

Procédures Standard de Suivi des Populations de Crocodiles^{1*}

Matthew H. Shirley¹ and Mitchell J. Eaton²

¹Dept. of Wildlife Ecology & Conservation, University of Florida, Gainesville, FL, USA

²U.S. Geological Survey, New York Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Dept. of Natural Resources, Cornell University, Ithaca, NY, USA

Trois espèces de crocodiles ont été signalées et identifiées en Afrique Centrale: le crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*), le crocodile nain (*Osteolaemus tetraspis*) et le faux gavial africain (*Mecistops cataphractus*). Cependant, des études génétiques récentes ont démontrées que deux de ces espèces, le crocodile du Nil et le crocodile nain, sont composés de taxons cryptiques, multiples et hautement diversifiés (Eaton et al. 2009; Hekkala et al. 2011). Afrique Centrale est dans une position unique car il appartient à deux zones biogéographiques distinctes. Le République Démocratique du Congo, le République Centrafricaine, l'est du Cameroun, et le centre/nord de la République du Congo (RoC) sont situé dans le bassin du Congo alors que le Gabon, les zones côtières du RoC, et l'ouest du Cameroun sont localisées à l'ouest des chutes de Livingstone et appartiennent ainsi au bassin de l'Ogooué. Par conséquent, deux autres espèces des crocodiles sont présentes. Le crocodile du Nil ouest africain (*Crocodylus suchus*) est l'espèce de *Crocodylus* prédominante dans le bassin du Congo alors que le crocodile du Nil traditionnel (*C. niloticus*) se trouve dans les zones côtières. De manière similaire, le crocodile nain du Congo (*Osteolaemus osborni*) se trouve est caractéristiques du bassin du Congo, alors que l'espèce traditionnelle de crocodile nain (*O. tetraspis*) se trouve dans les forêts et écosystèmes aquatiques du bassin de l'Ogooué. Cette diversité fait de l'Afrique Centrale un des zones les plus riches en espèces de crocodile au monde. Malheureusement, les crocodiles de ce pays sont fortement menacés à cause de la disparition de leur habitat, le trafic de viande de brousse et de peau, ainsi que des conflits avec les activités de pêche artisanale. Les crocodiles jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques dans lesquels ils évoluent. Il est donc primordial que des stratégies de gestion et de conservation efficaces soient mises en place pour assurer leur sauvegarde.

Une des étapes majeures permettant la mise en place des stratégies de gestion appropriées est de connaître l'état et l'évolution des populations présentes grâce à ce que l'on appelle des suivis ou recensements. Bien que les suivis de populations soient essentiels à la gestion des espèces, ils sont généralement mise en œuvre sans maîtrise de leurs potentiels et prise en compte de leurs limites. Les données ainsi collectées sont souvent inutiles, et entraînent un gaspillage des ressources engagées. Les suivis, quand ils sont conçus et menés efficacement, doivent remplir trois objectifs : 1) évaluer la distribution des populations actuelles, incluant les menaces spécifiques à chaque espèce ou zone prospectée, 2) évaluer les

¹ Shirley, M.H. and M.J. Eaton. 2012. Procédures Standard de Suivi des Populations de Crocodiles. Groupe Spécialiste de Crocodiles : Darwin. (édition électronique ; www.iucncsg.org/pages/Publications.html)

* Document traduis de l'anglais par Melle Fairet Emilie, Department of Anthropology, Durham University, UK.

progrès possibles en terme de conservation et de gestion sur le long terme, et 3) enrichir les connaissances sur l'écologie des crocodiles afin d'améliorer les prises de décision pour la gestion de ces populations. Les suivis peuvent être réalisés de différentes manières, et peuvent, en théorie, répondre à une multitude de questions. Il est donc essentiel de définir clairement les objectifs précis de gestion et de conservation avant de concevoir, et de planifier, le programme de suivis sur le terrain. Pour commencer, il peut être utile de répondre à la question suivante : « Si mes données prouvent X (où X représente une valeur extrême de la variable mesurée comme par exemple que la taille de la population étudiée a décliné de 75%), est-ce que ce résultat va conduire à un changement dans la gestion de cette espèce ou de son habitat ? Si la réponse est non, il est impératif de se demander « quelle est l'utilisation qu'il sera faite de ces données et dans quelle mesure ce suivi est nécessaire ? ». Dans le cas où la réponse est oui, et considérant donc qu'il y a une utilité réelle pour ces données, il est important de clarifier que les données résultant d'un suivi isolé permettent uniquement de donner une idée de la taille et de la distribution d'une population à un temps T, mais ne permettent pas d'identifier des tendances dans l'évolution de cette population au cours du temps. Si le but est de mettre en place des plans de gestion adaptés, il sera donc nécessaire de réaliser des suivis réguliers et répétés, capables de déceler des changements de populations sur le long terme – du « monitoring ». Avant de décrire en détails les méthodes utilisées pour les suivis de population des crocodiles, il est nécessaire de comprendre comment les méthodes de prospection doivent s'adapter à l'écologie particulière de ces espèces. C'est ce que nous détaillerons dans la section suivante.

Ecologie des Crocodiles à Considérer dans la Conception et la Réalisation des Suivis

a) Les crocodiles sont des animaux principalement nocturnes

Les crocodiles sont des animaux principalement nocturnes ce qui implique qu'ils sont surtout actifs pendant la nuit. Cela ne veut pas dire que l'on ne pourra pas les observer pendant la journée, mais simplement que le pic d'activité pour ces espèces se situe pendant la nuit. Cet état de fait a plusieurs conséquences sur les procédures de suivis. Premièrement, la grande majorité des individus composant une population seront plus facilement détectable pendant la nuit. Deuxièmement, les prospections réalisées pendant la nuit permettront de détecter une plus grande variété de taille d'individus. Finalement, les crocodiles se laissent approcher plus facilement la nuit ce qui permet une meilleure identification de l'espèce et une meilleure estimation de la taille. Examinons maintenant chacun de ces aspects indépendamment.

1. *Meilleure détectabilité pendant la nuit* – La façon la plus facile de comprendre ce principe est celui des crocodiles nains qui restent dans leur terrier pendant la journée pour n'en sortir que la nuit, rendant les suivis diurnes pour cette espèce inappropriés. Les trois autres espèces de crocodiles en Afrique Centrale ne sont pas strictement nocturnes et peuvent être aperçus pendant la journée, néanmoins, les crocodiles sont très discrets et sont, tout du moins quand ils sont sous l'eau, incroyablement difficiles à voir. Cependant, pendant la nuit, la réflexion de la

lumière sur la *tapetum lucidum* (surface réfléchissante du fond de la chambre de l'œil) de l'œil des crocodiles permet une détection à des distances parfois importantes.

