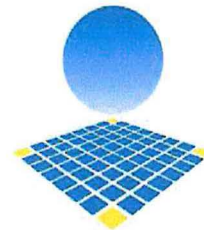


DK 536314

BA-TH 1375



Cirad-Département Emyt
Campus de Baillarguet
TA 30/B
34 398 MONTPELLIER Cedex 5



UNIVERSITÉ MONTPELLIER II
Université Montpellier II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

**MASTER 2EME ANNEE
BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES
ET ENVIRONNEMENT SPECIALITE
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

RAPPORT DE STAGE



**Estimation de la densité de Hyènes tachetées (*Crocuta crocuta*) dans le
parc national de Hwange, Zimbabwe**

Présenté par
Maéva Dewas

Réalisé sous la direction de : Hervé Fritz, Nolwenn Drouet-Hoguet
Organisme et pays : CIRAD-CNRS-Parc national de Hwange, Zimbabwe
Période du stage : Avril à Septembre 2006
Date de soutenance : 26 Septembre 2006

Année universitaire 2005-2006

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet



Résumé et mots clefs

La Hyène tachetée est le prédateur numériquement le plus important dans de nombreux écosystèmes africains. Elle possède un rôle clef au sein des écosystèmes où on la trouve. En effet, il s'agit d'une espèce qui s'adapte parfaitement à son environnement de par la flexibilité de son organisation sociale, sa capacité à entrer en compétition avec d'autres grands carnivores (en particulier, le lion), et son comportement alimentaire largement opportuniste (chasseur, charognard, et kleptoparasite). La compréhension de l'évolution des populations de Hyènes tachetées et de la relation que cette espèce entretient avec les proies et les autres carnivores sont cruciales pour la gestion d'un parc national. Au sein de l'écosystème de savane boisée du parc national de Hwange, la Hyène tachetée est le prédateur le plus abondant. Un programme de recherche et de conservation centré sur cette espèce s'est donc mis en place. Depuis 1999, un exercice annuel de *calling* (émission d'une bande sonore attirant les hyènes aux niveaux de stations de comptages) a donc été mis en place afin de suivre l'évolution des densités de hyènes du parc.

Cette étude se proposait initialement de travailler sur un protocole de calibration de la méthode du *calling*, un changement de programme nous a finalement orienté vers une étude détaillée de la base de données du *calling* afin de caractériser l'organisation des réponses des carnivores au niveau des stations de *calling*, d'en déduire une distribution spatiale des hyènes dans le parc national de Hwange et enfin de détecter une éventuelle différence de densités entre les différentes zones du parc, et/ou une évolution temporelle de la densité des hyènes. Cette étude visait également une certaine critique de la méthode telle qu'elle est utilisée depuis 1999 et la proposition d'amélioration éventuelle dans l'application de cette technique.

L'analyse des données a permis de souligner une réponse majoritaire à l'exercice de *calling*, de la part des hyènes (vs lions); une organisation grégaire de la population de Hyène tachetée au sein du parc national de Hwange; le caractère plus ou moins solitaire des déplacements de hyènes au sein de leur domaine vital d'activité (en moyenne 1,77 arrivée de hyènes à chaque stations avec un nombre moyen de hyènes par sous groupe de 2,13); et un intervalle de temps de 30 minutes comprenant 80% des arrivées de hyènes aux stations d'appels. L'étude des différences de densités inter-blocs s'est révélée significative ($p < 10^{-1}$). L'analyse mettant en jeu les densités de proies et les stratégies alimentaire des hyènes a permis de dégager deux grands facteurs explicatifs de ces différences : la proportion d'impala (proie importante dans le régime alimentaire des hyènes) et la proportion de carcasses provenant d'activités humaines et utilisées par les hyènes, au sein des différents blocs. Il n'est ressorti aucune tendance significative concernant l'évolution annuelle du nombre de hyènes, ce qui pourrait être en accord avec le fait que dans la zone de Main Camp, aucune tendance claire n'a pu être mise en évidence pour les espèces proies étudiées.

L'utilisation de la méthode de *calling* pourrait connaître un certain nombre d'améliorations afin de permettre une utilisation optimale des données récoltées : un échantillonnage de plus de 10% pour chaque zone, une distribution plus homogène des stations de *calling* sur la totalité de la surface du parc pour pouvoir extrapoler les résultats à l'ensemble du parc de façon fiable. Il semble également judicieux de mettre en œuvre le protocole de calibration dès que possible. Il est important de poursuivre les travaux menés depuis 1999 sur la Hyène tachetée, pour pouvoir mettre en place une gestion appropriée des ressources faunistiques du parc.

Mots clefs : Hyène tachetée, Parc National de Hwange, *calling*, comptages routiers, densité, Zimbabwe

Remerciements

Je me rappelle, au mois de novembre, au cours de ma recherche frénétique de stage. J'ouvre un jour la porte du bureau de Mathieu Bourgaré au Cirad de Montpellier, ça a été le début du commencement...

Un énorme merci donc à Mathieu Bourgaré pour son optimisme, ses conseils et ses encouragements, et surtout pour son idée de contacter Herwe Fritz.

Voilà, premier contact au téléphone avec Herwe Fritz et avant même d'avoir eu le temps de me poser trop de question, un mail d'Herwe Fritz me proposant un stage au Zimbabwe m'attendait sur ma boîte mail. Tout s'enchaîne, je contacte Nolwenn Drouot-Hoguet, son étudiante en thèse présente sur le terrain. Ma candidature l'intéresse fortement et le sujet qu'elle me propose en concertation avec Herwe est tout bonnement un vrai rêve.

C'est toute ma gratitude que j'adresse donc ici aux deux protagonistes les plus importants dans la réalisation de ce stage au Zimbabwe: Herwe Fritz et Nolwenn Drouot-Hoguet.

Je suis embarqué dans cet avion, en route vers Victoria falls. Je découvre un pays enthousiasmant, avec sa population et sa culture. Un campement idéal pour une équipe de recherche. Des affinités se créent. Des rencontres qui ne s'oublient pas. Ici, les bons moments comme les mauvais valent le coup d'être vécus et vous apprennent à grandir. C'est le moment que j'attendais pour citer des gens à qui je me suis attaché ici et qui rendent le départ toujours plus difficile: Adam, Bruce, Tim, Jane, Zick, Nico le ptard, Sophie, Perrine et Milan, toute l'équipe des volontaires que j'ai le plus côtoyé, et mes compagnons de galères et de joies quotidiennes Maël, Eve, Anaïs, et William.

Quel bonheur également d'être accepté par les gens d'ici et de partager quelques moments de leur existence si dépaysante. Merci Isaac, Jimmy, Neva et les autres pour votre bonne humeur quotidienne. Martin, sur le terrain, ça n'a pas toujours été facile, mais ton aide m'a été précieuse. Owen, qu'aurais-je fais si tu n'avais pas été là pour faire les 1000 réparations de la petite voiture d'Herwe!

Il va sans dire que je n'aurais pas vécu cette aventure sans l'accord des parcs nationaux du Zimbabwe. Des gens qui comptent et qui jouent un grand rôle dans la conservation de la nature: Senior warden, Freedom, et bien d'autres.

C'est à présent la fin de cette belle année et mes derniers remerciements vont à ceux qui ont pu m'accorder un peu de leur temps malgré leur emploi du temps chargé: Marie-Noël de Visscher, Samir Messad et surtout Damien Caillaud et Alexandre courtiol.

Cette année a été forte en émotion et en belle rencontre. Merci à toute la promotion 2005-2006 du master PARC de m'avoir permis de revivre!!!



Table des matières

Résumé.....	1
Remerciements.....	2
Sommaire.....	3
Introduction.....	5
Importance des grands carnivores.....	5
Le cas de la Hyène tachetée.....	5
Gestion et conservation dans le parc national de Hwange.....	6
I Matériel et méthode.....	9
1.1 Site d'étude: le parc national de Hwange.....	9
1.2 Modèle d'étude: la Hyène tachetée (<i>Crocuta crocuta</i>).....	11
1.3 Protocoles.....	12
1.3.1 En vue de l'estimation des densités de hyènes.....	12
1.3.2 Mise en place d'un protocole de calibration.....	14
1.3.3 Comptages routiers des proies potentielles.....	15
1.4 Traitements statistiques.....	17
II Résultats.....	18
2.1 Base de données <i>calling</i> (hyènes).....	18
2.2 Réponse des hyènes à l'exercice de <i>calling</i>	20
2.2.1 Variation interspécifique dans la réponse au <i>calling</i>	20
2.2.2 Organisation des réponses de la Hyène tachetée aux stations de <i>calling</i>	20
2.3 Analyses inter blocs et évolution interannuel.....	22
2.3.1 Différences inter blocs.....	22
2.3.2 Différences inter annuelles.....	23
2.3.2 Densité et nombre de hyènes.....	24
2.4 Densité de hyènes en fonctions du facteur proie.....	25
2.4.1 Base de données comptages routiers (grands herbivores)	25
2.4.2 Différences inter-blocs des densités en proies.....	25

2.4.3 Relation densité de proies/densité de hyènes pour les différents blocs.....	26
2.5 Conception du protocole expérimental : organisation spatiale.....	27
III Discussion.....	29
3.1 Interprétation des résultats.....	29
3.1.1 Réponse des hyènes à l'exercice de <i>calling</i>	29
3.1.2 Analyse inter-blocs et évolution interannuel	30
3.2 Recommandations pour le suivi des protocoles.....	31
Conclusion.....	33
Bibliographie.....	35
Annexes.....	37

Introduction

Importance des grands carnivores

De par le monde, les populations de grands carnivores sont en déclin. Une grande part d'entre eux vit actuellement au sein de petites populations fragmentées particulièrement fragiles et menacées d'extinction du fait d'évènements stochastiques et de perturbations de l'habitat (Ogotu J.O. *et al.*, 2005). De nombreuses populations de grands carnivores entrent en conflit direct avec les populations humaines qui peuvent chercher à les éliminer pour défendre leur bétail (Ogotu J.O. *et al.*, 2005). L'utilisation accrue de l'espace par l'homme entraîne une réduction de l'habitat de la faune sauvage, ayant un impact sur la taille et l'abondance des populations de grands carnivores (Chardonnet P., 2002). Cependant, les grands carnivores représentent une composante majeure du bon fonctionnement des écosystèmes au sein desquels ils se trouvent (Gros P.M. *et al.*, 1996). Ils sont des indicateurs sensibles de l'intégrité de l'écosystème puisqu'ils survivent uniquement là où les niveaux trophiques inférieurs restent relativement non perturbés. Au sommet de la chaîne alimentaire, les grands carnivores peuvent exercer une influence importante sur les autres espèces. Ils peuvent réguler ou limiter les populations de proies mais aussi celles d'autres grands carnivores par compétition (Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003).

De par leur situation précaire, les populations de grands carnivores requièrent un certain niveau de surveillance et peuvent nécessiter une gestion intensive. L'estimation du statut, de la distribution et de la taille des populations sauvages ainsi que le suivi de leurs tendances sont essentiels pour une gestion et une conservation adaptée de la faune et des écosystèmes qui les abritent.

Le cas de la Hyène tachetée

La Hyène tachetée (*Crocuta crocuta*) est largement répartie au niveau de l'Afrique subsaharienne, dans une variété d'écosystèmes allant de zones extrêmement chaudes et arides dans le nord et le sud du continent à des zones montagneuses plus froides en Afrique de l'Est et en Ethiopie (jusqu'à 4000m d'altitude) (Kruuk H., 1972). Il s'agit d'un carnivore opportuniste. La forte flexibilité sociale et le régime alimentaire éclectique qui caractérisent cette espèce lui permettent de s'adapter à des conditions de milieux très variées (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000 ; Kruuk H., 1972). Elle est également capable de coexister avec les habitations humaines et d'autres grands carnivores. La Hyène tachetée est le prédateur le plus abondant dans de nombreux écosystèmes africains.

La Hyène tachetée a été et est toujours largement tuée, empoisonnée, même à l'intérieur de certaines aires protégées. Cette persécution a lieu le plus souvent dans des zones agricoles et pastorales, à la suite de dommages supposés ou confirmés sur le bétail, ou comme mesure préventive pour protéger le bétail. Il s'agit de la première source de déclin des populations, plus prononcée à l'extérieur des zones protégées (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000). La plupart des populations dans les zones protégées d'Afrique australe sont stables, alors que de nombreuses populations d'Afrique de l'Ouest et de l'Est sont en déclin même dans les zones protégées. Ce rapide déclin des populations à l'extérieur des zones protégées, dû à la persécution et à la perte de l'habitat, rend cette espèce de plus en plus dépendante de la pérennité des zones protégées.

Gestion et conservation dans le parc national de Hwange

Le parc national de Hwange est le plus grand du Zimbabwe. Il couvre près de 4% de la superficie du pays à lui seul alors que l'ensemble des parcs et réserves naturelles recouvrent plus de 11% de la superficie d'un pays de 3,2 millions d'habitants. Il possède environ 20% de la population de hyènes et la plus large sous-population du Zimbabwe. Il s'agit d'une zone refuge très importante pour l'espèce. La Hyène tachetée est également le prédateur le plus abondant du parc (Wilson V., 1997), jouant de ce fait un rôle important dans cet écosystème de savane arbustive. Régulée jusqu'en 1962 par des abattages visant à favoriser la croissance des populations d'ongulés, la population de Hyènes tachetées a doublé entre 1970 et 1996. Durant cette même période, une diminution des populations de guépards et de lycaons a été enregistrée. Récemment, la pression de braconnage s'est accrue sur les lions mâles adultes de cette même zone (Department of National Parks and Wildlife Management., 1999). Or la compétition interspécifique, dont les mécanismes mettent en jeu le milieu (structure de l'habitat, pluviométrie...), la densité et la taille des proies, la densité et la structure des populations de carnivores, peut être un facteur limitant les populations de prédateurs (Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003). En règle générale, les populations de carnivores sont limitées par la ressource alimentaire. Il existe également une forte compétition entre les grands carnivores africains jouant sur l'abondance et le statut de ces populations ; le recouvrement du régime alimentaire des différents carnivores peut entraîner des relations conflictuelles, et mener au kleptoparasitisme (vol de proies) (Honer O.P, *et al.*, 2002 ; Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003 ; Kruuk H., 1972). Cette compétition peut devenir une cause importante de mortalité d'autres prédateurs (e.g. lycaon) et les relations de dominance entre prédateurs peuvent parfois mener à l'extinction de populations. Mieux connaître l'écologie des prédateurs est donc un pré requis majeur pour la formulation de plans de gestion adaptés. La plupart des données sur les grands carnivores proviennent des plaines du Serengeti en Tanzanie, non typiques de la plupart des savanes africaines puisqu'il s'agit de vastes plaines ouvertes caractérisées par une migration saisonnière marquée des grands herbivores. Ces caractéristiques sont très différentes de celles des écosystèmes plus boisés où les proies sont plus sédentaires. Il est donc également important de comprendre l'écologie des prédateurs dans ces écosystèmes boisés.

Les parcs nationaux du Zimbabwe et de la gestion de la faune sauvage (DNPWLM) ont cherché à établir un programme de recherche sur la grande faune du Parc national de Hwange. Leur préoccupation était d'établir les tendances sur le long terme des populations sauvages, de façon à pouvoir maintenir des populations viables, adaptées à leur milieu. Plusieurs équipes de recherches se sont donc formées pour conduire des études détaillées sur l'écologie de la grande faune du parc (éléphant, rhinocéros, impala), notamment dans le cadre du programme spécifique HERD "Hwange environmental research and development", où le CNRS et le CIRAD coopèrent avec les parcs nationaux du Zimbabwe.

Depuis la création du parc, aucune étude majeure de suivis des populations de grands carnivores n'avait été faite dans le parc national de Hwange. En 1996, Wilson V.J a travaillé tout au long de l'année, sur la distribution des grands carnivores (Wilson V., 1997). Sa méthode consistait principalement en une estimation brute, établie à partir de rapports d'observations effectués par les touristes, l'équipe du parc, les volontaires et l'auteur lui-même. A la suite de cette étude, l'auteur mettait l'accent sur la nécessité de mener des travaux de recherches précis sur les populations de grands prédateurs du parc, afin de déterminer leur statut et leur abondance au sein du Parc National. Des programmes de suivi des populations de grands carnivores (lycaon, lion, Hyène tachetée) se sont donc mis en place. Le "Hyaena Research & Conservation Project", a notamment mis en place une étude sur l'écologie et

l'éthologie de la Hyène tachetée, en collaboration avec le projet HERD. Pour donner aux agents du parc des outils de gestion, le projet de recherche et de conservation de la Hyène tachetée cherche à obtenir des données sur la population et la densité de cette espèce, son statut, sa distribution, ses interactions avec les autres espèces de carnivores et son régime alimentaire. Le projet est actuellement sous la direction de Nolwenn Drouet, étudiante en dernière année de thèse. Ce stage de Master 2 s'inscrit dans le cadre de l'étude en cours sur la Hyène tachetée.

