

IMPACTS DES BARRAGES SUR LES POPULATIONS D'HIPPOPOTAMES ET GESTION DU CONFLIT  
AVEC L'HOMME : LE CAS DU BARRAGE DE KANDADJI SUR LE FLEUVE NIGER

Par  
Georges Kedl

Essai de double diplôme présenté au  
Centre universitaire de formation en environnement et développement durable et au  
Département de biologie en vue de l'obtention des grades de maître en environnement (M. Env.) et de  
maître en écologie internationale (M.E.I.)

Sous la direction de Monsieur Claude E. Delisle  
et de Monsieur Marco Festa-Bianchet

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
Cheminement de type cours en gestion de l'environnement

MAÎTRISE EN BIOLOGIE  
Cheminement de type cours en écologie internationale

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mai 2015

## SOMMAIRE

Mots clés : Écologie de l'hippopotame commun (*Hippopotamus amphibius*), conflit homme-faune, impact environnemental des barrages, réservoir, Kandadji, P-KRESMIN, bourgoutière, Afrique subsaharienne.

Le Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en Valeur du Fleuve Niger et son barrage engendreront des modifications de l'habitat de l'hippopotame commun (*Hippopotamus amphibius*) et pourraient donc amplifier le conflit avec les populations humaines locales. Comme l'impact des barrages n'a jamais été étudié en profondeur sur les populations d'hippopotames, cet essai évalue cet impact en général et identifie des méthodes de gestion de conflit homme-hippopotame appropriées au contexte de l'Afrique subsaharienne afin d'appliquer ces connaissances au cas de Kandadji.

La création d'un réservoir ne bonifie pas nécessairement l'habitat de l'hippopotame, car celui-ci privilégie les milieux dynamiques et diversifiés, ainsi que les eaux peu profondes. De plus, son alimentation, constituée principalement de Graminées et de Cypéracées, dépend du cycle naturel de l'eau qui se caractérise par des crues et des sécheresses importantes dans son aire de répartition. La gestion du conflit homme-hippopotame représente un défi, car l'animal peut-être meurtrier et dévastateur, surtout lorsqu'il pille les cultures dont dépendent les communautés humaines d'Afrique subsaharienne pour leur survie. Plusieurs méthodes existent pour gérer ce conflit: la réduction à la source, par exemple en construisant des barrières physiques, ou l'augmentation de la tolérance à l'égard des dommages par la création de revenus, notamment à partir de l'écotourisme. La création d'un réservoir et la régularisation du débit d'un cours d'eau auront pour effet d'amplifier, du moins temporairement, le conflit potentiel. En effet, lors du remplissage, les pâturages naturels en amont du barrage seront détruits. Toutefois, à long terme, des pâturages adéquats pourraient recouvrir la zone de marnage du réservoir. En aval, la régularisation du cours d'eau réduira la surface des plaines inondables, diminuant ainsi son aire d'alimentation. Néanmoins, cette régularisation assurera un niveau d'eau suffisant pour s'y réfugier. Les populations d'hippopotames du Niger, tout particulièrement celle d'Ayorou, pourraient donc souffrir du remplissage du réservoir tandis qu'il est difficile de préciser si l'impact sera positif ou négatif pour les populations en aval du barrage. Aucune mesure de gestion du conflit homme-hippopotame proposée par le Plan de Gestion Environnementale et Sociale du barrage de Kandadji ne permettra de compenser la destruction des habitats à court terme. À long terme, les aménagements envisagés ne suffiront pas à remplacer l'ensemble des milieux détruits, et le mécanisme de compensation prévu pour soutenir les populations locales victimes du conflit homme-hippopotame est peu ambitieux, donc peu prometteur. Estimer la capacité de soutien du milieu avant et après la construction d'un barrage permettrait d'évaluer plus précisément l'impact sur les hippopotames. Des stratégies de gestion du conflit doivent être établies en collaboration avec les populations locales après analyse de la problématique locale, de l'écologie de l'hippopotame et des méthodes de gestion de conflit accessibles. Enfin, le succès des méthodes envisagées doit être suivi, puis les résultats divulgués, afin de créer une littérature scientifique extensive sur la gestion du conflit entre l'homme et l'hippopotame.

## **REMERCIEMENTS**

Premièrement, je souhaite remercier mes directeurs d'essais, Monsieur Claude E. Delisle et Monsieur Marco Festa-Bianchet. Tout au long de l'essai, ils m'ont encouragé à me dépasser et leurs conseils judicieux m'ont permis d'enrichir non seulement ce travail, mais surtout mon parcours universitaire.

Je remercie ma famille et tout particulièrement mes parents qui m'ont toujours soutenu lors de mes études et lorsque j'entreprends toutes sortes de projets.

Enfin, je désire remercier Khadissa, notamment pour sa patience. L'essai est généralement perçu comme un défi pour l'étudiant lorsque celui-ci s'adonne pour une première fois à un tel exercice solitaire, mais il peut aussi devenir une épreuve pour son entourage. Lorsque l'on est bien entouré, tout devient plus facile.

Merci à tous pour vos conseils, vos critiques, votre soutien et vos encouragements.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1 L'HIPPOPOTAME ET SON ÉCOLOGIE.....	3
1.1 Classification et taxonomie.....	3
1.2 Statut et répartition.....	3
1.3 Description générale.....	5
1.4 Menaces naturelles.....	7
1.4.1 Prédation.....	7
1.4.2 Maladies.....	7
1.5 Comportement de l'hippopotame.....	8
1.5.1 Grégarité et territorialité.....	8
1.5.2 Reproduction.....	9
1.6 Habitat de l'hippopotame.....	10
1.6.1 Préférences et besoins de l'hippopotame en terme d'habitat.....	10
1.6.2 Impact écosystémique de l'hippopotame.....	12
1.7 Alimentation de l'hippopotame.....	12
2 LE CONFLIT HOMME-HIPPOPOTAME ET SA GESTION.....	15
2.1 Nature du conflit.....	15
2.2 Gestion du conflit homme hippopotame.....	17
2.2.1 La délocalisation.....	19
2.2.2 Les tactiques de diversion.....	20
2.2.3 L'éducation.....	20
2.2.4 La surveillance active.....	21
2.2.5 Les systèmes répulsifs.....	21
2.2.6 Les barrières physiques.....	22
2.2.7 L'élimination.....	23
2.2.8 La compensation directe.....	25
2.2.9 L'écotourisme.....	27
3 L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DE LA CRÉATION D'UN BARRAGE.....	30
3.1 Impact en amont du barrage.....	30
3.1.1 Impact de l'inondation.....	30

3.1.2	Limnologie d'un réservoir.....	32
3.1.3	Problématiques environnementales .....	33
3.2	Impact en aval du barrage.....	34
4	LE PROJET DE BARRAGE DE KANDADJI ET SON CONTEXTE RÉGIONAL .....	36
4.1	Caractéristiques régionales.....	36
4.1.1	Populations .....	37
4.1.2	Activités économiques .....	38
4.1.3	Climat.....	38
4.1.4	Hydrogéomorphologie .....	39
4.1.5	Végétation.....	40
4.2	État des populations d'hippopotames et des efforts de conservation au Niger.....	42
4.3	Le Programme KRESMIN .....	45
4.3.1	Caractéristiques générales du Programme KRESMIN.....	45
4.3.2	Impact sur les populations d'hippopotames estimé par les études du Programme KRESMIN .....	46
4.3.3	Mesures de gestion du conflit et de protection envisagées par le Programme KRESMIN.....	46
4.4	Analyse de l'impact du barrage de Kandadji sur les populations d'hippopotames.....	48
4.4.1	Impact sur l'habitat en amont du barrage .....	48
4.4.2	Impact sur l'alimentation en amont du barrage.....	49
4.4.3	Impact sur l'habitat et l'alimentation en aval du barrage.....	50
4.5	Analyse des mesures de gestion du conflit homme-hippopotame proposées .....	50
4.5.1	La compensation directe.....	51
4.5.2	Les plantations de bourgou .....	51
5	RECOMMANDATIONS.....	54
5.1	Recommandations pour évaluer l'impact d'un barrage sur des populations d'hippopotames.....	54
5.2	Recommandations pour développer une stratégie de gestion du conflit homme-hippopotame.....	55
	CONCLUSION .....	56
	RÉFÉRENCES.....	59

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Répartition géographique sommaire des hippopotames au 21e siècle.....	4
Figure 4.1	Localisation de l'aire d'étude, de la zone d'étude détaillée du P-KRESMIN lors des études d'impact et du site du barrage.....	37
Figure 4.2	Zones bioclimatiques de l'aire d'étude.....	39
Figure 4.3	Localisation des cinq groupes de la population d'hippopotames d'Ayorou et configuration du réservoir de Kandadji à différentes cotes.....	44
Tableau 1.1	Genres des espèces végétales consommées fréquemment par l'hippopotame selon les auteurs et les pays d'étude.....	14
Tableau 2.1	Niveaux de tolérance à la faune nuisible aux cultures selon des facteurs socio-économiques et écologiques.....	19
Tableau 4.1	Domaines d'occupation des sols et leur superficie par rapport à la zone d'étude détaillée du P-KRESMIN lors des études d'impact.....	41
Tableau 4.2	Effectifs des populations et des groupes d'hippopotames du Niger.....	43

## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

\$ CA	Dollar canadien
\$ US	Dollar américain
ABN	Autorité du Bassin du Niger
APCF	Aire Protégée Communautaire Fluviale
APHN	Association pour la Protection des Hippopotames du Niger
BAD	Banque Africaine de Développement
BIT	Bureau international du Travail
BOSTID	<i>The Board on Science and Technology in International Development</i>
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
DFPP	Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture
DAFECO	Direction des Affaires Extérieures et de la Coopération
F CFA	Franc des Communautés Financières d'Afrique
FFEM	Fonds Français pour l'Environnement Mondial
ha	Hectare (10 000 mètres carrés)
HCAVN	Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger
INS	Institut National de la Statistique du Niger
LI-DAR	Groupement des consultants Lahmeyer International GmbH et Dar Al-Handasah
m	Mètre
OCHA	Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
OMM	Organisation météorologique mondiale
OQLF	Office québécois de la langue française
P-KRESMIN	Programme "Kandadji" de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger
PGES	Plan de Gestion Environnementale et Sociale

PIB	Produit intérieur brut
RDC	République Démocratique du Congo
RECA	Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger
TIES	The International Ecotourism Society
UEP	Unité d'Exécution du Programme
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature



## LEXIQUE

Bourgoutière	Prairie aquatique qui est inondée par la crue du Niger et qui génère un pâturage naturel de Graminées dominé par le bourgou ( <i>Echinochloa stagnina</i> ) (Bonis Charancle, 1994).
Cote	Niveau de l'eau (Organisation météorologique mondiale (OMM), 2012).
Écotourisme	Tourisme responsable qui promeut la conservation, l'épanouissement des populations locales et l'éducation (The International Ecotourism Society (TIES), 2015).
Écrêtement d'une crue	L'écrêtement ou le laminage d'une crue est la réduction de son débit de pointe de façon naturelle ou artificielle, par exemple à l'aide d'un ouvrage de retenue d'eau (Bennis, 2007).
Envasement	Remplissage, par dépôt de sédiments, du lit d'un cours d'eau, ou du fonds d'un lac ou d'un réservoir (OMM, 2012).
Épilimnion	Couche d'eau qui se situe au-dessus de la thermocline lorsque la couche d'eau est stratifiée (OMM, 2012).
Eutrophisation	Processus d'enrichissement des eaux par des nutriments qui engendre une prolifération des végétaux aquatiques ou des cyanobactéries et une diminution de la teneur en oxygène des eaux (OQLF, 2007).
Hypolimnion	Couche d'eau fraîche se situant sous la thermocline lorsque la couche d'eau est stratifiée (OMM, 2012).
Hypsodonte	Qualificatif caractérisant les dents à couronne haute (Mendoza et Palmqvist, 2007).
Laminage d'une crue	Le laminage ou l'écrêtement d'une crue est la réduction de son débit de pointe de façon naturelle ou artificielle, par exemple à l'aide d'un ouvrage de retenue d'eau (Bennis, 2007).
Lentique	Caractéristique des eaux douces à circulation lente ou stagnante (lacs, étangs, canaux, etc.) (Office québécois de la langue française (OQLF), 1994).
Lotique	Qualificatif s'appliquant à ce qui est caractéristique des eaux courantes (OMM, 2012).

