SRAS Rapport Final
Dynamique de l'Utilisation de l'Habitat par *Mecistops cataphractus* dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire

Yaoua Christine KOUMAN
Université Nangui ABROGOUA, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE), Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA)
(christy2013kouman@gmail.com)

Résumé

L'écologie spatiale aide à comprendre l'influence des processus environnementaux sur l'organisation des populations en vue d'élaborer des stratégies de conservation plus efficaces. Mon étude a été conduite pour mieux connaître l'écologie spatiale, les comportements sociaux et les préférences en habitat du crocodile à long museau d'Afrique de l'Ouest, *Mecistops cataphractus*. J'ai équipé de balises VHF et suivi par radiopistage de décembre 2016 à avril 2019, 26 individus de *Mecistops cataphractus* (13 femelles et 13 mâles) appartenant à différentes classes démographiques (juvéniles, subadultes et adultes) dans le Parc national de Taï (Côte d'Ivoire). Le domaine vital occupé par les individus est compris entre 0,16 à 2272 ha. Les mâles ont occupé des zones plus vastes que les femelles tandis que les individus des différentes classes démographiques ont couvert des domaines de tailles quasi-similaires. De plus, les individus ont effectué principalement des déplacements courts, se dispersaient relativement peu et restaient dans les zones inondées adjacentes aux cours d'eau qui les abritent. Les habitats privilégiés par *M. cataphractus* sont les enchevêtrements de troncs et branchages, les racines échasses immergées, les plantations et forêts inondées, la végétation surplombante immergée, les buissons inondés saisonnièrement et les graminées émergentes immergées, habitats qui favorisent la protection et l'alimentation des individus. Les individus ont démontré une proximité spatiale avec des degrés de chevauchement généralement supérieurs à 33%. Toutefois, les crocodiles voisins ont développé une utilisation stratégique des ressources qui leur permettent une cohabitation non conflictuelle au sein de la zone commune. Les individus de *M. cataphractus* ont présenté un faible attachement au site, caractérisé par de très faibles chevauchements des domaines vitaux d'une saison à l'autre. Ces connaissances approfondies sur la structure des déplacements, le domaine vital et l'organisation sociale de *Mecistops cataphractus* permettront de mieux orienter et soutenir les initiatives de conservation de cette espèce.

Dynamics of Habitat Use by *Mecistops cataphractus* in Taï National Park, Côte d'Ivoire

Abstract

Spatial ecology helps to understand the influence of environmental processes on the organization of populations to develop more effective conservation strategies. My study was conducted to better understand the spatial ecology, social behaviors and habitat preferences of the West African slender-snouted crocodile, *Mecistops cataphractus*. I equipped 26 individuals of *Mecistops cataphractus* (13 females and 13 males) belonging to different demographic classes (juveniles, subadults and adults) with VHF tags in Taï National Park (Côte d'Ivoire) and radio-tracked individuals from December 2016 to April 2019. The home range occupied by the individuals is between 0.16 and 2272 ha. Males occupied larger areas than females while individuals from different demographic classes covered areas of almost similar sizes. In addition, individuals mostly exhibit short movements, disperse relatively little and remain in flooded areas adjacent to the watercourses they inhabit. The preferred habitats are tangles of trunks and branches, submerged stilt roots, flooded plantations and forests, submerged overhanging vegetation, seasonally flooded bushes and submerged emergent grasses, and favor the protection and feeding of individuals. Individuals demonstrate spatial proximity with degrees of overlap generally greater than 33%. However, neighboring crocodiles develop a strategic use of resources which allows them to coexist without conflict within the shared area. *M. cataphractus* individuals exhibit less site attachment, characterized by very little overlap in home ranges from one season to the next. This in-depth knowledge of the movement structure, home range and social organization of *Mecistops cataphractus* will make it possible to better guide and support conservation initiatives for this species.

Introduction

Les forêts tropicales constituent les écosystèmes terrestres les plus diversifiées, mais également les plus sujettes à la destruction (Pimm *et al.*, 2014). Dans cet ensemble, la forêt humide de Guinée en Afrique de l'Ouest, est particulièrement un centre de diversité biologique avec un nombre considérable d'espèces endémiques (Myers *et al.*, 2010). Cette riche biodiversité locale souffre énormément des effets néfastes d'actions anthropiques tels que la fragmentation, la destruction des habitats, le prélèvement excessif etc. (Lauginie, 2007 ; Laurin *et al.*, 2014).