Dans le cadre de l'estimation de la densité de la Hyène tachetée, les méthodes conventionnelles de transects aériens et terrestres, utilisées sur les grands herbivores, n'étant pas appropriées, le choix d'une méthode ayant déjà prouvé son efficacité a été fait. Depuis 1999, une technique d'attraction des animaux au moyen de la diffusion d'une bande sonore enregistrée a été utilisée dans le parc national de Hwange (Mills M.G.L., 1996). Cette technique appelée méthode de repasse ou de *calling* a été largement utilisée pour étudier la Hyène tachetée et le lion, le plus souvent couplée avec un exercice de calibration de la méthode pour des estimations de densité (Mills M.G.L., 1984; Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998 ; Ogotu J.O. *et al.*, 2005). Cette méthode permet *à priori* de détecter des tendances dans l'évolution de l'abondance de ces populations.

L'objectif initial assigné à mon stage était donc la calibration de la méthode de repasse dans l'environnement du Parc National de Hwange. Cela afin d'ajuster aux conditions locales les densités calculées depuis 1999. En effet, dans le Parc National de Hwange, cette méthodologie n'a pas été calibrée. Les données nécessaires aux calculs des densités, à savoir la portée du son (en km) et la probabilité de réponse des hyènes, ont été reprises des données calculées par Mills M.G.L (1984, 2001) dans le parc national du Kruger, en Afrique du Sud. L'environnement de ce parc est relativement proche de celui de Hwange. Cependant, la réponse numérique des hyènes dépend de nombreux facteurs environnementaux et comportementaux. Il est par conséquent difficile d'être sûr que les distances moyennes de réponses estimées dans d'autres sites sont réellement applicables dans cet écosystème. Une calibration spécifique au site de Hwange se révélait donc très utile, impliquant une évaluation systématique des facteurs qui influencent la variabilité dans la réponse des carnivores (Loveridge A.J., *et al.*, 2001 ; Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998). Après établissement du protocole de calibration, des événements indépendants de notre volonté ont mis en échec l'application sur le terrain de ce protocole et nous ont amené à revoir l'objectif principal. Nous nous sommes donc intéressés à l'estimation de la densité de la Hyène tachetée dans le parc national de Hwange. L'estimation de la densité locale des hyènes et de ses variations spatiales, s'avère nécessaire pour l'évaluation de son rôle, en tant que premier prédateur du parc, sur la dynamique des herbivores et sur la dynamique des autres populations de carnivores à statut de conservation défavorable, de par sa propension au kleptoparasitisme. Cela en plus du simple suivi de la population.

Pour ce faire, deux objectifs ont été assignés à ce travail de stage :

- Etudier la base de données issue des *calling* depuis 1999. A partir de cette étude, il s'agissait tout d'abord de faire émerger des caractéristiques d'ordre générales telles que le profil des interactions interspécifiques au niveau des stations d'appels, l'organisation sociale des hyènes (catégories d'individus répondant aux appels, caractère plus ou moins solitaire des déplacements), la répartition spatiale des hyènes, l'organisation temporelle des réponses au niveau de chaque station. Il s'agissait également de détecter une éventuelle évolution spatiale et/ou temporelle de la densité des hyènes et de la corréler avec différents déterminants ou facteurs explicatifs tels que la structure de l'habitat, les conditions

climatiques et la structuration des peuplements de proies dans cet écosystème de savane dystrophique.

- Participer à l'exercice annuel de *calling* (2006), pour une confrontation aux travail de terrain et une compréhension des contraintes qui peuvent subvenir dans la mise en pratique de ce protocole.

Après réflexion sur le protocole de *calling*, il a été possible de proposer des éventuelles améliorations dans l'application de cette technique.

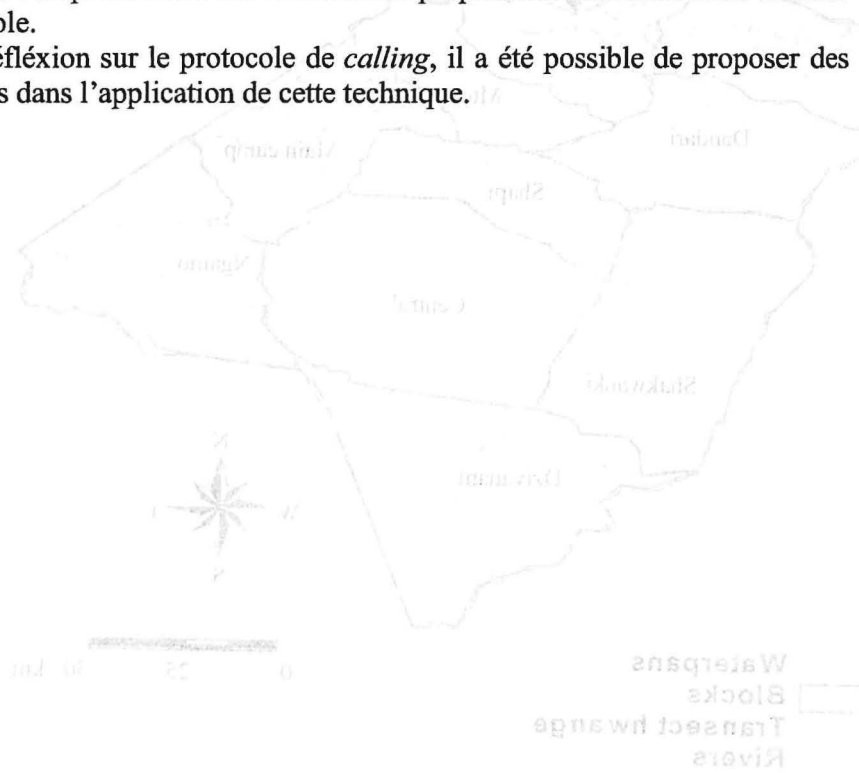


Figure 1: Répartition géographique des blocs et des transects de la savane dystrophique.



Figure 2: Répartition mensuelle de chaque bloc dans un an, et moyenne de la répartition des 3 blocs.

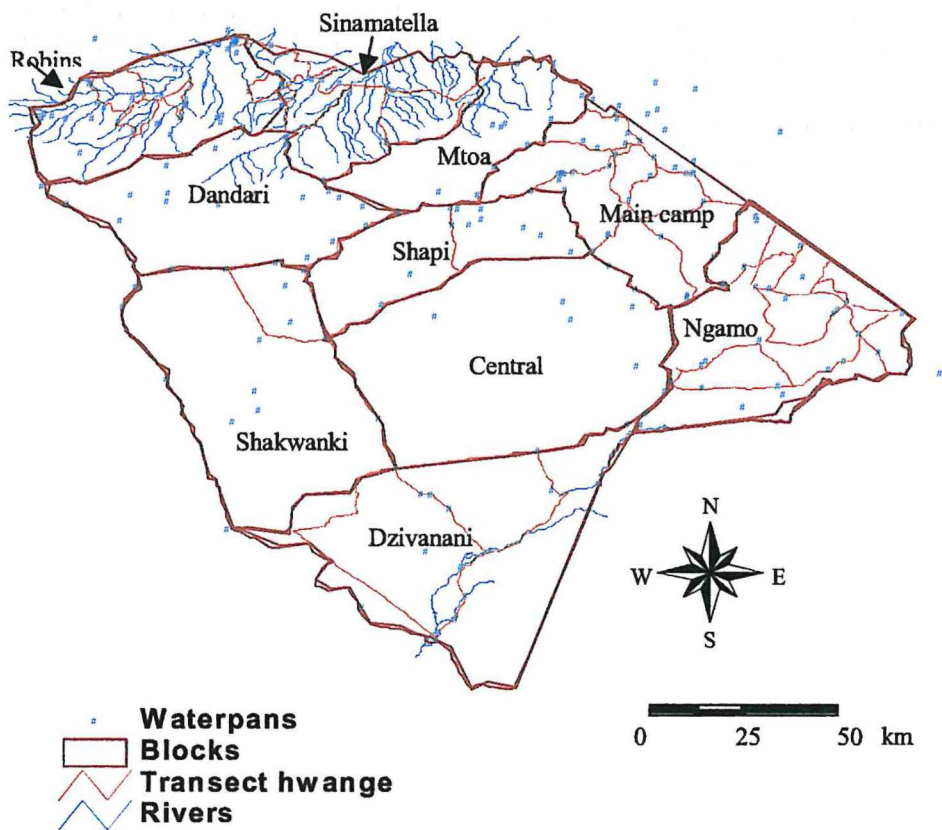


Figure 1: Réseau hydrographique du Parc National de Hwange

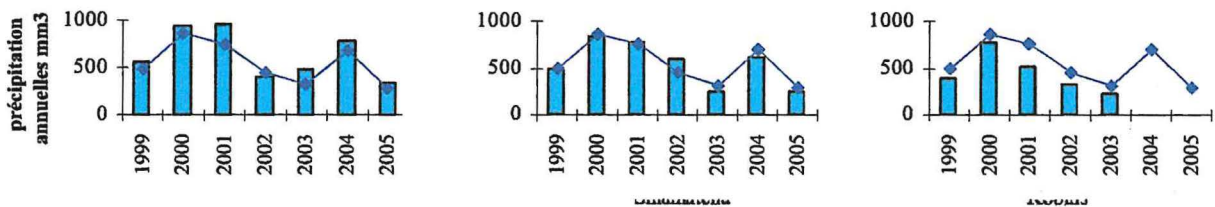


Figure 2: Pluviométrie annuelle de chaque bloc (barres) en mm³ et moyenne de la pluviométrie des 3 blocs (courbe) en mm³

I Matériel et méthode

1.1 Site d'étude: le parc national de Hwange

Parc national depuis 1949, Hwange est situé à l'ouest du Zimbabwe, dans la province du Matabeland nord, entre 18°30' et 19°55' de latitude et 25°40' et 27°30' de longitude (annexe 1). Il est limité à l'ouest par le Botswana, au nord par les zones de safari de Matetsi et de Deka, au nord-est par des forêts d'état et des fermes commerciales privées. Au sud-est s'étendent des réserves nationales de forêts et des terres privées. La partie sud est bordée par la zone de Tsholotsho (Wilson, 1997).

Le parc national de Hwange, avec ses 14 651 km² d'espace protégé, est le plus vaste du pays. Il représente 29,2% de l'ensemble des aires protégées du pays (parcs nationaux, zones de safari et forêts d'état). De par son étendue, il occupe le 3ème rang en Afrique australe, après les parcs nationaux de Kruger en Afrique du sud (21 000 km²) et d'Etosha en Namibie (20 000 km²). Il représente également l'une des régions d'Afrique les plus riches en termes de diversité et d'abondance faunistique. Toutes les espèces de carnivores emblématiques d'Afrique telles que le lion (*Panthera leo*), la Hyène tachetée (*Crocuta crocuta*), le guépard (*Acinonyx jubatus*), le léopard (*Panthera pardus*) et le lycaon (*Lycan pictus*) y sont présentes (Drouet N., 2003).

❖ Découpage géographique et géologie

Le parc national de Hwange est découpé en 10 blocs ou sous régions (Dzivanini, Central, Shakwanki, Dandari, Shapi, Ngamo, Sinamatella, Robins, Mtoa et Main camp) (figure 1). Ces différentes zones coïncident avec des écosystèmes aux caractéristiques différentes dans leur géologie, pluviométrie, sols, végétation ou capacité de portage des grands herbivores (Department of National Parks and Wildlife Management., 1999). Le relief du parc national de Hwange est essentiellement plat, sauf dans le nord plus vallonné. Il se situe de part et d'autre de la ligne de partage des eaux séparant le bassin de drainage du Zambèze au nord et celui de Makadikadi au sud. Cinq types géologiques se côtoient: 75 % de la surface du parc est occupée par le sable du Kalahari (essentiellement localisé dans la partie central du parc), 8,7% par les formations calciques, 8,2% par le basalte Batoka, 7,4% par de la roche précambrienne et 2,2% par les sédiments du Karoo. Le parc possède un réseau routier développé, principalement dans les parties nord, nord-ouest et est (Main camp, Sinamatella, Robins et Ngamo), permettant une vision optimale de la faune (Department of National Parks and Wildlife Management., 1999).

❖ Climat et hydrologie

Le climat de Hwange est semi aride, de type soudano-sahélien, avec une tendance à être plus sec vers l'ouest (en direction de la frontière du Botswana) et les parties sud du parc. La pluviosité annuelle moyenne est de 620 mm, avec des variations inter-blocs: Sinamatella (570mm), Main camp (652mm) (figure 2). Les coefficients de variations interannuelle sont relativement importants, et certaines années ont pu être particulièrement sèches (quelques années de forte sécheresse au cours de ces 30 dernières années, sur l'ensemble du parc). La saison des pluies, d'une durée de 4-5 mois, s'échelonne de novembre à mars, alors que la saison sèche se divise en 2 périodes bien distinctes: la saison sèche froide, d'avril à fin juillet,

suivie de la saison sèche chaude, d'août à novembre (Department of National Parks and Wildlife Management, 1999).

Dans le parc national de Hwange, la plupart des points d'eau sont saisonniers et s'assèchent dès le début de la saison sèche. Le parc dispose de points d'eau repartis sur son ensemble, beaucoup sont situés dans le lit des rivières du nord du parc (figure 1), avec 70% des points d'eau naturels, en majorité temporaires et 30% des points d'eau artificiels, maintenus actifs durant la saison sèche (une 60ème répartis sur l'ensemble du parc, la plupart localisés au nord et nord-est du parc). La présence de points d'eaux artificiels permet une augmentation de 24% à 71% des habitats disponibles en saison sèche pour les espèces animales dépendantes de l'eau libre et une certaine fixation des populations animales en prévenant les mouvements de faune hors des limites du parc vers les zones frontalières communales du nord (Drouet N., 2003).

❖ Végétation

La végétation de Hwange est premièrement composée de forêt claire sèche ou *woodland* (64%) et de savane arbustive ou *shrubland* (32%) avec seulement 4 % de savane herbeuse (annexe 2 et 3). La composante boisée, spécialement les arbustes, est assez importante en terme de couverture végétale, recouvrant la majorité du parc (Ganzin N. & Bourgarel M., 2002). Les fourrés et la savane herbeuse sont assez rares. La végétation n'est pas de façon dominante très fermée, mais la majorité de celle-ci possède une couverture boisée non négligeable, avec une forte proportion de savane arbustive (annexe 4). Les espèces ligneuses les plus rencontrées sont *Baikea plurijuga*, *Combretum species*, *Terminalia sericea*, *Colophospermum mopane*, *Guibourtia coleosperma*, et les espèces d'*acacia*.

De façon générale, l'intérêt des gestionnaires et des scientifiques s'est centré sur la partie nord du parc car la plus accessible et la plus riche en points d'eau en saison sèche y attirant ainsi une grande majorité de la faune.

Le stage s'est déroulé sur une période de 5 mois, d'Avril à Août 2006, et le travail de terrain effectué a concerné le nord du parc à savoir les blocs Robins, Sinamatella, Shapi et Main camp.

1.2 Modèle d'étude: la Hyène tachetée (*Crocuta crocuta*)

Il y a 4 espèces dans la famille des Hyaenidae, dont l'origine et la parenté sont schématisées ci-dessous (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000) :

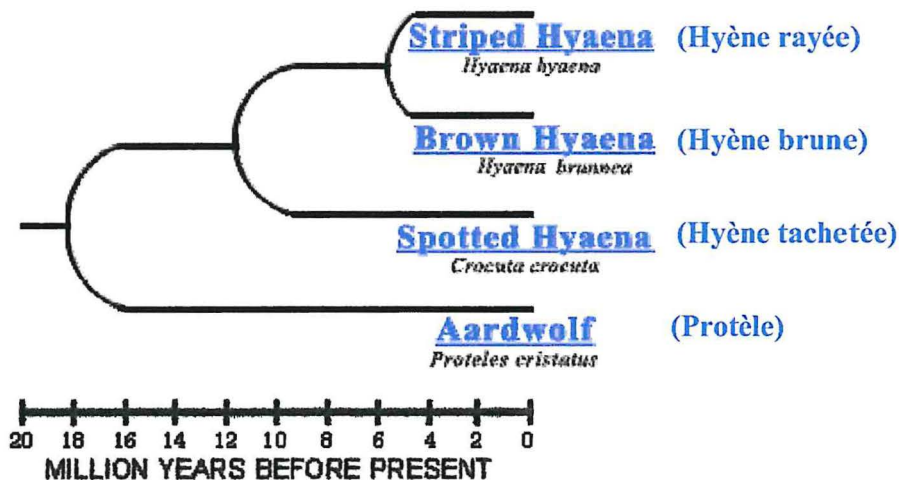


Figure 3: Schéma de l'origine taxonomique des hyènes

Issue de IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website :

<http://www.hyaena.ge/dependent>

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés à la population de Hyène tachetée du parc national de Hwange (représentant de cette famille largement présent dans cette aire protégée).