Marnage	Variation du niveau d'eau d'un réservoir associée aux opérations d'un barrage (Anctil, 2008).
Mégaherbivore	Mammifère herbivore dont la masse excède un mégagramme ( $10^6$ g), soit 1000 kg (Owen-Smith, 1992).
Secteur informel	Secteur d'activités économiques peu organisées, qui génère des emplois et des revenus à petite échelle (Bureau International du Travail (BIT), 1993).

## INTRODUCTION

Le Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en Valeur du Fleuve Niger (P-KRESMIN), dont les travaux ont débuté en 2010, modifiera le débit du fleuve Niger et la morphologie de son bassin par la création d'un barrage et d'un immense réservoir au niveau de Kandadji, au Niger (BRLi et BERD, 2012; The World Bank, 2014). Ce projet d'envergure, envisagé depuis les années 70, permettra de générer de l'électricité, d'irriguer des terres et d'assurer un débit d'étiage annuel suffisant pour alimenter Niamey, la capitale, en eau potable (Niger. Direction des Affaires Extérieures et de la Coopération (DAFECO), 1977; The World Bank, 2014). Ainsi, ce projet permettra de réduire l'impact de la sécheresse qui gêne l'économie et la santé des Nigériens. Toutefois, ce projet d'envergure engendrera des modifications de l'habitat de l'hippopotame commun (*Hippopotamus amphibius*) qui est indigène dans la région. L'hippopotame étant semi-aquatique, il fréquente le fleuve où le barrage sera créé, de même que les berges qui seront inondées lors du remplissage du réservoir. En effet, l'hippopotame se repose et se protège du soleil dans l'eau durant la journée, puis émerge la nuit pour s'alimenter de la végétation riveraine. Potentiellement agressif, l'hippopotame peut alors gêner les activités humaines diurnes associées à l'eau telles que la pêche ou la lessive. De plus, l'animal entre souvent en conflit avec l'homme, car il pille fréquemment les champs en bordure de l'eau durant la nuit (Eltringham, 1999).

L'hippopotame étant identifié comme vulnérable dans la liste rouge de l'UICN, il est important de le protéger, d'autant plus qu'il ne reste que quelques populations reliques en Afrique de l'Ouest (Eltringham, 1999; Lewison et Oliver, 2008). L'homme a tendance à tuer l'hippopotame en représailles des dégâts qu'il engendre et les populations humaines locales sont donc souvent perçues comme des ennemis de la conservation, notamment par les organisations de conservation internationale (Dickman, 2010). Cependant, les coûts du conflit homme-hippopotame sont généralement assumés inéquitablement par les populations humaines qui cohabitent avec l'hippopotame et qui sont particulièrement vulnérables (Nyhus et autres, 2005; Barua et autres, 2013). En effet, les communautés rurales d'Afrique subsaharienne dépendent fortement des terres pour subvenir à leurs besoins, pour sécuriser l'alimentation et donc assurer leur survie (Lamarque et autres, 2009; Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2012). Des mesures de gestion de conflit adaptée au contexte doivent prendre place en collaboration avec les communautés locales afin de protéger les populations d'hippopotames de même que les hommes, les femmes et surtout les enfants d'Afrique subsaharienne (Treves et autres, 2006; Lamarque et autres, 2009).

Comme, la modification de l'habitat engendrée par la création du barrage de Kandadji pourrait éventuellement exacerber le conflit entre l'homme et l'hippopotame, la situation doit être examinée. Pour gérer adéquatement le conflit homme-hippopotame qui en découlera potentiellement, il importe d'évaluer l'impact qu'aura la création du barrage de Kandadji sur les populations d'hippopotames du Niger. Toutefois, l'impact de la création de barrage sur les populations d'hippopotames et la gestion du conflit homme-hippopotame en général n'ont pas étudié exhaustivement dans la littérature. Ainsi, il apparaît

essentiel d'effectuer une revue et une analyse de la littérature actuelle qui est consacrée à la problématique générale de l'impact des barrages, et aux mesures de gestion de conflit entre l'homme et la faune, afin de l'appliquer au cas de l'hippopotame. D'ailleurs, comme les travaux associés au P-KRESMIN sont suspendus depuis 2013, l'étude de cette problématique générale et du cas du P-KRESMIN pourrait permettre d'améliorer les mesures de gestion du conflit qui sont proposées dans l'actuel Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) avant que le projet de barrage soit terminé (The World Bank, 2014).

Cet essai vise donc à évaluer l'impact des barrages sur les populations d'hippopotames et à identifier des mesures permettant de gérer adéquatement le conflit entre l'homme et l'hippopotame. L'étude du Programme KRESMIN a pour but d'appliquer les notions générales tirées de cette revue et analyse de la littérature. De plus, elle permettra d'analyser la pertinence des mesures de gestion du conflit entre l'homme et l'hippopotame proposées par le PGES afin de formuler certaines recommandations.

Cet essai comporte 5 chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'hippopotame et son écologie. Il permet de comprendre les spécificités de l'espèce et son rôle dans un écosystème. En outre, il vise à identifier les caractéristiques écologiques qui pourraient le rendre vulnérable ou avantagé par la création d'un barrage. Le deuxième chapitre présente le contexte et la nature du conflit entre l'homme et l'hippopotame, et offre une revue des méthodes de gestion de conflit entre l'homme, la faune en général, et l'hippopotame, afin d'identifier les approches susceptibles de gérer efficacement le conflit homme-hippopotame. Le troisième chapitre expose les impacts écologiques associés à la création d'un barrage qui pourraient affecter les populations d'hippopotames par la création d'un réservoir en amont et la régularisation du débit en aval. Le quatrième chapitre se concentre sur l'étude du cas du Niger et du Programme KRESMIN. Il consiste donc en une étude de la région, une présentation des caractéristiques du barrage, puis en une analyse du potentiel impact du barrage sur les populations d'hippopotames du Niger et des mesures de gestion du conflit homme-hippopotame prévues dans le PGES. Enfin, le cinquième chapitre est consacré aux recommandations qui découlent des chapitres précédents.

L'étude de l'écologie de l'hippopotame, des méthodes de gestion de conflit et de l'impact des barrages se base quasi essentiellement sur une littérature scientifique revue par des comités de lecture. En revanche, l'étude du programme KRESMIN intègre un peu plus de rapports et d'études provenant de firmes privées. Celles-ci fournissaient des détails sur le barrage et des informations sur la région qui étaient difficilement accessibles autrement. Néanmoins, les spécificités régionales ont constamment été révisées à l'aide de littérature scientifique plus fiable lorsque cette dernière était disponible. Par conséquent, cet essai se base sur un large éventail de sources crédibles et pluridisciplinaires qui sont à jour.

## 1 L'HIPPOPOTAME ET SON ÉCOLOGIE

Ce chapitre est consacré à l'hippopotame, sa classification, son statut, son aire de répartition, son comportement, son habitat, ses préférences alimentaires et toutes les particularités qui pourraient influencer la réponse de l'hippopotame face à la modification de son habitat par un barrage.

### 1.1 Classification et taxonomie

Traditionnellement, l'hippopotame était inclus dans le sous-ordre des Suiformes, parce qu'il était considéré comme apparenté aux porcs et aux pécaris (Owen-Smith, 1992; Grubb et Eltringham, 1993; Eltringham, 1999; Boisserie et autres, 2005a). Néanmoins, des études récentes suggèrent que les hippopotamidés seraient plus près des cétacés, formant ainsi les Whippomorphes ou Cetancodonta, parmi les Cétartiodactyles (Waddell et autres, 1999; Boisserie, 2005; Spaulding et autres, 2009; Asher et Helgen, 2010). D'ailleurs, selon cette proposition, les hippopotamidés seraient plus près des ruminants que des suiformes (Waddell et autres, 1999; Spaulding et autres, 2009).

Parmi les hippopotamidés, deux espèces provenant de deux genres distincts subsistent; l'hippopotame commun et l'hippopotame nain (*Hexaprotodon liberiensis*) (Eltringham, 1999). L'hippopotame commun est la seule espèce à laquelle cette étude fait référence, car l'écologie de l'hippopotame nain diffère grandement (Eltringham, 1999).

À l'heure actuelle, jusqu'à 5 sous-espèces d'hippopotame commun ont été proposées sur la base de caractéristiques morphologiques : *H. a. amphibius*, *H. a. tschadensis*, *H. a. kiboko*, *H. a. capensis*, *H. a. constrictus* (Eltringham, 1999; Okello et autres, 2005). *H. a. amphibius* est la sous espèce la plus répandue et est présente au sud du Soudan, en Éthiopie, au nord de la RDC, puis elle s'étend à l'ouest jusqu'en Gambie et au sud jusqu'en Tanzanie et au Mozambique (Eltringham, 1999; Okello et autres, 2005). *H. a. tschadensis* est présente au Tchad et au Niger, tandis que *H. a. kiboko* est présente à l'est, soit au Kenya et en Somalie (Eltringham, 1999; Okello et autres, 2005). *H. a. capensis* et *H. a. constrictus* se retrouvent plutôt au sud du continent, respectivement du sud de la Zambie jusqu'en Afrique du Sud, puis en Angola, en Namibie et au sud de la RDC (Eltringham, 1999; Okello et autres, 2005).

### 1.2 Statut et répartition

Autrefois, l'hippopotame fréquentait pratiquement toute l'Afrique subsaharienne, là où l'habitat lui était approprié; son aire de répartition s'est réduite considérablement (Figure 1.1) (Eltringham, 1999). Bien que cette aire de répartition n'ait pas changé depuis 1959, l'hippopotame commun fait dorénavant partie de la liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et de l'appendice II de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (Eltringham, 1999; Lewison et Oliver, 2008; CITES; 2015). Au cours de la dernière décennie, le nombre d'hippopotames a diminué entre 7 % et 20 %. L'exploitation et la destruction de l'habitat de l'espèce sont principalement responsables de cette problématique et ces menaces ne seront

pas éliminées de sitôt, de sorte que l'espèce est dorénavant considérée comme vulnérable (Lewison et Oliver, 2008; Noirard et Gigot, 2008).



**Figure 1.1 Répartition géographique sommaire des hippopotames au 21e siècle (tiré de Lewison et Oliver, 2008).**

Quoique les données soient incomplètes, la population d'hippopotames est estimée entre 125 000 et 148 000 individus à l'échelle du continent africain et elle est répartie très inégalement (Eltringham, 1999; Lewison et Oliver, 2008). D'une part, l'Afrique de l'Est abrite possiblement jusqu'à 70 000 hippopotames lorsque les 30 000 hippopotames de la République Démocratique du Congo (RDC) (situés quasi totalement à l'est) sont inclus dans le calcul. D'autre part, la population de l'Afrique australe atteindrait près de 80 000 hippopotames, dont près de 40 000 en Zambie. Enfin, les 19 pays d'Afrique de l'Ouest n'abriteraient qu'environ 7 000 hippopotames (Lewison et Oliver, 2008). D'ailleurs, cette population serait répartie en petits groupes, dits « vestiges », comptant parfois moins de 50 individus, ce qui pourrait représenter un risque de consanguinité (Eltringham, 1999).

La majorité de ces hippopotames se trouve aujourd'hui dans des aires protégées. Autrement, l'animal est souvent victime de la destruction de son habitat, de la chasse non réglementée et du braconnage, tout particulièrement en zone de conflit (Eltringham, 1999; Okello et autres, 2005; Lewison et Oliver, 2008; Noirard et Gigot, 2008). À titre indicatif, la population d'hippopotames de la RDC est victime du plus important déclin (Lewison et Oliver, 2008). L'hippopotame est tué pour sa viande, mais également pour son ivoire et il semblerait que le commerce des canines d'hippopotames ait augmenté depuis l'interdiction du commerce de l'ivoire d'éléphant en 1989 (Eltringham, 1999; Williamson, 2004). En effet, le commerce de l'ivoire de l'hippopotame n'est pas prohibé par la loi américaine ou internationale (Williamson, 2004). À titre indicatif, environ 27 000 kg de dents d'hippopotames ont été exportés entre 1991 et 1992 (Lewison et Oliver, 2008). Aux États-Unis, environ 90 000 kg d'ivoire d'hippopotame ont été importés entre 1995 et 2002 (Williamson, 2004). Toutefois, peu d'études sont consacrées à la conservation de l'espèce (Eltringham, 1999; Lewison et Oliver, 2008).

