouches humides etc.

Si l'objectif de l'opération d'immobilisation est de fixer un collier émetteur, assurez-vous que le collier fonctionne et que sa fréquence n'interfère pas avec d'autres émetteurs dans la région. Assurez-vous comment le collier se fixe, et qu'il vous faut l'attacher à l'éléphant.

17.4.1.4 Charger les flèches

Assurez-vous qu'au moins deux flèches soient chargées avec la quantité nécessaire de drogue pour l'animal visé. Il pourra être utile d'emporter une flèche supplémentaire avec une dose partielle. Les flèches doivent être gardées de manière à éviter une décharge accidentelle. Nous recommandons une combinaison d'étorphine pure (8-15mg pour les femelles adultes et 10-18mg pour les mâles adultes) et de hyaluronidase (3000 iu). Des flèches de 3ml sont idéales et le volume de la dose peut être ajusté si une solution de 4,9mg/ml ou 9,8mg/ml d'étorphine est disponible. On peut également utiliser l'immobilon (étorphine et acepromazine), mais la composante sédatrice n'est pas nécessaire. En général, de hautes doses auront une induction, un affaissement (en général latéral) plus rapide et une durée plus longue de l'état couché (sans renversement). L'étorphine produit une dépression respiratoire, mais il y a peu de différence que l'on donne 10mg ou 16mg. Les doses plus petites ont un temps d'induction plus long ou moins de réaction à la drogue, provoquent plus souvent un affaissement sternal, hyperthermie et stress musculaire, mais permettent une respiration plus aisée. La dose utilisée dépendra des circonstances, c'est-à-dire avec quel facilité peut-on atteindre un animal qui s'est déplacé sur 2km pendant la période d'induction de la drogue, mais en général, des doses élevées sont préférables.

17.4.2 Reconnaissance

Si les opérations doivent être effectuées avec un avion de repérage, l'équipe de repérage devra vérifier la direction du vent avant de partir. Elle devra faire un vol de reconnaissance et repérer un groupe adéquat et identifier le meilleur point de départ pour l'équipe de télanésthésie, en tenant compte du fait qu'un troupeau soit en mouvement. Si c'est faisable, le mieux serait d'atterrir et d'en discuter avec l'équipe de télanésthésie. Il serait utile qu'un membre de cette équipe vienne en observateur sur ce vol initial.

17.4.3 L'approche

L'équipe de télanésthésie devrait s'approcher d'une distance entre 200m à 1km, restant proche d'un de l'autre en vérifiant continuellement la direction du vent. Les véhicules ne devront pas trop s'approcher des animaux pour ne pas les déranger. A ce stade de l'opération, l'avion devrait planer au dessus, indiquant la distance et la direction du troupeau. Il devrait voler assez haut en faisant de larges cercles pour ne pas

déranger les animaux. Quand l'avion passera derrière les éléphants, en ligne avec l'équipe de téléanesthésie, le pilote devra dire "En ligne maintenant distance X mètres". Un membre de l'équipe de téléanesthésie devra porter un miroir et clignoter vers l'avion pour s'assurer que l'équipe dans l'avion sache où se trouve l'équipe au sol.

À la fin de l'approche, le volume de la radio devra être baissé et la communication entre les membres de l'équipe de téléanesthésie devra, si cela est possible, se faire par signaux de la main. Avertissez-vous par des sons neutres (par exemple en claquant des doigts, en sifflant doucement) plutôt qu'en interpellant. Continuez à vérifier la direction du vent. Quand vous serez en vue des éléphants, l'équipe de repérage ne devra plus communiquer qu'en cas d'urgence.

S'approcher sans avion demande une grande expérience de pistage. Il est essentiel d'être sur ses gardes, surtout s'il y a plus d'un groupe d'éléphants dans la région.

17.4.4 Sélection de l'animal et immobilisation

a) A pied

Il est important de ne pas précipiter quand on aperçoit les éléphants. Si l'on immobilise des femelles pour attacher des colliers émetteurs, il vaut mieux en choisir qui n'ont pas de jeunes, ou des femelles chef de famille. Un éléphant qui se tient près de sa mère risque d'être écrasé quand elle tombe, et la mort accidentelle d'une femelle aura comme résultat un orphelin trop jeune pour survivre seul. Si possible, il est préférable de choisir un animal ayant des caractéristiques distinctes pour faciliter la tâche de l'équipe de repérage. Il peut être extrêmement difficile de distinguer le sexe et de voir si une femelle a un petit, étant donné que dans la brousse dense on ne voit souvent que les dos des éléphants. En végétation très dense il est souvent préférable de se retirer un moment et attendre que les éléphants se trouvent dans une zone plus dégagée.

Si les éléphants commencent à venir vers l'équipe de téléanesthésie, celle-ci devra se retirer tranquillement, sachant que si les éléphants croisent leur piste ils risquent d'être perturbés. Le danger principal dans une opération d'immobilisation est que l'éléphant charge. Ceci arrive le plus souvent quand une femelle a vu l'équipe. Si elle ne détecte que l'odeur humaine, le troupeau, en général, s'éloignera; si elle voit un mouvement suspect sans odeur, elle ne fera

probablement rien, mais soyez extrêmement vigilant, et elle continuera de regarder dans la direction des gens. Quand une femelle chef de famille a été alertée de la sorte et détecte des odeurs humaines, elle risque de charger, peut-être en raison d'un changement de direction du vent.

La meilleure réaction à une attaque séneuse d'un éléphant est de s'enfuir immédiatement. La plupart du temps, l'éléphant s'arrêtera probablement après une courte poursuite et retournera à son troupeau, mais il vaut mieux ne pas prendre de risque. Il ne semble pas que le fait de s'enfuir en courant soit un encouragement supplémentaire d'agressivité, comme c'est le cas chez les lions. Cependant, il est extrêmement important de s'assurer que tout le monde reste ensemble et que l'homme de renfort sache ce qui se passe. Quand l'équipe est constituée de deux hommes armés et de deux hommes sans arme, chaque homme de renfort devra surveiller un des autres. Quand vous vous enfuyez, courez avec le vent, ne courez pas dans une ligne droite et mettez de la végétation dense entre vous et l'éléphant. Si vous êtes en danger imminent d'être surpassé par l'éléphant, il vaut probablement mieux plonger dans le prochain buisson touffu. S'il y a des arbres assez grands et que l'éléphant n'est pas trop près, grimpez à un arbre.

La plupart des charges sont des bluffs et ne durent pas plus de 50m; à condition que l'on commence à une distance suffisante, il devrait être possible de rester à l'écart. Si la charge continue plus longtemps ou si la distance est trop petite, il faudra éventuellement utiliser une arme. En général, on peut tirer un premier coup d'avertissement en toute sécurité. Si ceci n'arrête pas l'éléphant, ou s'il est trop proche, une balle de gros calibre tirée dans la poitrine ou la tête suffit en général pour se faire retourner un éléphant, sinon de le tuer. Si l'éléphant est blessé mais pas tué, il est important de tirer immédiatement à nouveau aussitôt que toute l'équipe est présente, et que les personnes non armées soient en sécurité.

