SRAS Final Report：

Evaluation de l'Efficacité des Aires Protégées Ivoiriennes pour la Conservation de *Mecistops cataphractus*

N'dédé Michel AHIZI

University of Nangui ABROGOUA, Project Mecistops

(ahizi5883@gmail.com)

Résumé

Les aires protégées qui constituent la pierre angulaire des stratégies de conservation, sont aujourd'hui mises sous pression à la fois par les impacts anthropiques et le changement climatique, ce qui affecte considérablement la biodiversité qu'elles abritent. La présente étude a été entreprise afin d'évaluer la contribution des aires protégées ivoiriennes dans la conservation du crocodile *Mecistops cataphractus*, une espèce emblématique des milieux aquatiques. Pour optimiser les performances lors du dénombrement de ces espèces, les facteurs influençant sa détection ont été déterminés à partir du modèle d'occupation de saison unique. Ensuite, l'effet de la catégorie d'aires protégées (parcs nationaux, forêts classées ou réserves naturelles volontaires), et de l'utilisation des cours d'eaux comme limite naturelle ont été évalués. Enfin l'analyse du chevauchement entre les aires protégées et la distribution passée, actuelle et future des crocodiles a été réalisée à l'aide du programme Maxent. *Mecistops cataphractus* a présenté un taux de rencontre relativement faible (0,15 crocodile/km). Malgré sa rareté, la probabilité de détection de cette espèce était relativement élevée (0,75), mais un minimum de deux dénombrements étaient nécessaire pour déduire son absence avec un niveau de confiance de 90 %. Le taux de rencontre des filets de pêche, de la température au cours des 48 heures précédant la journée du suivi, les précipitations et la végétation aquatique sont des facteurs influant sur la détection et le dénombrement de *M. cataphractus.* Les parcs nationaux et les réserves naturelles volontaires ont montré des taux de rencontre significativement plus élevés pour cette espèce que les forêts classées. L'utilisation des cours d'eau comme limite naturelle des aires protégées a montré que ces zones ne diffèrent pas des sites extérieurs en ce qui concerne les engins de pêche qui y sont rencontrés, ce qui a probablement un impact négatif sur *M. cataphractus*. La température est apparue comme un facteur important pour la prédiction de la distribution de cette espèce. Le changement climatique va induire une contraction de son aire de répartition vers la partie sud du pays avec la perte d'habitat favorable dans plusieurs parcs et réserves du pays comme les parcs nationaux de Tai ou de la Comoé. Les forêts classées sont apparues comme des sites prioritaires pour la conservation de cette espèce à l'avenir.

Mots clés : Aires protégées, changement climatique, Côte d'Ivoire, crocodiles, efficacité, facteurs environnementaux

Evaluation of the Effectiveness of Ivorian Protected Areas for the Conservation of *Mecistops cataphractus*

Abstract

Protected areas which are the cornerstone of conservation strategies, are today under pressure both by anthropogenic impacts and by climate change, affecting the biodiversity they shelter. This study was undertaken to assess the contribution of Ivorian protected areas in the conservation of aquatic species through the crocodile MC, an emblematic species of aquatic ecosysytems. Factors influencing its detection were first determined with the single season occupation modelling, then the effect of the protected areas category (national parks, classified forests or voluntary nature reserves), and the use of rivers as a natural boundary of those sites were assessed. Finally, the analysis of the overlap between the protected areas and the past, current and future distribution of crocodiles was carried out using the Maxent program. *Mecistops cataphractus* show relatively low encounter rates, 0.15 crocodiles/km. Despite its rarity, the probability of detection of this species was relatively high (0.75), but a minimum of two surveys was required to infer its absence with 90% confidence. Fishing net encounter rate, temperature in the previous 48h of the day of the survey, precipitation, and aquatic vegetation are factors affecting detection and count of *M. cataphractus*. National parks and voluntary nature reserves showed significantly higher encounter rates for this species than classified forests. The use of watercourses as the natural limit of protected areas has shown that these areas do not differ from external sites with regard to the fishing gear encountered there

and this probably has a negative impact on *M. cataphractus*. Temperature appeared to be an important factor for the prediction of the distribution of the two species. Climate change will induce a contraction of the species range towards the southern part of the country with the loss of suitable habitats in several parks and reserves of the country such as Tai or Comoé National Parks. Classified forests appeared as priority sites for the conservation of this species in the future.