❖ Généralités sur la Hyène tachetée

Ce grand animal ressemblant à un chien possède une robe tachetée. Il est robuste avec un poids allant de 45 à 70 kg. La Hyène tachetée vit au sein de groupes sociaux territoriaux, appelés clans. La société est caractérisée par une hiérarchie de dominance linéaire stricte où les femelles sont dominantes sur les mâles. Cette espèce présente des organes sexuels secondaires très similaires chez le mâle et la femelle (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000). Elle est largement vue comme un charognard qui se nourrit de restes laissés par d'autres carnivores. Cependant, de nombreuses études montrent que la Hyène tachetée est un prédateur à part entière qui chasse la majorité des animaux dont elle se nourrit (Honer O.P, *et al.*, 2002 ; Kruuk H., 1972 ; Whateley A. & Brooks P.M., 1978). Cette espèce est largement opportuniste dans son choix de proies, qui varie fortement entre les écosystèmes. Elle se nourrit principalement d'herbivores, incluant des antilopes de petite, moyenne et grande taille, des buffles, et d'autres herbivores comme les zèbres et les jeunes des girafes ; mais aussi d'espèces omnivores comme les phacochères (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000). C'est un kleptoparasite au dépend des autres espèces de carnivores. Elle peut aussi se nourrir de déchets laissés autour de campements humains, et d'animaux domestiques (bovins, moutons et chèvre, ânes). Elle a également développé une grande diversité de techniques de chasse. Typiquement, la Hyène tachetée chasse et se déplace de façon solitaire ou par petits groupes de 2 à 5 individus. La société est de type "fission fusion" (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist

group website, 2000 ; Kruuk H., 1972). Globalement, la société de la Hyène tachetée est caractérisée par sa nature flexible (taille de groupe, comportement territorial...). La taille du territoire est très variable, s'étendant de moins de 40km² dans le Cratère de Ngorongoro, jusqu'à 1000km² dans le Kalahari. Le nombre moyen d'adultes et sub-adultes dans un clan varie de 3 dans les zones désertiques et semi désertiques de l'Afrique du sud, à 54 dans les zones de savanes de l'Afrique de l'est (IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000 ; Kruuk H., 1972).

❖ Compétition interspécifique

On rencontre fréquemment la Hyène tachetée en présence d'autres espèces de carnivores, le plus souvent menacés (lions, guépards, lycaon, léopard) et les interactions sociales interspécifiques peuvent être assez fréquentes. Les Hyènes tachetées entrent le plus fréquemment en compétition avec les lions au niveau des carcasses (Honer O.P, *et al.*, 2002). Les relations de dominance entre la Hyène tachetée et les espèces compétitrices ne sont pas absolues mais dépendent du nombre d'individus en présence ou de la présence chez les lions d'un mâle adulte (Honer O.P, *et al.*, 2002).

L'estimation de la densité locale des hyènes et de ses variations spatiales se révèlent être un objectif important de la gestion de la biodiversité du parc national de Hwange.

1.3 Protocoles

1.3.1 En vue de l'estimation des densités de hyènes

❖ Observation opportunistes

Dans le cadre du travail de thèse réalisé par Nolwenn Drouet-Hoguet, un protocole de suivi nocturne de l'activité des hyènes a été mis en place. Le but de cet exercice consiste à améliorer l'état des connaissances portant sur la localisation des Hyènes tachetées, leur activité, leur densité et l'utilisation qu'elles font de l'espace. En complément de l'étude proposée dans le cadre de mon stage de master, je participais à ce travail de "monitoring". Cette exercice jouait également le rôle d'appui au protocole de calibration de la méthode de *calling* par le biais de la localisation spatiale des hyènes.

Il s'agit de relever les observations visuelles de carnivores (hyènes et lions) sur une feuille de données conçue précisément pour ce travail (annexe 6), et d'enregistrer tout événement de chasse ou de présence aux carcasses au cours de ces suivis nocturnes.

Ces observations sont réalisées chaque nuit, tout au long de la saison sèche, au cours de deux périodes nocturnes :

- Tranche horaire de 4:00 à 8:00 (Nolwenn Drouet Hoguet)
- Tranche horaire de 18:00 à 00:00 (Maeva Dewas)

Trois transects routiers prédéfinis sont parcourus en véhicule à raison d'un transect par tranche horaire. Ces trois transects sont parcourus à tour de rôle, de façon répétitive. A bord du véhicule, conduit à une vitesse de 40 km/h environ, un ou deux observateurs (incluant le conducteur) éclairent les cotés du véhicule à l'aide d'un spot lumineux puissant.

Les données récoltées au cours de ce stage étaient transmises à Nolwenn au fur et à mesure, mais aussi à l'équipe du parc national sous la forme de rapport mensuel. Dans le cadre de mon étude, ces données n'ont pas été utilisées de façons formelles, ni traitées statistiquement.

❖ Exercice de calling

Depuis 1999, un exercice annuel de *calling* est mené pendant la saison sèche, dans le parc national de Hwange. Cette méthode consiste à évaluer la réponse des hyènes, à une cassette diffusant des bruits de proies agonisantes, d'interactions agonistiques inter-clans, d'interactions hyènes-lions et de hyènes autour d'une carcasse. Cette technique d'étude standardisée (Mills M.G.L., 1984 ; Mills M.G.L. *et al.*, 2001) permet de déterminer la densité de la Hyène tachetée. Des sites spécifiquement choisis appelés stations de *calling* sont réparties dans les différents blocs, en se référant au réseau de routes et de chemins présents. Chacun des blocs écologiques est échantillonné proportionnellement à sa superficie, avec une répartition homogène des stations de *calling*, dans la mesure du possible (accès difficile aux zones centrales, sud et sud-ouest). Une surface assez ouverte est sélectionnée afin d'obtenir la meilleure visibilité au niveau de chaque station. Cinq stations en moyenne sont échantillonnées par nuit. Les stations sont séparées par un intervalle d'au moins 6 km (optimal : 10km) afin de minimiser les possibilités de doubles comptages au cours d'une nuit d'exercice mobilisant plusieurs stations voisines. Chaque nuit de la période d'étude, une zone différente ne chevauchant pas la précédente, est échantillonnée. Au niveau de chaque station se déroule l'exercice suivant : le véhicule est stoppé et une cassette de 5 minutes possédant sur sa bande des bruits connus pour attirer les hyènes, est diffusée à l'aide d'un walkman Panasonic relié à un amplificateur de 12V et 35Watt, et à deux haut parleurs de 50 Watt. La même bande est diffusée pendant 5 minutes avec les deux hauts parleurs émettant dans la même direction, cinq minutes de silence suivent la diffusion de la cassette. La lecture de la cassette et les 5 minutes de pause suivant l'émission sont répétées 3 fois, pour un total de 30 minutes passées à chaque station de *calling*. Entre 2 lectures, les hauts parleurs sont tournés de 90° et la bande sonore rembobinée. Un spot lumineux est utilisé afin de compter les hyènes arrivant à la station. Deux observateurs se tiennent à l'arrière du véhicule, éclairant les alentours et enregistrant les événements d'approches ou d'émissions sonores. Pendant le premier passage de la bande, le spot lumineux n'est pas utilisé, à moins d'entendre des sons indiquant la présence d'un animal. Au cours des 2 autres diffusions, le spot lumineux est utilisé de façon périodique pour scanner les environs et chaque carnivore approchant est soigneusement enregistré avec notation de son heure d'arrivée. A chaque station, le nombre de prédateurs répondants est noté, ainsi que l'espèce, le sexe et l'âge de chaque individu, ceci sur un formulaire spécial (annexe 6). L'exercice n'est réalisé qu'une fois au niveau de chaque stations.

Les données recueillies chaque année, depuis 1999, lors de l'exercice de *calling* ont été rassemblées sous Excel 2002, en une base de données complète. Les informations recueillies pour chaque année concernent : le nom et la localisation de chaque site de *calling*, l'habitat entourant chaque site, ainsi que leur coordonnées GPS, la date des relevés pour chaque station, le nombre de hyènes, lions et chacals répondant par station, l'heure d'arrivée et de départ du véhicule, l'heure d'arrivée des carnivores cités précédemment. A partir de cette base de données, il s'agissait de calculer annuellement les densités et le nombre total de hyènes pour chaque bloc de la zone étudiée. La taille de la population totale de hyènes dans chaque bloc était estimée en utilisant le modèle de Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; et les valeurs trouvées par Mills M.G.L., 1984 dans le cadre de son protocole de calibration de la méthode. Le nombre supposé de prédateurs à l'intérieur du rayon de réponse (\hat{u}) est estimé en utilisant la formule suivante:

$$\hat{u} = \hat{y} / \hat{S} \quad (1)$$

Où \bar{y} correspond au nombre moyen de hyènes répondant par stations et \hat{S} est la probabilité de réponse issue de l'expérience de calibration réalisée par Mills M.G.L., soit 0,61 (Mills M.G.L., *et al.*, 2001). L'estimation de la densité de hyènes ou de la taille de la population totale nécessite l'utilisation du rayon de réponse pour estimer la zone échantillonnée. En utilisant la valeur trouvée par Mills M.G.L concernant le rayon de réponse des hyènes, chaque station de *calling* est supposée couvrir une zone de 32,2 km² (3,2 km de rayon). En utilisant la formule $\hat{y}/32,2$, on arrive donc à une estimation du nombre de hyènes/km². Le nombre total de hyènes dans un bloc est finalement estimé en utilisant la formule suivante

$$N_T = (A_H/A_S) \hat{y} \quad (2)$$

Où A_S représente la surface échantillonnée autour d'une station de *calling* et A_H la surface du bloc ou de la région entière.

1.3.2 Mise en place d'un protocole de calibration

La méthode de repasse a été utilisée par plusieurs chercheurs, prouvant sa grande efficacité pour estimer la taille et la densité des populations de hyènes tachetées (Mills M.G.L., 1984; Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998 ; Ogotu J.O. *et al.*, 2005. Certains de ces chercheurs ont calibré la méthode de repasse pour qu'elle fournisse des estimations de la densité des hyènes. Ce protocole de calibration est indispensable, permettant de mesurer la distance à partir de laquelle les animaux sont attirés par le son (zone en km², efficacement couverte par le son diffusé), l'effet de la distance sur la probabilité de réponse des animaux, la probabilité de réponse (proportion du nombre d'animaux exposés au son qui répondent), l'effet de l'habitat et l'effet d'autres facteurs jouant sur la probabilité de réponse (âge, sexe, statut social et reproductif, abondance des proies, possession d'une carcasse, activité au moment du passage de la bande...). La procédure de calibration implique donc une évaluation systématique des facteurs influençant la variabilité dans la réponse des carnivores (Loveridge A.J., *et al.*, 2001 ; Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998). Le tableau 1 présente ici quelques exemples de variations des paramètres utilisés pour l'estimation des densités et tailles de populations, en fonction de la zone d'étude.

Probabilité de réponse	Portée du son diffusé	
0.583	4 km	Réserve du Masai mara (Ogotu J.O. <i>et al.</i> , 2005)
0.61	3.2 km	Parc national du Kruger (Mills M.G.L., 2001)
0.88	3 km	Serengeti (Maddox T.M., 2003)
1	3.7km	Selous game reserve (Creel S. & Creel M.S., 1996)

Tableau 1: Résultats de plusieurs études concernant la probabilité de réponse des hyènes et le rayon d'action de la bande sonore lors d'un exercice de *calling*. D'après Ogotu J.O. *et al.*, 2005.

Concernant le protocole expérimental, il est nécessaire de pratiquer cet exercice de calibration à la même période de l'année que l'exercice de *calling* (saison sèche) avec au moins une dizaine d'essais indépendants de calibration. L'idéal serait de réaliser cette calibration dans des zones où la bande sonore n'a pas été diffusée pendant l'étude de *calling*, pour minimiser le taux d'habituation des animaux. Afin de mettre en œuvre ce protocole de calibration, les observations opportunistes de hyènes peuvent jouer un rôle préalable dans la localisation spatiale des hyènes. Il est nécessaire d'utiliser deux véhicules pour plus de facilité et de mobilité.

- Le premier véhicule, une fois qu'il a localisé un groupe de hyènes (≥ 1 individus), se poste à proximité de celui-ci et enregistre toutes les informations nécessaires pendant toute la durée de l'exercice, à l'aide d'une feuille de données spécifique (annexe 6).

- Le second véhicule se poste à une distance du groupe de hyène fixée à 4km, puis commence la diffusion de la bande utilisée pour l'exercice de *calling*. La bande est diffusée pendant 5 minutes, puis 10 minutes sont passées à attendre l'arrivée des hyènes. Si aucune réaction n'est enregistrée de la part des hyènes, le véhicule émetteur se rapproche des hyènes de 500m, et répète l'exercice. De la même façon, le véhicule réduit chaque fois sa distance de 500m jusqu'à atteindre une distance de 1km entre lui et le groupe de hyène.

Les deux véhicules restent en contact permanent pendant toute la durée de l'exercice, à l'aide de 2 radios. Cette communication permet au véhicule resté proche des hyènes, de connaître le moment précis du début et de la fin de l'émission sonore, afin de noter l'activité des hyènes avant l'émission et un quelconque changement de comportement de la part des hyènes au moment de la diffusion. De la même façon, le second véhicule est informé de tout déplacement concernant les hyènes, pendant et après le passage de la cassette. Par exemple, si les hyènes commencent à se déplacer en direction du véhicule émetteur, il est possible d'attendre plus longtemps que les 10 minutes prévues pour voir si elles arrivent réellement. Dans le cas d'arrivées de hyènes, le moment d'arrivée et le statut (âge et sexe si possible) des individus est enregistré dans un formulaire prévu à cet effet (annexe 6).

Le choix de la distance maximale entre les 2 véhicules (4km) s'appuie sur les travaux de Mills M.G.L (1985, 2001) et Ogotu et Dublin (1998).

Ce protocole n'a finalement pas pu être réalisé pour deux raisons principales. (1) Ce protocole, nécessitant l'utilisation de 2 véhicules, des sorties sur le terrain sur des périodes de plusieurs jours (temps de recherche des hyènes) et nécessitant une main d'œuvre relativement importante (au moins 2 individus par véhicule dont 2 conducteurs), a finalement été considéré comme non réalisable cette année suite à un gros retard dans le programme d'achat de véhicules (1 seul véhicule disponible pour 6 étudiants menant chacun une étude différente, et ce pendant 4 mois). (2) A la suite d'une saison des pluies très marquée cette année, la répartition des hyènes au sein de la zone principale d'activité (Main camp) semble avoir changé et les contacts visuels avec les hyènes dans le cadre du protocole d'observation opportuniste sont restées rares.

1.3.3 Comptages routiers des proies potentielles

Les données des comptages routiers ont été utilisés dans le cadre de ce stage afin de pouvoir établir à la suite du calcul des densités de hyènes, une relation entre la densité de hyènes et celle de proies. Cela sous l'hypothèse que la localisation des hyènes est fonction de celle des proies.

Ce protocole de comptages routiers est suivi de façon annuelle depuis octobre 1977. Les données de comptages routiers utilisées dans le cadre de mon étude le sont de 1999 à 2005. Ces données ont été récoltées par Marion Valeix et Simon Chamaille, au cours de leur thèse de doctorat.

Un réseau de transects routiers a été mis en place afin de pouvoir effectuer des comptages routiers de la faune sauvage (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005). Les comptages routiers sont effectués chaque année, dans la partie nord du parc où la faune sauvage se concentre en saison sèche : Sinamatella, Robins, Ngamo et Main camp (annexe 6). Il existe des mouvements saisonniers chez plusieurs espèces de grands herbivores, les concentrations d'herbivores dans les différents habitats changent donc au cours de la saison sèche. Des comptages saisonniers ont été mis en place dans les zones de Main camp et Sinamatella afin de suivre et comprendre les changements saisonniers dans la densité locale et l'utilisation de l'habitat. Mai, Octobre et Décembre sont les périodes choisies pour les comptages routiers. Les comptages de mai correspondent à la fin de la saison des pluies, avec une grande quantité de nourriture pour les

herbivores et donc une répartition homogène des animaux dans le milieu. Les comptages d'octobre correspondent au pic de la saison sèche lorsque la quantité de nourriture et d'eau disponible est minimale, avec une concentration des animaux au niveau des principaux points d'eau. Les comptages de décembre correspondent au tout début de la saison des pluies, lorsque les pousses vertes de la végétation apparaissent en petite quantité et lorsque l'eau recommence à être disponible dans tout le parc, permettant aux populations animales de se disperser dans le milieu. Pour les zones de Robins et Ngamo, les variations inter annuelles sont privilégiées, avec des comptages uniquement en octobre (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005).