Si tout va bien pendant l'approche et la sélection de l'animal, une flèche devra être tirée à une distance de 20m à 30m. L'anesthésie ne devrait pas se faire à moins de deux heures avant le crépuscule en raison du danger de ne pas pouvoir localiser l'animal immobilisé. Le propulseur du fusil (cartouche ou gaz) devra convenir au poids de la flèche et à la distance, afin d'éviter que la flèche ne pénètre pas ou ne se décharge. Visez la hanche ou l'épaule et assurez-vous que l'animal soit autant que possible de face, et qu'il n'y ait

pas de végétation sur votre chemin. La hanche est meilleure, car une balle dans l'épaule risque d'être interceptée par l'oreille. Si l'on manque son but, les animaux s'enfuient en général à cause du bruit et il faudra recommencer l'opération.

En général il n'y a pas de problème avec un animal atteint, qui tentera de courir droit devant lui, il s'enfuira donc à angle droit de l'équipe. Si le troupeau avance vers l'équipe, il faudra faire une manoeuvre de retraite.

b) De l'hélicoptère

Flécher des éléphants de cette manière est plus difficile car il y a des os près du haut de la croupe, et une flèche lancée directement d'en haut risque de ressortir ou de ne pas injecter intramusculairement. Il vaut mieux tirer légèrement en biais en visant la croupe ou l'épaule, bien qu'il faudra ajuster le tir en tenant compte du courant descendant.

17.4.5 Période d'injection de la drogue

a) Opérations au sol

D'habitude il faut compter de 5 à 15 minutes pour que l'éléphant s'affaisse après avoir été fléché, mais ceci dépend de la combinaison de la drogue, du dosage et du point d'injection (par exemple intraveineuse ou intramusculaire). La distance que l'éléphant couvrira peut varier de moins de 100m à plus de 2km. A ce stade de l'opération il importe que l'équipe de téléanesthésie et l'équipe de renfort soient à proximité quand l'éléphant s'affaisera. L'équipe de repérage joue un rôle dé en ce qu'elle doit suivre la trace de l'éléphant et guider les équipes au sol. Les circonstances dicteront la marche à suivre. Dèsfois, l'équipe de téléanesthésie pourra suivre l'éléphant directement à pied, ou rejoindre l'équipe de renfort avec un véhicule. Il est difficile et dangereux de suivre un animal fléché, et il faut rester vigilant et avoir de bonne connaissance de pistage. Etant donné qu'il y a des risques de confusion, ce ne sera éventuellement possible qu'en cas où il y aura peu d'éléphants dans les parages.

Dès que l'éléphant a été fléché, l'équipe de téléanesthésie devra communiquer l'heure de fléchage et tous caractéristiques particuliers de l'éléphant fléché. Dèsfois la flèche est visible, mais en général elle tombe rapidement, à moins d'avoir utilisé des aiguilles à manchette ou barbelées (ce qui a de grands désavantages). L'équipe de repérage doit alors amener l'équipe de renfort au point le plus proche sur le chemin de l'endroit où

l'on suppose que l'éléphant va tomber. Dès que l'animal montre des signes de faiblesse et ne semble plus avancer, il faudra amener l'équipe de renfort par le chemin le plus facile. Une communication constante entre l'hélicoptère et l'équipe au sol est nécessaire pour les informer de la situation, de la distance à d'autres éléphants et du degré d'urgence. Ceci permettra au chauffeur de décider avec combien de précaution il devra traiter son véhicule, s'il y en a de disponible pour l'équipe de renfort. Par exemple, si l'éléphant s'est affaissé sur son sternum, avec le risque d'une asphyxie par manque d'oxygène, il sera probablement nécessaire d'aller au plus vite à l'endroit. Cependant, s'il est entouré par sa famille, il faudra les disperser avant que les gens ne s'approchent de trop près.

Quand l'équipe au sol sera arrivée sur place et que le reste des éléphants est parti, l'hélicoptère pourra atterrir. Cependant, si le reste de la famille est à proximité, il est indispensable que l'hélicoptère reste au dessus jusqu'à la fin de l'opération pour informer l'équipe de tout changement de situation. Ceci sera particulièrement important si le véhicule n'a pas pu s'approcher. Si les éléphants sont autour de l'animal fléché, il faudra les disperser. Il faudra éventuellement tirer dans l'air.

Il arrive que l'éléphant ne tombe pas ou ne montre pas de signe d'anesthésie. Il faudra surveiller l'animal pendant 30 minutes, et s'il est toujours mobile après ce temps. on peut le laisser en toute sécurité. Si l'éléphant est définitivement anesthésié mais n'est pas tombé, on pourra administrer une autre dose partielle.

b) Opérations par hélicoptère

Si on utilise un hélicoptère avec un pilote expérimenté, il devra être possible d'amener l'éléphant à un endroit facile à atteindre par l'équipe au sol, en faisant légèrement pression dans la direction voulue. Il est important que l'hélicoptère ne s'approche pas trop pour éviter de stresser l'animal.

17.4.6 Opérations au sol

17.4.6.1 Généralités

Dès que l'équipe à pied arrive, il est indispensable de s'assurer que l'animal immobilisé est sans danger. Le personnel non indispensable devra rester en arrière jusqu'à ce que le responsable ait déclaré qu'il n'y a plus de danger.

Chaque personne de l'équipe doit savoir quelles

sont ses responsabilités. Idéalement, un vétérinaire devrait être présent pour vérifier les signes vitaux tel que taux de respiration, et un autre pour recueillir des échantillons, ectoparasites etc.; une personne devra mettre le collier, une autre prendre des mesures et une autre noter les données, et l'homme de renfort devra s'assurer de la présence d'autres éléphants.

17.4.6.2 Vétérinaire

Pendant le temps que l'éléphant est au sol, les responsabilités principales du vétérinaire sont de s'assurer que l'éléphant pompe suffisamment d'air dans les poumons (en surveillant taux et profondeur de la respiration). Quand les signes vitaux auront été vérifiés, le vétérinaire devra introduire une aiguille avec du Revivon dans une veine de l'oreille, dans le cas où une réversion immédiate est nécessaire. Il devra retirer la flèche, à moins qu'elle ne soit déjà tombée, et traiter l'endroit de l'injection par une application d'antibiotique. L'injection d'antibiotique systématique empêchera la formation d'abcès par la suite. Les deux yeux devront être couverts, si possible, par une pommade pour les yeux pour éviter que la cornée se dessèche, ce qui réduira la vision pendant un court moment quand l'éléphant se relèvera et que l'équipe est encore proche de l'animal. Ceci réduira aussi la douleur, car les narcotiques ne sont pas de vrais anesthésiques, et l'animal ressent probablement un certain degré de sensations. Le bruit devra être réduit au minimum. En cas de chaleur, il faudra verser de l'eau sur le corps, spécialement les oreilles.

En principe, un éléphant drogué tombera avant que l'équipe au sol arrive à lui, mais quand on approche d'un éléphant drogué se trouvant debout sous sédation, il faut veiller à ce que l'éléphant ne tombe pas sur un membre de l'équipe et que les gens soient hors portée de la trompe.