2. *Déteçtabilité d'individus d'une plus grande variété de taille pendant la nuit* – Cette composante est fortement liée à celle décrite en 1, mais s'applique plus particulièrement aux crocodiles de petites tailles. Il est plus difficile de détecter les petits crocodiles de par leur petite taille mais aussi car ils se font encore plus discret que leurs congénères de grandes tailles. Les petits crocodiles ont plus tendance à se cacher pendant la journée, période où ils sont plus vulnérables aux prédateurs. De ce fait, les jeunes crocodiles sont très difficiles à détecter pendant les prospections de jour mais sont plus facilement observables de nuit, plus particulièrement juste après l'éclosion, lorsqu'ils restent groupés autour du nid.
3. *Plus grande facilité d'approche au cours de la nuit* – Comme les crocodiles sont nocturnes, c'est pendant la nuit qu'ils se sentent le plus en sécurité. Les crocodiles ont une bonne vision, ils peuvent facilement voir les chercheurs qui les approchent en plein jour. De nuit par contre, et ce malgré leur très bonne vision nocturne, ils ont plus de difficultés à détecter les gens lorsqu'on les approche de nuit avec un spot lumineux car ils sont éblouis. Par conséquent, les observateurs réalisant les prospections en nocturne ont la possibilité d'approcher les individus plus près, et peuvent ainsi, en déterminer l'espèce et la classe de taille plus précisément. Cette proximité facilite en outre la capture, si elle s'avère nécessaire. Ceci est vrai à l'exception des zones où les crocodiles sont fréquemment chassés de nuit avec des méthodes similaires à celles utilisées pour les suivis scientifiques (ex., chasse en bateaux avec utilisation de spots lumineux).

b) Les crocodiles sont principalement aquatiques

Les crocodiles sont typiquement restreints aux écosystèmes aquatiques qui sont inondés de manière permanente ou saisonnière. Cependant, les différentes espèces des crocodiles tendent à utiliser différentes zones au sein de ces habitats. L'habitat utilisé par une espèce peut aussi varier en fonction de la pluviométrie et des variations du niveau d'eau, ainsi que du cycle de nidification.

1. *Les crocodiles sont aquatiques* – Bien que ce fait semble évident, cette caractéristique est à la base de la conception des techniques de suivis. Les suivis des crocodiles ne sont pas désignés de la même manière que ceux conçus pour les mammifères terrestres par exemple (ex., méthodes d'échantillonnage par la distance utilisant des transect-lignes ou des point-transects), et les prospections sont centrées autour des zones aquatiques, et utilisent comme unités de surveillance une partie des lacs et rivières prospectées. L'exception à ce type de conception pour les crocodiles nains est discutée plus bas.
2. *Partage de l'habitat par différentes espèces* – Très peu d'études ont abordé la question de l'utilisation de différents habitats par les crocodiles vivants en

sympatrie. Cependant, notre expérience dans ces zones d’Afrique suggère que différentes techniques des suivis sont plus ou moins efficaces pour différentes espèces en fonction de leur probabilité de présences respectives dans les différents habitats.

- a. *Les crocodiles nains* – Ces crocodiles de petites tailles, se trouvent dans tous les habitats humides mais les suivis menés le long des larges rivières, des lacs et des lagunes offrent des probabilités de détection moindres. Ces petits crocodiles utilisent plus fréquemment les marécages et forêts riveraines des grand cours et points d’eaux, ou les cours d’eaux de taille moyennes et petites. Par conséquent, les prospections à pied peuvent s’avérer plus efficaces pour ces espèces.
 - b. *Le faux gavial Africain* – Le faux gavial est une espèce de crocodile de taille moyenne qui occupe les cours d’eau de tailles moyennes à larges, incluant les rivières et les lacs situés dans les zones forestières, mais ils peuvent aussi être présents dans les lagunes côtières, parfois même assez loin de l’embouchure des rivières. De ce fait, les prospections en bateau seront plus efficaces que les suivis à pied pour cette espèce. Cependant, dans les zones de bras mort (« oxbow lakes ») et les forêts inondés saisonnièrement, les crocodiles peuvent se disperser sur de grandes distances en utilisant ces voies d’eaux plus ou moins temporaires. De plus, au Congo, cette espèce est connue pour son utilisation des baïs, où l’utilisation de bateau est difficile, voire même impossible. Dans ces cas particuliers, des techniques de suivis complémentaires, comme par exemple des prospections de jour ou à pied doivent être envisagées.
 - c. *Les crocodiles du Nil* – Ces crocodiles de moyennes et grandes tailles préfèrent les cours d’eaux primaires incluant rivières, lacs et plus particulièrement lagunes. La principale limite pour ces espèces est liée au besoin de sols sableux et bien drainés pour la ponte. Ainsi, les adultes reproducteurs sont rarement présents en forêt dense, par exemple. Pour cette raison, les prospections réalisées en bateau sont généralement préconisées pour ces espèces, mais les suivis à pied, ou à l’aide de véhicules motorisés (ex., quad ou voiture), peuvent aussi être mis en oeuvre dans certain cas.
3. *Impact des variations saisonnières du régime hydrique* – Les crocodiles sont des espèces aquatiques et leurs distributions sont affectées, et limitées, par la présence d’eau. Pendant la saison des pluies, quand le niveau d’eau monte et que les rivières de forêts montent, les crocodiles ont accès à des territoires plus vastes pour se disperser. Les espèces qui sont plus dépendantes des zones d’interface eau/terre ferme, comme les crocodiles nains par exemple, vont pouvoir s’enfoncer plus profondément dans les forêts dans des zones inaccessibles en bateau. Par conséquent, les densités de crocodiles sont généralement moins importantes en

saison des pluies, rendant les opérations de comptages plus compliquées. Le risque de biais dans les estimations de population est donc important parce que la rareté des observations ne signifie pas forcément que les crocodiles sont absents de la zone, mais simplement qu'ils ne sont pas visibles dans les cours d'eau dans lesquels sont menées les prospections. Pour cette raison, et dans la plupart des habitats, il est préférable de réaliser les suivis pendant la saison sèche. Cependant, les suivis réalisés quand le niveau de l'eau est intermédiaire renseignent autant, ou davantage, pour certains habitats particuliers ou pour certaines espèces. Par exemple, dans les zones où l'habitat s'assèche quasi intégralement en saison sèche, il est probable que les crocodiles nains s'aventurent très peu en dehors de leur terrier et qu'ils soient donc de fait, difficilement détectables. Pour toutes ces raisons, si les suivis de population sont réalisés dans différentes saisons et sur plusieurs années, il sera nécessaire, pour le traitement et l'analyse des données, de les grouper par saison (ou par périodes présentant des facteurs environnementaux d'importance similaires comme le niveau des rivières, par exemple) afin de contrôler pour les changements de détectabilité. Cette étape préliminaire préalable est incontournable pour interpréter et détecter les changements significatifs d'effectif dans une population.