La récente scission du genre *Mecistops* en deux nouvelles espèces distinctes entraine une réduction de la taille de la population initiale et une restriction de l'aire de distribution pour chaque nouvelle espèce du fait de la fragmentation de la population de départ. Cette subdivision contribue à une plus grande vulnérabilité des populations face aux menaces et plus spécifiquement pour *Mecistops cataphractus* (faux gavial de l'Afrique de l'Ouest). Dans la région de la Haute Guinée où elle vit, cette espèce est exposée à la perte drastique de son habitat, la chasse illégale, la surpêche et les mortalités accidentelles dans les filets (Shirley, 2010 ; Shirley *et al.*, 2009). Les populations de *M. cataphractus* sont en déclin dans toute son aire de distribution malgré qu'elle bénéficie d'un statut de protection légale dans la plupart des pays de sa zone de distribution.

Au vu de la réduction continuelle des populations et de l'amplification de la pression anthropique, l'une des actions prioritaires à mener est l'élaboration de plans de reconstitution des populations et de conservation adaptés (Ross, 1998 ; Shirley, 2010) qui s'appuient sur des connaissances approfondies de l'écologie des espèces (Barbier *et al.*, 2008 ; Kareiva *et al.*, 2007). Or l'écologie de *Mecistops cataphractus* demeure l'une des moins connue au monde, ce qui constitue une entrave à l'établissement de plan de gestion et de conservation efficace pour l'espèce. Pour cette espèce, dont le renforcement des populations et/ou la réintroduction apparaît comme une stratégie de gestion appropriée, il convient d'améliorer les connaissances des processus écologiques qui régissent la structure et la persistance des populations actuelles pour mieux orienter la mise en place de programmes adéquats pour sa conservation à long terme.

L'objectif général de mon étude est d'aider à la conservation de cette espèce en voie de disparition en améliorant les connaissances sur l'écologie de *Mecistops cataphractus* à partir d'une étude spatiale et temporelle de leurs mouvements et des facteurs influençant leur distribution. Plus spécifiquement, il s'est agi de : (i) déterminer la taille des domaines vitaux et préférentiels des crocodiles selon le sexe et la classe démographique des individus de *M. cataphractus*, (ii) décrire la sélection de l'habitat de l'espèce et (iii) décrire la dynamique sociale entre les crocodiles partageant un espace commun au sein de la population étudiée.

Matériel et Méthodes

Les crocodiles ont été recherchés selon le protocole standard (Fukuda *et al.*, 2013). Les individus ont été capturés de nuit, à l'aide de collet ou de pince à partir d'un zodiac muni d'un moteur 15 chevaux ou à pied. Après la capture, chaque crocodile est examiné, mesuré et son sexe déterminé (Ziegler & Olbort, 2007 ; Zweig, 2003). Un émetteur VHF a ensuite été fixé soit sur la plaque nucale (Brien *et al.*, 2010) ou au niveau de la partie terminale de la double rangée d'écailles dorsales de la queue (Campos *et al.*, 2006) de chaque crocodile. Avant la fixation du transmetteur, le site de fixation a été stérilisé avec de l'alcool 70% et une anesthésie locale a été appliquée par injections multiples en sous-cutané d'environ 3 ml de chlorhydrate de lignocaïne à 2% (VETone®, 100 ml). Les procédures d'échantillonnage et de manipulation des animaux ont été faites sous l'approbation éthique du Comité de protection et d'utilisation des animaux de l'Université de Floride Internationale #18-013-AM03.

Après la fixation de l'émetteur, chaque crocodile a été relâché au lieu de capture et une période d'acclimatation de 7 jours a été observée avant le début du radiopistage (White & Garrot, 1990). Les suivis ont été réalisés de jour entre 06h00 - 18h00 et de nuit entre 18h00 - 06h00 au cours de différentes campagnes et suivant les saisons hydrologiques. Les méthodes de repérage classiques du « Homing-in » (Mech & Barber, 2002) et la triangulation (White & Garrot, 1990) ont été appliquées.