La plupart des éléphants tombent sur leur côté (position latérale), mais quelques uns risquent de tomber sur leur sternum (position sternale). Si l'éléphant tombe sur le sternum, ou qu'il tombe sur un tronc d'arbre ou une pierre, il faudra immédiatement tirer l'animal sur son côté et l'enlever de l'obstacle. Mettez une corde autour de son cou ou par dessus l'épaule et autour de la base du pied avant opposé, ou par dessus le cou et autour de la base de la défense opposée. Assurez-vous que les pieds arrière soient dans une bonne position, et vous pourrez tirer l'animal en utilisant un véhicule ou un grand groupe de

personnes. La respiration en cas de position sternale sera adéquate pendant 15-20 minutes, mais deviendra de plus en plus superficielle, avec des inspirations profondes difficiles, visibles à une respiration à bouche ouverte. S'il a été possible d'arriver à l'animal dès qu'il est tombé, et que les opérations sur l'animal mobilisé peuvent être faites en moins de dix minutes, il ne sera peut-être pas nécessaire de retourner l'éléphant. Nous avons attaché avec succès des colliers à trois éléphants en position sternale, mais n'avons pas pris d'échantillons ou de mesures.

En cas de position latérale, la respiration peut ne pas dépasser 4 inhalations par minutes, mais si les inspirations sont profondes et régulières avec un bon taux de remplissage capillaire et une bonne couleur des membranes muqueuses. un taux respiratoire bas n'est pas alarmant. Si des problèmes respiratoires devaient survenir, l'application d'antidote peut sauver la vie de l'éléphant. Il est important de s'assurer que la trompe n'est pas obstruée, par exemple par une défense, ce qui provoquerait un arrêt respiratoire, hypoxie et la mort. Deux btons courts placés à l'ouverture de la trompe permettront un passage de l'air.

La température du corps devra être maintenue entre 35 °C et 38 °C et si elle monte au-dessus de 40°C, il faudra mouiller la tête et les oreilles. Une réversion rapide de la drogue est recommandée. La vitesse du pouls devra être entre 40 et 60 par minute. Si le taux augmente rapidement ou devient très réduit, il faudra penser à une réversion du narcotique. Des veines facilement accessibles se trouvent à l'arrière de l'oreille et à la jambe avant à mi-hauteur du crâne. Il est recommandé d'utiliser au moins 4 fois la dose d'étorphine (c'est-à-dire, 10mg étorphine réversés avec 40mg diprenorphine), qui devrait survenir entre 110 et 180 secondes. Moins de diprenorphine risque de causer des problèmes car la demie-vie de l'antagoniste est plus courte que l'agoniste. A l'occasion, le recyclage entéro-hépatique peut également être un problème.

17.4.6.3 Pose des colliers

Le collier émetteur devra être posé juste derrière les oreilles. Il est parfois difficile de le mettre autour du cou de l'éléphant. et il faudra donc soulever la tête pour passer le collier. Généralement, le collier semblera plus serré quand l'animal est au sol que quand il est debout. Sous certaines conditions, le cou semblera plus gros qu'il ne l'est en réalité en raison des plis de la peau, il faudra donc, si possible, tirer la tête en

avant. Si l'animal est une femelle adulte, dont le cou ne grossira plus, le collier devra être assez serré, mais laissant suffisamment de place pour pouvoir passer la poignée entre le collier et le cou quand l'animal est au sol. Pour de jeunes animaux et pour les mâles, le jeu que l'on laissera dépendra de la durée pendant laquelle le collier devra rester sur l'animal, mais évitez de mettre des colliers à des animaux en croissance, car trop peu de jeu risque de causer des douleurs par la suite, et s'il y a trop de jeu un pied avant risque de se prendre dans le collier.

Il faudra activer et vérifier l'émetteur avant de donner l'antidote. On a permis à des éléphants porteur de collier de récupérer avec des colliers inactivés autour du cou!

17.4.6.4 Mesures

Il n'y a pas de format standard pour prendre les mesures du corps, et il est difficile d'obtenir des mesures correctes d'un éléphant couché. Cependant, en général nous avons mesuré la hauteur d'épaule, la longueur du dos, la longueur des défenses, la circonférence à la base de la défense, et la longueur du pied arrière.

Voir au 18ème chapitre pour des détails concernant la prise de mesure.

17.4.6.5 Réanimation

Quand l'éléphant sera prêt à être réanimé, tous sauf le vétérinaire devraient retourner au véhicule ou se mettre en sécurité à une certaine distance, et tout l'équipement devra être enlevé.

Quand le vétérinaire aura injecté la dose de

réanimation, il devra se retirer à une position d'où il pourra observer en toute sécurité. Il faudra prévoir un chemin d'échappement sûr pour le véhicule et/ou les personnes à pied, idéalement sous le vent et derrière l'éléphant. Il est important de s'assurer que l'éléphant se lève, mais il faut aussi se tenir à l'écart. Le meilleur moyen pour abómer une voiture est de la lancer à toute vitesse à travers une brousse épaisse quand on est chassé par un éléphant!

Il faudra vérifier l'émetteur du collier émetteur pendant que l'éléphant s'éloigne, étant donné que la fréquence peut changer légèrement quand le collier est fixé à l'éléphant.

A plusieurs reprises, de grand et yeux mâles n'ont pas bien réagi à la réanimation, et dans un cas un animal a dû être soulevé à l'aide d'un treuille après plus d'une heure au sol, ce qui l'a beaucoup traumatisé. La raison en est pas claire, mais il est recommandé de prendre plus de précautions avec ces animaux.

Remerciement

Nous remercions tout spécialement Dieter Rottcher, qui a effectué avec succès plus de 180 immobilisations d'éléphants au Kenya, et Richard Kock, pour leur aide sur le terrain et leurs contributions aux premières versions de ce chapitre, et à Ian Whyte et Mohamed Sherriff, pour leurs conseils et commentaires.

Bibliographie

BOTHMA, J.DP. (1989) *Game Ranch Management*. J. L. van Schaik, Pretoria.

RECUEILLIR DES DONNÉES SUR DES ÉLÉPHANTS MORTS

I.J. Whyte

National Parks Board
Kruger National Park
Private Bag X402
Skukuza 1350, South Africa

18.1 INTRODUCTION

Une profusion d'informations peut être recueillies sur des éléphants morts. Les données que l'on peut obtenir dépendent de l'état dans lequel se trouve l'éléphant mort et les circonstances de sa mort. Les données se classent dans trois catégories fondamentales:

- i) Données de carcasses trouvées, où il n'y a pas de matière fraîche (animaux tués par des braconniers ou morts de causes naturelles).
- ii) Données d'un ou de plusieurs animaux tués, où il y a de la matière fraîche (animaux tués non au hasard pour la chasse, la protection des récoltes ou pour d'autres raisons semblables).
- iii) Données d'éléphants supprimés au hasard, quand un grand nombre d'éléphants est tués simultanément¹.