4. *Impact du cycle de reproduction/nidification* – Toutes les espèces de crocodiles présentes en Afrique Centrale semblent n'avoir qu'une seule saison de nidification. Pour les crocodiles du Nil, qui pondent dans des cavités creusées dans le sol, les nids sont généralement creusés pendant la saison sèche lorsque les habitats adéquats sont plus fréquents ou plus accessibles. De plus, quand la ponte se fait à la saison sèche, l'éclosion se fera au début de la saison des pluies et de la montée des eaux, fournissant ainsi un habitat idéal pour les jeunes crocodiles. Le faux gaviaux et les crocodiles nains, espèces qui fabriquent des nids-monticules, présentent une tendance opposée en termes de cycle de nidification. Les nids sont généralement construits pendant le pic de pluviosité, quand le niveau de l'eau est déjà haut mais continue de monter. Ceci qui permet à ces crocodiles de nicher au bord des rivières fournissant ainsi aux femelles l'habitat aquatique adéquat à proximité de leurs nids qu'elles peuvent ainsi protéger efficacement. Dans ce cas, l'éclosion se fait quand le niveau de l'eau est au plus haut, fournissant alors aux jeunes crocodiles un habitat adéquat et sûr pour se développer pendant que le niveau de l'eau baisse. Ces deux stratégies de nidification ont des conséquences importantes sur les choix de techniques de recensement d'individus et le comptage des nids. Pendant les saisons de nidification, les crocodiles adultes se concentrent autour des habitats permettant la nidification et la ponte. Fort de ce constat, on privilégiera, pendant les périodes de nidification et de ponte, les opérations de suivi ciblées sur les habitats propices à la nidification. Ce point sera précisé dans la section des méthodes de ce document.

Les Méthodes de Suivis de population des Crocodiles

Dans sa forme la plus simple, les suivis de crocodiles sont assez faciles à mettre en œuvre. Ils nécessitent « simplement » d'identifier les zones de présence probable ou avérée de crocodile dans lesquelles on réalise une ou plusieurs prospections afin de compter les crocodiles présents. Dès qu'un individu est détecté, il faut s'approcher le plus possible afin de déterminer l'espèce et la taille du spécimen. Suite à cette première étape, les données collectées et le niveau de détail nécessaire dépendront du but de chaque étude. Comme les suivis ne permettent pas de surveiller l'intégralité de l'habitat existant pour une espèce, et donc de compter tous les individus dans une zone donnée, ces renseignements initiaux permettront de répondre aux 3 questions qui préside à la définition d'un protocole de suivi : « comment ?, où?, et quand ? ». Certaines informations dites « standard », telles que les conditions caractérisant chaque prospection (ex., conditions de visibilité) doivent donc être collectées quel que soit le protocole retenu.

a) Données « standard »

1. *Données de base caractérisant les conditions de la prospection* – Au minimum, les données qui doivent être collectées pour chaque prospection incluent :

- L'heure de début et de fin de la prospection
- La localisation géographique du début et de la fin (incluant les points GPS)
- La distance prospectée en kilomètres
- La phase lunaire pour les prospections de nuit
- Les conditions météorologiques et climatiques (par exemple présence/absence de pluie ou de brouillard)
- La température de l'air et de l'eau
- Les indications concernant le niveau de l'eau et/ou la marée
- La description générale du ou des habitats traversés

De plus, il est souvent intéressant de relever les traces des activités anthropogéniques telles que :

- Le nombre de filets de pêches rencontrés
- La localisation (point GPS) et le nombre de villages ou camps de pêche/chasse
- Les autres bateaux rencontrés et leurs activités (ex., pêche, chasse, transport)

Tous ces facteurs influencent la distribution et la détectabilité des crocodiles. Ces données sont donc nécessaires pour interpréter les résultats lors de l'analyse ultérieure des données.

2. *Données sur les crocodiles détectés* – Chaque fois qu'un crocodile est détecté, trois données doivent impérativement être collectées : l'espèce, la taille et la localisation GPS.

- a. Espèce : En Afrique Centrale, faire la distinction entre les trois espèces de crocodiles n'est pas difficile mais les observateurs inexpérimentés doivent être accompagnés par un observateur confirmé tant qu'ils ne sont pas capables de différencier les espèces avec assurance (Fig. 1). Lorsqu'un individu est détecté, mais que l'espèce ne peut pas être déterminée, cet individu doit être classé comme « Inconnu » et la taille notée si possible (voir paragraphe suivant). Dans les cas où seul le reflet des yeux a été observé, mais que ni l'espèce ni la taille n'ont pu être déterminés, l'individu doit être classé comme « yeux seulement ». Il est à noter que les deux espèces de crocodiles du Nil ont des apparences très similaires, tout comme les deux espèces de crocodiles nains. Pour différencier les espèces entre elles, la localisation géographique au sein du pays reste le meilleur indicateur (cf. introduction et la discussion sur la distribution des différentes espèces dans la République du Congo).
- b. Taille : La taille des crocodiles, ou plus précisément l'appartenance à une classe de taille, constitue la base de la détermination de la maturité sexuelle des individus recensés. L'estimation de la taille d'un crocodile est un exercice difficile et c'est une compétence qui s'acquiert à force d'expérience. Pour les crocodiles nains, la taille peut souvent être estimée directement car les individus sont généralement entièrement visibles. La taille pour ces espèces varie de $\pm 0,25$ m pour les juvéniles à $\pm 1,8$ m pour les adultes, avec une taille moyenne avoisinant 1,15 m. Pour les crocodiles du Nil et les faux gavials qui sont le plus souvent détectés alors que le corps est immergé, l'estimation de la taille devra se faire par extrapolation en utilisant la taille de la tête comme variable de référence. On estime que les crocodiles du Nil ont un ratio taille tête : corps de 1:7, et ce ratio est de 1:5 ou 1:5,5 pour le faux gavial. De ce fait, pour un crocodile du Nil dont la longueur de la tête est estimée à 45 cm (0,45 m), la taille du spécimen sera donc estimée à ($= 0,45 \text{ m} * 7$) 3,15 m. Cependant, pour un faux gavial dont la tête est aussi estimée à 45 cm, la taille du spécimen sera, elle, estimée à ($= 0,45 * 5$ ou $0,45 * 5,5$) 2,25 – 2,5 m. Avec l'expérience, les observateurs ont de moins en moins besoin de ce genre de calcul, et ils peuvent estimer directement la taille des individus. Pour les observateurs inexpérimentés il est souvent préférable d'estimer la taille de l'animal de 0,5 m en 0,5 m ou de 1 m en 1 m, comme par exemple : 0,5 – 1 m ou < 1 m, 1 m – 2 m. Pour les *C. suchus*, les adultes atteignent rarement une taille supérieure à 3,5 m avec une taille moyenne proche de 2 m. Pour *C. niloticus* cependant, les adultes peuvent facilement atteindre une taille supérieure à 4 m, bien que la taille moyenne se situe autour de 2,5 m. Tout comme *C. suchus*, un faux gavial adulte atteint rarement une taille supérieure à 3 m (mais 3,5 – 4 m est possible) et la taille moyenne est de 1,8 m.
- c. Localisation : La collecte de données concernant la localisation des individus recensés, par exemple par la prise d'un point GPS, doit se faire pour chaque individu afin que la distribution spatiale pour la population puisse être définie et