A chaque point de localisation d'un crocodile, les variables environnementales (profondeur moyenne et largeur du cours d'eau, pente de la berge, microhabitat et température de l'eau) ont été enregistrées. La

technique non-cartographique a été utilisée pour quantifier la disponibilité des microhabitats pour chaque individu (Hussain, 2009 ; Marcum & Loftsgaarden, 1980). Ainsi, le microhabitat disponible a été décrit en considérant deux points situés à 500 m en amont et en aval du point d'observation de l'individu (Neupane *et al.*, 2020).

L'amplitude des mouvements journaliers (Campbell *et al.*, 2013), le rythme d'activité et de même que longueur de la section de rivière parcourue ont été calculés. L'étendue du domaine vital a été calculée à partir de 95% des points de localisation et celle des zones d'utilisation principale ou centrale (domaine préférentiel) en considérant 50% des points à partir des méthodes du polygone minimum convexe (minimum convex polygon, MCP) et de la fonction de probabilité de Kernel (Kernel density estimator, KDE).

La stabilité spatio-temporelle des domaines vitaux saisonniers a été estimée en mesurant l'indice de recouvrement des zones occupées par chaque individu entre deux saisons successives, à l'aide d'une version adaptée du coefficient de similarité de Sørensen (Dekker *et al.*, 2001).

Les interactions sociales ont été évaluées au plan statique et dynamique. La proximité spatiale entre crocodiles voisins a été calculée par la méthode de Minta (1992). Les interactions dynamiques permettent de quantifier la probabilité de rencontres des individus en expliquant à la fois les aspects spatiaux et temporels de l'influence d'un animal sur l'autre (Long *et al.*, 2014). La dynamique spatiale des interactions entre crocodiles voisins a été déterminée à partir du coefficient d'interaction (L_{AA} ou L_{BB}) de Minta (1992). Quant à la dynamique temporelle, elle a été déterminée à partir de la méthode des indices d'association half-weight (HAI ; Brotherton *et al.*, 1997). Ces interactions ont été déterminées à l'aide du package "WildlifeDI" (Long, 2021).

Des tests ANOVA de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney ont été effectués pour comparer les types d'interactions statiques et dynamiques entre classes de taille et sexes au seuil de significativité $\alpha = 0,05$ (Zar, 2010).

La caratérisation des habitats a été faite à partir du modèle linéaire généralisé à effets mixtes (generalized linear mixed-effects models, GLMMs) pour voir l'influence des variables environnementales sur la présence/absence, le sexe et la classe démographique des crocodiles (Parker *et al.*, 2021). Les analyses ont été effectuées à l'aide du package R version 4.2.1 (R Core Team, 2019). Pour tester les différences saisonnières, nous avons répété les GLMM avec les mêmes variables enregistrées aux emplacements des crocodiles obtenus au cours de chaque saison hydrologique.

Résultats et discussion

Les résultats indiquent une relation inverse entre la fréquence des mouvements et la distance parcourue chez les individus de *M. cataphractus*, les crocodiles se déplaçant beaucoup sur de petites distances.

Mouvements : Les distances journalières parcourues par les individus ont oscillé entre 21,08 et 9295,03 m. les femelles ont effectué des déplacements journaliers moins importants que les mâles ($W = 140940$; $p = 0,0001$). Les juvéniles et les adultes ont parcouru des distances journalières pratiquement identiques ($W = 75903$, $p = 0,149$). En revanche, les individus de ces deux classes démographiques ont effectué des déplacements plus grands comparativement aux subadultes (test de Mann-Whitney : $p < 0,05$).

Les sections de rivière parcourues étaient comprises entre 0,42 et 22,24 km (médiane = 8 km). Les femelles ont couvert des distances courbes comprises entre 0,42 – 14,12 km (médiane = 4,50 km) tandis que les mâles ont parcouru des sections de rivière longue de 1,56 à 22,24 km (médiane = 11,15 km). Concernant les classes démographiques, les distances parcourues oscillent chez les juvéniles entre 0,42 – 14,12 km (médiane = 10,97 km), les subadultes de 2,23 à 20,86 km (médiane = 4,94 km) et les adultes entre 1,56 – 22,24 km (médiane = 9,19 km).