Quand on trouve des carcasses sans matières fraîches (catégorie i) les données que l'on peut recueillir sont très limitées. En général, on ne peut déterminer que le sexe, l'âge et, si elles sont encore sur la carcasse, une estimation du poids des défenses (voir 14^{ème} chapitre).

Des éléphants morts de la catégorie ii) on peut obtenir plus de données utiles, mais là aussi il y a des limites. Le sexe, l'âge et l'état reproductif peuvent être déterminés, mais ces données ne peuvent fournir une indication sur l'état actuel de la dynamique de la population de souche, à moins que ces carcasses soient disponibles de façon régulière et qu'elles soient des deux sexes.

De l'autre côté, les données que l'on peut obtenir de la catégorie iii) sont très utiles pour l'étude de

la dynamique de la population de souche de l'échantillon abattu (taux de croissance de la population, période entre naissances, structure d'âge etc.), aussi bien que des données sur le cours de la vie qui peuvent avoir des différences spatiales et/ou temporelles (saisons de reproduction et de naissance, âge à la puberté, taux de croissance etc.). Les éléphants peuvent être supprimés au hasard ou non. Dans le cas d'une suppression non au hasard, des catégories spécifiques d'âge et/ou de sexe sont supprimées de la population. Ce genre de suppression est rare, et les données seront plutôt de la catégorie ii) et pas d'une grande utilité pour obtenir des informations sur l'état de la population. Dans le deuxième genre de suppression, un échantillon au hasard de la population de souche est abattu, et les données recueillies ainsi sont représentatives pour la population à un degré plus petit ou plus grand, selon la taille de l'échantillon (la suppression est faite "au hasard" quand tous les animaux de chaque groupe sont abattus sans égard à leur âge ou à leur sexe). Evidemment, un petit échantillon est d'une plus petite valeur, et plus la proportion de la population de souche échantillonnée est grande, plus les résultats seront représentatifs de la population de souche.

Ce chapitre se concentre donc sur cette troisième catégorie, étant donné que la discussion concernant les données qui peuvent être recueillies s'applique également aux deux autres catégories. D'excellents exemples sur le type d'information que l'on peut obtenir de données simples prises sur un échantillon d'éléphants abattus au hasard ont été effectués par Hanks (1972), Sherry (1975) et Smuts (1975). Caughley (1977) a écrit un livre extrêmement utile et

¹A vrai dire le terme "supprimer" implique la suppression d'animaux sélectionnés d'un troupeau ou d'une population. "Suppression" est utilisée ici comme terme générique en parlant de l'abattage d'une proportion prédéterminée de la population.

compréhensible sur la dynamique de la population qui entre bien plus dans les détails que ne peut le faire ce chapitre.

Ce chapitre implique des connaissances en physiologie des éléphants et quelques notions vétérinaires fondamentales. Si vous n'avez pas ces connaissances ou ces notions, nous vous conseillons d'avoir recours à l'assistance de quelqu'un qui en a, quand vous recueillerez des données sur des éléphants morts.

18.2 DONNÉES QUI DEYRAHENT ÊTRE RECUEILLIES

18.2.1 Age des animaux supprimés

La détermination de l'âge de chaque animal supprimé est essentielle pour l'étude de la dynamique d'une population. Tous les aspects d'une étude sur la dynamique d'une population se rapportent à l'âge des individus, qu'il s'agisse de croissance, de l'âge à la puberté ou de la structure d'âge de la population. L'âge des éléphants supprimés est en général déterminé selon la méthode de Laws (1966), révisée par Jachmann (1988), qui implique l'examen des molaires dans la mâchoire inférieure (voir 7^{ème} chapitre - Encadré 7.1). Puisque les molaires ne sont pas bien visibles in situ, il est utile d'attacher une étiquette en métal

avec un fil de fer portant un numéro à la mâchoire avant de démanteler la carcasse (Une étiquette en carton devrait être attachée à l'étiquette en métal, portant le même numéro, qui pourra être placée dans la surface humide de l'utérus ou des testicules au moment de l'excision. Ceci empêche de confondre les parties du corps des différents animaux). L'âge est facile à déterminer quand les molaires auront été excisées. Il est préférable de les entreposer (à un endroit où des charognards ne peuvent les atteindre), et de déterminer en même temps les âges de tous les animaux supprimés. Ceci permettra à la personne en charge "de se faire la main" à cette technique et il en résultera moins d'erreurs. En plus, certaines mâchoires pourront être réexaminées s'il y avait des anomalies.

18.2.2 Fréquences des classes d'âge

Quand les âges de tous les animaux supprimés auront été déterminés, on aura une idée de la structure d'âge de la population en mettant en bloc les classes d'âge respectives et en construisant un histogramme selon les proportions respectives dans l'échantillon (Fig. 18.1). Dans une population saine, les catégories d'âge de plus fortes proportions seront les plus jeunes, tandis qu'il y aura une réduction constante des proportions vers les catégories plus âgées. A l'occasion, une catégorie d'âge sera relativement plus large que celles des plus jeunes les succédant. Ceci pourrait être dû soit à un biais de l'échantillon ou à un taux de conception particulièrement favorable

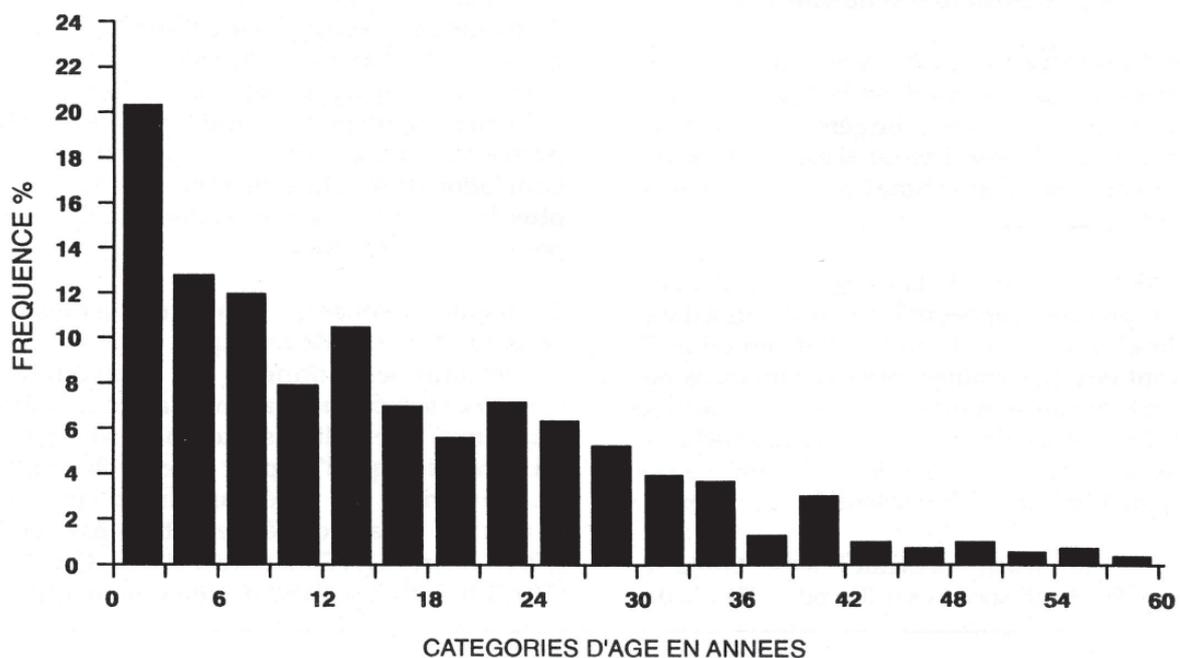


Fig. 18.1: Distribution de la fréquence d'âge d'une population d'éléphants hypothétique.

d'une année précédente. Etant donné que le temps de gestation des éléphants est de 22 mois, Il est évident qu'ils ne peuvent reproduire chaque année, et après une période de sécheresse prolongée, le pourcentage de naissances d'une année particulière peut soudain être beaucoup plus élevé que celui des années précédentes.