Les routes sont utilisées comme transects. Le long des transects, tous les mammifères de taille moyenne à grande sont comptés par une équipe composée d'un minimum de 2 observateurs en plus du conducteur. Les résultats sont limités aux ongulés les plus communs puisque les transects routiers ne permettent pas d'estimations fiables des densités de population pour les espèces rares. Le véhicule est conduit à 20 – 40 km/h. A chaque fois qu'un animal est vu, la voiture est stoppée ; la taille et la composition du groupe, l'activité des animaux, l'habitat sont enregistrées. Pour chaque contact, les informations minimales requises pour estimer une densité sont : la taille du groupe, la distance radiale (R sur la figure 4) entre le groupe et la voiture (mesurée à l'aide d'un télémètre), et l'angle de vision (θ sur la figure 4) à partir du point auquel l'observateur a détecté en premier l'animal.

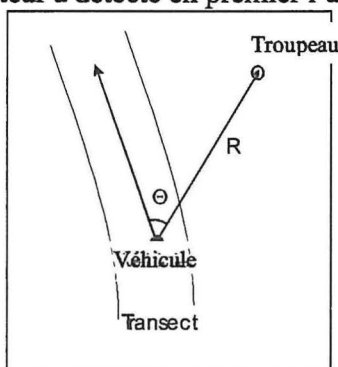


Figure 4: Mesures à prendre pour les analyses *distance sampling*, d'après le rapport d'activité HERD project (1999-2005), Chamaillé S. *et al.*, 2005

Tous les transects sont échantillonnés au moins 2 fois par session de comptages (i.e. octobre) afin d'augmenter l'exactitude des estimations. Autant que possible, ils sont parcourus à différentes heures de la journée et dans les deux directions (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005).

Les données recueillies chaque année lors de l'exercice de comptage routier ont été précédemment rassemblées sous Excel 2002 en une base de données complète (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005). Les informations recueillies pour chaque année concernent le numéro de transect et sa localisation (blocs), la session de comptage et la date de réalisation de l'exercice pour chaque transect, le nombre d'échantillonnage du transect, le nom de chaque espèce aperçue, avec la taille et la composition du groupe, les coordonnées GPS de leur localisation, l'angle et la distance, le type d'habitat, et le nombre de km parcourus depuis le début du transect (au moment du visionnage). A partir de cette base de données, des indices d'abondance kilométrique ont été calculés pour toutes les espèces, i.e. le nombre d'animaux vu par km parcouru, avec calcul des densités pour les espèces pour qui le nombre de contacts visuels était supérieur à 10. Les densités ont été calculées avec le logiciel DISTANCE SAMPLING, prenant en compte la probabilité de détecter un groupe d'animaux en fonction de leur distance perpendiculaire au transect, et selon le type d'habitat. Pour toutes les

espèces, les résultats étaient présentés dans un tableau montrant pour toutes les zones d'études et les sessions, les IKA, les densités estimées et les tailles de populations dérivées, avec les coefficients de variations et l'intervalle de confiance des données (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005).

1.4 Traitements statistiques

Les analyses des données de calling depuis 1999 ont été effectuées sous R 2.21.

- Afin de tester les différences inter blocs et les différences annuelles dans les densités de hyènes, un modèle linéaire généralisé et un modèle linéaire mixte ont été utilisés respectivement, en tenant compte du fait que la distribution de l'indice de densité, i.e. nombre moyen de hyènes répondant par station, suit une loi de poisson.

- Un test de signe de Wilcoxon a été utilisé pour étudier les différences inter blocs dans la densité de proie.

- Enfin, un test de rang de Spearman a été utilisé pour tester la relation densité de hyènes/densité de proies, au sein des différents blocs d'intérêt.

II Résultats

2.1 Base de données *calling* (hyènes)

Depuis 1999, différents chercheurs en charge de l'exercice de *calling* se sont succédé dans le Parc National de Hwange. En fonction des objectifs de travail, le protocole établi pour la collecte des données a sensiblement évolué ; les données enregistrées ont également pu varier (nombre totale de hyènes arrivant à chaque station vs nombre et heures d'arrivées des hyènes à chaque station ; prise en compte des autres prédateurs...). La figure 5 présente l'hétérogénéité annuelle et inter-blocs du pourcentage de couverture de chacun des blocs, par les stations de *calling*. En effet, le nombre de stations déployées par blocs chaque année est très variable. Dans un but de précision et d'exactitude, le choix a été fait de ne garder les données établies que pour des couvertures de blocs d'au moins 10%, afin d'éviter des biais et une erreur standard trop importante et de ne garder que les estimations de densité les plus fiables (nombre minimum de stations requis pour pouvoir extrapoler une densité et un nombre total d'individu à la superficie totale des blocs étudiés). A partir du rayon de réponse de 3,2 km, pour les hyènes (Mills M.G.L., 1984 et Mills M.G.L. *et al* ; 2001), l'estimation du pourcentage de couverture est calculé en multipliant le nombre de stations de la zone d'intérêt par 32,2 km², et en divisant ce résultat par la surface de la zone concernée.

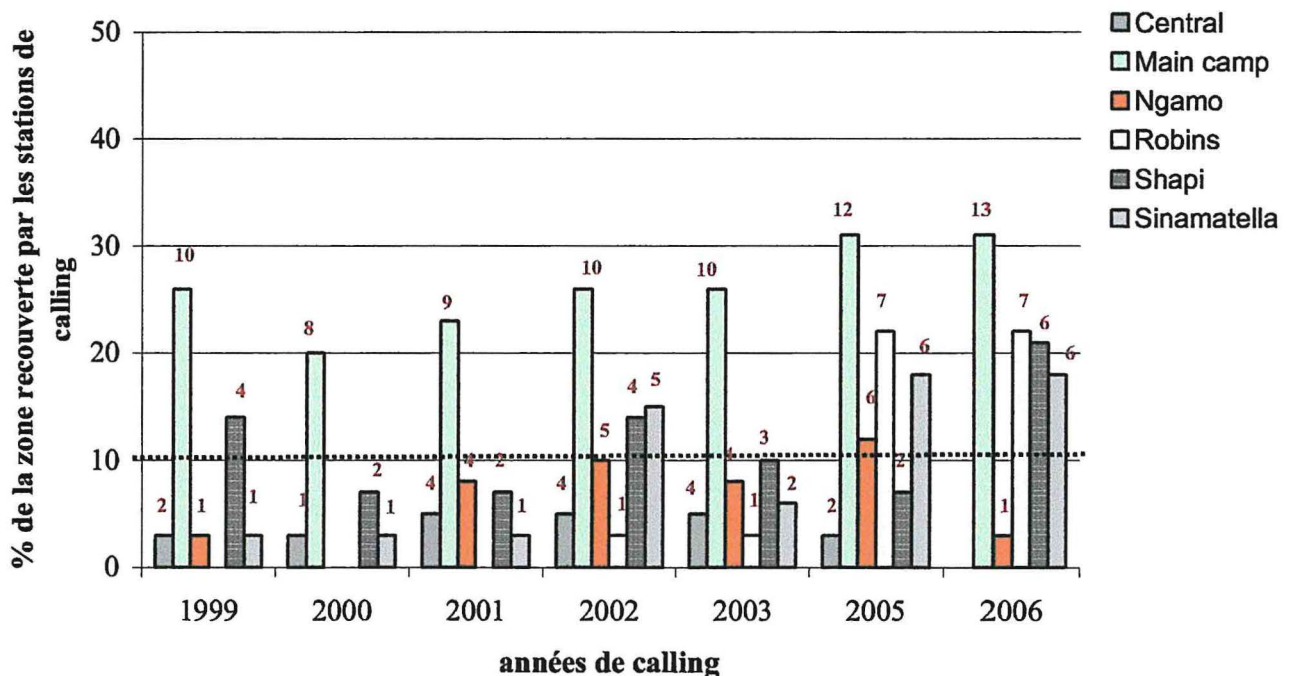


Figure 5: Pourcentage de la zone échantillonnée par les stations de *calling*, selon les différents blocs et les différentes années, avec le nombre de stations par blocs et par années au dessus de chaque barre du graphique. Seuil de 10% schématisé par le trait horizontal discontinu.

Dans le cas du parc national de Hwange, une partie infime de sa surface totale se trouve couverte par les stations de *calling* (3-9%), quelle que soit l'année. **Il n'est donc pas valable d'établir une densité ou un nombre total de hyènes sur l'ensemble du parc, du fait de l'écart important des densités de hyènes entre les différents blocs et du fort contraste entre**

la couverture de la partie nord du parc et celle des parties centrales et sud du parc (figure 6). Nous avons donc choisis comme unité de travail, les différents blocs du parc national de Hwange, en excluant les données du bloc « Central » de nos analyses (très faible pourcentage de couverture). De même, les données de *calling* de l'année 2004 ont été exclues de nos analyses pour cause d'interférences avec l'exercice de *calling* réalisé pour les lions (équipe de recherche d'Oxford) à la même période cette année là.

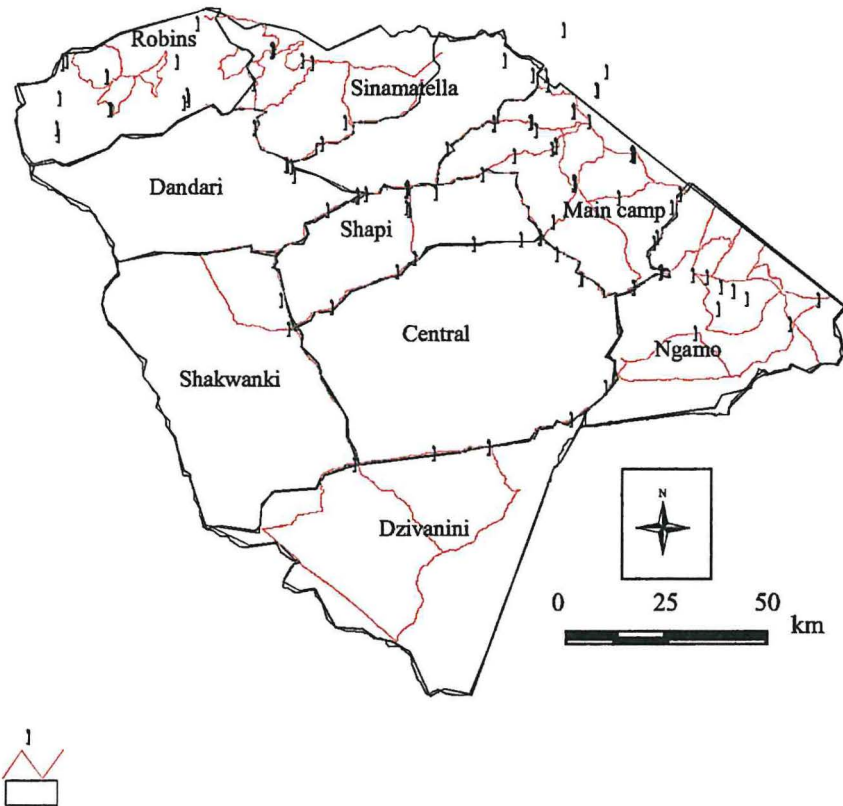


Figure 6: Répartition des stations de *calling* dans les différents blocs du parc national de Hwange

2.2 Réponse des hyènes à l'exercice de *calling*

2.2.1 Variation interspécifique dans la réponse au *calling*

Les lions répondent aux playbacks des vocalisations de hyènes. Cependant, la présence des lions ne semble pas empêcher les hyènes de répondre. Après diffusion de la bande sonore, on a pu enregistrer la présence de lions au niveau de 15 stations de *calling*, pour les années 1999, 2000, 2002, 2003, 2005 et 2006 cumulées (années avec informations pour ces 2 grands carnivores). Les hyènes étaient également présentes sur 9 de ces 15 stations. Concernant les stations où les 2 grands carnivores étaient présents, 5 stations présentaient une réponse majoritaire de la part des lions (maximum : 5 lions pour 1 hyène) et 4 de la part des hyènes (maximum : 1 lion pour 10 hyènes). Les hyènes arrivaient aussi bien avant qu'après les lions.

Les hyènes étaient présentes dans 65% des stations où les lions étaient absents. Elles semblent donc répondre de façon relativement indépendante par rapport à la présence des lions aux stations (53% vs 65%).

Les lions et les hyènes seuls étaient vus respectivement dans 4% et 58% des stations de *calling*. Les 2 carnivores étaient vus ensemble dans 6% des stations (figure 7). Le pourcentage de stations avec arrivées de hyènes était nettement plus élevé que celui avec arrivées de lions.

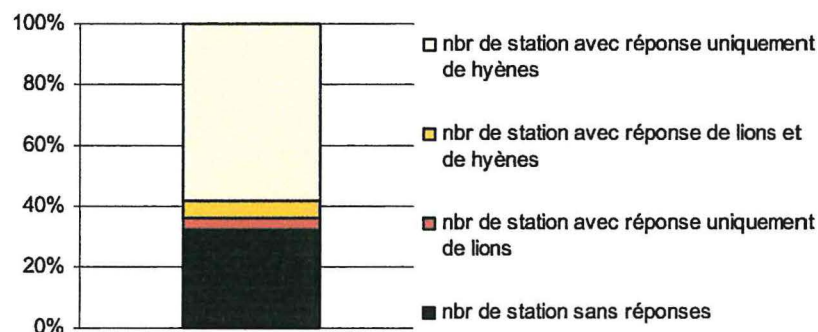


Figure 7: Pourcentage de stations : sans réponses, avec réponses de lions, de hyènes ou de ces 2 carnivores, pour les années 1999, 2000, 2002, 2003, 2005, 2006 cumulées.

Le nombre minimum et maximum de lions et de hyènes attirées aux stations de *calling* s'étendait de 0 à 8 et 0 à 17 respectivement.

2.2.2 Organisation des réponses de la Hyène tachetée aux stations de *calling*

❖ Les hyènes étaient vues en moyenne dans 67% (SE=11%) des stations établies de façon annuelles (minimum 52% ; maximum 82%). Le nombre moyen de hyènes attirées aux stations de *calling* était de 2.63 (SE=3.33), avec seulement 10% des stations attirant entre 5 et 10 hyènes et 5% des stations attirant plus de 10 hyènes (maximum : 17 hyènes pour Main camp, 2003). Un total de 405 Hyènes tachetées ont répondu à l'exercice au cours de ces 7 années, pour une moyenne annuelle spécifique de 57,86 (SE=23,55) hyènes (minimum 24 ; maximum 89). Les jeunes hyènes sont attachées au terrier jusqu'à ce qu'elles aient environ 1 an, nos figures sont donc à considérer pour des animaux âgés de plus de 1 an. A 3 occasions uniquement, en 2002, des hyènes de moins de 1 an ont été enregistrées aux stations de *calling*.

❖ Au niveau des stations où les hyènes ont répondu, il y avait en moyenne 1,77 (SE= 0,94) arrivées de hyènes/stations (sous groupe de hyènes). Au totale, on trouvait 34% des stations sans aucune réponses de hyènes, 32% des stations avec 1 arrivée de hyènes et 33% des stations avec 2-5 arrivées de hyènes (figure 8).

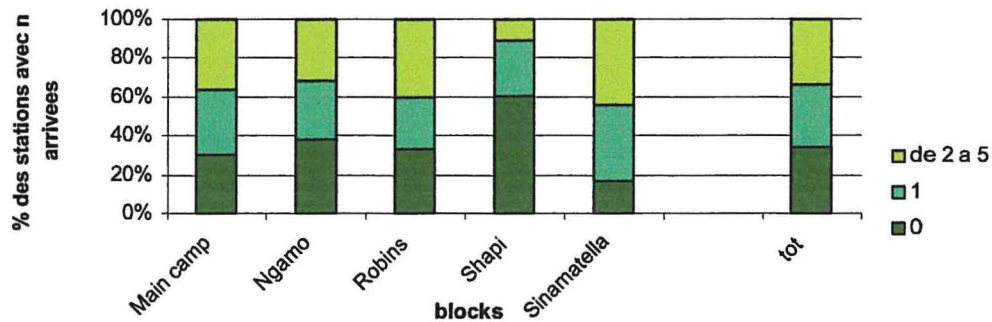


Figure 8: Proportion de station avec 0, 1 ou entre 2 et 5 arrivées, au niveau des différents blocs.

Sinamatella présente assez peu de stations sans aucune réponse de hyènes alors que Shapi possède plus de la moitié de ses stations sans réponses de hyènes (figure 8).