analysée. Il est impératif de prendre les points GPS à l'endroit où l'individu a été détecté, et non pas là où l'observateur se trouvait quand il a détecté le crocodile, et ceci afin de fournir des résultats les plus précis possibles. D'autres données, comme l'heure de l'observation et la position de l'individu (par exemple sur terre, en eau peu profonde, etc...), peuvent également être utiles en fonction du but de l'étude en cours.

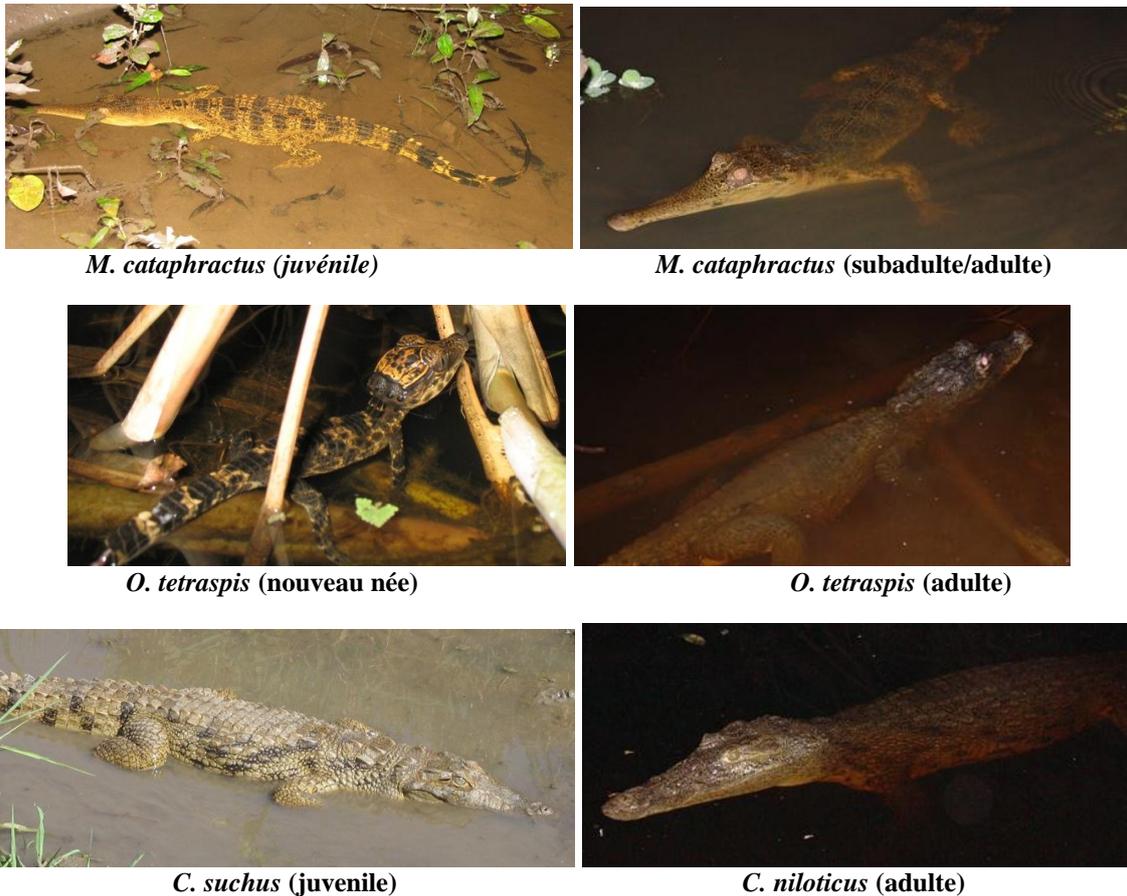


Fig. 1. Formes de la tête et du corps des juvéniles et des adultes pour les espèces de crocodiles rencontrées en Afrique Centrale. Faire attention à la forme de la tête et du museau, qui sont souvent les seules parties de l'animal visibles pendant les opérations de suivis.

- d. Comportement : Certaines données concernant le comportement des individus observés, et parfois capturés, peuvent être collectées selon le type d'étude considérée. Ces données incluent : distance à laquelle l'observateur a pu approcher l'animal avant que celui-ci ne plonge, la présence de juvéniles à proximité d'un adulte, plusieurs adultes à proximité (suggérant par exemple un possible accouplement), ou plusieurs espèces différentes observées à proximité l'une de l'autre (suggérant par exemple une possible prédation entre espèces).

3. *Données concernant les autres espèces rencontrées* – cette section est quelque peu éloignée de l'objectif initial du présent document mais reflète la réalité des suivis sur le

terrain. Les opérations nocturnes permettent très fréquemment l'observation d'une grande variété d'espèces nocturnes autres que les crocodiles et peuvent ainsi fournir des données de bases très intéressantes sur la présence de ces espèces dans des zones où elles ne sont pas forcément étudiées, ni même considérées comme présentes. Pendant les suivis de crocodiles, il est donc possible de collecter des données lors d'observation de chouettes pêcheuses (*Scotopelia* sp.), chevrotain aquatique (*Hyemoschus aquaticus*) ou lamantins (*Trichechus senegalensis*). Pour ces observations, un simple comptage du nombre d'individus, si possible, et la prise d'un point GPS sont suffisants.