### 1.3 Description générale

L'hippopotame est un mammifère semi-aquatique qui passe la majorité de la journée dans l'eau pour se rafraîchir et une bonne partie de la nuit sur terre afin de s'alimenter (Eltringham, 1999). D'ailleurs, le nom *Hippopotamus* provient du grec; *hippos* signifie cheval et *potamus* signifie rivière, faisant donc référence à son mode de vie partiellement aquatique (Eltringham, 1999). L'hippopotame est très bien adapté à ce mode de vie; non seulement ses yeux, ses narines et ses oreilles sont distribués sur le dessus de sa tête, mais ses narines et ses oreilles ont la capacité de se refermer comme des valves lorsque l'animal plonge sous l'eau (Coughlin et Fish, 2009; Eltringham, 1999).

Il est le cinquième plus gros mammifère terrestre après l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*), l'éléphant d'Asie (*Elephas maximus*), le rhinocéros blanc (*Ceratotherium simum*) et le rhinocéros indien (*Rhinoceros unicornis*) (Owen-Smith, 1992). Alors que les femelles sont légèrement plus petites que les mâles, le poids moyen d'un hippopotame mâle est d'environ 1500 kg pour une hauteur à l'épaule variant entre 1,30 et 1,55 m et une longueur allant jusqu'à 3 m (Laws et Clough, 1966; Marshall et Sayer, 1976; Eltringham, 1999). D'ailleurs, il arrive parfois que des mâles puissent atteindre un poids allant jusqu'à environ 3000 kg, dépassant ainsi le poids maximal d'un rhinocéros blanc (Eltringham, 1999; Owen-Smith, 1992). En revanche, la précision de ces mesures est incertaine, étant donné que peser ces mégaherbivores représente un défi (Eltringham, 1999). La longévité maximale estimée en captivité est d'environ 43 ans (Laws et Clough, 1966), mais peu d'hippopotames dépassent 40 ans en nature (Eltringham, 1999).

Les hippopotames possèdent des canines supérieures et inférieures qui poussent continuellement et représentent des armes redoutables; la friction produite entre elles lors de l'occlusion les maintient très aiguisées, à la manière des incisives des rongeurs (Eltringham, 1999). Les canines inférieures du mâle, plus imposantes que celles de femelles, peuvent mesurer jusqu'à 70 cm, soit 30 cm à l'extérieur des

gencives et 40 cm à l'intérieur, représentant ainsi un trophée considérable, voire même comparable à une défense d'éléphant (Eltringham, 1999). En outre, les incisives sont dirigées vers l'avant et ne servent pas non plus à l'alimentation de sorte que seules les molaires servent à broyer la nourriture ingérée (Eltringham, 1999).

En conséquence, ce sont les lèvres larges et cornées de l'animal qui lui permettent de saisir l'herbe et la découper par un mouvement de la tête (Field, 1970; Lock, 1972; Eltringham, 1999). La matière végétale est ensuite mâchée à l'aide de ses molaires de type hypsodonte (Eltringham, 1999). L'hippopotame est un pseudoruminant; son estomac est très similaire à celui des ruminants, mais il ne régurgite pas sa nourriture afin de la remastiquer (Eltringham, 1999; Owen-Smith, 1992). Cet estomac est grand et partiellement sous-divisé, en 3 ou 4 chambres selon les auteurs (Langer, 1976; Eltringham, 1999). Dans la partie antérieure, composée de 2 ou 3 chambres, il y a fermentation microbienne tandis que la partie postérieure, glandulaire, laisse place à une fermentation gastrique (Langer, 1976; Eltringham, 1999). Le système digestif de l'hippopotame ne comporte pas de caecum et l'intestin large n'est pas différencié (Langer, 1976; Eltringham, 1999).

L'hippopotame ne possède pas de vraie glande sudoripare, ni dans le derme, ni à la base de ses poils (Eltringham, 1999). Cependant, comme l'épiderme de l'hippopotame est très mince (0,5 à 1,0 mm), celui-ci peut perdre de l'eau plus rapidement que d'autres mammifères (Jablonski, 2004). Malgré cela, sa peau est épaisse et peut atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur, car le derme est épais et donc la peau peut représenter jusqu'à 18 % du poids total de l'animal (Eltringham, 1999). Enfin, de larges glandes sous-dermiques sont réparties régulièrement sur tout le corps de l'animal et produisent un fluide visqueux rosé qui brunit, lorsqu'exposé à l'air et au soleil (Eltringham, 1999; Saikawa et autres, 2004). Ce fluide protège la peau du soleil, à la manière d'un écran protecteur en bloquant les rayons ultraviolets, et présente des vertus antiseptiques et antibiotiques qui favorisent la guérison après les combats (Eltringham, 1999; Saikawa et autres, 2004).

Malgré ces sécrétions, l'hippopotame dépend de l'eau, ou de moins de la boue, pour protéger sa peau de la dessiccation et maintenir une température corporelle adéquate (Eltringham, 1999; Cerling et autres, 2008; Noirard et autres, 2008). En effet, sa peau très sensible peut craquer lorsqu'exposée au soleil pour une durée prolongée (Eltringham, 1999). Par conséquent, l'hippopotame passe généralement la journée submergé sous l'eau afin d'éviter un stress thermique (Owen-Smith, 1992). Au besoin, il se reposera sur les berges de sable afin de se réchauffer, notamment pendant les périodes les plus froides de l'hiver (Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999; Noirard et autres, 2008). Enfin, ce mode de vie est très économique énergétiquement, non seulement parce qu'il est passif de jour et qu'il évite les stress thermiques dans l'eau, mais parce que l'eau réduit par la même occasion le poids devant être soutenu par ses membres (Dunstone, 1998; Eltringham, 1999).



L'hippopotame n'est pas un bon nageur malgré ses pieds partiellement palmés (Mazza, 2014). Comme il possède une densité osseuse élevée, il ne flotte pas dans l'eau douce et se déplace plutôt en effectuant des bonds au fond de l'eau (Coughlin et Fish, 2009). Toutefois, il se pourrait que l'animal puisse flotter dans l'eau salée (van der Geer et autres, 2015). L'hippopotame ne possède qu'une fine couche de gras sous-cutané et celle-ci ne l'aide donc ni à flotter ni à se réchauffer, contrairement au gras des mammifères marins (Dunstone, 1998; Eltringham, 1999; Chomba et autres, 2014). D'après Eltringham (1999), le temps maximal qu'un hippopotame peut passer sous l'eau demeure incertain, mais l'adulte passe normalement de 4 à 6 minutes sous l'eau avant de refaire surface pour respirer (Durrheim et Leggat, 1999). D'après Eltringham (1999), les veaux regagnent la surface à tous les 2 à 3 minutes et doivent parfois grimper sur le dos de leur mère lorsque l'eau est trop profonde. Néanmoins, van der Geer (2015) indique que les jeunes hippopotames flottent. De plus, leurs pattes seraient plus palmées que les adultes, ce qui leur permettrait de plonger et nager jusqu'à leur mère pour téter (van der Geer, 2015). Enfin, l'hippopotame se tient généralement dans les plans d'eau dont la profondeur n'excède pas sa hauteur (Eltringham, 1999).

#### **1.4 Menaces naturelles**

Abstraction faite de la mortalité anthropique, l'hippopotame peut être menacé par des prédateurs ou des maladies.

##### **1.4.1 Prédation**

L'hippopotame n'est pas tellement vulnérable à la prédation. Pourtant, il arrive à l'occasion que des lions (*Panthera leo*) parviennent à tuer un soit en le renversant puis en le mordant en dessous, là où sa peau est plus mince, ou bien en le griffant à bout de son sang (Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). L'hippopotame est généralement indifférent au lion et ce dernier évite de se trouver sur son chemin (Eltringham, 1999; Owen-Smith, 1992). Les crocodiles (*Crocodylus niloticus* et *Crocodylus suchus*) n'attaquent pas les hippopotames, mais s'alimenteront volontiers d'un hippopotame déjà mort. Les lions et les hyènes (*Crocuta crocuta*) parviennent parfois à tuer un veau, mais la mère le protège généralement de façon adéquate, notamment en chargeant avec la gueule béante (Eltringham, 1999; Owen-Smith, 1992). Des lions tués par des hippopotames ont déjà été répertoriés (Owen-Smith, 1992).

Généralement, les hippopotames surpris sur la terre par des humains vont fuir en empruntant le chemin le plus court vers un plan d'eau (Owen-Smith, 1992). Toutefois, tout humain se trouvant sur son chemin risque de se faire broyer par l'immense mâchoire de l'hippopotame. Selon Owen-Smith (1992), les hippopotames sont moins dangereux la nuit lorsqu'ils s'alimentent.

##### **1.4.2 Maladies**

L'hippopotame pourrait être infecté par le virus Rinderpest qui a été introduit en Afrique par le bétail au 19<sup>e</sup> siècle, mais il semble immunisé (Eltringham, 1999). L'anthrax, *Bacillus anthracis*, représente la plus grande menace, mais la bactérie n'est pas susceptible d'affecter la dynamique des populations

d'hippopotames, car elle conduit à une mort rapide et la probabilité de contagion est donc réduite (Eltringham, 1999). Cependant, plus de 4000 mortalités associées à l'anthrax ont été relevées en Zambie en 1987 (Turnbull et autres, 1991). Enfin, de façon générale, les maladies ne semblent pas être suffisamment menaçantes pour réguler les populations d'hippopotames (Chomba, 2013).

## **1.5 Comportement de l'hippopotame**

Cette partie est dédiée au comportement territorial et reproductif de l'hippopotame.

### **1.5.1 Grégarité et territorialité**

Plusieurs théories divergentes décrivent le comportement social grégaire et territorial de l'hippopotame. En général, les auteurs affirment que les hippopotames forment des regroupements de nature instable, où peu de liens existent entre les individus, hormis les liens de parenté entre une femelle et ses petits (Eltringham, 1999). Ainsi, la plus petite unité sociale se résume habituellement à une femelle et son ou ses petits (Karstad et Hudson, 1986; Post, 2000). Par conséquent, les hippopotames se retrouvent généralement ensemble parce qu'ils ont choisi le même site, qui d'ailleurs, appartient déjà souvent à un mâle dominant (Eltringham, 1999). Pour ces raisons, les anglophones utilisent généralement le terme *school* pour désigner les regroupements d'hippopotames (Eltringham, 1999; Oliver et Lewison, 2008).

Durant la journée la majorité des regroupements d'hippopotames sont composés de 10 à 30 individus, soit un mâle dominant, plusieurs femelles avec des jeunes et deux à six mâles satellites (Laws et Clough, 1966; Viljoen, 1980; Karstad, 1984; Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). Toutefois, jusqu'à 150 individus peuvent former un regroupement, notamment en période de sécheresse, car l'accès à l'eau est plus limité (Laws et Clough, 1966; Olivier et Laurie, 1974; Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999; Chansa et autres, 2011a; Timbuka, 2012). En outre, certains mâles demeurent solitaires et des groupes essentiellement composés de mâles se forment parfois (Olivier et Laurie, 1974; Owen-Smith, 1992). Dans ces groupes de mâles, il y en aura toujours un qui s'imposera et dominera les autres (Olivier et Laurie, 1974; Karstad et Hudson, 1986).

Ces regroupements n'existent pas durant la nuit; les hippopotames s'alimentent de façon solitaire, à l'exception des femelles qui peuvent être accompagnées d'un ou de plusieurs jeunes (Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). En effet, les jeunes s'alimenteront en compagnie de leur mère jusqu'à l'âge de 6 à 8 ans (Eltringham, 1999).

Le territoire défendu par le mâle dominant se résume généralement à un plan ou cours d'eau et son littoral; par exemple une rivière, et la ou les berges de celle-ci (Karstad et Hudson, 1986; Eltringham, 1999). Certains auteurs ont déjà suggéré que le mâle occupe un territoire sur la terre ferme qui prendrait la forme d'une poire, mais cette théorie serait dorénavant démentie (Karstad et Hudson, 1986; Eltringham, 1999). Lorsque les mâles se déplacent sur la terre la nuit, ils s'ignorent généralement et peuvent même utiliser les mêmes sites de fourrage (Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). Ainsi, la territorialité de

l'hippopotame ne s'exprime généralement qu'en bordure d'un plan d'eau (Eltringham, 1999). Cette territorialité s'extériorise par des combats violents, parfois même mortels, lorsqu'un mâle entre dans le territoire d'un autre sans se soumettre au mâle dominant (Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). Enfin, selon Karstad et Hudson (1986), les hippopotames des lacs sont moins mobiles et conservent leur territoire plus longtemps que les hippopotames de rivière.