Dans le cas où les catégories d'âge plus jeune devait être constamment plus petites que les plus âgés, il pourrait y avoir un problème de reproduction et/ou survie des éléphanteaux, et il est très probable que quelque chose ne va pas dans l'habitat des éléphants. Laws (1969) a noté des variations dans le recrutement entre différentes populations, et a avancé la théorie que ceci avait un rapport avec les variations de pluies et donc aussi les variations en qualité d'habitat.

18.2.3 Proportion sexuelle

Les éléphants naissent à une proportion sexuelle d'environ un mâle pour une femelle. Les jeunes mâles quittent leurs groupes maternels après la puberté, et ceci est reflété dans les proportions sexuelles des différentes classes d'âge. Les classes plus jeunes devraient avoir des proportions sexuelle d'environ 1:1, mais à partir de 12 ans, il y n'a un biais vers les femelles dans les troupes reproductifs. L'âge à la puberté survient quand le corps a atteint une certaine masse, et les éléphants atteindront la maturité sexuelle à un âge plus élevé quand les habitats sont en mauvaise condition. L'âge auquel les jeunes mâles quittent le troupeaux peuvent donc être une indication de la condition de l'habitat des éléphants. Les proportions relatives des éléphants supprimés pourra fournir des informations sur la proportion sexuelle de la population.

18.2.4 Age à la puberté

a) Mâles

Chez le mâle, on dit que la puberté est atteinte quand la production du sperme a commencé. Sur les mâles, les abattus on peut déterminer cet âge de deux manières:

i) Frottis de sperme

À l'encontre de la plupart des autres mammifères mâles, les testicules des éléphants se trouvent dans l'abdomen près des reins. Il n'y a pas d'épididyme mais un conduit mésonéphrique. Il faudra l'exciser avec les testicules après que l'animal ait été étripé. En coupant de conduit mésonéphrique avec une lame aiguisée, on peut

extraire un fluide laiteux blanc, et en plaçant une goutte de ce fluide sur une plaque de microscope en verre et en prenant un gros frottis sur une autre, la présence ou l'absence de spermatozoïdes peut être déterminée sous le microscope après avoir coloré le frottis. Ceci se fait comme suit:

1. Sécher le frottis à l'air après l'avoir fait (on peut le garder pendant une semaine ou plus avant de le fixer).
2. Fixer dans du méthanol (MeOH) pendant 5 minutes.
3. Enlever le MeOH et colorer dans 5-6% Giemsa (préchauffé à 60°C) pendant une heure à 60°C.
4. Enlever le Giemsa et laver les frottis sous l'eau courante.
5. Laisser sécher.

Il faut ajouter qu'il n'est pas facile de couper le conduit mésonéphrique au bon endroit et il faut une certaine expérience. Le fluide dans les conduits d'animaux jeunes (si on peut en obtenir) sera clair, pas laiteux.

ii) Spécimens histologiques

Un petit spécimen d'environ 10mm X 10mm X 10mm devra être prélevé à l'intérieur des testicules en évitant les grands tubes. Il faudra le préserver dans du fluide de Bouin pendant 48 heures et le transférer dans de l'alcool d'éthyle à 70%. L'échantillon peut être coupé par la suite pour des examens histologiques concernant la présence ou l'absence de spermatozoïdes dans les tubules séminifères.

C'est une méthode bien plus sophistiquée, nécessitant un matériel de laboratoire spécialisé pour la préparation de spécimens histologiques, et ne devrait être entreprise que si les installations nécessaires sont disponibles.

L'âge moyen de la puberté peut alors être déterminé de la proportion d'animaux ayant atteint la puberté dans chaque catégorie d'âge pubertaire.

b) Femelles

L'utérus de la femelle est également dans l'abdomen, les ovaires se trouvent également près des reins. Les ovaires et l'utérus devront être excisés intacts après que l'animal ait été étripé. Les ovaires peuvent être examinés au microscope. Les ovaires femelles immatures contiennent de petites (<5mm) follicules, tandis que les ovaires de femelles matures contiennent une ou deux corpora lutea (CL) et/ou corpora albicantia (CA). Un CL est un organe accessoire qui se développe sur l'ovaire au point de

l'ovulation. Il est de taille variable et peut atteindre la taille d'une balle de golf. Le CL produit des hormones qui sont importantes pour maintenir la grossesse, et est de couleur jaune à la dissection. Un CA est un CL qui dégénère après la naissance d'un éléphanteau et est de couleur brun foncé.

Une femelle pubertaire n'a pas de CL ou de CA, mais aura au moins une follicule de plus de 5mm.

L'âge moyen à la puberté peut également être déterminé d'après la proportion d'animaux qui ont atteint la puberté dans chaque catégorie d'âge pubertaire.

18.2.5 Femelles adultes enceintes

Les données que l'on peut recueillir de femelles adultes sont les plus importantes pour comprendre la dynamique de la population de souche. Presque toute l'information provient de l'utérus, qui doit être excisé intact de la femelle. Un utérus de femelle enceinte est relativement reconnaissable, sauf au début de la grossesse. Chez la plupart des mammifères la présence de CL démontre une grossesse pendant qu'il se développe au point de l'ovulation et sa fonction est de maintenir la grossesse. Les éléphants ont cependant parfois des cycles oestriques qui n'aboutissent pas toujours à une grossesse. Chacun n'a un point d'ovulation et CL ultérieur. Les ovaires des éléphants peuvent donc avoir plusieurs CL qui n'ont pas encore abouti en une grossesse. Il faut donc ouvrir chaque ovaire à l'aide d'un couteau aiguisé pour s'assurer qu'il n'y a pas de petit foetus au début de son développement. Il faudra ouvrir les deux cornes utérines même si l'on trouve un petit foetus dans le premier, puisqu'il y n'a eu (rarement) des jumeaux.