Table 1 : Exemple de tableau d'enregistrement de données lors d'un suivi sur le terrain

Ce tableau peut tout à fait s'appliquer à toutes les espèces présentes sur un même site. Dans ce cas il est conseillé de supprimer la colonne « **Site Prospecté** ». On peut également remplir un tableau par espèce recensée, et dans ce cas, on peut supprimer la colonne « **Espèce** ». Nous trouvons ensuite la taille de l'individu recensée, dont trois sont identiques pour toute les espèces : **JE** (juste éclos = nouveau née), **Y** (jeunes nés la saison précédente) et **NI** (non identifié). Les autres classes de tailles doivent être spécifiées pour chaque espèce en fonction de la capacité de l'observateur à estimer les tailles précisément (ici SC1 et SC2 par exemple). La distance prospectée est calculée grâce à la fonction « tracklog » du GPS que l'on prendra soin d'activer au début de chaque prospection. L'**Abondance relative** correspond au nombre total d'individus recensés, divisé par la distance prospectée (nombre d'individus détectés/km). Une colonne peut être ajoutée pour l'« abondance relative corrigée » qui correspond à l'abondance relative quand on surprime les individus JE et Y du calcul (c'est à dire on ne garde que SC1+SC2+NI dans cet exemple). Si le suivi est réalisé pour une seule espèce mais sur différents sites, on peut aussi ajouter des lignes montrant les pourcentages et moyennes d'individus rencontrés par site et en cumul.

Date	Site Prospecté	Espèce	Taille					Distance Prospectée (km)	Abondance Relative (cros/km)
			JE	Y	SC1	SC2	NI		

b) Prospections en bateau

Les prospections en bateaux, qu'elles soient réalisées de jour ou de nuit, peuvent être effectuées en utilisant une très grande variété d'embarcation. Le plus adapté étant le type de bateau communément utilisé dans la zone de prospection et/ou celui immédiatement disponible. En Afrique Centrale, nous avons réalisés des prospections en utilisant des bateaux en fibre de verre avec un moteur hors-bord, des canoës, kayaks, pirogues ou zodiacs en fonction des possibilités offertes à chaque occasion. Les prospections en bateau consistent à surveiller les rives des plans ou cours d'eaux avec des spots lumineux pour les prospections des nuits et avec des jumelles pour les prospections en journée. La prospection doit se faire à vitesse constante (entre 9-12 km/h pour les bateaux avec hors-bord) et l'observateur doit être positionné aussi proche de l'avant du bateau que possible, généralement debout ou assis à la

proue du bateau. Il est préférable que l'observateur soit debout, tant que cela n'affecte pas la stabilité de l'embarcation ou la sécurité de l'observateur et du reste de l'équipe.

La prospection doit également se faire à distance constante de la rive. Pour les rivières de faibles largeurs, quand les deux rives peuvent être observées (ex., rives illuminées par le spot de manière égale), les deux rives peuvent être prospectées simultanément. Si au contraire une surveillance simultanée est impossible, comme dans le cas des lagunes ou les rivières très large par exemple, il faut simplement suivre une seule rive à une distance d'environ 30m à 50m. Lors des prospections dans des habitats non linéaires (ex., marécages), dans lesquels les crocodiles sont susceptibles d'être présents dans tous les types d'habitats aquatiques et terrestres inondés, l'observateur doit définir un parcours lui permettant de prospecter l'habitat de la manière la plus systématique possible. L'observateur pourra par exemple utiliser la méthode des transects pour laquelle la distance entre deux transects est deux fois la distance d'éclairage du spot utilisé lors des prospections de nuits. Si la zone est trop grande pour être inspecter intégralement, il est nécessaire de sélectionner, avant le début des prospections sur le terrain, un échantillon représentatif qui sera prospecté et dont les résultats serviront à extrapoler la taille de la population à l'échelle de la zone entière. Si la zone à prospecter est constituée de différents habitats, il est nécessaire d'utiliser un échantillonnage stratifié afin que chaque type d'habitat soit représenté de manière proportionnelle à sa représentation dans l'intégralité de l'habitat étudié.

1. *Prospections nocturnes* – Les prospections nocturnes commencent environ 30 min après le coucher de soleil, et dure aussi longtemps qu'il est nécessaire pour couvrir la zone de prospection déterminée à l'avance dans l'organisation du suivis. La plupart des crocodiles sont moins actifs après 2 heure du matin et donc l'efficacité de détection est généralement meilleure pendant les 5 premières heures du prospection. La prospection en elle-même consiste simplement à balayer un faisceau lumineux de manière horizontale en formant un arc de 180° à l'avant de l'embarcation et de l'observateur. Le faisceau lumineux doit être maintenu à hauteur des yeux et l'observateur doit regarder droit dans le faisceau lumineux, tout en maintenant le balayage horizontal. Il est important de garder un mouvement de balayage constant et de ne pas s'attarder trop longtemps sur une zone spécifique afin de ne pas rater une zone, et des crocodiles, à mesure que le bateau avance. Le facteur limitant des prospections nocturnes est l'utilisation de lampes. Le problème majeur rencontré est le suivant : plus le spot est puissant, plus il permettra d'explorer sur une longue distance. En revanche, un spot puissant va voiler la réflexion des yeux à faible distance, rendant l'approche de l'individu détecté difficile. Ce problème est particulièrement important pour les petits individus. Pour contrer ce problème, nous recommandons d'utiliser deux types de spot lumineux différents. Pour les détections à distance nous recommandons un projecteur à large faisceau de 100 000/ 200 000 candlepower (cp) d'intensité lumineuse. Il faut éviter à tout prix d'utiliser des projecteurs de trop forte intensité lumineuse (ex., 1 millions cp). Pour approcher les individus détectés au préalable, nous recommandons l'utilisation d'une lampe frontale LED, capable de produire un faisceau étroit (ex., 1-watt). Il est déconseillé d'utiliser des lampes torches simples ou des lampes frontales pour lire (comme Petzl Tikka) qui illuminent trop peu pour être d'une quelconque

efficacité. Le choix du matériel utilisé lors des suivis est d'une importance primordiale, et il est vivement recommandé de choisir avec soin le matériel approprié avant le début des suivis. L'utilisation de spots lumineux inappropriés pourrait invalider les résultats du suivi, gaspillant ainsi les ressources mises en jeu.