### **1.5.2 Reproduction**

D'après Eltringham (1999), il peut y avoir des accouplements et des naissances tout au long de l'année, car le mâle est fertile à l'année et la femelle a plusieurs cycles ovulatoires (Laws et Clough, 1966). Néanmoins, il y a une certaine saisonnalité des accouplements de sorte que la mise bas se produit principalement au début de la saison des pluies ou à la fin de la saison sèche, en fonction de la région (Laws et Clough, 1996; Marshall et Sayer, 1976; Smuts et Whyte, 1981; Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). De cette façon, la naissance est corrélée avec la période où la qualité des plantes aquatiques et terrestres est optimale, et la femelle pourra ainsi en profiter durant son allaitement, période très exigeante sur le bilan énergétique de la femelle (Laws et Clough, 1966; Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999).

Le temps de gestation est estimé à environ 240 jours, c'est-à-dire un peu moins de 8 mois (Smuts et Whyte, 1981; Eltringham, 1999). Ce temps est court considérant la taille de l'animal; à titre comparatif, le temps de gestation de l'éléphant est de 22 mois, celui du rhinocéros blanc est de 16 mois, celui de la girafe (*Giraffa camelopardalis*) est de 15 mois, et celui du rhinocéros noir (*Diceros bicornis*) avoisine 15 mois (Smuts et Whyte, 1981; Owen-Smith, 1992; Eltringham, 1999). À sa naissance, le petit pèse généralement entre 40 et 50 kg (Laws et Clough, 1966; Smuts et Whyte, 1981; Marshall et Sayer, 1976).

Pour mettre bas, les femelles se déplacent vers un endroit isolé sur la terre ferme ou en eau peu profonde (Clarke, 1953; Laws et Clough, 1966). Une fois qu'elle met bas, la femelle reste dans l'eau avec son petit et ne s'alimente pas pendant plusieurs jours pour le protéger (Eltringham, 1999). Le nouveau-né demeure en compagnie exclusive de sa mère pour les premiers jours de son vivant (Owen-Smith, 1992). Ensuite, à partir de 6 à 8 semaines, le veau commence à se nourrir d'herbes. (Owen-Smith, 1992; Laws et Clough, 1966). Toutefois, la mère allaite souvent jusqu'à 12 mois (Eltringham, 1999). Il arrive même que des femelles allaitent les veaux d'autres femelles (Smuts et Whyte, 1981).

La femelle accouche en moyenne tous les 21,8 mois; le cycle sexuel dure environ 2 ans (Owen-Smith, 1992; Smuts et Whyte, 1981). Ainsi, globalement, de 20 à 37 % des femelles produisent un petit chaque année, et ce, jusqu'à la fin de leur vie, même lorsqu'elles atteignent une quarantaine d'années (Eltringham, 1999; Smuts et Whyte, 1981). Il arrive que la femelle donne naissance à des jumeaux, mais ce phénomène est rare (Laws et Clough, 1966; Eltringham, 1999). Naturellement, le taux de reproduction peut varier selon les années, notamment en période de sécheresse ou s'il y a surpopulation (Smuts et Whyte, 1981). Ainsi, selon plusieurs auteurs, la stratégie de reproduction de l'hippopotame serait de type K (Eltringham, 1999; Smuts et Whyte, 1981). Cependant, le temps de gestation court de l'espèce

permettrait à une population de récupérer relativement rapidement après une réduction de ses effectifs, un peu à la manière des stratégies de type r (Eltringham, 1999). Selon Owen-Smith (1992), le taux d'accroissement annuel des populations d'hippopotames peut dépasser 10 %, mais celui-ci varie selon la capacité de soutien du milieu (Smuts et Whyte, 1981).

Le ratio à la naissance est d'un mâle pour une femelle et se maintient jusqu'à l'âge adulte (Laws et Clough, 1966; Smuts et Whyte, 1981; Eltringham, 1999). D'après Laws et Clough (1966) et Eltringham (1999), le mâle atteint en moyenne la puberté entre 7 et 8 ans. Néanmoins, cet âge varie de 2 jusqu'à 11 ans selon les conditions du milieu (Eltringham, 1999; Smuts et Whyte, 1981). Les femelles atteignent la maturité sexuelle entre 9 et 10 ans, mais le développement reproductif de l'animal pourrait être retardé lorsque la population est surabondante et que les conditions environnementales sont difficiles (Laws et Clough, 1966; Sayer et Rakha, 1974; Smuts et Whyte, 1981; Eltringham, 1999). Enfin, un mâle mature physiologiquement n'a pas nécessairement la maturité sociale lui permettant de défendre un territoire et donc de se reproduire, tandis que la femelle peut se reproduire dès qu'elle est mature sexuellement (Smuts et Whyte, 1981; Eltringham, 1999). Les mâles dominants ont généralement au moins 25-30 ans (Owen-Smith, 1992; Smuts et Whyte, 1981). Jusqu'à maintenant, aucune étude ne décrit la migration des jeunes mâles permettant d'éviter la consanguinité, toutefois ce comportement est typique chez les mammifères (Eltringham, 1999). Enfin, l'accouplement se déroule généralement dans l'eau, de sorte que la femelle est souvent submergée (Laws et Clough, 1966; Eltringham, 1999).

## **1.6 Habitat de l'hippopotame**

L'hippopotame choisit les habitats qui répondent le mieux à ses besoins et il a un impact considérable sur ceux-ci.

### **1.6.1 Préférences et besoins de l'hippopotame en terme d'habitat**

L'hippopotame fréquente les rivières, les lacs, les marais, les mares boueuses et même quelques bordures de mer (Eltringham, 1999). Toutefois, comme son domaine vital doit combler autant la composante aquatique que la composante terrestre de son écologie, l'hippopotame est très sélectif quant à son milieu de vie (Karstad, 1984). D'ailleurs, la disponibilité d'habitats et d'herbages adéquats limite la croissance des populations davantage que les maladies ou la prédation, tout particulièrement durant la saison sèche (Clarke, 1954; Olivier et Laurie, 1974; Tembo, 1987; O'Connor et Campbell, 1986; Harrison et autres, 2007; Chomba, 2013). La densité d'hippopotames varie selon la disponibilité du cours ou du plan d'eau, mais elle varie aussi en fonction de la présence de caractéristiques géomorphologiques vitales à l'écologie de l'espèce (Zisadza et autres, 2010; Chansa et autres, 2011a; Chomba et autres, 2013).

De façon générale, l'hippopotame préfère les zones peu profondes des étendues et cours d'eau paisibles dotés de berges avec des pentes douces (Clarke, 1953; Laws et Clough, 1966; Field, 1970, Viljoen, 1980; Viljoen et Biggs, 1998, Eltringham, 1999; Harrison et autres, 2007; Chomba et autres, 2014). Les berges

doivent permettre à l'hippopotame de sortir de l'eau facilement la nuit, de sorte que les cours ou étendues d'eau avec des berges abruptes et rocheuses ne sont pas fréquentés par l'espèce (Chomba et autres, 2014; Viljoen, 1980).

Puisque l'hippopotame est un mauvais nageur et qu'il doit faire surface pour respirer, il évite les eaux trop profondes; une profondeur lui permettant de se submerger partiellement ou totalement lui est suffisante (Karstad, 1984; Eltringham 1999). Une eau trop profonde oblige parfois les jeunes à monter sur un adulte pour respirer alors que les adultes peuvent s'accroupir ou se coucher dans l'eau afin d'être complètement submergés dans une eau peu profonde (Karstad, 1984; Eltringham, 1999). Ainsi, Karstad (1984) suggère que la profondeur optimale est légèrement supérieure à 1,5 mètre, dépassant ainsi quelque peu la hauteur à l'épaule de l'animal (Laws et Clough, 1966; Eltringham, 1999). En revanche, la profondeur idéale varie entre 8 et 10 pieds selon Clarke (1953).

Bien qu'un débit lent soit préféré (Harrison et autres, 2007), il semble qu'un réservoir ne serait pas optimal, car il serait trop statique pour engendrer des changements de morphologie et pour inonder les plaines alluviales (Chansa et Milanzi, 2011; Chomba et autres, 2013). En effet, une rivière dynamique avec des méandres, puis un axe et un débit changeant engendre des bancs de sable, des lagunes, des bras morts et des plaines alluviales, qui sont favorables à la croissance des plantes jusqu'en saison sèche (Payne, 1986; Chansa et Milanzi, 2011; Chomba et autres, 2014). En outre, un courant modéré serait nécessaire pour maintenir le lit de rivière ferme et pour éviter que les fèces des hippopotames s'accumulent (Karstad, 1984).

Les rivières rectilignes et sans méandres ne conviennent généralement pas à l'hippopotame (Karstad, 1984; Chomba et autres, 2014). Les populations les plus denses sont généralement observées à proximité des bancs de sable (Viljoen, 1980) et des méandres (Karstad, 1984; Chansa et autres, 2011a). Aussi, plus l'habitat est diversifié en caractéristiques morphologiques telles que les méandres, les lagunes, les barres de sable, les bancs de sable et les points de confluences, plus les densités d'hippopotames sont importantes (Chansa et Milanzi, 2011). La capacité de soutien de zones qui présentent une bonne quantité de ces caractéristiques est généralement supérieure (Chomba et autres, 2014). Les méandres et les points de confluences engendrent des bancs et des barres de sable qui permettent à l'animal de se réchauffer au soleil, tandis que les bras morts des méandres génèrent de bassins de rafraîchissement qui sont également associés aux herbages adéquats (Chansa et Milanzi, 2011). Ainsi, ces caractéristiques créent un micro environnement où l'hippopotame peut se nourrir, se reposer, s'allonger et se réchauffer au soleil tout en assurant la survie des jeunes (Chomba et autres, 2013). D'ailleurs, au niveau d'un lac, l'hippopotame se situe généralement à l'embouchure des rivières, dans les zones peu profondes accompagnées de bancs de sable (Chomba et autres, 2014). Par exemple, au niveau du Lac Victoria, les hippopotames se situent soit dans les baies peu profondes et les prolongements du lac, soit en bordure du lac même, ou soit à proximité des îles (Awange et Ong'ang'a, 2006).

En plus des caractéristiques aquatiques et littorales, l'habitat doit pouvoir répondre aux exigences terrestres de l'animal qui sont associées à son alimentation riche en herbes courtes, parce que l'hippopotame préfère s'alimenter près de son espace de vie diurne (Olivier et Laurie, 1974). En conséquence, le cours d'eau doit être bordé par des milieux relativement ouverts comme les prairies ou les forêts claires (Scotcher et autres, 1978; O'Connor et Campbell, 1986; Eltringham, 1999). Les fourrés et les forêts denses sont évités par l'hippopotame, ce qui explique pourquoi l'espèce est plutôt rare en Afrique Centrale (Scotcher et autres, 1978; Eltringham, 1999).

Enfin, lorsque l'habitat est surbrouté, il arrive que l'hippopotame se déplace vers l'intérieur des terres et qu'il s'établisse dans des cours d'eau ou marais saisonniers (McCarthy et autres, 1998). Les inondations et les cours d'eau saisonniers permettent aux hippopotames de s'alimenter dans des pâturages qui sont éloignés durant la saison sèche, sans toutefois s'éloigner d'une source d'eau (Clarke, 1953; Kendall, 2011). Les composantes hydriques et végétales de l'habitat sont responsables de l'abondance des hippopotames, puis de l'immigration et de l'émigration des populations (Timbuka, 2012).

### **1.6.2 Impact écosystémique de l'hippopotame**

Lorsque l'hippopotame va s'alimenter, il suit régulièrement les mêmes parcours, conduisant à la formation de chemins bien définis avec le temps (Eltringham, 1999). Dans les marais, ces pistes jouent un rôle très important, car ils permettent de canaliser des courants d'eau et entraînent donc des flux de nutriments (McCarthy et autres, 1998; Chansa et autres, 2011a).

En revanche, sur terre, la compaction du sol sous l'effet du poids de l'animal empêche parfois l'eau de percoler, de sorte qu'elle coule et favorise l'érosion, tout particulièrement au niveau des berges (Lock, 1972; Olivier et Laurie, 1974; Eltringham, 1999). Aussi, comme l'hippopotame broute l'herbe à proximité du sol, il reste parfois peu de couvert végétal pour amortir l'impact des pluies torrentielles, augmentant ainsi le potentiel érosif (Eltringham, 1999). Enfin, l'hippopotame transfère une quantité importante de nutriments et de composés carbonés du milieu terrestre vers le milieu aquatique, puisqu'il se nourrit en dehors de l'eau et défèque en quantité dans l'eau au cours de la journée (Laws et Clough, 1966; Payne, 1986; Subalusky et autres, 2014).