Après l'excision de l'utérus, il faudra le couper transversalement juste au dessus du col de l'utérus. On expose ainsi les deux cornes utérines, et on peut ensuite introduire un couteau dans l'ouverture (lumen) ainsi créée et chaque corne peut être ouverte jusqu'en haut. Une grossesse est immédiatement évidente - par un fluide clair aqueux et des membranes blanches filamenteuses. Si ce sont les seules preuves d'une grossesse, le foetus sera trop petit pour que l'on puisse en déterminer le sexe ou le peser.

i) Proportions sexuelles du foetus

Dès les premiers stades dans le développement d'un foetus d'éléphant, on peut déterminer son

sexe. Dans un échantillon assez grand, la proportion entre foetus mâle et femelle peut être déterminée. Toute déviation significative de la proportion 1:1 peut être un indice de la qualité de l'habitat. Ceci n'a pas encore pu être démontré pour les éléphants, mais n'a été fait pour d'autres espèces, telle que les daims (Cloutton-Brock *et al.* 1982) et les buffles (Whyte en prep.), quand des femelles en mauvaise condition ont plus tendance de concevoir un foetus femelle.

ii) Age du foetus

On peut calculer l'âge du foetus pour toutes espèces de mammifères selon la méthode de Huggett & Widdas (1951). Leur formule n'a été révisée pour les éléphants par Craig (1984) et est celle la plus utilisée de nos jours:

$$\text{âge} = (3 \sqrt{\text{masse}} + 0.0945) + 138$$

(La formule indique l'âge en jours quand une masse du foetus est utilisée en grammes).

Une restriction de la méthode est que Craig estime qu'un foetus d'éléphant n'a 138 jours avant d'être assez grand pour qu'on puisse le peser. Ceci veut dire qu'il y n'a une période de 41/2 mois entre la conception et la taille "pesable", qui ne peut être couverte par l'équation.

iii) Conception et dates de naissance

D'après l'équation ci-dessus, l'âge du foetus (en jours) le jour de l'excision peut être calculé, et la date de conception peut donc être déterminée par un compte à rebours à partir de la date d'excision.

La date présumée de naissance peut également être estimée en additionnant le temps de gestation (22 mois ou 660 jours) à la date de conception. De tels calculs prennent beaucoup de temps et sont aptes à des erreurs, à moins d'avoir un ordinateur avec une arithmétique de dates, mais une formule simple n'a été développée par Whyte (1986) pour aider dans ces calculs.

En réunissant les données pour les mois respectifs, on peut établir un histogramme montrant les pointes de reproductions et de naissances pour la population d'étude. Fig. 18.2 montre les conceptions pour une population d'éléphants hypothétique avec une pointe pour les mois d'été.

iv) Période entre parturitions

La période entre parturitions (c'est-à-dire la période moyenne entre naissances pour les femelles adultes de l'échantillon) se calcule de deux façons différentes. L'une consiste à faire une

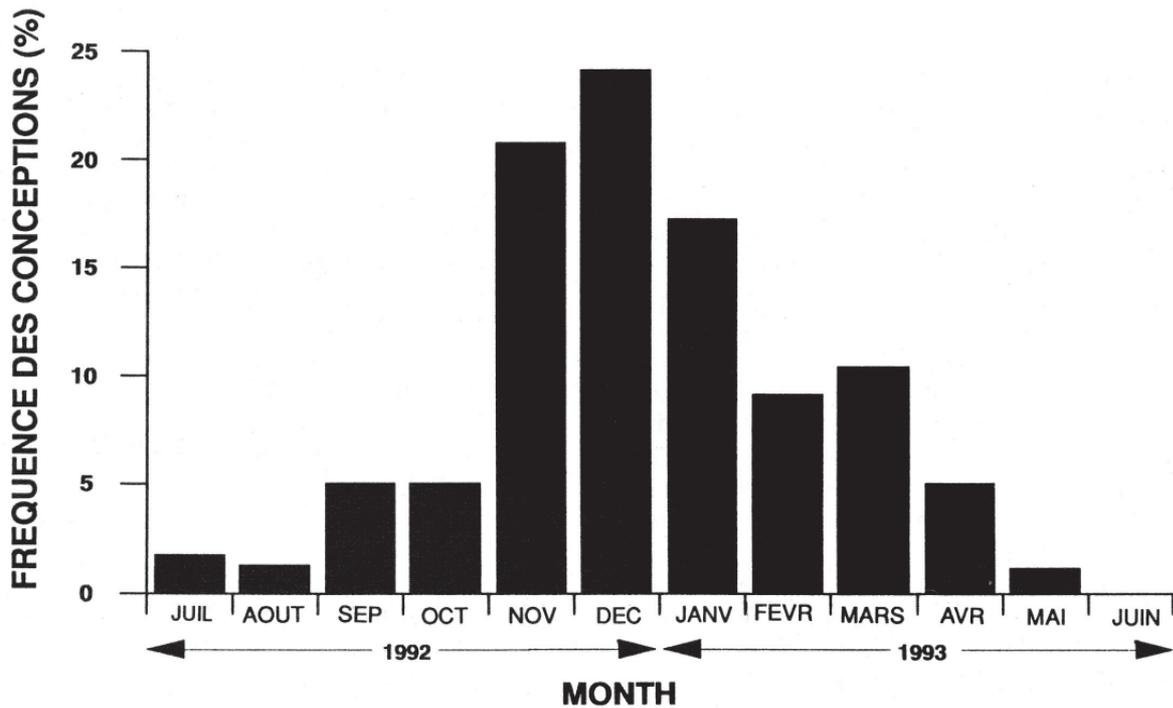


Fig. 18.2: Distribution de l'activité de reproduction d'une population d'éléphants hypothétique.

estimation sur la base du nombre de cicatrices placentaires, ce sujet sera traité dans la prochaine section (femelles non enceintes). L'autre est de calculer la durée moyenne du temps anoestral (DA) comme suit (Hanks 1972):

$$DA = \frac{\text{temps de gestation} \times (\text{nombre de femelles non enceintes})}{\text{nombre de femelles enceintes}}$$

Des données du Parc National Kruger (Smuts 1975) résulte une estimation de:

$$DA = \frac{22 \times 430}{292} = 32.4 \text{ mois}$$

La période entre parturitions (PeP) est alors calculée de ceci en ajoutant tout simplement le temps de gestation.

$$PeP = 32.4 + 22 = 54.4 \text{ mois}$$

Ceci est une mesure de la période entre parturitions à l'époque où l'abattage n'a eu lieu, puisqu'elle est basée sur la proportion de femelles enceintes et non enceintes, respectivement. Elle peut varier temporellement dans une population (d'année en année).

18.2.6 Femelles adultes non enceintes

L'autre méthode d'estimer la PeP, qui consiste à compter les cicatrices placentaires, est une

estimation de la performance à long terme de la population puisqu'elle comprend tous les éléphants nés pendant toutes leurs vies à toutes les femelles adultes de l'échantillon. Il n'y a que de petites différences d'année en année surtout en fonction de l'échantillon, mais des comparaisons avec des données similaires de populations dans d'autres habitats peuvent montrer de nettes différences.