Lors du balayage du spot, la lumière va se refléter dans l'œil des crocodiles les rendant ainsi visibles pour l'observateur. La réflexion des yeux de crocodiles est unique et assez brillante comparée aux autres espèces nocturnes. Les yeux de crocodiles sont d'un rouge-orange ce qui les distingue de la plupart des animaux nocturnes, à l'exception des certains oiseaux nocturnes comme les engoulevents et de certaines espèces de grenouilles. Certains mammifères ont une réflexion oculaire similaire à celle des crocodiles, mais ceux-ci se distinguent facilement car ils sont toujours sur la terre ferme, ils bougent énormément par rapport aux crocodiles et clignent des yeux, alors que les crocodiles ne le font jamais. Bien que cette technique de détection semble facile en théorie, il est nécessaire que les observateurs potentiels reçoivent une formation avec des observateurs confirmés afin de s'assurer de pouvoir reconnaître la présence d'un crocodile à la réflexion des yeux.

D'autres facteurs sont à considérer lors des prospections nocturnes en bateau. Il est important de limiter au plus les facteurs qui pourraient diminuer la détectabilité des crocodiles par l'observateur. Il est donc conseillé de couvrir toutes les surfaces susceptibles de réfléchir la lumière en avant du spot lumineux afin de limiter les réflexions qui gêneraient la visibilité de l'observateur, ou qui rendraient l'embarcation plus facilement détectable par les crocodiles. D'autres facteurs qui influent sur la détectabilité des crocodiles sont : la clarté due à la lune, la température de l'air et de l'eau, des remous à la surface de l'eau et la pluie. Dans l'idéal, les prospections doivent être programmées les nuits sans lunes, sans pluies et sans vent, et avec les températures les plus élevées possibles. Evidemment il n'est pas toujours possible d'organiser les suivis en fonction des conditions extérieures, c'est pourquoi il est primordial d'enregistrer les conditions de chaque prospection (incluant : phase de la lune, température de l'eau et de l'air et conditions météorologiques) afin de prendre en compte les éventuelles différences de détectabilité.

2. Prospections diurnes – Les prospections de jours se réalisent de la même manière que les prospections de nuit sauf que les individus sont recherchés avec des jumelles et sans spot lumineux. Il faut alors rechercher des individus qui se chauffent au soleil sur la rive ou sur les branches des arbres, des individus qui nagent ou qui sont simplement immobile dans l'eau. Les prospections de jours peuvent être très efficaces pour détecter et compter les nids, particulièrement pour les deux espèces de crocodile du Nil. Comme mentionné précédemment, les crocodiles du Nil nichent dans des zones bien drainées aux sols sableux, situées à proximité des points ou cours d'eaux. Les femelles crocodiles du Nil gardent leurs nids activement, et les nids peuvent être détectés facilement en cherchant, et suivant, les traces laissées par les femelles sur la rive, ou en cherchant directement les femelles se chauffant dans les zones favorables à la ponte. Pour chaque nid ainsi détecté, il faut prendre un point GPS et, dans l'idéal, surveiller

le nid jusqu'à l'éclosion pour déterminer le nombre d'œufs pondus et la nombre de crocodiles nés.

c) Prospections à pied

Prospecter à pied est le meilleur moyen de recenser les crocodiles nains à travers les marécages ou les forêts inondées, ou pour évaluer et localiser rapidement les habitats adéquats pour la ponte. Cependant, ce type prospection à pied et la nuit peut s'avérer dangereux dans certaines zones en raison des rencontres possibles avec des éléphants, ou au risque de se perdre. Il est donc recommandé que pour ce type de prospections, les équipes soient composées d'au moins trois membres ayant l'expérience de rencontres avec les éléphants lors d'expéditions de nuits. Les membres de l'équipe doivent également être équipés de GPS, de cartes, de boussoles et de lampes frontales avec un stock de piles.

Les prospections à pieds à travers des habitats inondés, possédant un important réseau de cours d'eaux, ou si la zone à prospecter est trop grande, devront être réalisés en utilisant la méthode des blocks/quadras. Pour cela, on divise la zone à prospecter en carré (quadra). L'observateur va ensuite sélectionner un échantillon composé d'un certain nombre de quadras sélectionnés au hasard et qui seront considérés comme représentatifs de la zone étudiée. Chaque quadra sélectionné sera ensuite prospecté en marchant directement dans les cours d'eau pour détecter les animaux dans ou autour de ces cours d'eau. Une autre méthode consiste à réaliser de transect linéaires afin de prospecter l'intégralité des quadras. L'utilisation de transect linéaires nécessite des considérations particulières quant à la préparation, la mise en place et l'analyses des données (Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2010). Il est donc vivement conseillé de demander assistance à des personnes expérimentées dans l'utilisation de telles méthodes avant de considérer leurs utilisations lors des suivis.

d) Suivis des pressions de chasse

Dans les zones où les crocodiles sont chassés, il est important de relever les données correspondant à la pression de chasse. On s'intéressera à la viande de brousse vendu sur les marchés mais également aux caractéristiques des pratiques de chasse locales qui peuvent s'avérer tout aussi importantes que les recensements en milieu naturel. L'espèce la plus chassée est généralement le crocodile nain. Mais dans les zones où plusieurs espèces cohabitent, toutes tendent à être chassées. En plus de la pression de chasse exercée sur une population, ces suivis peuvent aussi permettre d'estimer grossièrement la taille d'une population en l'absence de recensement sur le terrain. Cette approche est également utile lorsque la zone à prospecter est trop grande ou inaccessible. Les suivis de pression de chasse peuvent prendre plusieurs formes et procurent généralement une grande variété d'informations. De ce fait, il est impératif de comprendre l'utilité de telles données, et de définir précisément l'utilisation que l'on compte en faire avant de se lancer dans un tel suivi. La phase préliminaire de ce type de suivi doit donc définir clairement les objectifs à atteindre ainsi que les questions auxquelles on cherche à répondre par le suivi. Ceci permettra de définir précisément le nombre de donnée à collecter, le nombre de site à visiter, etc.... Des nombreux suivis de ce type ont été réalisés en Afrique Centrale et offrent de nombreuses

informations précieuses en terme de méthodologie et d'analyse de données de ce type pour les crocodiles (ex., Agnagna et al. 1996, Auzel and Wilkie 2000, Bennett Hennessey 1995, Eaton 2002, Eves and Ruggiero 2000, Fa et al. 2005, Wilkie et al. 1992).