Key words: Climate change, crocodiles, effectiveness, environmental factors, Ivory Coast, protected areas

Introduction

Les aires protégées sont aujourd'hui reconnues comme un outil mondial pour la protection de la biodiversité, des services écosystémiques associés et des valeurs culturelles (Gaston et al., 2008). Ces unités de conservation permettent, non seulement de préserver les écosystèmes des influences anthropiques négatives (perte et dégradation de l'habitat, surexploitation, agriculture), mais aussi d'assurer la récupération de zones perturbées (Adams et al., 2015). Malgré leur importance, les aires protégées font face aux menaces que sont la déforestation, la dégradation des habitats, le braconnage, etc. De plus, aujourd'hui, le changement climatique est également reconnu comme une menace pour les systèmes d'aires protégées (Burns et al., 2003). En effet, le changement climatique affecte la viabilité de nombreuses espèces, et est l'un des principaux facteurs de la crise d'extinction actuelle (Thomas et al., 2004). En réponse à ces effets, la distribution de certaines espèces se contracte, s'étend ou se déplace au fur et à mesure que les individus suivent des conditions climatiques favorables (Parmesan & Yohe, 2003). Face à toutes ces pressions, l'atteinte des objectifs des aires protégées a souvent été remise en question. En effet, des études sur l'efficacité des aires protégées indiquent qu'elles ne représentent pas adéquatement la biodiversité existante (Brooks et al., 2004). Pour les espèces aquatiques particulièrement, cette situation pourrait être plus préoccupante, car la création des aires protégées, fortement basée sur le biote terrestre et ses menaces, ne les intègre pas suffisamment, de même que leurs écosystèmes (Frederico et al., 2018).

Le réseau d'aires protégées ivoirien offre un cadre intéressant pour évaluer l'efficacité des aires protégées pour la conservation des espèces aquatiques menacées. A l'instar des autres pays d'Afrique de l'Ouest, il est composé de différents types d'aires protégées notamment les parcs nationaux, les forêts classées et les aires protégées communautaires. De plus, la plupart de ces aires protégées utilisent les rivières et/ou les zones humides comme délimiteurs, bien que certaines incluent des portions à l'intérieur de leurs limites. A ce jour, l'évaluation de l'importance des aires protégées dans la conservation de la biodiversité avec un organisme aquatique comme espèce bio-indicatrice reste très peu documenté. Pourtant, dans les écosystèmes aquatiques, les crocodiles sont de bons bio-indicateurs car ils intègrent à tous les stades de leur vie, les changements du système (Schiller et al., 2001). En Côte d'Ivoire, trois espèces de crocodiles sont présentes *Osteolaemus* sp nov aff. *tetraspis*, *Mecistops cataphractus* et *Crocodylus suchus* et font encore partis des moins connus et étudiés parmi les crocodyliens. Les seules études disponibles sur les crocodiles sont celles parcellaires de Waitkuwait (1985, 1989) sur la biologie et l'écologie de *Osteolaemus tetraspis* Cope, 1861 et *Crocodylus cataphractus* Cuvier, 1824 (actuellement *Osteolaemus* sp. nov aff. *tetraspis* et *Mecistops cataphractus* (Cuvier, 1824) respectivement) dans lesquelles l'auteur indiquait déjà une réduction des populations de ces espèces. Relativement à *M. cataphractus*, quoiqu'en dehors des aires protégées ivoiriennes, les travaux de Shirley et al. (2009) réalisés au Ghana et en Côte d'Ivoire, ont permis de réévaluer son statut de « Données insuffisantes » à la catégorie « En danger critique » sur la Liste Rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (Shirley, 2014). En général, les cours d'eaux dans les AP ou ceux utilisés comme limite naturelle sont des rivières ou des fleuves qui sont favorables aux espèces *M. cataphractus* et *C. suchus*. Ainsi, ces deux espèces ont été retenues pour cette étude.