Les éléphants ont ce qu'on appelle un placenta zonaire, ce qui veut dire que le placenta n'est attaché à l'utérus qu'à un seul endroit, la "zone". L'attachement est circulaire - comme le collier autour de l'intérieur d'une des cornes utérines. A la naissance, le placenta est arraché de la paroi utérine dans un processus traumatique, ce qui laisse une cicatrice nette. Après avoir ouvert le lumen de l'utérus excisé, ces cicatrices sont disposées horizontalement par rapport à la direction de la coupure. Elles forment des creux superficiels que l'on peut voir nettement quand ils sont fans. ils ont tendance à s'estomper avec l'âge, mais peuvent être détectés à l'examen attentif. Ceci s'effectue le mieux en plaçant l'utérus ouvert sur une surface plate, et, tout en appuyant assez fort, en glissant les doigts lentement le long de la face exposée de la corne utérine. Ainsi on peut sentir les creux faits par la cicatrization. Les placentas de grossesses successives ne sont pas attachés au même endroit de la paroi utérine, et ces cicatrices peuvent être

comptées pour déterminer le nombre d'éléphanteaux que la femelle aura eu pendant sa vie.

Les cicatrices ne peuvent pas être comptées quand la femelle est enceinte, car elles ne sont pas visibles, et il y n'a en outre deux autres états de l'utérus que l'on rencontre parfois qui empêchent de compter les cicatrices. Le premier est quand l'endomètre (la surface interne de la paroi utérine) devient "hémorragique" (ensanglanté et gélatineux). L'autre est quand il y n'a "occlusion" ou blockage du lumen. Le lumen se contracte fortement, et il est extrêmement difficile d'introduire un couteau dans le lumen pour l'ouvrir. L'endomètre prend un aspect blanchâtre, gélatineux. Les cicatrices sont presque invisibles quand l'utérus se trouve dans un de ces états, mais en tantant doucement, en utilisant la méthode décrite ci-dessus, on peut quand même les compter. Ces deux états font définitivement partie du cycle oestral mais il n'existe pas encore de description de leur signification ou de leur fonction.

Le nombre de cicatrices comptées pour chaque femelle peut être mis en rapport avec son âge, comme dans la Fig. 18.3. On peut ainsi adapter

mathématiquement une ligne de régression aux données et l'inclinaison de la ligne démontre la période entre parturitions. C'est-à-dire, l'intervalle équivalent à une cicatrice sur l'axe vertical indique l'intervalle entre naissances sur l'axe horizontal. Les données de la Fig. 18.3 s'appliquent à une population hypothétique. et ne sert qu'à démontrer la méthode.

18.2.7 Lactation

On peut aisément assumer que chaque femelle en lactation n'a un éléphanteau qui la tète. Si c'est le cas, il doit y avoir le même nombre d'éléphanteaux tétant que de femelles en lactation. On peut également aisément assumer que les éléphanteaux tétant proviennent de catégories d'âge très jeune. On peut ainsi obtenir une estimation de l'âge moyen au moment du sevrage.

Dans un échantillon d'éléphants abattus examinés par l'auteur entre 1989 et 1992, il y avait 344 femelles en lactation, ce qui veut dire qu'il y avait le même nombre d'éléphanteaux tétant (344). L'échantillon comprenait également 88 éléphanteaux de moins d'un an (âge zéro), 88 âgés

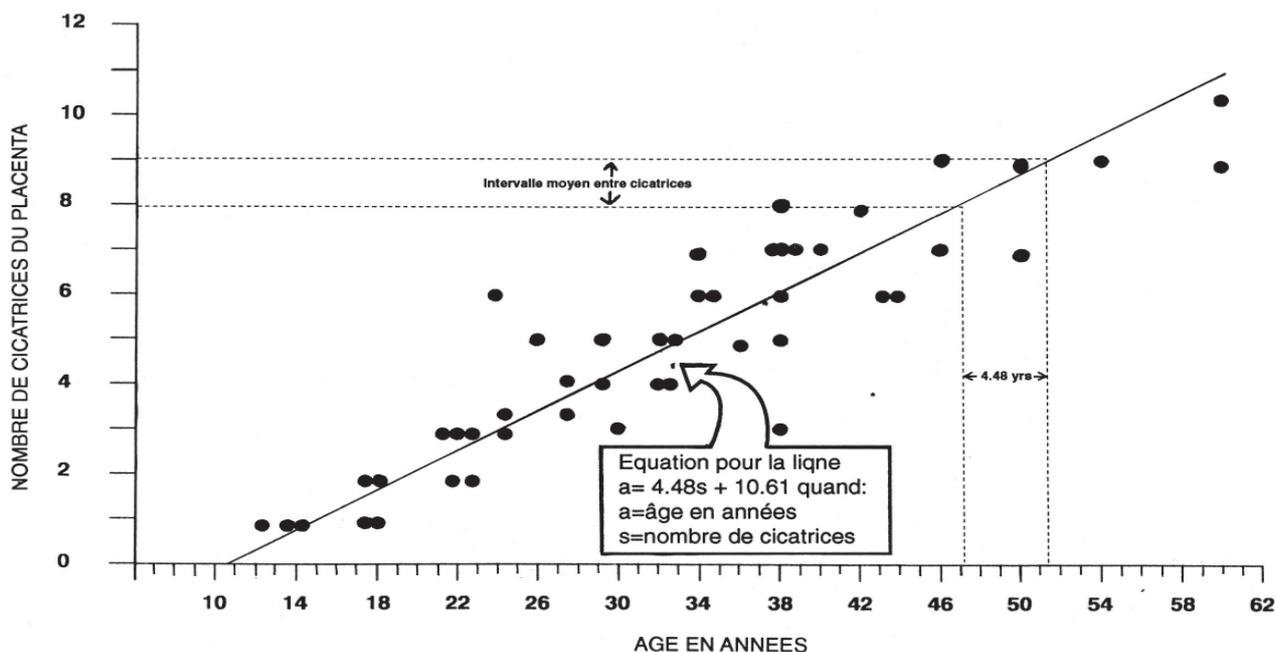


Fig. 18.3: Rapport entre le nombre de cicatrices placentaires et l'âge chez des femelles adultes.

d'un an, 84 âgés de deux ans et 90 de trois ans. Ce qui veut dire que tous ceux de l'âge zéro, un an et deux ans étaient encore. Le reste des 344 provenaient de ceux âgés de trois ans (84 des 90 dans l'échantillon). L'âge moyen au moment du sevrage sous les conditions existant au moment de l'échantillonnage peut être estimé ainsi:

$$2+(84 \cdot 90)=2,93\text{ans.}$$

18.2.8 Prendre des mesures sur les éléphants morts

a) Hauteur d'épaule

Beaucoup de mesures que l'on peut prendre sur un animal sont sujettes à variation et donc source d'erreur, mais on peut standardiser une technique pour mesurer la hauteur d'épaule. On roule l'éléphant qui vient de mourir sur le côté avant que la rigidité cadavérique n'ait lieu. On allonge alors les deux jambes avant et place la jambe supérieure sur la jambe inférieure. Au cours de cette opération, la jambe supérieure se "fixe" dans cette position et on peut enfoncer deux tiges verticalement dans le sol - une touchant le haut des scapulaires (omoplates) et l'autre les semelles des pieds et l'on peut ainsi prendre une mesure précise, standardisée entre les deux tiges.