Tout comme pour les recensements d'animaux vivants, les suivis réalisés dans les marchés ou villages ne vont pas permettre de comptabiliser le nombre total d'individus chassés quotidiennement. De ce fait, une méthode d'échantillonnage claire, permettant de représenter la population chassée de manière aussi précise que possible, doit être utilisée. Il est possible de stratifier l'échantillonnage de nombreuses manières différentes en fonction des questions centrales de chaque étude. Par exemple, si une étude s'intéresse à la filière de viande de brousse dans son ensemble, il sera primordial de collecter des données au niveau de chaque maillon de la chaîne, c'est à dire des chasseurs eux-mêmes, jusque que dans les marchés des centres urbains. Chaque « maillon », ou sous-groupe, permettant au final de comprendre le fonctionnement du système dans son ensemble. Une autre étude beaucoup plus localisée, comme par exemple dans une concession forestière ou une réserve, pourra stratifier par type d'habitats (dans le cas où la provenance de l'animal est connue), par village, selon l'ethnie du chasseur ou la saison par exemple. En fonction des questions posées, il sera intéressant d'utiliser le chasseur, le village ou le marché comme unité d'échantillonnage. Finalement, il est important de considérer la non-indépendance possible des données afin de définir une distribution et une fréquence de prospection qui soit appropriée. Autant que possible, il est conseillé d'utiliser la méthode d'échantillonnage aléatoire pour l'unité de mesure (ex., village) aussi bien que la fréquence de prospection. Les données les plus communément collectées dans ce genre de suivis sont :

- L'espèce de crocodile, la taille, le poids ou la classe d'âge si possible
- L'identité du chasseur, l'ethnie, le village d'où il vient
- La localisation géographique et l'habitat dans lequel la chasse a été pratiquée, la méthode de chasse utilisée et l'heure de la chasse
- La ou les méthodes de transport de la viande, l'utilisation de la viande (consommation par la famille du chasseur, vente ou export) et le prix de vente de la viande

Comme la filière de viande de brousse est souvent illégale, il est primordial de considérer les biais ou difficultés possibles dans la collection des données lors de la préparation et de la réalisation de tels suivis. Dans certains cas, il sera utile de former des énumérateurs locaux. De plus, il est généralement indiqué de procéder à une étude pilote afin d'identifier les facteurs importants dans la stratification des données. On pourra ainsi optimiser la planification de l'ensemble des futurs suivis. Ce surcroit de travail, et donc des ressources financières, doit impérativement être inclus dans la conception initiale du programme de suivi.

Suivis Exploratatoires et Régulières – “Monitoring”

a) Suivis exploratoires

Les suivis exploratoires sont très efficaces pour cartographier rapidement la distribution des crocodiles dans une zone, et pour estimer l'abondance relative d'une espèce à un temps donné. Cependant, et comme mentionné précédemment, ces prospections ne sont pas efficaces si le but est d'évaluer l'évolution d'une population ainsi que l'impact de différentes menaces ou de divers plans de gestion au cours du temps. Pour cette raison, ces prospections doivent être considérées comme des études préliminaires permettant de fournir les données nécessaires à la conception et la mise en place de suivis sur le long terme. En effet, ces dénombrements ne procurent que rarement des informations permettant de prendre des décisions appropriées en matière de gestion sur le long terme. Les prospections exploratoires peuvent se faire en utilisant les différentes méthodes décrites plus haut, dans des zones déterminées de manière stratégique en fonctions des objectifs de gestion. Par exemple, il peut s'avérer bénéfique de réaliser des prospections dans et autour des aires protégées tout autant que dans des zones actuellement impactées par les activités humaines ou qui doivent l'être dans un futur proche en raison de projet d'aménagement (ex., zones prévues pour la production d'huile de palme ou création d'un barrage hydraulique). Ces prospections, lorsque elles sont réalisées à l'échelle d'un pays par exemple, peuvent aussi permettent d'évaluer l'impact de différentes actions et facteurs, comme par exemple d'évaluer l'impact des parcs nationaux sur la protection des crocodiles.

b) Suivis répétés - Monitoring

Contrairement aux suivis exploratoires, les suivis continus consistent à réaliser des prospections répétées dans les mêmes zones, ce qui permet une gestion adaptative des populations. Les suivis répétés, ou « monitoring », permettent d'évaluer les variations d'une population dans le temps et, lorsqu'il est mis en place de manière efficace, d'estimer la taille réelle de la population (par exemple $N = 123$ crocodiles) au lieu de fournir un simple indice d'abondance (par exemple l'abondance relatives 1,73 crocodiles /km). Toutes les méthodes décrites plus haut peuvent être utilisées de manière répétée dans les mêmes zones.

c) Les crocodiles sont difficiles à recenser, ce qui rend l'estimation de la population difficile

Comme pour la plupart des espèces animales, et particulièrement celles vivantes dans les forêts denses, les suivis ne permettent pas de détecter et de comptabiliser tous les individus présents dans une zone donnée. Comme ces observations sont imparfaites, il est important de considérer ces contraintes lors des estimations de la taille, de la distribution et des dynamiques des populations étudiées. Les résultats de suivis reflètent tout autant l'écologie des crocodiles que les limitations imposées par les techniques d'observations. Il est donc primordial de minimiser, ou de contrôler, les risques d'erreurs. Quand les études ont pour but de déterminer le statut d'une population, ou de mettre en évidence des changements au sein d'une population, il est particulièrement important de contrôler les variations de détectabilité entre suivis. Des changements dans les estimations de populations entre des suivis répétés peuvent refléter un réel changement d'abondance, et/ou un changement dans la détection des individus de cette population. Par exemple, une diminution apparente du nombre crocodiles peut

s'expliquer par le fait que les crocodiles deviennent méfiants à l'approche répétée des chercheurs, et plongent donc plus rapidement, réduisant ainsi les probabilités de détection.

Différentes techniques de suivis (et d'analyses de données), incluant les méthodes de capture-recapture et présence-absence (aussi appelé « occupancy methods »), permettent d'inclure dans les calculs les probabilités de ne pas observer une partie des individus qui sont présent dans la zone surveillée (Williams et al. 2002, MacKenzie et al., 2002, 2006, Hines 2006). Cependant, ces méthodes nécessitent des observations répétées dans le temps, ce qui peut rapidement rendre ces suivis coûteux. Les méthodes présence/absence sont conçues pour estimer la probabilité de présence d'un individu au moins dans une zone précisément définie. Cette méthode est très utile pour évaluer et comprendre les changements de distribution au cours du temps. Elle permet également de déterminer comment certains facteurs, environnementaux ou humains, influencent l'occupation de certains sites par l'espèce étudiée. Les suivis utilisant cette méthode sont relativement simples et rapides à utiliser, ce qui les rends moins coûteux que des comptages systématiques et facilite ainsi la répétition des suivis. Dans tous les cas, il est important de considérer les coûts de chaque méthode ainsi que d'évaluer la nécessité de déterminer l'abondance réelle (par exemple le site X comprenait 173 crocodiles) ou l'abondance relative (1,3 crocodiles détecté/km dans la zone X). Heureusement, de réels efforts de suivis répétés de manière régulière, « monitoring », nous permettront d'estimer l'abondance réelle et d'autre part d'estimer l'abondance relative.