Face à la diversité des catégories d'aires protégées en Côte d'Ivoire, il est apparu important de comprendre l'apport de chaque catégorie dans la conservation des crocodiles, de même que l'influence de l'utilisation des cours d'eau comme limite naturelle des aires protégées sur ces espèces. Les prévisions futures indiquent d'importantes variations climatiques en Afrique de l'Ouest. Pourtant, le changement climatique au cours du pléistocène a provoqué des changements démographiques et la structure génétique des populations de crocodiles d'Afrique Centrale, *Mecistops leptorhynchus* et *Osteolaemus tetrapsis* (Shirley & Austin, 2017). Les crocodiles pourraient donc également constituer d'excellents bio-indicateurs pour prédire et comprendre les effets du changement climatique à venir sur la distribution des espèces aquatiques d'Afrique. L'objectif de cette étude est (1) d'évaluer l'impact de la catégorie d'aires protégées sur la répartition de *M. cataphractus* et *C. suchus* et (2) de modéliser les effets du changement climatique sur la distribution des deux espèces de crocodiles en Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Les suivis ont été effectués dans 42 sites à travers la Côte d'Ivoire à « l'Intérieur », c'est-à-dire dans les limites géographiques de l'aire protégée, à la « limite », ce qui correspond à un inventaire effectué dans la section de cours d'eau utilisée comme frontière naturelle de l'aire protégée et à « l'extérieur », c'est-à-dire en dehors des limites géographiques des sites protégés. Les crocodiles ont été recherchés suivant un protocole de recherche nocturne standardisé (Chabreck, 1966) entre 19h00 et 04h00, principalement pendant la saison sèche (Fukuda et al., 2013). Les inventaires ont été effectués à l'aide d'un bateau pneumatique, à une vitesse de croisière d'environ 5,0 à 6,0 km/h, en kayak gonflable et/ou à pied sur une longueur minimale de 10 km. Un seul observateur a réalisé les inventaires et les crocodiles ont été recherchés à l'aide d'une lampe frontale (80 % des observations) ou d'un projecteur (20 % des observations), selon l'habitat. Les individus observés ont été approchés aussi près que possible afin de déterminer visuellement la longueur totale des espèces. Lorsqu'un crocodile observé, s'immerge avant que l'on n'ait pu suffisamment l'approcher pour l'identifier et estimer sa longueur totale, il a été noté comme « yeux seulement » (YS).

Les sites visités ont été classés « sites protégés » qui comprenaient les données de taux de rencontre des crocodiles et des engins de pêche obtenues sur les limites et à l'intérieur des aires protégées et en « sites non protégés » constitué des taux de rencontre enregistrés à l'extérieur des sites protégés. Les différences du taux de rencontre des crocodiles entre les sites protégés et non protégés ont été testées à partir du test de Mann-Whitney. Par ailleurs, les taux de rencontre des crocodiles et des engins de pêche enregistrés ont été catégorisé en « Parc national » « Forêts classées » et « Réserves naturelles volontaires » pour l'ensemble des taux de rencontre obtenus au cours des inventaires à l'intérieur ou sur la limite de ces sites. Pour chaque catégorie d'aire protégée, la différence des taux des rencontres entre eux a été testée à partir du test de Krsukall-Wallis. De plus, les taux de rencontre des crocodiles et des engins de pêche relevés à l'intérieur, à l'extérieur et sur la limite naturelle (dénommé 'Limite') des sites d'étude ont été considérés comme des entités indépendantes et comparés entre eux à l'aide du test de Kruskall-Wallis.

Pour comprendre l'effet du changement climatique sur les deux espèces de crocodile, nous avons modélisé leur distribution passée, actuelle et futur à l'aide de Maxent. Nous avons utilisé les données climatiques pour les années 2000, 2020, 2050 et 2070 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et 8.5, nos données d'occurrence et celles disponibles sur le site www.gbif.org et les données relatives à la population et à l'occupation du sol.

Résultats

Aucun crocodile n'a été observé dans 22 sites sur les 42 visités, soit 52,38%. Sur l'ensemble des sites visités, *M. cataphractus* était seul présent dans 14,28% des sites contre 21,42% pour *C. suchus*. Au total, 189 crocodiles ont été observés dont 87 spécimens de *M. cataphractus* et 102 individus de l'espèce *Crocodylus suchus*. Les plus fortes abondances de *M. cataphractus* ont enregistré à l'intérieur des parcs nationaux de Taï et de la Comoé avec respectivement 36 et 13 individus. Les plus fortes abondances de *Crocodylus suchus* ont été obtenues dans de la Réserve de Faune d'Abokouamékro et la forêt classée de Port-Gauthier avec, respectivement, 22 et 16 individus. Pour les engins de pêche, les taux de rencontre observés dans les sites protégés ont été significativement plus faible (W=6893 ; p=0,004) que ceux des sites protégés.