### **1.7 Alimentation de l'hippopotame**

L'hippopotame s'alimente la nuit, lorsque le stress thermique est minimal (Eltringham, 1999). Il quitte l'eau après le coucher du soleil et y retourne tôt dans la matinée, tout juste avant le lever du soleil, ce qui lui laisse au plus 7 à 8 h pour ingérer jusqu'à environ 2,5 % de son poids en matière végétale, soit environ 40 kg (Owen-Smith, 1992; Grey et Harper, 2002; Chomba, 2013; Chomba et autres, 2014). L'animal préfère s'alimenter à proximité du cours/plan d'eau où il se repose durant la journée, ce qui est généralement possible durant la saison des pluies (Oliver et Laurie, 1974; O'Connor et Campbell, 1986). En effet, l'alimentation en saison de pluies se fait généralement à moins d'un kilomètre d'une source d'eau

(Owen-Smith, 1992). Toutefois, durant la saison sèche, l'hippopotame doit se déplacer plus loin pour s'alimenter, parcourant parfois jusqu'à 6-7 km en une nuit (Field, 1970; O'Connor et Campbell, 1986; Owen-Smith, 1992).

Les hippopotames sont des brouteurs sélectifs (*grazers*) (Owen-Smith, 1992) avec une préférence pour les herbes vertes et courtes (environ 15 cm de hauteur) (Field, 1970; Field, 1972; Lock, 1972; Scotcher et autres, 1978; McCarthy et autres, 1998; Harrison et autres, 2007). Cependant, la largeur des lèvres de l'hippopotame ne lui permet pas de sélectionner les herbes qu'il préfère avec précision de sorte qu'il sélectionne globalement les pâturages qui contiennent la végétation qu'il préfère (Scotcher et autres, 1978; Eltringham, 1999; Noirard et autres, 2004; Michez et autres, 2013). Lorsque l'animal doit s'éloigner considérablement pour s'alimenter, il accélère l'ingestion des herbages et passe moins de temps à chercher sa source de nourriture, devenant ainsi moins sélectif (Lewison et Carter, 2004; Timbuka, 2012).

La diète de l'hippopotame se résume principalement aux Graminées et aux Cyperacées, mais certaines dicotylédones sont aussi ingérées accidentellement lorsqu'il broute (Field, 1972; Eltringham, 1999; Michez et autres, 2013). Certains auteurs suggèrent néanmoins que les dicotylédones peuvent représenter une part importante de l'alimentation de l'hippopotame (Boisserie et autres, 2005b; Cerling et autres, 2008; Michez et autres, 2013). Les genres préférés incluent notamment *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Brachiaria*, *Chloris*, *Commelina*, *Cynodon*, *Cyperus*, *Desmodium*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eragostris*, *Hemarthria*, *Heteropogon*, *Hyparrhenia*, *Ipomoea*, *Leersia*, *Oryza*, *Panicum*, *Paspalum*, *Sporobolus*, *Stenotaphrum*, *Themeda* et *Urochloa* (Field, 1970; Olivier et Laurie, 1974; Scotcher et autres, 1978; Owen-Smith, 1992; Noirard et autres, 2004; Amoussou et autres, 2006; Chansa et autres, 2011b; Michez et autres, 2013) (Tableau 1.1). La consommation des genres et des espèces préférées varie en fonction de leur disponibilité, mais aussi selon la saison, car celle-ci influence la palatabilité des herbages (Field, 1970).

Normalement, l'hippopotame ne s'alimente pas de végétation aquatique (Eltringham, 1999), mais il arrive qu'il en consomme, notamment lorsque la quantité de fourrages adéquats est insuffisante et que l'animal subit une carence protéique, par exemple où il y a surpopulation (Mugangu et Hunter, 1992; Grey et Harper, 2002; Harrison et autres, 2007). Par ailleurs, plusieurs cas de carnivorie ont déjà été observés dont plusieurs cas de prédation et même quelques cas de cannibalisme (Dudley, 1998; Eltringham, 1999; Dorward, 2014). Il est plausible que ces événements soient reliés à des stress nutritifs spécifiques, car le système digestif de l'hippopotame n'est pas adapté à une diète carnivore (Eltringham, 1999; Dorward, 2014).

**Tableau 1.1 Genres végétaux consommés fréquemment par l'hippopotame selon les auteurs et les pays d'étude.**

	Field (1970)	Olivier et Laurie (1974)	Scotcher et autres (1978)	Noirard et autres (2004)	Amoussou et autres (2006)	Chansa et autres (2011b)	Michez et autres (2013)
	Ouganda	Tanzanie	Afrique du Sud	Niger	Bénin	Zambie	Gabon
<i>Andropogon</i>		x			x		
<i>Aristida</i>			x				
<i>Axonopus</i>							x
<i>Bothriochloa</i>	x	x					
<i>Brachiaria</i>	x					x	
<i>Cenchrus</i>						x	
<i>Chloris</i>	x	x	x			x	
<i>Commelina</i>				x	x	x	
<i>Cynodon</i>	x	x	x	x		x	
<i>Cyperus</i>		x	x	x		x	
<i>Dactyloctenium</i>						x	
<i>Desmodium</i>							x
<i>Digitaria</i>			x			x	
<i>Echinochloa</i>			x	x	x	x	
<i>Eragrostis</i>		x	x			x	
<i>Hemarthria</i>			x				
<i>Heteropogon</i>	x	x					
<i>Hyparrhenia</i>		x					
<i>Ipomoea</i>					x		
<i>Leersia</i>					x		
<i>Oryza</i>				x			
<i>Panicum</i>		x	x			x	
<i>Paspalum</i>			x	x	x		x
<i>Sporobolus</i>	x	x	x			x	
<i>Stenotaphrum</i>							x
<i>Themeda</i>		x					
<i>Urochloa</i>			x				

Enfin, les habitudes alimentaires de l'hippopotame présentent beaucoup de variabilité, notamment quant aux familles et genres consommés par l'animal, appuyant ainsi l'hypothèse que l'hippopotame est un brouteur sélectif en terme de pâturages et non d'espèces (*area selective grazer*) (Scotcher et autres, 1978). Toutefois, la préférence de l'hippopotame pour les herbes vertes et particulièrement courtes est indéniable et se manifeste par la formation des pâturages très caractéristiques dits *hippo lawns*, parce que l'hippopotame coupe l'herbe très près du sol et maintient des zones de pâturage à une hauteur d'environ 15 cm (Clarke, 1953; Olivier et Laurie, 1974; Owen-Smith, 1992).



## **2 LE CONFLIT HOMME-HIPPOPOTAME ET SA GESTION**

Dans un premier temps, la nature du conflit entre l'homme et l'hippopotame sera décrite afin bien cerner la problématique. Dans un deuxième temps, des moyens de gestion de conflit seront présentés et étudiés.

### **2.1 Nature du conflit**

Les conflits entre les hommes et les hippopotames ne sont pas récents; l'hippopotame se nourrissait dans les cultures des Égyptiens 2000 ans avant Jésus Christ (Lamarque et autres, 2009). Encore aujourd'hui, l'hippopotame engendre des dégâts aux cultures, mais il dérange aussi l'homme par sa présence, qui est potentiellement très dangereuse et qui peut gêner les activités associées à l'eau (Post, 2000). En effet, l'hippopotame peut nuire au bon déroulement des activités de pêche, notamment en brisant les filets, mais aussi les tâches quotidiennes telles que la lessive (Post, 2000; Amoussou et autres, 2006). En Afrique rurale, l'eau utilisée provient principalement de sources d'eau de surface, telles que les rivières et les lacs, et les gens sont donc particulièrement à risque (Lamarque et autres, 2009). Le comportement imprévisible de l'animal oblige l'homme à rester vigilant, car l'hippopotame peut charger dans l'eau comme sur terre, qu'il soit provoqué ou non (Eltringham, 1999; Post, 2000). L'utilisation de pirogues traditionnelles est encore répandue en Afrique subsaharienne et ne permet pas nécessairement de sécuriser ses passagers, de sorte que ces attaques peuvent être fatales. En outre, l'animal peut engendrer des dégâts importants lorsqu'il attaque des véhicules routiers et peut courir plus rapidement que l'homme, soit jusqu'à 40 km/h (Durrheim et Leggat, 1999).

En conséquence, plus de gens sont tués par les hippopotames que par tout autre mammifère en Afrique (Durrheim et Leggat, 1999). À titre indicatif, une attaque d'hippopotame sur deux était fatale au Mozambique entre 2006 et 2008 (Dunham et autres, 2010). En novembre 2014, un hippopotame a renversé une embarcation près de Niamey, la capitale du Niger, tuant ainsi 18 personnes, principalement des étudiants (Agence France Presse, 2014).

Les incidents conflictuels entre l'homme et l'hippopotame sont nombreux, principalement là où les densités d'hippopotames ou d'humains sont élevées (Mkanda, 1994; Eltringham, 1999). La croissance des populations humaines entraîne une augmentation des besoins en terre et eau, notamment pour l'agriculture (Muruthi, 2005; Kanga et autres, 2012). De cette façon, certains pâturages naturels qu'utilisaient les hippopotames sont dorénavant utilisés par l'homme, notamment à des fins agricoles, ce qui exacerbe la compétition et les conflits entre l'homme et l'hippopotame à proximité de l'eau (Lock, 1972; Eltringham, 1999; Noirard et autres, 2004; Amoussou et autres, 2006; Kendall, 2011).

Au Kenya, il semble que l'agriculture soit à l'origine de jusqu'à 63 % des conflits, tandis que les changements d'utilisation des terres de façon générale sont responsable d'environ 78 % des conflits (Kanga et autres, 2012). Seulement 1,1 % de ces conflits affecte le bétail (Kanga et autres, 2012). Le

nombre de conflits et d'attaques mortelles signalées a augmenté dans les dernières années et ne risque pas de diminuer, parce que les changements climatiques provoqueront davantage de sécheresse dans plusieurs régions d'Afrique (Lewison et Oliver, 2008; Kendall, 2011). L'espace disponible pour l'hippopotame sera restreint encore davantage et les confrontations seront plus nombreuses (Lewison et Oliver, 2008; Kendall, 2011).

Les dégâts dans les cultures qui sont engendrés par l'hippopotame qui s'y alimente la nuit sont importants, car l'animal consomme une bonne variété d'espèces, mais aussi parce qu'il les piétine (Clarke, 1953; Eltringham, 1999; Kendall, 2011). Ces pertes s'expliquent principalement par le manque de pâturages naturels adéquats et l'opportunité d'accéder facilement à une alimentation alternative à faible toxicité qui est très nutritive (Naughton-Treves et autres, 2003; Osborn et Hill, 2005; Cerling et autres, 2008; Kanga et autres, 2012). De façon générale, les cultures choisies sont souvent particulièrement vulnérables aux pillages par la faune sauvage (Kanga et autres, 2012). Par exemple, les cultures de riz, de maïs et de céréales sont très susceptibles d'être dévastées, car l'hippopotame consomme les Graminées abondamment (Clarke, 1953; Eltringham, 1999; Amoussou et autres, 2006; Kendall, 2011; Dibloni, 2012). De plus, les cultures n'étant pas nécessairement synchrones avec les sources naturelles d'alimentation, elles peuvent être particulièrement attrayantes lorsque les sources naturelles sont épuisées ou lorsque leur stade de maturité n'est pas optimal pour la consommation (Sekhar, 1998).

D'après les résultats de Kanga et autres (2012), ce pillage des champs se déroule principalement au début de la saison sèche, soit durant la période où la majorité des cultures atteint la maturité au Kenya. Toutefois, en Tanzanie, les études de Kendall (2011) indiquent que les champs sont pillés en saison des pluies, lorsque les plants sont jeunes et qu'ils ressemblent donc possiblement davantage aux herbes consommées par l'hippopotame. Le pillage étant effectué la nuit, effrayer l'animal représente ipso facto un défi supplémentaire (Kendall, 2011). L'animal représente alors un danger sur terre la nuit, et un danger sur l'eau de jour.