Domaines vitaux et préférentiels : L'étendue du domaine vital de *Mecistops cataphractus* occupe une place intermédiaire par rapport à celles d'autres espèces de crocodiles.

La taille du domaine vital évaluée selon la méthode du polygone minimum convexe (MCP 95 %) indique que les crocodiles ont occupé entre 2,09 et 2272,01 ha (médiane = 147,73 ha). L'étendue des zones

occupées par les femelles était comprise entre 2,09 – 1064,97 ha avec une médiane de 137,09 ha et celle des mâles entre 55,71 – 2272,01 ha (médiane = 421,11 ha). Au niveau des classes démographiques, les superficies ont oscillé entre 2,09 - 1064,97 ha (médiane = 405,77 ha) pour les juvéniles ; 37,64 – 1272,57 ha (médiane = 119,64 ha) pour les subadultes et 17,02 – 2272,01 ha (médiane = 382,39 ha) pour les adultes. La différence observée entre les femelles et les mâles n'était pas statistiquement significative (test de Mann-Whitney : w = 37 ; p = 0,14). De même, les juvéniles ont couvert des superficies relativement grandes (médiane = 405,77 ha) comparativement aux subadultes (médiane = 119,64 ha) et aux adultes (médiane = 382,39 ha), mais les différentes ne sont pas significatives (test de Kruskal-Wallis : χ^2 = 1,31 ; dl = 2 ; p = 0,51).

Relativement à l'estimateur de densité de Kernel (KDE 95%), les superficies occupées par les crocodiles ont varié de 16,32 à 467,68 ha (médiane = 84,92 ha). Les superficies minimales et maximales couvertes par les femelles étaient de 16,32 et 263,16 ha (médiane = 57,18 ha) respectivement. Les mâles ont occupé des zones entre 51,22 et 467,68 ha (médiane = 152,59 ha). Ils ont occupé des superficies plus grandes que celles des femelles (test de Mann Whitney : w = 25 ; p = 0,02). Les adultes ont occupé des domaines de taille comprise entre 35,13 et 467,68 ha (médiane = 164,75 ha), suivis des juvéniles (16,32 – 263,16 ha ; médiane = 75,39 ha) et des subadultes (51,22 – 325,47 ha ; médiane = 69,65 ha).

Au niveau du domaine préférentiel, les superficies couvertes selon la méthode du polygone minimum convexe (MCP 50%) ont varié de 0,16 à 1179,41 ha (médiane = 27,57 ha). Les superficies enregistrées pour les femelles (0,16 - 720,76 ha ; médiane = 12,24 ha) ont été inférieures à celles des mâles (5,37 - 1179,41 ha ; médiane = 73,64 ha). Les juvéniles ont occupé des superficies de 0,16 à 720,76 ha (médiane = 40,53 ha), tandis que les domaines préférentiels des subadultes ont varié de 5,37 à 887,64 ha (médiane = 19,75 ha). Chez les adultes, les zones occupées étaient de 5,72 à 1179,41 ha avec une médiane de 78,14 ha. La différence observée au niveau des classes démographiques n'est pas statistiquement significative. Pour la méthode de KDE 50%, les superficies des zones préférentielles des femelles oscillaient entre 3,45 et 29,00 ha (médiane = 13,52 ha) et celles des mâles étaient comprises entre 9,36 et 54,30 ha (médiane = 25,49 ha). Concernant les classes démographiques, les domaines préférentiels couvraient entre 3,45 et 29,00 ha (médiane = 11,31 ha) chez les juvéniles. Pour les subadultes, les zones centrales ont varié de 6,88 à 54,30 ha (médiane = 19,60 ha), tandis que les adultes ont occupé des superficies comprises entre 13,33 et 38,29 ha (médiane = 21,98 ha). Les mâles ont couvert des superficies plus grandes que les femelles (test de Mann-Whitney : w = 28 ; p = 0,036).