La moyenne du nombre de hyènes présentes dans les différents groupes arrivant aux stations de façon temporellement décalée (sous groupes) était de 2,13 (SE=1,93), avec un maximum de 10 hyènes pour Main camp et Sinamatella. Le nombre moyen de hyènes par sous groupe paraît semblable pour les différents blocs, excepté pour Shapi où il semble plus faible (figure 9).

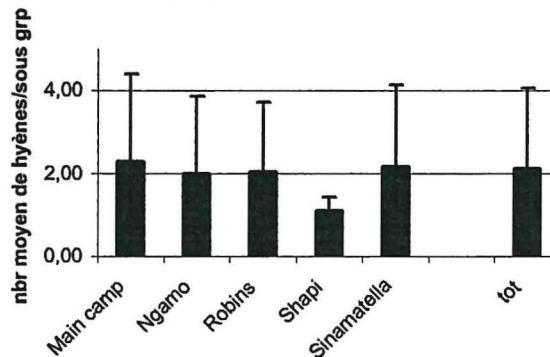


Figure 9: Nombre moyen de hyènes / sous-groupe arrivant à chaque station de calling

❖ Le temps passé à une station de *calling* était fixé à 30 minutes à partir du début de l'exercice. Cependant, dans 36% des cas, ces 30 minutes d'attentes étaient dépassées. Sur ces 36%, le véhicule restait localisé à une station d'appel entre 30 et 40 min dans 84% des cas, et seulement dans 8% des cas entre 40-45 minutes et 45-60 minutes. En établissant la courbe de cumul du nombre de hyènes arrivant aux stations de *calling* en fonction de leur heure d'arrivée (figure 10), on remarque que 50% des arrivées ont eu lieu dans les 15 premières minutes suivant le début de l'exercice. Après 30 minutes d'attentes, 80% des individus étaient déjà arrivées sur le lieu de diffusion de la cassette. Le gain d'individus était assez faible entre 30 et 45 minutes (15%) et négligeable à partir de 45 minutes.

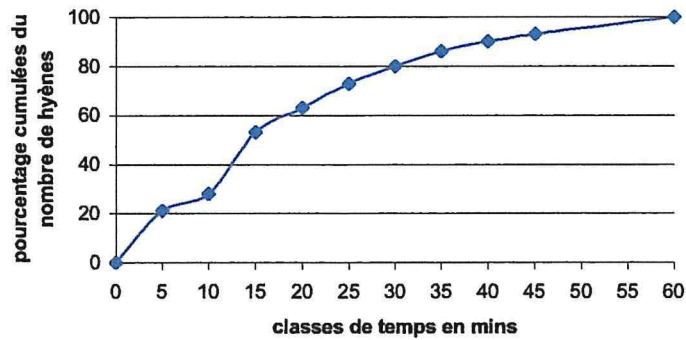


Figure 10: Courbe cumulée dans le temps du nombre de hyènes arrivant aux stations de calling en fonction de leur heure d'arrivée, 2005-2006

Il est intéressant de noter que la courbe de cumul ne serait peut être pas la même si le véhicule était resté plus de 30 minutes au niveau de toutes les stations de *calling* échantillonnées (vs seulement 36% des cas). Ici, le nombre de station où le véhicule est resté plus de 30 min et surtout plus de 45 min, est trop infime pour pouvoir en déduire un temps minimal nécessaire d'attente du véhicule.

2.3 Analyses inter blocs et évolution interannuelle

2.3.1 Différences inter blocs

Dans le cadre de cette analyse, les années 2005 et 2006 ont été choisies afin de comparer les différences inter-blocs du nombre moyen de hyènes répondant par station. Ces 2 années sont en effet les plus récentes et sont donc plus représentatives de la situation actuelle. Elles présentent également un pourcentage de couverture plus élevé pour la majorité des blocs étudiés (figure 5).

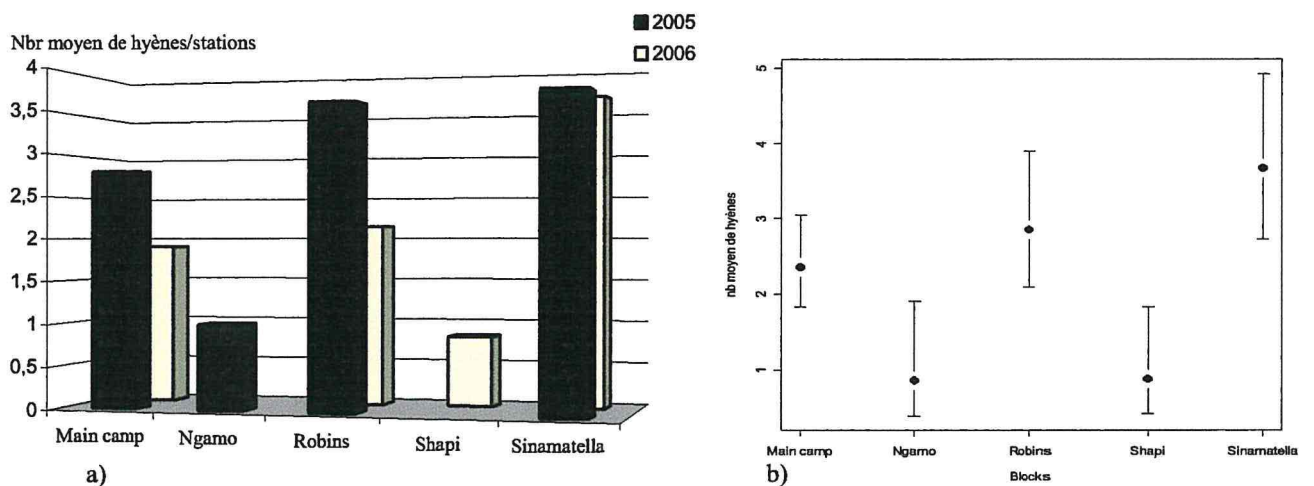


Figure 11: Nbr moyen de hyènes répondant/stations, au niveau des différents blocs pour les années 2005 et 2006. a) histogramme descriptif ; b) moyenne et intervalle de confiance calculés à l'aide d'un modèle linéaire généralisé.

On observe des variations inter-blocs du nombre moyen de hyènes/stations en 2005 comme en 2006 (figure 11a). Pour ces 2 années respectives, la moyenne du nombre de hyènes répondant par station est de 2,70 (SE=2,48) et 2,03 (SE=2,69). Le nombre moyen de hyènes répondant par station semble être le plus élevé pour Sinamatella, puis Robins, venant ensuite Main camp, Ngamo et Shapi.

Les analyses statistiques confirment qu'il y a bien une **différence significative entre les blocs concernant le nombre moyen de hyènes répondant par stations** ($p < 10^{-6}$). Shapi et Ngamo présentent un nombre moyen de hyènes par stations significativement plus faible que les 3 autres blocs (figure 11b). Malgré un certain chevauchement des intervalles de confiance pour Main camp et Sinamatella, la différence dans le nombre moyen de hyènes par stations est significative ($p = 0,029$).

2.3.2 Différences interannuelles

Pour cette analyse, toutes les années pour lesquelles les informations étaient disponibles ont été utilisées (1999-2006 ; excepté 2004). Chaque bloc a également été pris de façon individuelle pour tester l'existence d'une évolution inter annuelle concernant le nombre moyen de hyènes répondant par stations (indice de densité). Les années où la superficie des blocs recouverts était inférieure à 10% ont été conservées pour cette analyse statistique.

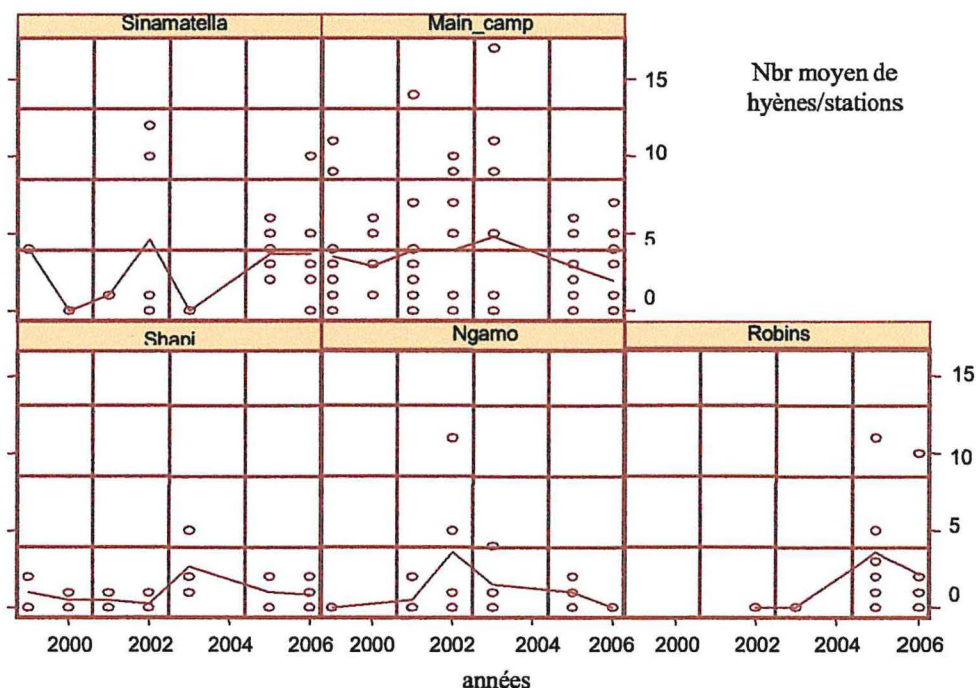


Figure 12: Evolution du nombre moyen de hyènes/stations au sein des différents blocs d'intérêt. Courbes des moyennes annuelles calculées par un modèle de régression linéaire mixte et répartition des valeurs autour de la moyenne

Le bloc possédant le plus de données est celui de Main camp. Pour ce bloc, les variations interannuelles semblent faibles. Les blocs présentant des variations plus prononcées dans le nombre moyen de hyènes/stations sont ceux possédant un nombre de données plus faible, avec des années présentant notamment un seul point pour le nombre de hyènes/stations (figure 12). Les analyses effectuées à partir d'un modèle généralisée mixte, montrent qu'il n'existe **aucun effet année significatif jouant sur le nombre moyen de hyènes par stations** ; et ce quel que

soit le bloc. Le nombre moyen de hyènes attirées par stations, calculé à partir du modèle, est de 2,28 avec un intervalle de confiance à 95% de [1,55 ; 3,36].

2.3.3 Densité et nombre de hyènes

Les densités de hyènes par blocs et par années pour les blocs dont les stations de *calling* couvraient au moins 10%, ont été calculées (figure 5).

Étant donné le rayon de réponse de 3,2km, la zone échantillonnée par station était de 32,2 km². La probabilité de réponse dans un rayon de 3,2km était estimée à 0,61 par Mills M.G.L (Mills M.G.L., 1984 et Mills M.G.L. *et al* ; 2001). Le tableau 2 donne les estimations de la densité de hyène, i.e. nombre moyen de hyène par km² et le nombre total de hyènes pour différents blocs du parc et différentes années.

	Main camp	Ngamo	Robin	Shapi	Sinamatella
1999 Densité	0.18	–	nd	0.05	–
Nbr total	225	–	nd	47	–
zone échant (km ²)	322.00	32.20	nd	128.80	32.2
% de la zone	0.26	0.03	nd	0.14	0.03
2000 Densité	0.15	nd	nd	–	–
Nbr total	186	nd	nd	–	–
zone échant (km ²)	257.60	nd	nd	64.40	32.20
% de la zone	0.20	nd	nd	0.07	0.03
2001 Densité	0.20	–	nd	–	–
Nbr total	250	–	nd	–	–
zone échant (km ²)	289.80	128.80	nd	64.4	32.20
% de la zone	0.23	0.08	nd	0.07	0.03
2002 Densité	0.20	0.18	–	0.01	0.23
Nbr total	250	298	–	12	248
zone échant (km ²)	322.00	161	32.20	128.80	161.00
% de la zone	0.26	0.10	0.03	0.14	0.15
2003 Densité	0.24	–	–	0.14	–
Nbr total	308	–	–	125	–
zone échant (km ²)	322.00	128.80	32.20	96.60	64.40
% de la zone	0.26	0.08	0.03	0.10	0.06
2005 Densité	0.14	0.05	0.18	–	0.19
Nbr total	180	83	187	–	198
zone échant (km ²)	386.4	193.2	225.4	64.4	193.2
% de la zone	0.31	0.12	0.22	0.07	0.18
2006 Densité	0.10	–	0.11	0.04	0.19
Nbr total	122	–	112	39	198
zone échant (km ²)	386.4	32.2	225.4	193.2	193.2
% de la zone	0.31	0.02	0.22	0.21	0.18

Tableau 2: densités et nombre total des hyènes dans chaque bloc et pour chaque année

nd : Pas d'exercice de calling réalisé cette année là dans le bloc concerné.

– : Pas de calcul de la densité ni du nombre total de hyènes, proportion du bloc échantillonné trop faible (inférieur à 10%)

Après calcul des densités, effectué à partir du nombre moyen de hyènes/stations (indices de densité), on retrouve la densité la plus faible pour le bloc de Shapi en 2002 (0,01 hyènes/km²), et la densité la plus forte pour le bloc de Sinamatella en 2002 (0,23 hyènes/ km²). Au niveau des 2 dernières années (2005 et 2006), on retrouve comme on pouvait s'y attendre suite aux analyses effectuées à partir du nombre moyen de hyènes/stations (cf paragraphe 2.3.1), une densité plus

importante de hyènes à Sinamatella, comparé à Main camp, et plus faible pour Ngamo et Shapi comparé aux 3 autres blocs (Sinamatella, Main camp et Robins).

2.4 Densité de hyènes en fonction du facteur proie

La littérature scientifique montre que la densité de proies influence de nombreux paramètres écologiques et démographiques des populations de grands carnivores (Hofer H. & East M.L., 1993 ; Honer O.P. *et al.*, 2005 ; Karanth K.U. *et al.*, 2004). Des différences dans l'abondance et la richesse spécifique des ongulés peuvent avoir des conséquences profondes pour les communautés de grands carnivores. Etant donné nos premiers résultats montrant qu'il existe une différence significative entre blocs, dans le nombre moyen de hyènes/stations et donc dans leur densité, le facteur proie nous a semblé important à tester.

2.4.1 Base de données comptages routiers (grands herbivores)

Pour comparer les résultats des densités de hyènes et des densités de proies, seuls les données de 1999 à 2005 ont été conservées (Chamaillé-Jammes S. *et al.*, 2005). Le tableau 3 présente le nombre d'années au cours desquelles le protocole de comptage mensuel (mai, octobre et décembre) a pu être réalisé.

Mois	Blocs			
	Main camp	Sinamatella	Robins	Ngamo
Mai	5	3	0	0
octobre	7	5	2	4
Decembre	6	0	0	0
tot	18	8	2	4

Tableau 3: Nombre d'années au cours desquelles le protocole de comptage mensuel a pu être réalisé, de 1999 à 2005

Les comptages mensuels du mois d'octobre, qui sont les plus nombreux, ont été utilisés pour nos analyses.

2.4.2 Différences inter-blocs des densités en proies

A partir des comptages routiers effectués chaque année en octobre, on a cherché à estimer les différences inter-blocs concernant les densité de proie. Lorsque l'on considère la figure 13, il semble y avoir des différences inter-blocs. Sinamatella semble posséder une densité globale de proie plus importante que celle des autres blocs plus similaires entre eux (figure 13). A Sinamatella, les impalas représentent l'espèce majoritaire. A Robins, 2 espèces dominent : les éléphants et les impalas. Au niveau de Ngamo et de Main camp, l'homogénéité est plus grande avec toutefois une abondance légèrement supérieure pour les éléphants. Certaines espèces semblent n'être présente de façon significatives que pour les blocs de Ngamo et Main camp: buffles, girafes, hyppotragues (*sable*), Stennbuck et gnous (*wildebeest*) ; ou pour les blocs de Robins et Sinamatella : Les phacochères (*warthog*).