Les coûts associés aux pertes agricoles à l'échelle du continent africain ne sont pas connus notamment parce que les pertes ne sont pas forcément déclarées (Eltringham, 1999). De toutes les façons, les chiffres ne permettent pas nécessairement de juger ce que la perte représente vraiment pour les populations locales (Hill et autres, 2002). Les pertes auront des conséquences notables sur les populations locales et la sécurité alimentaire des familles affectées, alors que ce sont déjà les plus pauvres et les sous-nourris qui dépendent le plus directement des écosystèmes naturels conflictuels (Hill et autres, 2002; Lamarque et autres, 2009; Barua et autres, 2013). En effet, les gens qui meurent dans les conflits avec la faune proviennent généralement des sphères socioéconomiques les moins bien nanties de la société (Barua et autres, 2013). Elles sont donc particulièrement vulnérables aux risques auxquels elles font face (Dickman, 2010).

En plus des impacts qui peuvent être constatés sur le terrain, les conflits ont des impacts indirects, ou cachés, sur les populations. Ils peuvent altérer la santé physique et mentale des populations, de même que l'alimentation, l'éducation et donc leur développement, de sorte que les effets sont beaucoup plus profonds qu'en apparence et pourront même bouleverser une communauté entière (Lamarque et autres, 2009; Barua et autres, 2013). Par exemple, la mort du principal gagnant de pain implique le transfert de la charge économique sur les autres membres de la famille, notamment sur les enfants, et ceux-ci risquent de ne plus aller à l'école (Lamarque et autres, 2009; Barua et autres, 2013).

Une portion de la problématique concerne également les conflits entre les populations locales et le gouvernement, car celles-ci considèrent que le gouvernement est responsable des dégâts. En effet, les populations ne peuvent plus gérer les animaux sauvages comme elles le faisaient jadis, car le gouvernement le leur interdit (O'Connell-Rodwell et autres, 2000; Hill et autres, 2002). Ainsi, la faune sauvage est considérée comme un bétail qui appartiendrait au gouvernement, mais qui ne serait pas contrôlé par celui-ci, de sorte que le gouvernement est considéré comme un propriétaire de bétail irresponsable (O'Connell-Rodwell et autres, 2000; Hill et autres, 2002).

Généralement, un agriculteur est plus susceptible d'accepter la présence de l'hippopotame, et donc d'accepter les pertes, s'il peut tirer un quelconque bénéfice de sa présence (Eltringham, 1999). Certaines cultures africaines vénèrent l'hippopotame, favorisant ainsi éventuellement sa conservation, mais il semblerait que l'animal soit chassé un peu partout, notamment parce qu'il est nuisible pour les populations locales (Eltringham, 1999; Amoussou et autres, 2006; Kanga et autres, 2012). D'ailleurs, l'abattage de masse est parfois pratiqué là où il y a surabondance d'hippopotames (Eltringham, 1999).

Enfin, plusieurs mesures de gestion existent, mais il est tout de même urgent d'effectuer davantage de recherches à cet effet et d'accorder plus d'importance à la problématique des hippopotames (Eltringham, 1999). À l'heure actuelle, les aires protégées sont souvent délimitées par des barrières naturelles de nature hydrique qui sont totalement inadaptées pour les animaux semi-aquatiques tels que l'hippopotame (Lewison et Carter, 2004). Les mesures entreprises doivent donc être adaptées à l'hippopotame tout en s'attaquant à la portion invisible des conflits générés (Dickman, 2010). Comme l'hippopotame figure sur l'appendice II de la CITES, les organisations de conservation doivent aider les communautés à cohabiter avec les populations d'hippopotames (O'Connell-Rodwell et autres, 2000).

## **2.2 Gestion du conflit homme hippopotame**

Gérer les conflits entre la faune et l'homme est particulièrement complexe, car deux mandats contradictoires en découlent (Treves et Naughton-Treves, 2005). Généralement, une part du public, les citadins en particulier, souhaite que la faune soit protégée tandis qu'une autre part, constituée surtout d'agriculteurs et d'éleveurs, souhaite être protégée de la faune avant tout (Treves et Naughton-Treves, 2005). Toutefois, cette dernière assume inéquitablement le poids économique du conflit (Sibanda et Omwega, 1996; Nyhus et autres, 2005; Barua et autres, 2013).

La gestion du conflit représente plus qu'une gestion de la faune, elle implique la gestion de ressources humaines et doit donc être adaptée aux populations locales (Muruthi, 2005; Osborn et Hill, 2005). La problématique est complexe et des conflits sous-jacents entre humains, notamment entre les autorités et les populations, la compliquent encore davantage (Dickman, 2010).

Contrairement au conflit homme-éléphant, peu d'études sont consacrées au conflit homme-hippopotame (Hill et autres, 2002; Naughton-Treves et Treves, 2005). Ainsi, certaines méthodes doivent être testées et adaptées à l'hippopotame (préférences alimentaires, taille, dextérité et écologie). Néanmoins, les principes généraux de gestion de conflit entre l'homme et la faune sauvage demeurent valides (Osborn et Hill, 2005). Cette problématique est très complexe et ne peut être résolue que par des moyens techniques (Hill et autres, 2002).

Globalement, les études sur la gestion de conflit avec la faune répondent à cette problématique par deux méthodes. La première consiste à réduire ou prévenir le conflit en s'attaquant directement à sa cause tandis que la seconde méthode vise à l'atténuer en augmentant la tolérance des populations humaines à son égard (Muruthi, 2005; Treves et autres, 2009). Lorsque les espèces sont menacées et que l'élimination ne peut donc être considérée, les programmes qui favorisent la tolérance représentent une voie à considérer (Nyhus et autres, 2005). Cependant, ces mesures ne s'attaquent pas à la source du problème (Karanth et Madhusudan, 2002; Kiss, 2004; Nyhus et autres, 2005).

Des analyses coûts-bénéfices permettent de déterminer si accepter le problème est plus avantageux que l'éliminer, ou du moins, fixer un seuil au-delà duquel les efforts de protection dépassent les gains (Osborn et Hill, 2005). Les coûts de la gestion du conflit, soit les coûts indirects tels que la surveillance ou la mise en place de clôture, ne doivent pas être supérieurs aux coûts associés directement aux conflits, comme la diminution des rendements des cultures associée aux pillages (Hill, 1997).

Théoriquement, afin d'apaiser un conflit, augmenter la tolérance aux dommages peut être aussi efficace que réduire les dommages en protégeant les champs (Osborn et Hill, 2005). En effet, l'opinion négative des communautés et des agriculteurs par rapport aux espèces problématiques peut changer lorsque les individus sont compensés d'une quelconque façon pour les dégâts (Archabald et Naughton-Treves, 2001; Quigley et Herrero, 2005). Cette compensation peut être directe, par exemple si les individus sont payés pour les dégâts occasionnés, ou être indirecte, si les individus sont autorisés à tirer certains bénéfices ou bienfaits, notamment, par des activités telles que la chasse et l'écotourisme (Lamarque et autres, 2009). Dès lors, il faut s'assurer que la compensation profite aux individus affectés; les compensations communautaires ne leur profitent pas nécessairement (O'Connell-Rodwell et autres, 2000).

D'ailleurs, plusieurs facteurs vont influencer la tolérance aux dommages engendrés, notamment la culture (Sekhar, 1998; Karanth et Madhusudan, 2002) (Tableau 2.1). Généralement, aucun animal qui tue des humains n'est toléré (Karanth et Madhusudan, 2002). Par conséquent, les animaux qui font peur, les animaux de grande taille et les animaux dangereux, par exemple les éléphants, sont souvent accusés à

tort lorsque des cultures sont endommagées (Sutton et autres, 2002; Walpole et autres, 2003; Zhang et Wang, 2003). En réalité, le bétail inflige généralement plus de dégât que la faune sauvage, mais la tolérance est plus grande face au bétail (Nyhus et autres, 2005).

**Tableau 2.1 Niveaux de tolérance à la faune nuisible aux cultures selon des facteurs socio-économiques et écologiques** (traduction libre de : Naughton-Treves et Treves, 2005, p. 266).

Facteurs	Tolérance	
	Élevée	Faible
<b>Socio-économiques :</b>		
Disponibilité des terres	Terres abondantes	Terres rares
Propriétaire de la faune	Dieu, soi-même ou la communauté	Le gouvernement ou l'élite
Stratégie d'adaptation	Variées, non régulées	Restreintes, très régulées
Unité sociale d'absorption des pertes	Une communauté ou un groupe	Un individu ou un foyer
Disponibilité de la main-d'oeuvre	Abondante, abordable	Rare, onéreuse
Valeur de la faune	Élevée (chasse, tourisme, etc.)	Faible (vermine)
Capital et travail investis dans la culture	Faible	Élevé
Revenus alternatifs	Variés	Aucun
<b>Écologiques :</b>		
Taille de la faune	Petite, non menaçante	Grande, menaçante
Moment du pillage par rapport au moment de récolte	Début	Fin
Taille du groupe faunique	Solitaire	Grand
Dommages	Cryptiques	Évidents
Éventail des cultures préférées	Étroit	Large
Parties des cultures endommagées	Feuilles seulement	Fruits, tubercules, moelle, graines
Moment des pillages	Jour	Nuit
Ampleur des dommages aux cultures	Limitée	Illimitée
Fréquence des pillages	Rare	Chronique

Enfin, il est possible de réduire les conflits à la source par différentes méthodes telles que la délocalisation, les tactiques de diversion, l'éducation, la surveillance active, l'utilisation de systèmes répulsifs, l'utilisation de barrières physiques et l'élimination. D'un autre côté, la compensation directe et l'écotourisme permettent d'atténuer les conflits en favorisant la tolérance à l'égard de la faune. L'idéal est de combiner plusieurs de ces méthodes qui sont présentées ci-dessous (Hill et autres, 2002; Nyhus et autres, 2005).

### 2.2.1 La délocalisation

Lorsque la faune et l'homme ne peuvent pas cohabiter convenablement, la délocalisation de l'un ou l'autre peut-être la solution la plus adaptée à la situation (Lamarque et autres, 2009). En effet, si les populations humaines sont volontaires et peuvent recevoir des incitatifs, tels que des terres ou de l'argent, la délocalisation peut-être la méthode la plus efficace, économique et pratique (Karanth et Madhusudan,

2002). Néanmoins, il faut s'assurer que les populations soient compensées adéquatement et qu'elles soient déménagées sur un site où elles peuvent s'établir sans opposition politique, sociale ou culturelle (Karanth et Madhusudan, 2002; Lamarque et autres, 2009).

La délocalisation de la faune présente d'autres défis. D'une part, elle requiert des connaissances pour que les animaux soient capturés sécuritairement et peut être très coûteuse, surtout lorsque des tranquillisants sont utilisés (Karanth et Madhusudan, 2002; Lamarque et autres, 2009). D'autre part, il faut s'assurer que les animaux ne reviennent pas sur place, ce qui arrive souvent (Muruthi, 2005; Osborn et Hill, 2005; Lamarque et autres, 2009). Finalement, capturer un hippopotame et le déplacer est une tâche ardue qui n'aurait été accomplie avec succès qu'une seule fois, en Afrique du Sud, selon Eltringham (1999). Avant la commercialisation du Butorphanol dans les années 90, il était pratiquement impossible d'anesthésier un hippopotame, parce que les produits disponibles avaient des effets secondaires importants sur son système respiratoire (Espie, 2011).

### **2.2.2 Les tactiques de diversion**

L'utilisation de tactiques de diversion vers des sources alternatives de nourriture, d'eau ou de salines est très peu commune (Zhang et Wang, 2003; Muruthi, 2005; Lamarque et autres, 2009). Des techniques de diversion ont été utilisées avec succès en Amérique du Nord, en Europe et en Asie, notamment avec les éléphants, mais l'utilisation de ces techniques sur l'hippopotame n'est pas décrite dans la littérature (Karanth et Madhusudan, 2002; Zhang et Wang, 2003; Lamarque et autres, 2009). Toutefois, cette méthode semble peu pertinente en Afrique, parce qu'une portion importante de la population souffre de malnutrition (Lamarque et autres, 2009). De plus, cela pourrait favoriser une augmentation de la population animale visée, qui reviendrait possiblement en force, surtout si l'approvisionnement alternatif n'est pas maintenu (Muruthi, 2005).

### **2.2.3 L'éducation**

L'ampleur d'un conflit peut-être réduit par l'éducation afin que les populations adoptent des comportements plus adéquats lors des rencontres avec la faune et afin de réduire la vulnérabilité des cultures (Karanth et Madhusudan, 2002; Lamarque et autres, 2009).