Habitats *: Mecistops cataphractus* utilise prioritairement les microhabitats constitués de plantations et forêts inondées (PFI), la végétation surplombante immergée (VSI), les racines échasses immergées (REI) et les enchevêtrements de troncs et branchages (ETB). Les REI sont importantes pour toutes les classes démographiques tandis que les PFI, VSI et ETB étaient privilégiés uniquement par les juvéniles et subadultes. La préférence des REI à tous les stades de développement semble être liée au fait que ces sites constituent des zones de nourrissage, d'abri et de nurserie pour les poissons (Osorio *et al.*, 2011). Par ailleurs, les juvéniles et les subadultes occupent une plus grande diversité de microhabitats par rapport aux adultes.

Dynamique spatiale : Tous les 22 crocodiles inclus dans cette analyse ont partagé une partie de leur domaine avec un ou plusieurs autres congénères. Le degré de chevauchement du domaine vital était faible (23,80 %) pour un individu et moyen (40,46 %) pour un autre. Les 20 autres individus ont démontré des degrés de chevauchement élevés (81,63 à 100%). Les interactions femelle-mâle (53,57%) étaient plus nombreuses que les paires femelle-femelle (25%) et mâle-mâle (21,43%). La cohabitation entre crocodiles de différentes classes démographiques a été plus importante représentant 69,64% des effectifs. Les crocodiles en interaction étaient en majorité attirés vers la zone de chevauchement, toutefois, les individus ont démontré une utilisation alternée de la zone commune.

Conclusion

Mecistops cataphractus effectue des mouvements de types sédentaires, c'est-à-dire que les individus se déplacent sur des distances relativement courtes et occupent des domaines vitaux et préférentiels relativement stables au cours de leur vie. Aussi, il existe un changement ontogénique de niche écologique avec une plus grande diversité d'habitats utilisée par les juvéniles et les subadultes. L'espèce démontre une absence de territorialité. Nos résultats suggèrent que le Parc national de Taï représente un

site prioritaire pour le renforcement des populations en milieu naturel de cette espèce. Il serait par ailleurs important de conduire une étude similaire en dehors des aires protégées pour comprendre le comportement spatial de l'espèce. Les résultats combinés de ces recherches permettront de modéliser plus efficacement les habitats disponibles pour *Mecistops cataphractus* à l'échelle nationale, mais également dans toute son aire de distribution.

Acknowledgements
I am sincerely grateful to my supervisors, Professor Mamadou OUATTARA and Dr. Matthew H. Shirley. I also want to express my gratitude to the IUCN SSC Crocodile Specialist Group Student Research Assistance Scheme for supporting my project and giving me the amazing chance to study wild individuals of the least known and incredibly cryptic crocodile species in its natural environment.

Literature Cited

Barbier E. B., Koch E. W., Silliman B. R., Hacker S. D., Wolanski E., Primavera J., Granek E. F., Polasky S., Aswani S., Cramer L. A., Stoms D. M., Kennedy C. J., Bael D., Kappel C. V, Perillo G. M. E., & Reed D. J. (2008). Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, **319** (5861), 321-323.

Brien M. L., Webb G. J. W., Manolis C. S., Lindner G., & Ottway D. (2010). A method for attaching tracking devices to crocodilians. *Herpetological Review*, **41** (3), 305-308.

Brotherton P. N. M., Pemberton J. M., Komers P. E., & Malarky G. (1997). Genetic and behavioural evidence of monogamy in a mammal, Kirk's dik-dik (Madoqua kirkii). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **264** (1382), 675-681.

Campbell H. A., Dwyer R. G., Irwin T. R., & Franklin C. E. (2013). Home range utilisation and long-range movement of Estuarine crocodiles during the breeding and nesting season. *PLoS ONE*, **8** (5), e62127.

Campos Z., Coutinho M., Mourão G., Bayliss P., & Magnusson W. E. B. E. (2006). Long distance movements by Caiman crocodilus yacare: Implications for management of the species in the Brazilian Pantanal. *Herpetological Journal*, **16** (2), 123-132.

Dekker J. J. A., Stein A., & Heitkönig I. M. A. (2001). A spatial analysis of a population of red fox (Vulpes vulpes) in the Dutch coastal dune area. *Journal of Zoology*, **255** (4), 505-510.

Fukuda Y., Saalfeld K., Webb G. J. W., Manolis C. S., & Risk R. (2013). Standardised method of spotlight surveys for crocodiles in the tidal rivers of the Northern Territory, Australia. *Northern Territory Naturalist*, **24** (1), 14-32.