De ces données on peut calculer des courbes de croissance (Tomlinson & Abramson 1961), mais nous n'insisterons pas sur ces procédures mathématiques compliquées.

b) Longueur du dos

Il faudra prendre les mesures de l'éléphant directement derrière l'oreille jusqu'à la macme de la queue.

c) Longueur des défenses

Les défenses devront être mesurées depuis le point où elles émergent de la peau, le long de la défenses et jusqu'à sa pointe; aussi bien la défense gauche que la défense droite devront être mesurées.

d) Circonférence des défenses

Elle devra être mesurée à l'endroit où la défense émerge de la peau; aussi bien la défense gauche que la défense droite devront être mesurées.

18.3 AUTRES INFORMATIONS

Dans le cas où l'éléphant mort provient des catégories i ou ii (voir Section 18.1), c'est-à-dire, quand l'éléphant n'a pas été abattu, on peut recueillir des informations supplémentaires sur les circonstances de la mort de l'éléphant. pour développer une base de données sur la mortalité des éléphants dans une région. On pourra noter les date et heure de découverte de la carcasse. L'emplacement, le type d'habitat et la cause de la mort, y compris le fait que l'éléphant ait été braconné ou non, devraient également être notés, ainsi que toutes autres observations qui pourraient vous intéresser concernant l'éléphant.

Remerciements

Nous remercions Mrs. Colleen Wood pour ses commentaires utiles au sujet du manuscrit. Je la remercie ainsi que Mr. Obert Mathebula pour la collection méticuleuse de données sur le terrain.

Bibliographie

CAUGHLEY G.J. (1977) *The Analysis of Vertebrate Population*. John Wiley & Sons London

CLUTTON-BROCK. TH. GUINNESS. F.E. & ALBON, S.D. (1982) *Red Deer Behaviour and Ecology of Two Sexes*. Edinburgh University Press Edinburgh.

CRAIG, G.C. (1984) Foetal mass and date of conception In African elephant A revised formula. *South African Journal of Science* 80,512-516

GEORGLADIS, N., BISCHOF, L., TEMPLETON, A., PATTON, J. KARESH W. & WESTERN. D. (1994). Structure and history of African Elephant Populations. I: Eastern and Southern Africa. *Journal of Heredity* 83, 100-104.

HANKS, J. (1972) Reproduction of elephant (*Loxodonta africana*) In the Luangwa Valley Zambia. *Journal of Reproduction and Fertility* 30, 13-26.

HUGGETT. A.St. G. & WIDDAS, WF. (1951) The relationship between mammalian foetal weight and conception age. *Journal of Physiology* 114 306-317.

JACHMANN, H (1988) Estimating age In African elephants a revision of Laws' molar evaluation technique. *African Journal of Ecology* 26, 51.56.

LAWS, R.M. (1946) Age criteria for the African elephant *Loxodonta a. africana East African Wildlife Journal* 4,1-37.

LAWS, KM. (1969) Aspects of reproduction in the African elephant. *Loxodonta africana Journal of Reproduction and Fertility, Supplement* 6,193-217.

SHERRY B.Y. (1975) Reproduction of elephant In Gonarezhou, south-eastern Rhodesia. *Arnoldia* 29,1-13.

SMUTS, G.L. (1975) Reproduction and population characteristics of elephants In the Kruger National Park. *Journal of the Southern African Wildlife Management Association* 3,1-10.

TOMLINSON, P.K. & ABRAMSON, NJ. (1961) Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. *Fishery Bulletin of California Fish Game* 116, 1-69.

WHITE I.J. (1986) A device to determine mammalian foetal conception and birth dates. *South African Journal for Wildlife Research* 16(4), 156-158.

ENCADRÉ 18.1: APPLICATIONS DE LA GÉNÉTIQUE DE L'ÉVOLUTION SUR LA CONSERVATION DES ÉLÉPHANTS EN UTILISANT DES ÉCHANTILLONS DE TISSUS

L'objectif à long terme de la conservation des éléphants n'est pas seulement de conserver des éléphants individuels, ou des populations locales, mais aussi de maintenir et d'exploiter les processus naturels qui ont été actifs aux niveaux régionaux ou continentaux pendant l'évolution. Dans ce contexte à long terme les mêmes questions se posent toujours: Quels étaient ces processus naturels? Quand est-ce que des questions de continuité historique étaient-elles importantes pour la conservation des éléphants? Par exemple, nous aurons de plus la faculté de restaurer des populations frappés d'extinction locale, parfois en rassemblant des individus de régions distantes. La politique de conservation actuelle présume de façon indiscutable que toutes les populations d'éléphants ont une équivalence phylogénique, mais des études récentes ont démontré que ceci est loin d'être vrai. Par exemple, bien qu'il y ait un processus d'hybridation, les éléphants des forêts et des savanes ne se distinguent pas seulement génétiquement, mais diffèrent également du point de vue généalogique. Des forces évolutives puissantes non encore identifiées semblent limiter le flux génétique entre les éléphants de forêts et ceux de la savane.

Des progrès récents en génétique nous permettent maintenant de traiter ces questions formellement, de découvrir exactement ce que nous conservons dans un contexte évolutif. Ces méthodes demandent des échantillons d'ADN d'éléphants dans des régions que nous connaissons exactement. L'ADN existe dans toutes les cellules nucléées de tous les individus, ainsi tout tissu (par exemple, la peau, le sang, les muscles) se prête à l'analyse de l'ADN. Cependant, pour des études génétiques sur les populations, il faut des échantillons de plus d'un individu d'une certaine région, et plus de trente échantillons d'individus non apparentés sont l'idéal. J'ai recueilli plus de 400 échantillons d'éléphants de l'Afrique de l'est, du sud et de l'ouest, utilisant principalement une "flèche pour biopsie" (Georgiadis *et al.* 1994). Il s'agit simplement d'une flèche de tranquillisant moifiée de sorte à rebondir avec une petite biopsie de peau, sans tranquiliser ou blesser l'éléphant. Bien que ceci est une méthode simple et très efficace pour obtenir des échantillons frais, elle est aussi relativement onéreuse. Des analyses génétiques peuvent être faites non seulement sur des échantillons de tissus frais, mais aussi sur des échantillons qui ont été séchés, sales ou préservés dans l'alcool. De nombreux chercheurs qui travaillent avec des éléphants sur le terrain désirent connaître l'identité et la différence génétique des éléphants dans leur zone d'étude, et sont à même d'accumuler des échantillons de tissus d'éléphants de façon opportune, ce qui leur permet de le faire.

Si vous êtes intéressés à recueillir des échantillons de tissus et que vous voulez les faire analyser, vous pouvez vous mettre en rapport pour plus de détails avec Nicholas Georgiadis à l'adresse ci-dessous concernant la manière de recueillir les échantillons et les transporter au laboratoire qui effectue des analyses génétiques.

Nicholas Georgiadis, Mpala Ranch, P.O. Box 92, Nanyuki, Kenya.



A F R I C A N
W I L D L I F E
F O U N D A T I O N