Le comportement à adopter en cas d'attaque de carnivores semble bien décrit pour de nombreuses espèces. Néanmoins, alors que les mégaherbivores génèrent sensiblement autant de mortalité (Quigley et Herrero, 2005), la réaction à adopter face à ceux-ci est peu décrite. Considérant la puissance et la morphologie de l'hippopotame, prendre la fuite est la meilleure option. Sur terre, les terrains escarpés avec des obstacles avantageront l'homme (Lamarque et autres, 2009). Sur l'eau, il est suggéré de taper sur les bordures de son embarcation pour signaler sa position et pour éviter qu'un hippopotame resurgisse accidentellement sous l'embarcation (Coppinger, 2010; Expérience personnelle de l'auteur au Cameroun, 2014).

Pour limiter les dégâts aux cultures, les communautés peuvent adapter leurs pratiques. Par exemple, des activités alternatives, telles que l'élevage et l'apiculture, peuvent être encouragées dans les zones où les conflits sont trop importants (Walpole et autres, 2003). En outre, la culture d'espèces alternatives et moins comestibles telles que le tabac, le gingembre et le piment permet de réduire les pillages (Karanth et Madhusudan, 2002; Walpole et autres, 2003; Parker et Osborn, 2006; Lamarque et autres, 2009).

Cependant, il n'est pas toujours possible d'envisager ces changements qui sont parfois complexes. En effet, le choix d'une culture, entre deux céréales par exemple, est un compromis entre les coûts et bénéfiques qui peuvent être associés au travail demandé pour labourer et récolter une culture donnée, à sa conservation, à sa préparation, ainsi qu'aux préférences alimentaires et aux traditions (Hill, 1997).

De plus, l'éducation peut servir à la promotion de la conservation (Lamarque et autres, 2009). D'ailleurs, compléter cette éducation avec une approche religieuse peut faciliter la sensibilisation des croyants. Certains écrits saints, notamment le Coran, comprennent des passages qui encouragent la préservation de la nature (McKay et autres, 2013).

#### **2.2.4 La surveillance active**

Faire du bruit à l'aide d'objets (ex. : tambours), crier, lancer des objets ou utiliser des chiens est communément pratiqué par les agriculteurs africains afin de chasser les animaux qui pillent les cultures (Hill, 1997; Nyhus et autres, 2003; Walpole et autres, 2003; Osborn et Hill, 2005; Lamarque et autres, 2009). De plus, les agriculteurs entourent parfois leurs terres de gros feux pour effrayer la faune, ce qui est très coûteux en bois de feu, d'autant plus que les ressources en bois sont parfois limitées (Osborn et Hill, 2005). Néanmoins, certains animaux notamment les singes et les éléphants s'habituent rapidement à ce genre de menaces qui ne représentent pas des risques réels (Osborn et Parker, 2002; Walpole et autres, 2003; Osborn et Hill, 2005; Muruthi, 2005). D'ailleurs, les tirs d'armes à feu en l'air ne semblent pas effrayer l'hippopotame (Mkanda, 1994).

Enfin, la surveillance active des champs présente certains inconvénients en plus du danger qu'elle implique. De nuit, les surveillants sont particulièrement à risque des piqûres de moustiques (*Anopheles*) et donc de contracter un paludisme (Osborn et Parker, 2002). De plus, cette tâche alourdit la charge de travail d'un foyer de sorte que les enfants devront possiblement participer aux tâches domestiques plutôt que d'aller à l'école (Hill et autres, 2002; Osborn et Hill, 2005; Barua et autres, 2013).

#### **2.2.5 Les systèmes répulsifs**

Dans le parc national kenyan Amboseli, des tests ont été concluants pour repousser des éléphants en faisant jouer des enregistrements sonores de bruits de bétail de vache (Osborn et Hill, 2005). En Namibie, des enregistrements ont aussi été utilisés, cependant, les enregistrements sonores de bruits d'éléphants qui ont été utilisés ne repoussaient pas les éléphants (O'Connell-Rodwell et autres, 2000). Cette méthode

au succès mitigé est relativement coûteuse, d'autant plus que les fréquences graves des enregistrements utilisés requièrent des équipements spécialisés (Osborn et Hill, 2005).

Le piment (*Capsicum sp.*) en aérosol, tel qu'utilisé en Amérique du Nord pour se protéger des ours, peut servir pour repousser efficacement des éléphants (Osborn, 2002; Osborn et Hill, 2005; Hoare, 2012). De plus, le piment peut être mélangé avec des excréments afin de former des briques qui, lorsqu'elles sont brûlées, génèrent une fumée repoussant efficacement les éléphants (Hoare, 2012). Ces méthodes gagneraient à être testées avec les hippopotames, toutefois, leur efficacité dépend des vents (Hill et autres, 2002).

### **2.2.6 Les barrières physiques**

L'utilisation de clôtures, de tranchées, de murets ou d'arbustes (ex. : *Caesalpinia decapetala*) pour bloquer l'accès aux terres agricoles est répandue (Hill et autres, 2002; Walpole et autres, 2003; Muruthi, 2005; Lamarque et autres, 2009). Celles-ci doivent être adaptées aux animaux, par exemple selon leur taille ou leur capacité à creuser sous les barrières. Par exemple, il semble que l'éléphant puisse franchir des tranchées d'environ 2 m x 2 m en utilisant son poids pour que les parois des tranchées s'effondrent (Zhang et Wang, 2003).

Selon les matériaux utilisés et les conceptions, ces barrières physiques peuvent être très efficaces, mais aussi très dispendieuses, d'autant plus qu'elles requièrent constamment des entretiens (Sekhar, 1998; Karanth et Madhusudan, 2002; Osborn et Hill, 2005; Muruthi, 2005; Lamarque et autres, 2009; Hoare, 2012). Par exemple, bien que les clôtures électriques repoussent souvent les éléphants de parcelles cultivées, les coûts importants de ces installations rendent leur application à grande échelle peu réaliste dans les pays en développement, à moins d'être financés par des organismes d'aide internationale (Osborn et Hill, 2005). En outre, l'utilisation de clôtures électriques est peu reconnue parce que les risques de vol des matériaux rendent cette approche peu durable (Osborn et Hill, 2005; Lamarque et autres, 2009; Hoare, 2012). D'ailleurs, l'efficacité des clôtures électriques n'est assurée que lorsque le sol est assez humide de sorte que la mise à terre permet de générer une décharge assez importante pour un éléphant (O'Connell-Rodwell et autres, 2000). De toutes les façons, comme les clôtures sont souvent mal entretenues, elles deviennent rapidement inefficaces, de sorte que le clôturage apparaît uniquement comme une solution efficace à court terme (Okello et D'amour, 2008). De plus, les clôtures, selon les types, peuvent fournir du matériel de fabrication de pièges pour les braconniers et nuire aux déplacements d'autres espèces involontairement (Hill et autres, 2002; Woodroffe et autres, 2005b).

Au Kenya, des clôtures originales qui intègrent des ruches d'abeilles qui seront dérangées au contact du câble de la clôture (*Apis mellifera scutelata*) ont été testées et celles-ci semblent repousser efficacement les éléphants (King et autres, 2009; King et autres, 2011). Bien que ces installations n'aient pas été testées sur de longues périodes, les coûts de ces clôtures peuvent être amortis par les revenus générés par le miel des ruches, ce qui rend cette option particulièrement attrayante (King et autres, 2009; King et



autres, 2011; Hoare, 2012). Cependant, ces clôtures ne semblent pas avoir été testées avec des hippopotames et la vulnérabilité de l'hippopotame aux abeilles n'est pas décrite dans la littérature.

Selon Clarke (1953), de simples barrières physiques telles qu'une clôture basse constituée d'un câble d'acier pourraient être suffisantes pour bloquer l'hippopotame, tout particulièrement si elles sont posées directement sur la berge, car l'animal serait moins puissant lorsqu'il émerge de l'eau. Toutefois, Delisle (communication personnelle, mai 2015) affirme que des clôtures et des barrières ont déjà été détruites par les Hippopotames au Niger. Enfin, Eltringham (1999) suggère qu'une combinaison de clôtures et de tranchées bloquerait le passage des hippopotames, mais les résultats de cette combinaison sont inconnus.

### **2.2.7 L'élimination**

Traditionnellement, les organisations de gestion de la faune ne cherchaient pas nécessairement à protéger la faune et visaient essentiellement à assurer la sécurité humaine et le développement agricole (Treves et Naughton-Treves, 2005). Par conséquent, la méthode la plus pratique et abordable pour réduire le conflit avec l'homme consistait à abattre les animaux problématiques (Muruthi, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005; Treves et autres, 2006). Cet abattage a conduit à de multiples extinctions, comme celle du thylacine ou loup marsupial (*Thylacinus cynocephalus*) en Tasmanie et à la réduction considérable des aires de répartition de nombreuses espèces telles que le loup (*Canis lupus et Canis rufus*) en Amérique du Nord, avec l'arrivée des pionniers européens bien armés (Woodroffe, 2000; Muruthi, 2005; Woodroffe et autres, 2005a). En outre, le droit traditionnel africain conférait l'autorisation à un chasseur de tuer les animaux problématiques, comme les éléphants (Sibanda et Omwega, 1996; O'Connell-Rodwell et autres, 2000; Osborn et Hill, 2005).

Plusieurs programmes d'élimination existent : l'éradication, l'abattage massif, l'abattage ciblé et le prélèvement (Muruthi, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005). Ces méthodes sont relativement efficaces à la gestion des conflits entre la faune et l'homme, car les conflits sont généralement réduits ou éliminés lorsque la taille de la population conflictuelle diminue (Treves et Naughton-Treves, 2005). Néanmoins, ces méthodes s'opposent aux principes de la conservation. L'éradication, soit l'élimination totale d'une espèce sur un territoire donnée ne peut être envisagée dans le cas de l'hippopotame qui est considéré menacé, bien qu'elle permette d'éliminer le conflit à sa source (Muruthi, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005). Aussi, l'abattage massif permet de réduire considérablement les conflits en diminuant les effectifs des populations trop abondantes, comme l'abatage de 50 % des hippopotames du Lac Georges en Ouganda dans les années 50 (Eltringham, 1999). L'abattage peut ainsi être pratiqué par prévention lorsque certaines populations prennent de l'expansion rapidement (Treves et Naughton-Treves, 2005). Il devient alors possible d'extraire la viande des bêtes tuées, mais lorsque les animaux abattus sont de grande taille et sont abattus en grand nombre, préserver toute la viande représente un défi (Le Bel et autres, 2013).

Encore aujourd'hui, l'abattage ciblé est souvent la méthode préconisée pour résoudre le conflit avec la faune, dépendant des espèces, des sociétés, des cultures et de la tolérance aux dommages engendrés (Woodroffe, 2000; Treves et Naughton-Treves, 2005). En effet, le refus social d'accepter la pratique de la chasse et de l'abattage peut, selon les cultures, représenter un obstacle à l'élimination. Cependant, cette intolérance se fait plutôt sentir dans les pays développés (Treves et Naughton-Treves, 2005).

L'abattage sélectif est pratiqué principalement par les gouvernements ou les organisations non gouvernementales pour les cas d'animaux rares ou menacés en plus des chasseurs locaux et des chasseurs de trophées (Treves et Naughton-Treves, 2005; Lamarque et autres, 2009). Si un ou quelques individus en particulier sont la source de dommages, un abattage les ciblant pourrait résoudre la source du problème. D'ailleurs, si les individus particulièrement problématiques sont ciblés, leur élimination pourrait éventuellement engendrer une sélection favorable aux individus qui évitent l'homme et qui génèrent moins de conflits (Treves et Naughton-Treves, 2005). Néanmoins, peu d'études suggèrent que l'abattage résout totalement un conflit, à moins que toute la population soit décimée (Osborn et Hill, 2005). En effet, il est souvent difficile de cibler efficacement les animaux responsables et n'importe quel animal est parfois tué pour satisfaire un désir de vengeance (Muruthi, 2005; Lamarque et autres, 2009). De toutes les façons, selon Treves et Naughton-Treves (2005), il n'est pas judicieux d'opter pour un abattage sélectif lorsque toutes les cibles représentent potentiellement une menace. En outre, quoique l'abattage sélectif puisse représenter un impact faible par rapport à la densité d'une population, l'impact peut être amplifié par des facteurs sociaux. L'élimination de quelques individus en particulier, peut bouleverser la structure d'un groupe social, sa capacité à se défendre ou à chasser, notamment chez le chimpanzé (*Pan troglodytes*) et le lycaon (*Lycaon pictus*) (Treves et Naughton-Treves, 2005; Woodroffe et autres, 2005a). Aussi, les liens entre les populations animales impliquent qu'affecter une seule population puisse avoir des conséquences sur un plus grand nombre d'animaux (Woodroffe et autres, 2005a). Ces facteurs peuvent conduire à des extinctions locales, même si tous les individus ne sont pas tués; l'éléphant fuit parfois les zones où ses congénères ont été tués (Whyte, 1993; Woodroffe et autres, 2005a). Enfin, cette méthode est possiblement plus adaptée aux carnivores lorsque certains individus sont des mangeurs d'hommes réguliers (Karanth et Madhusudan, 2002).