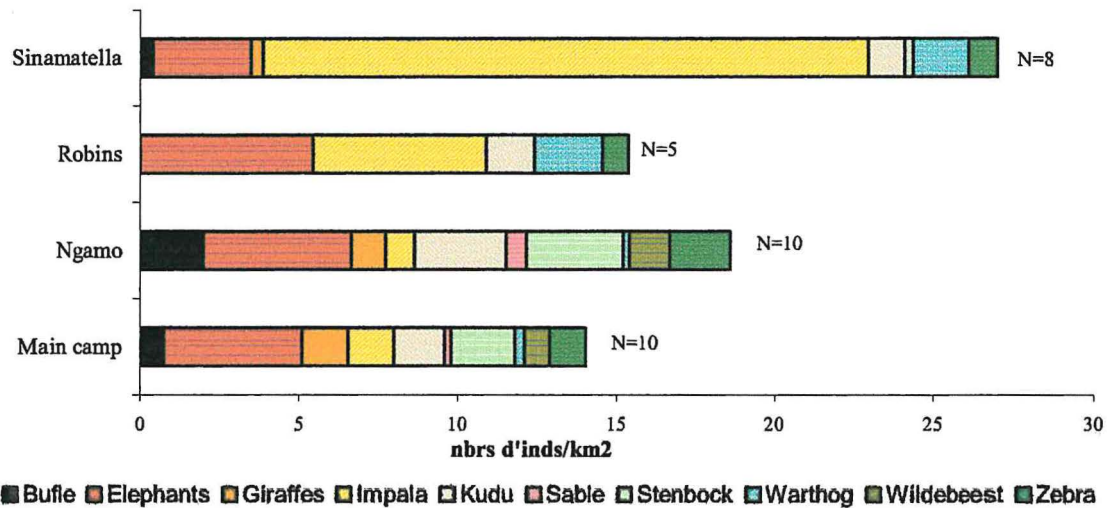


Figure 13: part respective des différentes espèces proies, exprimées en densités (nbr d'individus/km²) dont les densités ont pu être calculées dans les différents blocs, les autres espèces étant en trop faible nombre. N=la richesse spécifique

Au niveau statistique, en regardant la densité par espèces et en comparant les blocs 2 à 2, il apparaît que seuls les blocs de Main camp et Ngamo sont significativement différents l'un de l'autre, dans leur densité de proies (test des signes de wilcoxon, $p=0,027$). Il n'apparaît aucune différence significative entre les autres blocs. L'effet de Sinamatella n'est dû qu'à sa forte proportion en impala.

2.4.3 Relation densité de proies/densité de hyènes pour les différents blocs

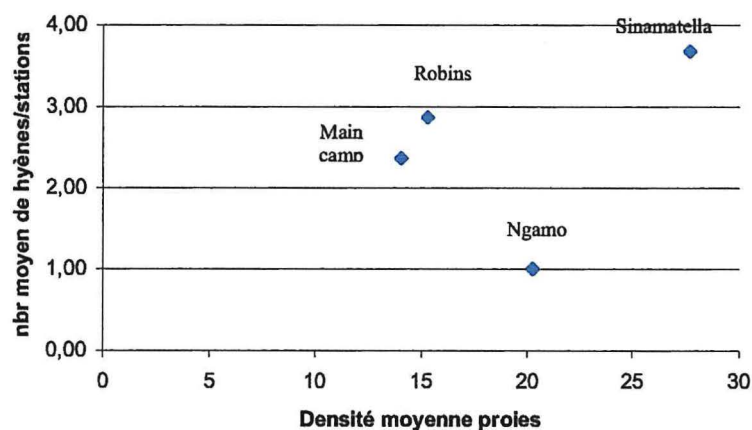


Figure 14: Relation entre le nombre moyen de hyènes/stations (2005-2006) et la densité moyenne de proies (1999-2005)

La figure 14 ne laisse apparaître aucune relation positive ou négative entre le nombre moyen de hyènes/stations et la densité de proies. En effectuant un test en rang de Spearman, aucune corrélation significative n'est établie.

Concernant les densités de proies, Sinamatella possède un profil qui se différencie des autres blocs. La grande majorité de sa densité en proie est constituée d'impala (figure 13). En regardant la densité d'impala comme variable explicative des différences inter-bloc dans le nombre moyen

de hyènes par stations, une corrélation positive apparaît (test de rang de Spearman, $p=0,04$). Il semble que plus il y ait d'impala dans un bloc, plus la densité de hyène augmente (figure 15).

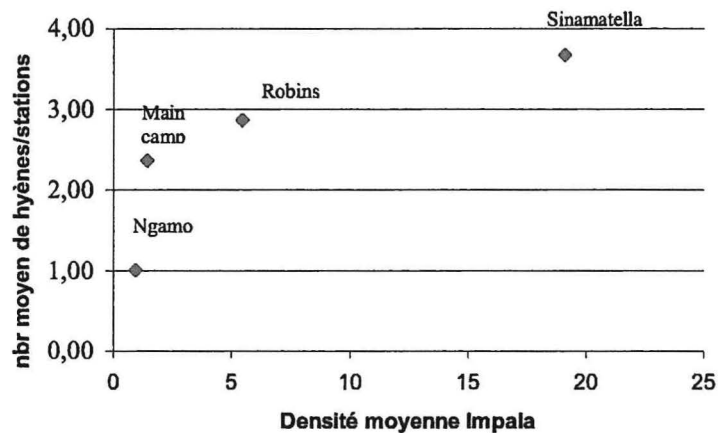


Figure 15: Relation entre le nombre moyen de hyènes/stations (2005-2006) et la densité moyenne d'impala (1999-2005)

Dans le cadre des données dont on dispose, et pour lesquelles il est possible d'essayer d'établir une corrélation (au moins 4 blocs à comparer), il ne semble pas y avoir de relation a priori entre la densité de hyènes et celle des éléphants, phacochères, Kudu et Zèbres.

2.5 Conception du protocole expérimental : organisation spatiale

Afin d'estimer la densité de la Hyène tachetée dans le parc national de Hwange, une répartition homogène des stations de *calling* dans chaque bloc était idéalement requise. Pour éviter les doubles comptages, les différentes stations de *calling* étaient en règle général établies à environ 10 km de distance les une des autres, de façon à éviter le chevauchement du rayon de réponse de 2 stations consécutives (3,2 km de rayon). Du fait de la fermeture du milieu et de la difficulté dans l'accessibilité de certaines routes, il a eu une certaine variabilité dans les distances inter stations. Une distance minimale de 6 km entre 2 stations avait donc été établie. Dans le cadre des *calling* annuels, la distance minimal effective était de 6,4 km et la distance maximum de 33,5 km. Cependant en 2001, 2002, 2003 et 2005, des stations de *calling* avaient été établies entre 2,4 km et 5,04 km de distance, augmentant la probabilité de double comptage, et entraînant une mauvaise répartition des stations au sein du bloc concerné.

	2001	2002		2003		2005
	Ngamo	Shapi	Ngamo	Main camp	Ngamo	Main camp
Distances interstations < 6 km	2	1	1	1	1	1
nbr de distances interstations	6	6	10	45	6	66
%	0.33	0.17	0.1	0.02	0.17	0.02

Tableau 4: Pourcentage de distances inférieur à 6 km par bloc, pour les années concernées par des distances trop faibles entre stations.

Le tableau 4 présente le pourcentage de stations distantes de moins de 6 km pour les années concernées, au niveau des différents blocs. En considérant les résultats de *calling* des stations établies à une distance inférieure à 6 km, on constate que les doubles comptages sont évités dans la plupart des cas : il n'y a eu aucune réponse aux stations concernées ou il y a eu des réponses à

l'une des stations mais pas à l'autre. Seule 1 possibilité de doubles comptages existait dans le bloc de Ngamo en 2003, puisque les hyènes ont répondues aux 2 stations concernées. Dans le cadre de nos analyses, le bloc de Ngamo échantillonné trop faiblement en 2003, n'a pas été pris en compte pour le calcul des densités de hyènes (figure3). Concernant nos analyses, le fait d'avoir établi des distances trop faible entre stations de *calling* entraîne des possibilités peux probables de doubles comptages. Par contre, cette répartition non homogène des stations pourrait entrainer des problèmes de sous estimations du fait de l'échantillonnage double de certaines zones.

III Discussion

3.1 Interprétation des résultats

3.1.1. Réponse des hyènes à l'exercice de *calling*

Les grands carnivores sont connus pour être difficiles à recenser. Plusieurs études ont pu calculer les densités de populations en extrapolant les observations réalisées sur des individus connus ou équipés de colliers émetteurs, au cours d'études non concernées en premier lieu par le suivi des tendances de populations (Mills M.G.L, 1996). De nombreuses études cependant ont utilisé des méthodes spécifiques de recensement des grands carnivores (capture photographique ; suivis d'indices laissés par les animaux : fèces, empreintes de pas ; comptage totale des individus ; index de Lincoln). Une technique impliquant la diffusion de vocalisations animales, appelée *calling*, a été mise au point pour compter les Hyènes tachetées (*Crocuta crocuta*). Cette technique utilisée dans le cadre de plusieurs études s'est révélée efficace pour estimer les densités de Hyènes tachetées mais aussi de lions au sein de différents écosystèmes (Mills M.G.L., 1984 ; Mills M.G.L., *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O. & Dublin H.T., 1998). Depuis 1999, un exercice annuel de *calling* a été mis en place dans le parc national de Hwange.

Les résultats enregistrés de 1999 à 2006 montrent que la même bande sonore, diffusée au sein de l'écosystème du parc national de Hwange, permet effectivement d'attirer les hyènes au niveau de stations émettrices mais également les lions. Pourtant, on s'est aperçu que les lions répondent peu à ces appels, en comparaison des hyènes. Il est possible que le type de sons utilisé soit en cause. En effet, ces bandes sonores enregistrées par Mills M.G.L (1984), contiennent principalement des vocalisations émises par les hyènes. Dans le Parc National de Hwange où la Hyène tachetée représente le prédateur le plus abondant, il est possible que les lions ne soient pas très enclins à répondre à ces vocalisations, et cherchent même à les éviter (Loveridge A.J., *et al.*, 2001). L'utilisation des sons s'est montrée applicable au recensement des Hyènes tachetées, puisqu'elles répondent rapidement aux sons enregistrés.

La Hyène tachetée est une espèce sociale, vivant au sein de groupes défendant un territoire plus ou moins exclusif. Typiquement, la Hyène tachetée se déplace et chasse de façon solitaire ou en petit groupes de 2 à 5 animaux. Cette société est dite de type « fission fusion » (Kruuk H., 1972 ; IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000). Les résultats montrant qu'il y avait des arrivées décalées dans le temps, avec un nombre moyen de hyènes par « sous groupes » égal à 2,1 hyènes, confirment les connaissances antérieures sur la Hyène tachetée. En effet les Hyènes défendent généralement un territoire de groupe. On peut donc supposer que dans la majorité des cas, les hyènes attirées sur une station donnée par l'émission sonore font partie d'un même clan (exception possible pour les stations de *calling* établies en bordure de territoire). Toutes les hyènes attirées à une station n'arrivaient pas au même moment, ce qui pourrait indiquer que les individus ne se déplaçaient pas ensemble au moment de la diffusion de la bande sonore (Whateley A. & Brooks P.M., 1978).

Le nombre moyen de hyènes vues aux stations de *calling* était assez faible, avec cependant l'existence de valeurs contrastées, voir extrême (maximum de 17 hyènes vues au niveau d'une station). Il semblerait que le nombre de hyènes proches d'une station de *calling* sélectionnée au hasard, varie. En d'autres termes, Les hyènes pourraient ne pas être réparties uniformément au sein de l'habitat comme le mentionne Mills M.G.L., *et al.*, (2001). Cela renforce l'idée que les hyènes sont une espèce grégaire, vivant au sein de groupes sociaux.

Concernant la répartition dans le temps des arrivées aux stations de *calling*, 50% des individus arrivaient dans les 15 premières minutes après le début de l'exercice. Les arrivées de hyènes

semblaient s'échelonner de façon assez homogène pendant 30/35 minutes. Si l'on suppose que l'heure d'arrivée des hyènes est reliée à la distance qu'elles ont à parcourir au moment où elles entendent le son (Whateley A., 1981), il apparaît que les hyènes sont capables de réagir aux appels même à grande distance. Le temps d'attente du véhicule de 30 minutes a été décidé à priori, mais aucune expérimentation propre à cette variable n'ont été menées auparavant. Ici, le nombre de stations auxquelles le véhicule est resté plus de 30 minutes est anecdotique. On ne peut donc pas dire si la courbe de cumul établie est représentative de ce qui se passe réellement au niveau de la répartition temporelle des arrivées de hyènes aux stations. En d'autres termes on ne peut pas établir ici si une attente supérieure à 30 minutes entraînerait un gain de hyènes négligeable ou pas. Il pourrait être intéressant d'établir sur une année donnée, un temps d'attente supérieur à 30 minutes pour chaque station d'appels (i.e 60 min), afin d'établir un temps d'attente optimal aux stations de *calling*.

3.1.2. Analyse inter blocs et évolution interannuelle

Un certain nombre de variables (structure de l'habitat, disponibilité en proies, précipitations, ressources en eau...), influencent l'organisation spatiale et sociale des grands carnivores et la fluctuation de leurs populations. De nombreuses études ont pu illustrer la flexibilité de comportement et d'organisation sociale des carnivores, sous l'effet de conditions écologiques comme le pattern de dispersion de la nourriture (Cooper S.M., 1990 ; Hofer H. & East M.L., 1993 ; Honer O.P., *et al.*, 2005 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 2002 ; Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003). Les blocs du parc national de Hwange, représentent des entités écologiquement différentes quant à la structure et le type de végétation, la répartition et l'abondance des points d'eau, la pluviométrie et la structure des peuplements d'ongulés (Department of National Parks and Wildlife Management., 1999). Les populations de carnivores sont prioritairement limitées par l'état de leurs ressources alimentaires. Elles peuvent ainsi répondre aux variations des populations de proies par un changement de stratégie alimentaire (Honer O.P., *et al.*, 2002). Dans le cadre de cette étude, des différences de densités de hyènes ont pu être mises en évidence entre les blocs. Sinamatella possède ainsi une densité plus élevée de hyènes que Main camp, la densité de hyène est plus faible à Ngamo et Shapi comparé aux autres blocs, Main camp et Robins sont quand à eux assez semblables en ce qui concerne la densité de hyène, de même que Robins et Sinamatella. Ce qui caractérise Sinamatella, c'est sa forte proportion d'impalas par rapport aux autres espèces de mammifères présents. Or il semble que l'impala soit une espèce importante dans le régime alimentaire de la Hyène tachetée (Cooper S.M., 1990 ; Whateley A., 1981).

Le profil de répartition des différentes espèces proies et la richesse spécifique de Ngamo ressemblent fortement à celui de Main camp, avec une densité d'impalas similaire. Cependant, la densité de hyènes à Ngamo est plus faible que celle de Main camp. Il existe donc d'autres facteurs explicatifs qui entrent en jeu. En effet, dans la zone de Main camp, 70% des carcasses sont obtenues par charognage sur des espèces en majorité de méga herbivores (éléphants et Girafes), et ensuite de buffles, de gnous ou d'impalas. De nombreuses carcasses sont dans ce bloc le résultat d'activités humaines (Drouet N., communication personnelle). Les hyènes de ce bloc semblent donc bénéficier de la présence humaine avec des carcasses « non naturelles » qui représentent une part non négligeable de l'apport alimentaire pour ce carnivore opportuniste. Ces différents facteurs pourraient expliquer la densité plus faible de hyènes dans la zone de Ngamo comparé à Main camp, Sinamatella et Robins.

D'autres facteurs peuvent également intervenir comme mécanismes de régulation des populations de hyènes : la compétition interspécifique, la pluviométrie, la distribution en eau de surface ou le couvert végétal. Pour ce qui est de la compétition interspécifique, la Hyène tachetée est physiquement bien adaptée à l'exploitation de nourritures laissées par d'autres grands carnivores (Honer O.P., *et al.*, 2002). Dans le parc national de Hwange, le compétiteur principal de la Hyène tachetée est le lion. La disponibilité des carcasses pour les hyènes et leur chance d'en acquérir sont influencées par le ratio

hyènes/lions (Honer O.P., *et al.*, 2002 ; Kruuk H., 1972). Dans le cas du parc national de Hwange, la population de lion est nettement inférieure à celle de hyènes (Hervé Fritz, communication personnelle). Les occasions de kleptoparasitisme ne sont donc pas forcément élevées pour les hyènes au sein du parc national de Hwange.

La distribution des points d'eaux permanents est importante pour la distribution, le domaine vital, le pattern de mouvements et l'abondance des populations animales (Cooper S.M., 1990 ; Funston P.J., *et al.*, en préparation). Il serait intéressant de tester si nos 4 blocs, pour lesquelles on possède des densités de proies et de hyènes, présentent également des différences significatives quant à la disponibilité en eau de surface au moment de la saison sèche (saison maigre), et dans quel sens ces différences déterminent la biomasse des proies et la distribution spatiale des hyènes.