Hussain S. A. (2009). Basking site and water depth selection by gharial Gavialis gangeticus Gmelin 1789 (Crocodylia, Reptilia) in National Chambal Sanctuary, India and its implication for river conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **19** , 127-133.

Kareiva P., Watts S., McDonald R., & Boucher T. (2007). Domesticated nature: Shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science*, **316** (5833), 1866-1869.

Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI. Hachette et Afrique Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire, 668 p.

Laurin G. V, Chan J. C.-W., Chen Q., Lindsell J. A., Coomes D. A., Guerriero L., Del Frate F., Miglietta F., & Valentini R. (2014). Biodiversity mapping in a tropical West African forest with airborne hyperspectral data. *PLoS ONE*, **9** (6), e97910.

Long J. A. (2021). wildlifeDI: Analysis of dynamic interaction patterns from wildlife tracking data. . Consulté à l'adresse https://cran.r-project.org/web/packages/wildlifeDI/vignettes/wildlifeDI-vignette.html

Long J. A., Nelson T. A., Webb S. L., & Gee K. L. (2014). A critical examination of indices of dynamic interaction for wildlife telemetry studies. *Journal of Animal Ecology*, **83** (5), 1216-1233.

Marcum L. C., & Loftsgaarden D. O. (1980). A Non-mapping technique for studying habitat preferences. *The Journal of Wildlife Management*, **44** (4), 963-968.

Mech L. D., & Barber S. M. (2002). A critique of wildlife radio-tracking and its use in the national parksWildlife Research. Jamestown, ND. Consulté à l'adresse http://pubs.er.usgs.gov/publication/93895

Minta S. C. (1992). Tests of spatial and temporal interaction among animals. *Ecological Applications*, **2** (2), 178-188.
Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B., & Kent J. (2010). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403** , 853-858.
Neupane B., Singh B. K., Poudel P., Panthi S., & Khatri N. D. (2020). Habitat occupancy and threat assessment of gharial (Gavialis gangeticus) in the Rapti River, Nepal. *Global Ecology and Conservation*, **24** , e01270.
Osorio D., Terborgh J., Alvarez A., Ortega H., Quispe R., Chipollini V., & Davenport L. C. (2011). Lateral migration of fish between an oxbow lake and an Amazonian headwater river. *Ecology of Freshwater Fish*, **20** (4), 619-627.
Parker E. J., Koyama N. F., & Hill R. A. (2021). Habitat selection of an endangered primate, the samango monkey (Cercopithecus albogularis schwarzi): Integrating scales to prioritize habitat for wildlife management. *Ecology and Evolution*, **11** (12), 8014-8026.
Pimm S. L., Jenkins C. N., Abell R., Brooks T. M., Gittleman J. L., Joppa L. N., Raven P. H., Roberts C. M., & Sexton J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, **344** (6187).
R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. . R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Consulté à l'adresse https://www.r-project.org/
Ross P. J. (1998). Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan (P. J. Ross, Éd.). 2nd Editio. IUCN/SSC Crocodile Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge United Kingdom, vii +96 pp p.
Shirley M. H. (2010). Slender-snouted crocodile Crocodylus cataphractus. In: C. S. Manolis, C. Stevenson (Éd.). Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. Third Edit. p. 54-58. Crocodile Specialist Group, Darwin, Austalia.
Shirley M. H., Oduro W., & Beibro H. Y. (2009). Conservation status of crocodiles in Ghana and Côte-d'ivoire, West Africa. *ORYX*, **43** (1), 136-145.
White G. C., & Garrot R. A. (1990). Analysis of wildlife radio-tracking dataAcademic Press, Inc. San Diego, California, USA, 383 p.
Zar J. H. (2010). Biostatsitical AnalysisPearson Education. Fifth Edit. Pearson Education, Northern Illinois, 944 p.
Ziegler T., & Olbort S. (2007). Genital structures and sex identification in crocodiles. *Crocodile Specialist Group Newsletter*, **26** (3), 16-17.
Zweig C. L. (2003). Body condition index analysis for the American alligator (Alligator mississippiensis)Master Thesis. University of Florida. Consulté à l'adresse http://etd.fcla.edu/UF/UFE0000836/zweig_c.pdf