Les taux de rencontre les plus élevés des crocodiles ont été obtenus dans les sites protégés avec 1,42 crocs.km^{-1} et 0,71 crocs.km^{-1} respectivement pour *M. cataphractus* et *C. suchus*. Ces taux ont, par ailleurs, été significativement plus élevés dans ces sites pour *M. cataphractus* (W=4167 ; p=0) et *C. suchus* (W=4733 ; p=0,01). En revanche pour les engins de pêche, les taux de rencontre observés en dehors des sites protégés ont été plus élevés que ceux enregistrés dans ces sites avec une valeur médiane de 0,50 crocs.km^{-1}. Les taux de rencontre de crocodile enregistrés dans les parcs nationaux et les réserves communautaires ne présentaient pas de différence significative entre eux (W=914, p=0,12), mais ont différé de ceux obtenus dans les forêts classées (χ=26,18 ; df=2 ; p=0) pour l'espèce *M. cataphractus*. Concernant les engins de pêche, les taux de rencontre dans les forêts classées et les réserves communautaires n'ont pas présenté de différence entre eux (W=1373, p=0,548) tandis qu'ils ont été significativement inférieurs à ceux observés dans les parcs nationaux (χ=12,01 ; df=2 ; p=0,002). Le taux de rencontre médian le plus élevé a été enregistré à l'intérieur des AP pour *M. cataphractus* (0,177 crocodile/km) quand l'extérieur des AP a enregistré la valeur médiane la plus faible (0 crocodile/km). Les taux de rencontre observés dans les différentes localisations ont présenté des différences significatives entre eux (χ=28,71 ; df=2 ;

p=0). Selon le lieu du dénombrement, les taux de rencontre ont présenté des différences significatives (χ=8,00 ; df=2 ; p=0,018). Les taux de rencontre de *C. suchus* obtenus à l'extérieur différaient significativement de ceux enregistrés à l'intérieur (W=1883, p=0,009) et à la limite (W=3908, p=0,028) des AP. En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre la limite et l'intérieur des AP (W=1308, p=0,412). L'extérieur des AP a enregistré la valeur médiane la plus élevée des taux de rencontre des engins de pêche (0,509 filet/km^{-1}) suivi des zones limites (0,283 filet/km) et de l'intérieur (0,111 filet/km) des AP. Aucune différence significative des taux de rencontre n'a été obtenue entre l'intérieur et la limite (W=932, p= 0,062) mais ceux-ci ont différé de l'extérieur (χ=12,78 ; df=2 ; p=0,016).

Entre 2000 et 2020, la distribution de *M. cataphractus* est passée de 77 369,19 km^2 à 70 656,91 km^2 soit une diminution de 8,67 %. La perte significative est observée au Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Actuellement, les zones favorables pour cette espèce sont localisées au Nord-Est du pays et au Sud en dessous des latitudes 8.00°N au Sud-Est et 6.00°N au Sud-Ouest. La prédiction du modèle pour tous les scénarios (RCP 4.5 et 8.5) en 2050, ainsi qu'en 2070, a révélé que les zones d'habitat favorables pour *M. cataphractus* diminueraient par rapport à l'aire de répartition actuelle. Dans le scénario RCP 4.5 la comparaison des zones appropriées futures avec les zones appropriées actuelles a montré que les zones favorables à *M. cataphractus* auront la plus forte diminution dans les années 2070. La baisse sera de 55 941,11 km^2 et représentera une perte estimée à 79,18% de la superficie actuelle. Bien qu'une baisse de l'habitat favorable soit observée entre la distribution actuelle et future de cette espèce sous le scénario climatique RCP 8,5 avec la plus forte baisse identifiée en 2050 (soit 80,7% de perte), entre 2050 et 2070 un doublement de l'aire de répartition est observée entre les deux périodes, passant de 13 636,98 à 34 975,24 km^2. Sur l'ensemble des trois catégories d'aires protégées, les réserves communautaires sont celles qui conservent 100% de l'habitat favorable de *M. cataphractus*, quel que soit l'année ou le scénario climatique. Les habitats favorables dans les forêts classées et les parcs nationaux se réduisent au fil des années, avec la plus forte baisse par rapport à la répartition actuelle observée en 2050 pour le scénario climatique RCP 8,5. Toutefois dans l'ensemble, les forêts classées présentent les superficies d'habitats favorables les plus importantes.