Les analyses de l'évolution des densités de hyènes de 1999 à 2006, ne montrent aucune tendance significative. Cependant, on a peu de recul puisque l'étude n'a débuté qu'en 1999. Les données sont donc sans doute insuffisantes pour étudier les tendances de populations d'une espèce longévive comme la Hyène tachetée. Il est important cependant de noter que dans la zone de Main camp, pour laquelle un nombre raisonnable de sessions de *calling* a été réalisé, aucune tendance claire non plus, n'a pu être mise en évidence au niveau des espèces proies (Chamaillé-Jammes S. *et al.*, 2005).

Des changements environnementaux comme ceux de la pluviométrie, peuvent avoir des répercussions indirectes sur la distribution et à terme sur l'abondance des hyènes, par leurs impacts sur les populations de proies, essentiellement herbivores et très dépendante de l'état de la végétation et des points d'eau. Dans l'ensemble, les décennies 80-90 et 90-2000 pouvaient être qualifiées de plutôt sèches. Les trente dernières années furent marquées par quelques années de forte sécheresse sur l'ensemble du parc (2002 et 2005), et quelques années particulièrement humide (2006). Ces différences de pluviométries pourraient avoir joué sur la quantité d'eau de surface disponible dans le parc, et donc sur la dispersion de la grande faune, avec des effets potentielles sur les résultats du *calling*. Ces effets pourraient être masqués ici par le manque d'homogénéité des données recueillies pour les différents blocs et les différentes années (pas visibles statistiquement).

3.2 Recommandation pour le suivi des protocoles

Dans le parc national de Hwange, les résultats d'une étude concernant l'influence des méga-herbivores sur la structure des peuplements d'ongulés, ont suggéré l'existence d'un impact négatif de l'augmentation des densités de certains herbivores sur certaines populations de méso herbivores et sur la végétation (Drouet N., 2004 ; Valeix M., 2002). Or la prédation est un mécanisme important, pouvant représenter un facteur confondant lorsque l'on cherche à détecter des effets de compétition. Pour cette raison il est indispensable d'établir un suivi régulier des populations de carnivores afin de déterminer leur rôle dans cet écosystème.

Dans des conditions de bon développement des infrastructures de la zone d'étude (e.g. routes), l'exercice de *calling* représente un moyen pratique, facile à utiliser, rapide et peu coûteux, produisant une estimation fiable de la taille des populations et de leur densité, après une calibration exacte de la méthode (Loveridge A. *et al.*, 2001; Mills M.G.L. *et al.*, 2001 ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998; Ogotu J.O., *et al.*, 2005). On peut donc souligner la nécessité de réaliser dès que possible un exercice de calibration dans le parc national de Hwange, afin de vérifier la fiabilité des données acquises depuis 1999.

On a pu constater ici une grande hétérogénéité interannuelle et inter blocs, dans le pourcentage échantillonné de chaque bloc. Afin d'avoir des estimations satisfaisantes de la densité, il faudrait pouvoir échantillonner au moins 10% de la superficie des différents blocs écologiques (voir 20% ; Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998), chaque année. Pour pouvoir extrapoler les résultats à l'ensemble du parc, il faudrait échantillonner celui-ci de façon représentative, avec une distribution des

stations de *calling* homogène, couvrant les 14 770 km² (dont les blocs les plus au sud et à l'ouest jamais échantillonnés). Un quadrillage systématique de tout le parc par les stations de *calling*, demanderait un investissement en temps et en argent beaucoup plus important. La question ici est donc de savoir si les bénéfices retirés à partir d'un exercice rigoureux de *calling*, compenseraient les coûts et l'investissement se faisant sans doute au détriment d'autres études consacrées à la Hyène tachetée. Par ailleurs est-il vraiment nécessaire de connaître la densité absolue alors que des indices qui seraient calculés sur un échantillon représentatif suffiraient à évaluer les tendances des populations et à prendre les décisions de gestion correspondantes ? Depuis 1972, des comptages annuels au niveau des points d'eau principaux du parc, ont été réalisés en fin de saison sèche. Tous ces points d'eau sont suivis simultanément pendant 24h00 et les espèces et nombre d'animaux sont enregistrés. Après analyse, il semblerait qu'il y ait une relation positive entre la densité de hyène réelle (*calling method*) et l'index d'abondance des hyènes aux points d'eau (Drouet N., communication personnel). Ces comptages aux points d'eau pourraient donc constituer une méthode alternative pour le suivi à long terme des populations de hyènes, avec un exercice de *calling* rigoureux mené en parallèle sur l'ensemble du parc, tous les 5 ans, pour s'assurer d'une estimation robuste de la densité.

Concernant les comptages routiers des grands mammifères, on a pu noter des changements saisonniers dans les estimations de densité, avec en général des valeurs plus élevées pour le pic de la saison sèche (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005). Pour certaines espèces, cela pourrait être du à des mouvements saisonniers liés à la disponibilité en eau de surface. La seule source d'eau disponible est l'eau de pluie, collectées dans des dépressions naturelles, généralement à sec à la fin de la saison sèche, et les points d'eaux artificiels qui sont pompés durant la saison sèche. Les points d'eau artificiel sont concentrés dans la partie nord du parc, avec des densités d'animaux qui tendant à augmenter en saison sèche. Après les premières pluies, les animaux se dispersent puisque la disponibilité en eau augmente dans le parc, cela expliquant que les densités calculées en décembre dans le nord du parc soient souvent inférieurs aux autres estimations (Chamaillé-Jammes S., *et al.*, 2005). Pour l'exercice de *calling*, la période de réalisation a changé au cours des années. De 1999 à 2003 cet exercice était plutôt réalisé en fin de saison sèche (septembre, octobre et décembre), alors qu'en 2005 et 2006, il était plutôt réalisé en début de saison sèche (mai, juin). Sachant qu'il existe un effet de la pluviométrie sur la répartition des animaux au sein d'une zone donnée (concentration ou dispersion des espèces proies et des espèces prédatrices), le fait de changer de période pour l'exercice de *calling* ajoute un facteur de variation dans nos résultats. Il se pourrait donc que nos résultats concernant la densité des hyènes tachetées soient influencés par ce facteur. Il est cependant difficile de comparer les différences de densités potentiellement dues à la période de *calling*, vu que l'on travaille sur des années différentes avec plus d'un facteur de variation et que le nombre d'années pour lesquelles le protocole de *calling* a été réalisé à une période donnée n'est pas suffisant. Il serait donc préférable de conduire cet exercice à la même période chaque année.

D'après Ogotu J.O. et Dublin H.T., 1998, la meilleure période pour effectuer un *calling* se situe au moment où la quantité de proies est la plus faible. Cependant, dans le cadre de son étude, on est dans une situation de migration saisonnière marquée (Masai mara), avec un afflux massif d'herbivores en saison sèche qui vient augmenter la quantité déjà importante de proies résidentes. A Hwange il existe des déplacements d'animaux mais à l'échelle du parc uniquement. Une étude similaire à celle effectuée par Ogotu et Dublin pourraient être réalisée, avec un exercice de *calling* et de comptage routier répété tous les 2 mois afin de mettre en évidence une possible évolution saisonnière des densités de hyènes en fonction de celles des proies. Cet exercice permettrait l'identification de la meilleure saison pour effectuer l'exercice de *calling* par la suite. On aurait également une idée de la pertinence de mettre en relation les densité de hyènes et de proies, dans le cadre de l'étude d'une évolution temporelle, si les 2 recensements sont décalées dans le temps (i.e. Mai vs Octobre).

Conclusion

Au sein du monde animal, les grands carnivores possèdent une place importante de par leur position au sommet de la chaîne alimentaire. Ils exercent notamment par la prédation, une influence directe sur la dynamique des populations d'ongulés. Par des phénomènes de compétition interspécifique, les prédateurs exercent également une influence les uns sur les autres. La Hyène tachetée est une espèce de carnivore particulièrement intéressante de par ses larges capacités d'adaptation au sein des différents écosystèmes. Elle possède un régime alimentaire très varié et des tactiques d'alimentations lui permettant de se nourrir sous un panel de conditions écologiques (excellent chasseur mais aussi charognard). Comparé aux autres grands prédateurs, la Hyène tachetée apparaît souvent au premier rang numérique des différents écosystèmes africains. C'est notamment le cas dans le parc national de Hwange. Grâce à son comportement opportuniste de recherche alimentaire, en accord avec les conditions locales, et grâce à sa capacité à entrer en compétition avec les autres grands carnivores, la Hyène tachetée possède certainement un rôle clef significatif dans cette aire protégée. La compréhension du fonctionnement de cette espèce est donc très importante pour la gestion du parc national. Depuis 1999, un exercice d'estimation de la densité des populations de Hyènes tachetée a été mis en place dans le parc national de Hwange. Il s'agit de l'utilisation d'une méthode ayant déjà fait ses preuves : la méthode de repasse ou *calling method*. Afin de pouvoir dégager une tendance dans la population de Hyène tachetée du parc, un exercice annuel de *calling* a été réalisé, jusqu'à cette année 2006 (stage de master). Bien calibrée, cette méthode permet non seulement d'établir les densités de Hyènes tachetées, mais aussi d'estimer les variations temporelles et spatiales de leurs densités. L'idée première de ce stage était donc la mise en œuvre d'un protocole adaptée de calibration de la méthode de repasse. Suite à l'échec de la mise en place de ce protocole, l'objectif principale de ce stage a dû être reformulé. Le choix de travailler sur l'estimation des densités de hyènes du parc a donc été fait. Le cœur même de cette étude concernait donc la mise en évidence de différences inter blocs dans les densités de hyènes ainsi que leur évolution annuelle. La disparité du design d'échantillonnage et des données récoltées annuellement ont été particulièrement limitantes pour les analyses. Cependant, en ne gardant que les données les plus pertinentes, des différences inter-blocs ont pu être mises en évidence. En testant le facteur proie comme pouvant être en partie explicatif, il est apparu que la densité en impalas d'une part et le niveau de carcasses dues aux activités humaines, pouvaient jouer sur ces différences inter-blocs dans les densités de hyènes. Aucune tendance annuelle n'a pu être mise en évidence. Cependant, le recul que l'on a n'est peut être pas suffisamment important pour faire ressortir des différences annuelles significatives. De plus, aucune tendance au niveau des densités de proies n'a pu être mise en évidence pour le bloc de Main camp (1999-2005).

Après analyse détaillée du protocole de *calling* mis en place depuis 1999, des critiques ont pu être formulées. Des améliorations de ce protocole ont pu être suggérées pour pouvoir en tirer de façon optimale toutes les informations nécessaires. Il reste néanmoins à souligner l'importance majeure de la réalisation de l'exercice de calibration initialement prévu, permettant un réajustement des valeurs de densités calculées depuis 1999. La réflexion menée en début de stage sur ce protocole particulier a permis une analyse pertinente de la façon dont pourrait être mis en œuvre ce protocole. Il s'agit à présent de le mettre en place sur le terrain.

Il reste important de trouver les moyens de travailler à l'échelle de la superficie totale du parc, ce qui permettrait de situer plus précisément le rang du Parc National de Hwange par rapport aux autres aires protégées d'Afrique où les densités de Hyènes tachetées sont connues. L'estimation des densités de hyènes des zones centrales et sud est donc également importante. Si l'exercice de *calling* reste difficilement réalisable dans ces zones, d'autres méthodes d'estimation pourraient être envisagées et utilisées : suivi des empreintes, comptages aux points d'eau (déjà en œuvre).

Les populations de prédateurs possèdent un impact sur l'évolution des densités de proies qui peut se révéler important, principalement pour les grands herbivores (figure 16). Or les communautés de grands herbivores, positionnées entre les plantes et les prédateurs dans la chaîne alimentaire, sont centrales pour le fonctionnement écologique des savanes, mais aussi pour l'économie touristique du parc.

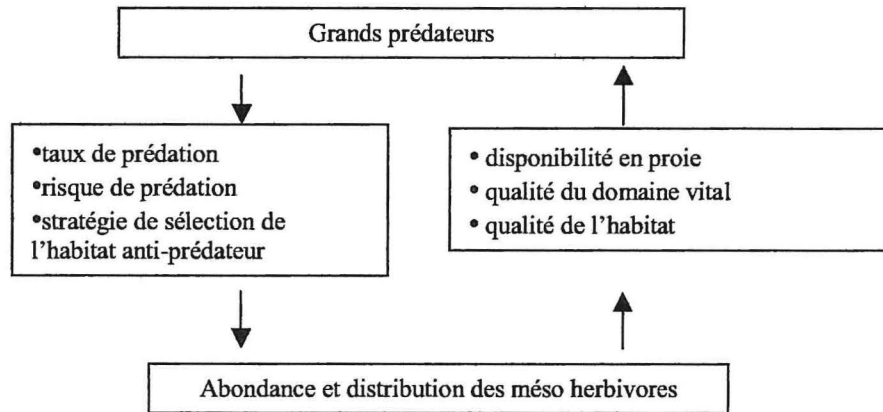


Figure 16: interactions entre les grands prédateurs et les populations des grands herbivores.
Issue de Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003

Étudier la dynamique des populations, s'avère donc très utile à la compréhension de la structuration des peuplements au cours du temps.

La faune sauvage constitue une ressource essentielle pour l'économie des régions marginales africaines. La préservation de Hwange, patrimoine international de biodiversité, mais aussi, ressource naturelle de valeur pour le futur du Zimbabwe, se révèle donc de première importance.

Bibliographie

Chamaillé-Jammes S., Valeix M., Fritz H., Bourgarel M. & Lebel S., 2005. Abundance and distribution of large herbivores in the northern part of the Hwange National Park, Zimbabwe. 1999-2005. HERD project Report. 29p.

Chardonnet P., 2002. Conservation of the African lion: contribution to a status survey. International foundation for the conservation of wildlife, France and conservation force, USA.

Cooper S.M., 1990. Clan size of spotted hyaenas in the Savuti region of the Chobe national park, Botswana. *Botswana notes and records*. **21**: 121-133.

Department of National Parks and Wildlife Management., 1999. Hwange National Park Management Plan 1999-2003. Hwange Research Unit, DNPWLM, Harare. UNDP.

Drouet-Hoguet N., 2003. Utilisation des points d'eau par les ongules sauvages dans le parc national de Hwange, Zimbabwe. Master PARC, Université Montpellier II, CNRS, CIRAD.

Funston P.J., Herrmann E., Babupi P., Kruiper A., Kruiper H., Jagers H., Masule K. & Kruiper K., in prep. Spoor frequency estimates as a method of determining lion and other large mammal densities in the Kgalagadi transfrontier park. 17p.

Ganzin N. & Bourgarel M., 2002. Carrying capacity estimation using satellite imagery. Biomass production estimation and vegetation map processing report, Hwange, Zimbabwe. Activity report CIRAD/French cooperation. 31p.

Gros P.M., Kelly M.J. & Caro T.M., 1996. Estimation carnivore densities for conservation purposes: indirect methods compared to baseline demographic data. *Oikos*. **77**: 197-206.

Hofer H. & East M.L., 1993. The commuting system of Serengeti spotted hyaenas: how a predator copes with migratory prey. I. Social organisation. *Animal behaviour*. **46**: 547-557.

Honer O.P., Watcher B., East M.L. & Hofer H., 2002. The response of spotted hyaenas to long term changes in prey populations: functional response and interspecific kleptoparasitism. *Journal of animal ecology*. **71**: 236-246.

Honer O.P., Wachter B., East M.L., Runyoro V.A. & Hofer H., 2005. The effect of prey abundance and foraging tactics on the population dynamics of a social, territorial carnivore, the spotted hyena. *Oikos*. **108**: 544-554.