Analyse des Données

Afin de concevoir un plan de gestion et de conservation efficace pour une population de crocodiles, il est rarement nécessaire d'obtenir l'abondance réelle de cette population. D'autant plus que cette donnée est généralement coûteuse à obtenir que ce soit en terme d'argent et de temps car elle requiert de déterminer la probabilité de détection des crocodiles pour chaque espèce et chaque site étudié. Nous avons mentionnés plus haut les problèmes liés aux variations de détection au cours des prospections, et insisté sur la nécessité de calculer la probabilité de détection des individus pour une espèce spécifique sur un site donné. La détection des crocodiles est négativement affectée par l'immersion des crocodiles sous l'eau au cours des prospections. Estimer la tendance à l'immersion et la probabilité de détection est incroyablement long et fastidieux. Dans la plupart des cas il est donc préférable d'estimer l'abondance relative de manières répétées. Les méthodes de présence-absence sont également efficaces, et moins coûteuse que des recensements très précis. Si les données le permettent, il est préférable de présenter les résultats par espèces et par classe de taille. Ceci procure des informations supplémentaires pour l'estimation de la taille de la population. La représentation des différentes classes de tailles dans différents habitats peut permettre d'identifier des sites d'importance pour les crocodiles comme, par exemple, les sites favorables à la reproduction ou à la ponte. Cela peut aussi permettre d'évaluer l'effet des pressions anthropogéniques telles que la chasse ou la pêche qui affectent le taux de survie des certaines classes démographiques. Nous insistons donc sur le fait que le choix des méthodes utilisées et des données collectées doivent être déterminés sur la base de questions claires auxquelles on cherche à répondre,

ainsi que sur une idée précise des besoins en terme de gestion de ces populations animales pour que les opérations de suivi permettent d'évaluer l'atteinte de ces objectifs.

Remarques Finales

Il n'existe pas de recette miracle en termes de suivi et de gestion des populations de crocodiles et chaque situation est unique. De ce fait, les recommandations qui sont fournies dans le présent document doivent être considérées et utilisées comme un outil qui peut et doit s'adapter aux besoins spécifiques de chaque situation et au contexte particulier de l'Afrique Centrale. Nous insistons une dernière fois sur le bénéfice, voire même de la nécessité, de réaliser de « monitoring » qui sont la seule méthode qui permettent d'évaluer les variations des populations au cours du temps ainsi que de mesurer l'impact de différents facteurs, que ce soit pression de chasse ou les mesures conservatoires. Cette remarque s'applique à la plupart des espèces mais plus encore aux crocodiles qui sont largement chassés et utilisés à des fins commerciales ou pour la consommation. Nous sommes convaincus que les populations de crocodiles peuvent se maintenir à de bon niveaux pour autant que des stratégies de gestions et de contrôle efficaces soient mises en place (quotas de chasse, gestion des activités de pêche, gestion des aires protégées, etc.), même si l'impact des différentes stratégies de gestion est difficilement prévisible. Par conséquent, nous recommandons que même si des stratégies de gestion audacieuse devaient être mises en place, les prises de décision doivent se faire sur la base de données existantes, et la mise en place et l'efficacité de ces mesures doivent être contrôlée dans le cadre de stratégies de gestion adaptatives. Pour cela, il est indispensable de mettre en place des programmes de monitoring des populations afin de pouvoir réfléchir et adapter les modes de gestions en fonction des besoins spécifiques pour chaque site, chaque espèce et à chaque moment. Afin de faciliter la gestion adaptative de la faune, toute initiative ayant pour objectif d'inventorier et d'estimer les populations en Afrique Centrale, et ailleurs, doivent s'efforcer de fournir des données permettant la gestion durable de la faune sauvage sur le long terme.

Works Cited

- Agnagna, M., F. W. Huchzermeyer, and J. Riley. 1996. Traditional methods used for hunting African dwarf crocodiles in the Congo. Pages 223-226 *Crocodiles. Proceedings of the 13th working meeting of the Crocodile Specialist Group*. IUCN, World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- Auzel, P., and D. S. Wilkie. 2000. Wildlife use in northern Congo: hunting in a commercial logging concession. Pages 413-426 *in* J. G. Robinson and E. L. Bennett, editors. *Hunting for sustainability in tropical forests*. Columbia University Press, New York.
- Bennett Hennessey, A. 1995. A study of the meat trade in Ouessou, Republic of Congo. Wildlife Conservation Society, Bronx, NY.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D.L., and Thomas, L. 2001. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Eaton, M. J. 2002. Subsistence wildlife hunting in a multi-use forest of the Republic of Congo: Monitoring and management for sustainable harvest. Thesis. University of Minnesota, St. Paul.
- Eaton, M. J., A. P. Martin, J. B. Thorbjarnarson, and G. Amato. 2009. Species-level diversification of African dwarf crocodiles (Genus *Osteolaemus*): a geographic and phylogenetic perspective. *Molecular phylogenetics and evolution* 50(3):496-506.
- Eves, H. E., and R. G. Ruggiero. 2000. Socioeconomics and the sustainability of hunting in the forests of northern Congo (Brazzaville). Pages 427-454 *in* J. G. Robinson and E. L. Bennett, editors. *Hunting for sustainability in tropical forests*. Columbia University Press, New York.
- Fa, J. E., S. F. Ryan, and D. J. Bell. 2005. Hunting vulnerability, ecological characteristics and harvest rates of bushmeat species in afro-tropical forests. *Biological Conservation* 121(2):167-176.
- Hekkala, E., M. H. Shirley, G. Amato, J. D. Austin, S. Charter, J. Thorbjarnarson, K. a Vliet, M. L. Houck, R. Desalle, and M. J. Blum. 2011. An ancient icon reveals new mysteries: mummy DNA resurrects a cryptic species within the Nile crocodile. *Molecular ecology*(May 1990):4199-4215.
- Hines, J. E. 2006. PRESENCE4- Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC. <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.shtml>.
- MacKenzie, D.I. and Kendall W.L. 2002. How should detection probability be incorporated into estimates of relative abundance? *Ecology* 83: 2387-2393.

MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.P., Bailey, L.L. and Hines, J.E. 2006. Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence. Academic Press, New York.

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A. & Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5–14.

Wilkie, D. S., J. G. Sidle, and G. C. Boundzanga. 1992. Mechanized logging, market hunting, and a bank loan in Congo. *Conservation Biology* 6:570-580.

Williams, B.K., J.D. Nichols, and M.J. Conroy. 2002. Analysis and management of animal populations. Academic Press, San Diego, CA.