De 2000 et 2020, la distribution de cette espèce s'est contractée passant de 106 243,4 km^2 à 69 022,41 km^2 soit une diminution de 64,96 %. Le Nord et le Centre de la Côte d'Ivoire ont été les zones où la plus grande perte est observée. Actuellement, les zones favorables pour cette espèce partent du lac de Kossou et s'étendent vers le Nord-Est du pays et au Sud en dessous des latitudes 6.00°N. Tous les scénarios (RCP 4,5 et 8,5) en 2050, ainsi qu'en 2070, ont montré que les zones d'habitats favorables pour *C. suchus* diminueront par rapport à l'aire de répartition actuelle. Pour le scénario climatique RCP 8,5, dans l'ensemble une baisse générale de l'habitat favorable de *C. suchus* est observée. Toutefois, cette baisse constitue moins de 30 % de l'aire de répartition actuelle de l'espèce. Par ailleurs, en 2070 les prédictions ont montré que 93% des zones d'habitat favorables actuelles seront disponibles pour cette espèce. Ces zones sont principalement distribuées le long de la frontière nord du pays et au Sud. Comme pour *M. cataphractus*, 100% des habitats favorables à *C. suchus*, présents dans les réserves communautaires sont préservés, quels que soit l'année et le scénario climatique. Dans les forêts classées, en 2050 et 2070 pour le scénario RCP 4,5, respectivement 35,79 et 47,13% de l'habitat favorable actuelle sera encore disponibles. En revanche, pour le scénario RCP 8,5, plus de 80% de l'habitat favorable actuelle le sera encore. Dans les parcs nationaux, en 2050 des scénarios climatiques RCP 4,5 et 8,5, respectivement 14,29 et 32,69% des habitats favorables actuels le seront encore. En 2070, les valeurs d'habitats favorables sont supérieures à celles de 2050 pour les deux scénarios avec 29,54% (RCP 4,5) et 59,94% (RCP 8,5) de l'habitat favorable actuelle.

Conclusion

Les espèces de crocodiles étudiées sont mieux protégées dans les aires protégées qu'en dehors. Les parcs nationaux ont indiqué une plus grande importance pour la conservation des espèces étudiées, mais nécessitaient une meilleure prise en charge des espèces aquatiques dans les patrouilles de surveillance et les politiques de gestion de ces sites en général. Les crocodiles ont été victimes de l'effet de bordure lorsque les cours d'eaux servaient de limite naturelle avec des effets plus important sur *M. cataphractus* que sur *C. suchus*.

Dans le futur les habitats favorables pour les deux espèces selon les scénarios climatique RCP 4.5 et 8.5 sont se contracter vers la zone sud de la Côte d'Ivoire. Les forêts classées étant la catégorie d'aires protégées qui va abriter la superficie d'habitat favorable la plus importante pour celles-ci.

L'élaboration de stratégies de conservation dynamiques incluant les zones non protégées et renforçant l'implication des populations dans celles existantes est essentielle face au changement climatique et revêt une grande importance pour la conservation des espèces aquatiques.

Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to my supervisor Dr Matthew H. SHIRLEY. I would also like to think the IUCN SSC Crocodile Specialist Group for believing in and according their most appreciated grant to this project, providing me with the wonderful opportunity of studying wild crocodiles in their natural habitat.

Literature Cited

Adams, V. M., Setterfield, S. A., Douglas, M. M., Kennard, M. J., & Ferdinands, K. (2015). Measuring benefits of protected area management: trends across realms and research gaps for freshwater systems. Philosophical Transactions of the Royal *Society B: Biological Sciences*, 370(1681), 1–12

Brooks, T. M., Bakarr, M. I., Boucher, T., Da Fonseca, G. A. B., Hilton-Taylor, C., Hoekstra, J. M., Moritz, T., Olivieri, S., Parrish, J., Pressey, R. L., Rodrigues, A. S. L., Sechrest, W., Stattersfield, A., Strahm, W., & Stuart, S. N. (2004). Coverage Provided by the Global Protected-Area System: Is It Enough? *BioScience*, 54(12), 1081–1091.

Burns, C. E., Johnston, K. M., & Schmitz, O. J. (2003). Global climate change and mammalian species diversity in U.S. national parks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(20), 11474–11477.

Chabreck, R. H. (1966). Methods of determining the size and composition or alligator populations. *Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissione*, 20, 105–112.

Frederico, R. G., Zuanon, J., & De Marco Júnior, P. (2018). Amazon protected areas and its ability to protect stream-dwelling fish fauna. *Biological Conservation*, 219, 12–19.

Fukuda, Y., Saalfeld, K., Webb, G., Manolis, C., & 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

Gaston, K. J., Jackson, S. F., Cantú-Salazar, L., & Cruz-Piñón, G. (2008). The ecological performance of protected areas. Annual Review of Ecology, *Evolution, and Systematics*, 39(1), 93–113

Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421(6918), 37–42

Shirley, M. H., & Austin, J. D. (2017). Did Late Pleistocene climate change result in parallel genetic structure and demographic bottlenecks in sympatric Central African crocodiles, *Mecistops* and *Osteolaemus*? *Molecular Ecology*, 26(22), 6463–6477

Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., De Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., & Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145–148.