IUCN species survival commission Hyaenidae specialist group website, 2000. [On line]. [2006/04/03]. <<http://www.hyaena.ge/dependent>>

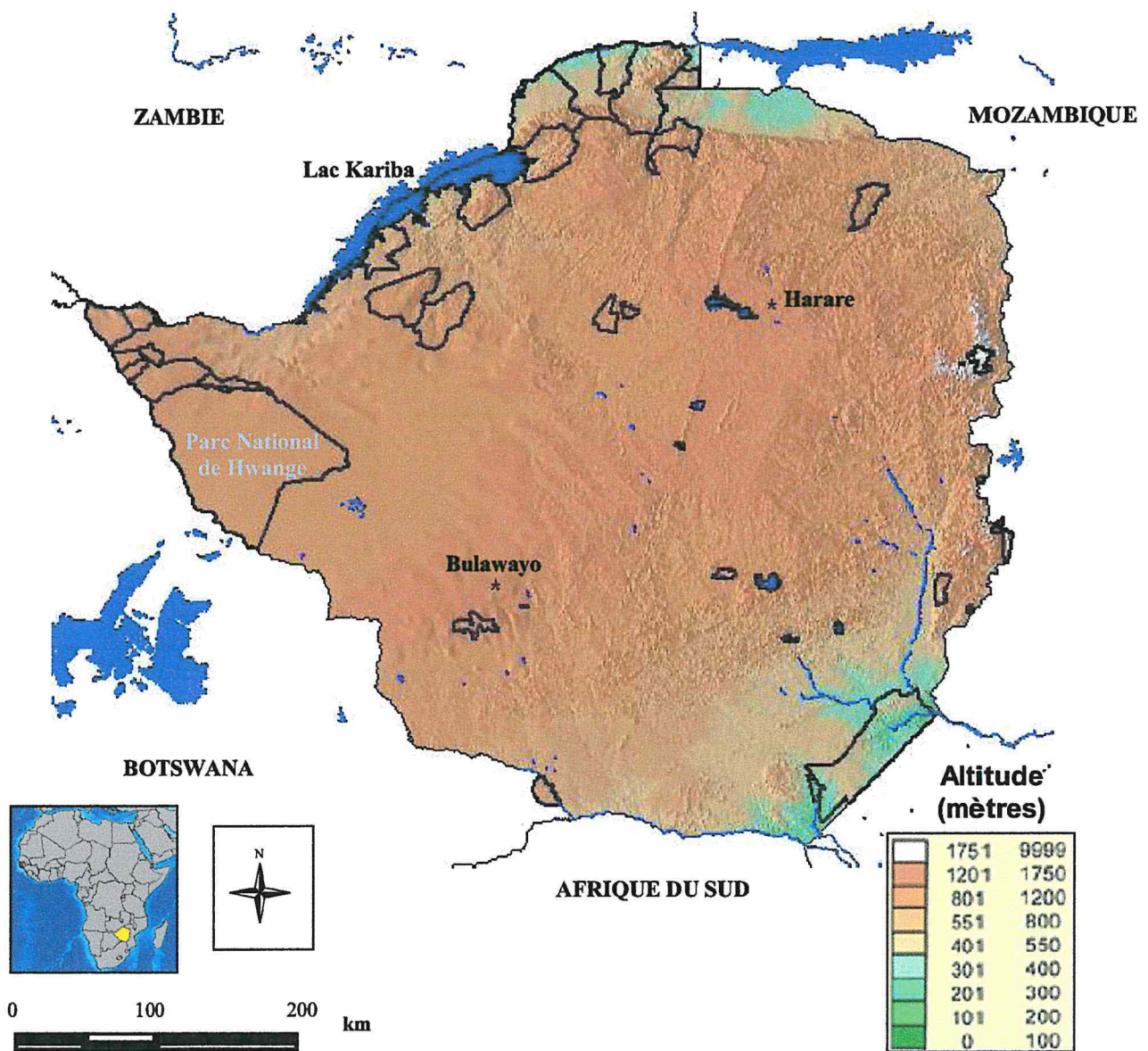
Karanth K.U., Nichols J.D., Kumar N.S., Link W.A. & Hines J.E., 2004. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. **101**: 4854-4858.

Kruuk H., 1972. The spotted hyena: a study of predation and social behavior. Chicago: University of Chicago press. 335p

- Loveridge A.J., Lynam T. & Macdonald D.W., 2001. Lion conservation research. Workshop 1: survey techniques. Wildlife conservation survey unit 2001 (publishing organisation).
- Mills M.G.L., 1984. Hyena survey of Kruger national park, August-October. IUCN-SSC. *Hyena Specialist Group, Newsletter*. **2**:15-25.
- Mills M.G.L., 1996. Methodological advances in capture, census, and food-habits studies of large African carnivores. In: *Carnivore behaviour, ecology, and evolution*. **2**: 223-242. Gittleman J. ed. Cornell University Press, Ithaca and London.
- Mills M.G.L., Juritz J.M. & Zucchini W., 2001. Estimating the size of spotted hyaena (*Crocuta crocuta*) populations through playback recordings allowing for non-response. *Animal conservation*. **4**: 335-343.
- Mills M.G.L. & Funston P.J., 2003. Large carnivores and savanna heterogeneity. In *The Kruger experience. Ecology and management of savanna heterogeneity* : 370-388. Du Toit J.T., Rodgers K.H. & Biggs H.C. (Eds). Island press.
- Ogotu J.O & Dublin H.T., 1998. The response of lions and spotted hyaenas to sound playbacks as a technique for estimating population size. *African journal of ecology*. **40**: 120-129.
- Ogotu J.O & Dublin H.T., 2002. Demography of lions in relation to prey and habitat in the Masai Mara National Reserve, Kenya. *African journal of ecology*. **36**: 83-95.
- Ogotu J.O., Bhola N. & Reid R., 2005. The effects of pastoralism and protection on the density and distribution of carnivores and their prey in the Mara ecosystem of Kenya. *Animal conservation*. **265**: 281-293.
- Smuts G.L., 1978. Interrelations between predators, prey and their environment. *BioScience*. **28** (5) : 316-320
- Valeix M., 2002. Structuration des peuplements d'ongules: un test du rôle de la compétition interspécifique par les mégaherbivores. DEA Ecologie, Université Pierre et Marie-Curie, Université Paris-sud XI, INA P-G, CNRS, CIRAD.
- Whateley A., 1981. Density and home range of spotted hyaenas in umfolozi game reserve, natal. *Lammergeyer*. **31**: 15-21
- Whateley A. & Brooks P.M., 1978. Number and movements of spotted hyaenas in Hluhluwe game reserve. *Lammergeyer*. **26**: 44-52.
- Wilson V., 1997. Biodiversity of Hwange national park. Part I, Large mammals and carnivores. Chipangali Wildlife Trust. Zimbabwe. 233p

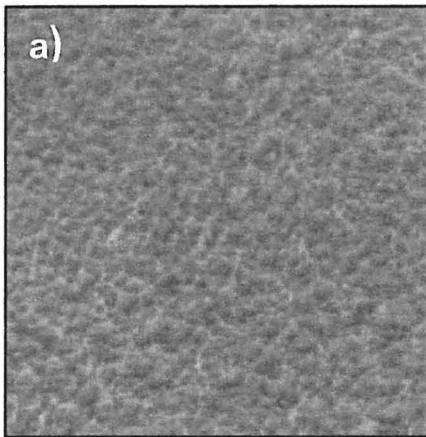
Annexe 1

Annexe 1: Carte de localisation du parc national de Hwange

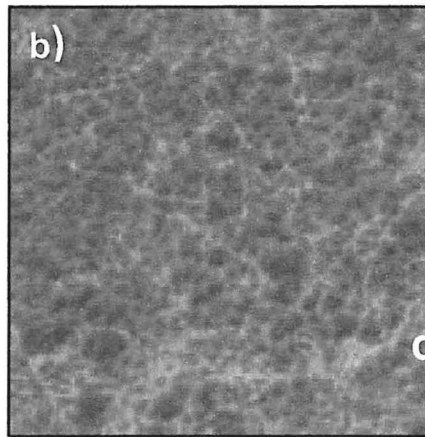


Annexe 2

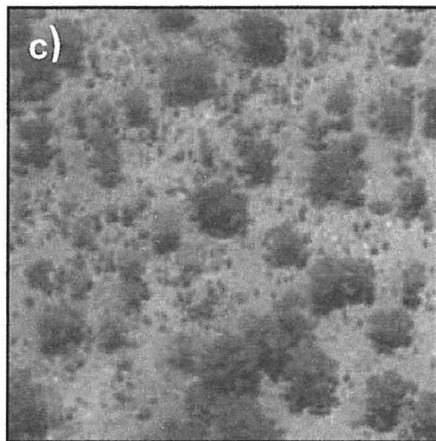
Annexe 2: Campagne de photographie aérienne, 1999 (proportion de couverture boisée)



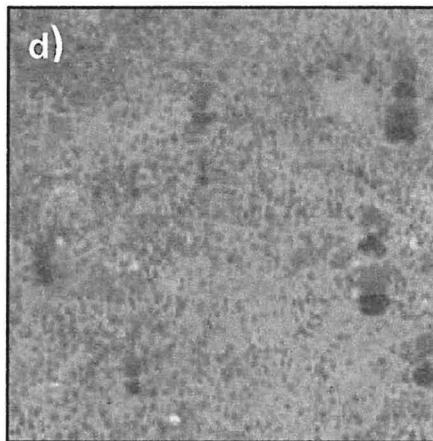
Dense



Moins dense (mixe arbre-arbuste)



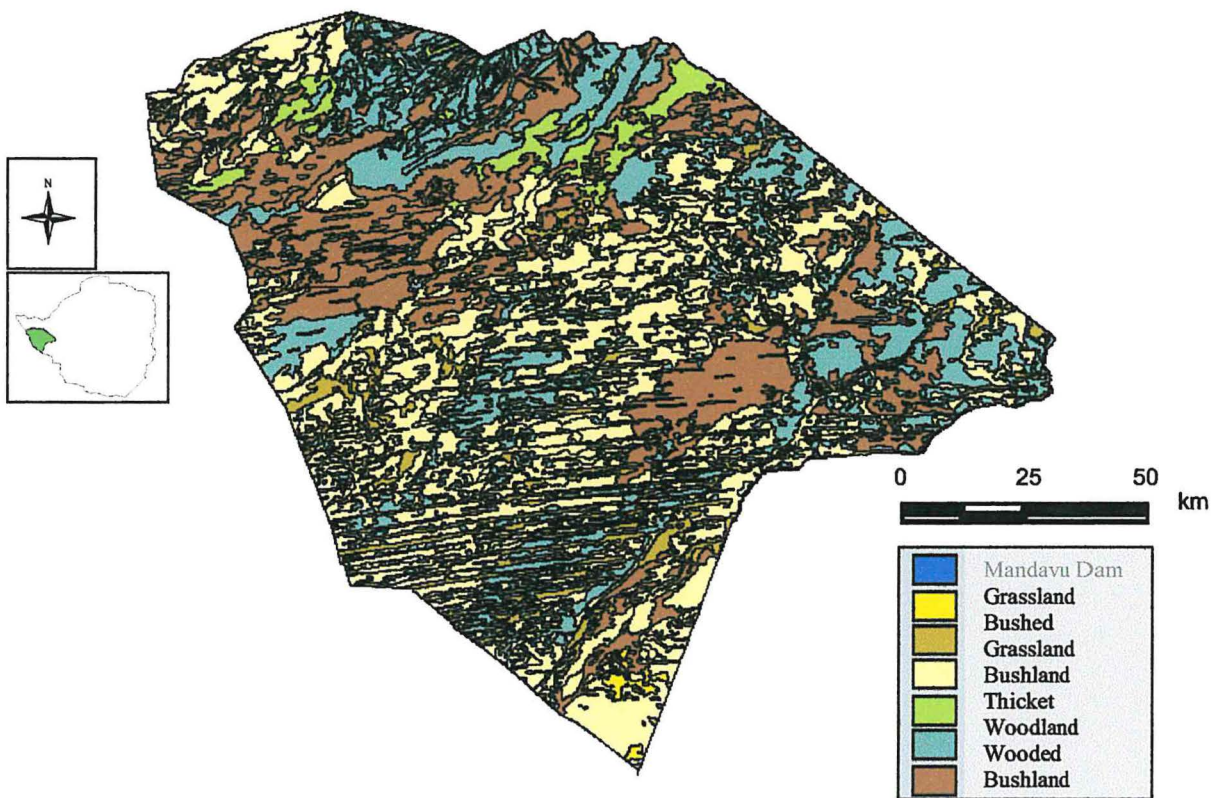
Arbres dispersés



Très ouvert

Annexe 3

Annexe 3: Carte de végétation simplifiée du parc national de Hwange – issue de Rodgers C.M.L., 1993- simplifiée par Ganzin N. & Bourgarel M., 2002



Annexe 4

Annexe 4: Estimation de la proportion de couverture boisée à partir des classes de végétations issues de la carte simplifiée par Ganzin N. & Bourgarel M., 2002

Type	Estimation de la proportion de couverture boisée
Savane herbacée	5% ou moins
Savane arbustive ouverte	20%
Savane arbustive (regroupant arbustes et savane arbustive)*	50%
Fourres	70% ou plus
Foret Claire sèche	30%
Savane arborée (regroupant savane arborée, mosaïque et Foret dense) *	50%

* se référer a la table 1.

Annexe 5

Annexe 5: Description de chaque classe de végétation, d'après Rodgers C.M.L., 1993

Arbustes	Arbustes éparpillés (>50%) et arbres (>20%)
Savane arbustive	Arbustes < 3m; occasionnellement émergant; couvert des buissons > 20%;
Fourrés	Très fermé
Forêt Claire sèche	Arbres > 3m ; canopée ouverte, couverture d'arbustes dispersés > 20%. L'herbe ou les herbacées dominant ou pas la couverture au sol
Forêt dense	Savane arbustive très fermée avec un couvert arboré > 20%
Savane arborée	Savane arbustive comme au dessus avec une canopée arborée < 20 %
Savane arbustive ouverte	Savane herbacée avec arbres et arbustes éparpillés/groupes; couvert d'espèce arborée de la canopée > 20%
Savane herbeuse	Dominance d'herbe et autres herbacées, couverture arborée <2 %

Annexe 6

Annexe 6: Feuilles de données utilisées dans le cadre du stage de master.

Call-in method

Information from the broadcasting vehicle

Observer:

Date:

GPS position: Longitude (X):

Latitude (Y):

Part of the park (location):

Habitat: open/semi open/ close
grassland/bush land/woodland

Dominate vegetation: Mopane/Combretum/Acacia/Baiekea/Terminalia/Burkea
africana/grassland

Field condition: Moon phase: 0 ¼ ½ ¾ full

Wind: 0 1 2

Precipitation: Yes/No

Start time: 1: 2: 3:

End time: 1: 2: 3:

Arrival time of the vehicle:

Departure time of the vehicle:

Arrival time	Direction	Species	Number of individuals	Age and sex								Comments	
				U	AU	AF	AM	SAU	SAM	SAF	J		

Legend: Field condition→Wind: 0=no wind; 1=little; 3=much
 Direction: North/South/East/West
 Comments: Please record if Hyena got a collar, is injured, seem sick, pregnant...

Call-in method calibration
Information from the Hyenas vehicle

Observer:

Date:

GPS position: Longitude (X):

Latitude (Y):

Part of the park (location):

Habitat: open/semi open/ close
 grassland/bush land/woodland

Dominate vegetation: Mopane/Combretum/Acacia/Baiekea/Terminalia/Burkea
 africana/grassland

Field condition: Moon phase: 0 ¼ ½ ¾ full

Wind: 0 1 2

Precipitation: Yes/No

Time of arrival near hyenas:

Time of departure from the hyenas:

Hyenas departure/vehicle departure

Context: Den/Pan/Carcass/Bait/other (precise)

Water availability: Nearest pan distance:

State of the pan: dry/with water

Number of Hyenas present at the arrival:

Age and sex:

U: AU: AM: AF: SAU: SAM: SAF: J:

Global prey density at this location: **don't fill in**

	Time+Number and status (age and sex) of Hyenas changing their behavior at the broadcasting moment			Hyena number by class	comments
	Raise their head but stay	Running/moving away	Whooping		
4km					
3.5km					
3km					
2.5km					
2km					
1.5km					
1km					

Legend: Field condition→Wind: 0=no wind; 1=little; 3=much

Direction: North/South/East/West

Comments: Please record if Hyena got a collar, is injured, seem sick, pregnant...

Call-in method calibration

Information from the broadcasting vehicle

Observer:

Date:

GPS position: Longitude (X):

Latitude (Y):

Part of the park (location):

Habitat: open/semi open/ close
grassland/bush land/woodland

Dominate vegetation:

Mopane/Combretum/Acacia/Baiekea/Terminalia/Burkeaafricana/grassland

Field condition: Moon phase: 0 ¼ ½ ¾ full

Wind: 0 1 2

Precipitation: Yes/No

Number of Km:

Start time:

End time:

Arrival time of the vehicle:

Departure time of the vehicle:

Arrival time	Direction	Species	Number of individuals	Age and sex								Comments	
				U	AU	AF	AM	SAU	SAM	SAF	J		

Legend: Field condition→Wind: 0=no wind; 1=little; 3=much
 Direction: North/South/East/West
 Comments: Please record if Hyena got a collar, is injured, seem sick, pregnant...

CAR TRANSECT DATA SHEET

Recorder :

Date / /



Transec N°	Species	Total Nb	Number						Angle Road	Angle North	Dist m	GPS n°	GPS		Activity	Habitat	Km	Time
			MA	FA	MSA	FSA	MJ	FJ					X	Y				

**Fiche de donnee observations opportunistiques
(1)**

date	time	locality	X	Y	total hyaena or lion	AU	FA	MA	SAU	J	Environ ment	habitat

(2)

Vegetation	Activity	Contex	Method	From	To	Moon	Wind	Rain	Comments

Annexe 7

Annexe 7: Carte des transects utilisés dans le cadre des comptages de grands herbivores, dans le parc national de Hwange