La chasse, ou le prélèvement, peut être autorisée au public, et peut être orientée vers les individus problématiques, ce qui permet de valoriser la bête tuée, notamment pour sa chair ou sa peau (Muruthi, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005). Les bénéfices qu'en tirent les populations locales peuvent favoriser leur tolérance et leur soutien envers la conservation de l'espèce (Leader-Williams et Hutton, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005). Il faut alors que les bénéfices associés à l'extraction compensent les pertes, que les individus qui sont affectés puissent en profiter et que l'échelle de prélèvement soit assez petite pour ne pas compromettre la survie de la population (Leader-Williams et Hutton, 2005). Ainsi, cette pratique doit être régulée rigoureusement dans le temps et dans l'espace, puis les moyens techniques autorisés pour chasser doivent être définis clairement (Muruthi, 2005). En effet,

une chasse peu régulée peut conduire rapidement à l'extinction des espèces sur de grandes étendues (Naughton-Treves et autres, 2003). Il peut toutefois être difficile d'effectuer une politique et une réglementation efficace, c'est pourquoi beaucoup d'espèces ont été surexploitées en ce sens (Leader-Williams et Hutton, 2005).

En plus de réguler les populations et d'éliminer les individus particulièrement problématiques, la chasse peut générer des revenus importants, notamment via la chasse aux trophées (Wilkie et Carpenter, 1999; Leader-Williams et Hutton, 2005; Lewis et Jackson, 2005; Lamarque et autres, 2009). En Afrique du Sud, un forfait de chasse tout inclus pour un hippopotame coûte aux alentours de 9000 \$ US (African Sky Hunting, 2015; Hunting Legends, 2015). Néanmoins, la chasse sportive à l'hippopotame n'est pas très appréciée par les chasseurs (Roulet, 2004). Le *big 5*, soit l'éléphant, le rhinocéros noir ou blanc, le lion, le léopard (*Panthera pardus*) et le buffle d'Afrique (*Syncerus caffer*), demeure le gibier le plus populaire en Afrique (Taylor et autres, 2005). Une distribution équitable de ces revenus et de la viande peut favoriser la tolérance des populations locales et leur soutien envers la conservation de l'espèce (Leader-Williams et Hutton, 2005; Treves et Naughton-Treves, 2005). Cependant, toutes les cultures africaines ne souhaitent pas nécessairement tirer profit du corps d'un hippopotame. Certaines tribus de Zambie et de Tanzanie n'apprécient pas la viande d'hippopotame, car ils considèrent que celle-ci peut transmettre la lèpre tandis que d'autres tribus de Zambie considèrent que cette viande est une délicatesse (Chomba et autres, 2013; Chomba et autres, 2014).

Dans tous les cas, lorsque des programmes d'élimination sont envisagés, il est bien important de clarifier qui, et quelle méthode seront autorisés, de même que spécifier les circonstances et les périodes permises (Treves et Naughton-Treves, 2005). De plus, considérant l'imprévisibilité des causes de mortalité stochastiques, il est préférable d'adopter ces mesures avec prudence (Treves et Naughton-Treves, 2005).

### **2.2.8 La compensation directe**

Théoriquement, les compensations directes permettent d'augmenter la tolérance et bonifient éventuellement l'attitude des populations afin qu'elles soutiennent la conservation de l'espèce (Nyhus et autres, 2005). En l'absence de programme de compensation efficace direct ou indirect, les populations sont enclines à braconner ou à tuer pour se venger (Nyhus et autres, 2005; Lamarque et autres, 2009). Toutefois, bien que ce mécanisme vise à réduire les coûts assumés par les victimes, son efficacité n'est pas assurée (Nyhus et autres, 2005). D'ailleurs, lorsque mal conçus, ces programmes peuvent avoir des effets néfastes en plus de gaspiller des ressources financières (Nyhus et autres, 2005).

Ces programmes sont complexes et pour être efficaces, une multitude d'éléments doivent être compris. En effet, ces programmes doivent être justes, rapides, accessibles, transparents, bien définis, c'est-à-dire que les types de dommages et les circonstances des dégâts visés par les programmes doivent être clairs, puis ils doivent inclure des mécanismes de vérification des pertes et de financement durable (Muruthi, 2005; Nyhus et autres, 2005; Lamarque et autres, 2009).

La vérification est essentielle pour éviter toute surestimation des dommages ou des demandes frauduleuses (Sekhar, 1998; Nyhus et autres, 2005). De plus, la vérification doit être faite rapidement, non seulement pour éviter toute disparition des preuves, mais surtout pour effectuer les remboursements rapidement afin d'éviter que les agriculteurs se frustrant et se vengent sur la faune (Nyhus et autres, 2005). Par ailleurs, lorsqu'il est compliqué d'effectuer une demande de compensation, que le mécanisme de remboursement est lent et incertain, et qu'effectuer la demande implique des dépenses, notamment de déplacements, les populations locales sont rarement satisfaites (Nyhus et autres, 2005; Barua et autres, 2013).

La compensation doit d'être juste par rapport aux dommages évalués (Nyhus et autres, 2003; Nyhus et autres, 2005). Souvent, lorsque la valeur des remboursements est inférieure à la valeur des pertes sur le marché, les programmes ne réussissent pas (Nyhus et autres, 2003; Nyhus et autres, 2005). Par conséquent, pour déterminer les remboursements appropriés et adapter le mécanisme à la réalité et à la culture locales, les populations locales doivent participer à l'élaboration des mécanismes de compensation. De plus, comme celles-ci ont tendance à gonfler leurs réclamations, il est essentiel de négocier une compensation convenable avec les parties prenantes (Sekhar, 1998). Néanmoins, décider des montants alloués peut être extrêmement ardu, voire immoral, tout particulièrement lorsque des vies humaines sont en jeu. Par exemple, des familles zimbabwéennes ont reçu l'équivalent de 273 \$ US lorsqu'un membre était tué par un éléphant en 2001 et cette somme peut sembler ridicule pour un Occidental (Nyhus et autres, 2005).

Comme la compensation n'inclut aucune mesure visant à réduire l'incidence des conflits, les programmes de compensation doivent posséder un financement durable adapté à la gravité et à la fréquence des dégâts (Nyhus et autres, 2005; Hoare, 2012). D'ailleurs, les dépenses associées aux programmes de compensation ne se résument pas aux remboursements des dégâts; elles incluent aussi les frais de gestion et de vérification (Nyhus et autres, 2005). Par exemple, au Niger, un budget d'environ 320 millions de F CFA (environ 660 000 \$ CA) a été réservé pour gérer le conflit homme-éléphant sur une période de 10 ans sans même qu'une partie de ce montant soit conservée pour la compensation directe : 200 millions de F CFA (410 000 \$ CA) serviront à développer un plan de gestion et former des équipes, 100 millions de F CFA (205 000 \$ CA) millions seront alloués à la mise en place d'un mécanisme de prise en charge des dégâts et 20 millions de F CFA (45 000 \$ CA) seront utilisées pour définir les formes et les critères de compensation des dégâts (Niger. Direction de la Faune, de la Chasse et des Aires Protégées, 2010).

La compensation peut avoir certains effets pervers. Par exemple, les gens ont parfois moins tendance à essayer de réduire le conflit et limiter les dégâts lorsque qu'ils savent qu'ils seront compensés pour les dégâts occasionnés (Nyhus et autres, 2003; Nyhus et autres, 2005; Hoare, 2012). Dès lors, démontrer des efforts visant à réduire le conflit peut être imposé dans les critères d'éligibilité du programme de compensation. D'un autre côté, une franchise peut être exigée, ou du moins le montant de la

compensation pourrait être inférieur aux dégâts afin d'encourager les agriculteurs à protéger leurs cultures. Les mécanismes de compensation peuvent donc s'inspirer de l'industrie de l'assurance (Nyhus et autres, 2005). Toutefois, une assurance véritable ne serait pas pour autant accessible financièrement (Nyhus et autres, 2003; Nyhus et autres, 2005). D'ailleurs, d'après Bulte et Rondeau (2007), la compensation peut être néfaste pour la faune dans la mesure où la compensation incite à cultiver davantage, à effectuer moins de surveillance et donc à détruire davantage l'habitat naturel. En effet, même si moins de braconnage est effectué, la compensation ne rime pas nécessairement avec la conservation (Bulte et Rondeau, 2007).

Il est primordial que le processus de paiement soit transparent et qu'il soit vérifié afin d'éviter que quelques individus manipulent le programme (Nyhus et autres, 2003; Nyhus et autres, 2005; Barua et autres, 2013). En effet, les programmes de compensation sont particulièrement sensibles à la corruption, c'est pourquoi ils ont été abandonnés à bien des endroits, notamment au Kenya (Karanth et Madhusudan, 2002; Nyhus et autres, 2005; Lamarque et autres, 2009; Hoare, 2012). Hélas, la corruption affecte gravement le continent africain. Sur une échelle de 0 à 100 développée par Transparency International (2014), où 0 représente le maximum de corruption, presque tous les pays d'Afrique subsaharienne obtiennent un score inférieur à 40.

### **2.2.9 L'écotourisme**

L'écotourisme, soit le tourisme responsable qui promeut la conservation, l'épanouissement des populations locales et l'éducation, se base sur la prémisse que la dépendance des communautés aux attraits fauniques et floristiques pour générer des revenus incitera les communautés à préserver la nature (Kiss, 2004; The International Ecotourism Society (TIES), 2015). Toutefois, bien que certains sites écotouristiques fonctionnent bien, notamment au Costa Rica, le succès de cette forme de compensation indirecte est mitigé en Afrique (Archabald et Naughton-Treves, 2001; Kiss, 2004; Walpole et Thouless, 2005; Hunt et autres, 2015). Généralement, les tours sont organisés à l'étranger de sorte qu'une quantité considérable d'argent ne profite localement (Sibanda et Omwega, 1996).

Le succès de l'écotourisme repose sur 3 principaux éléments. Premièrement, l'entreprise doit générer des bénéfices nets pour la communauté. Deuxièmement, la répartition de ces bénéfices doit tenir compte du coût assumé par chacun de côtoyer la faune. Enfin, le lien entre ces bénéfices et la faune doit suggérer le besoin de la conserver. (Walpole et Thouless, 2005).

La viabilité commerciale d'un développement touristique dépend de l'accessibilité du site, de sa sécurité, de sa qualité, de son originalité, de sa commercialisation, des coûts et du marché. D'abord, le développement d'infrastructures touristiques peut demander des investissements importants. Comme les communautés locales n'ont pas forcément les moyens financiers nécessaires, ces initiatives dépendent souvent de dons de l'extérieur (Walpole et Thouless, 2005). Ensuite, une accessibilité trop restreinte et des risques trop importants en terme de santé ou d'instabilité politique freineront les touristes de la faune

qui arrivent généralement d'Europe ou d'Amérique du Nord (Wilkie et Carpenter, 1999). La possibilité et la probabilité de voir aisément la faune sont une priorité pour les touristes (Wilkie et Carpenter, 1999). Comme les sites d'écotourisme sont de plus en plus nombreux en Afrique, chaque développement touristique doit mettre en avant son originalité et adapter son prix pour assurer les visites (Walpole et Thouless, 2005). En revanche, les revenus sont plutôt utilisés par les communautés à des fins sociales plutôt qu'à des fins commerciales, c'est-à-dire que les installations, les activités touristiques et la qualité des services ne sont généralement pas bonifiées avec le temps (Walpole et Thouless, 2005).

Traditionnellement, les développements touristiques dans les aires protégées et en périphérie sont gouvernés par des intérêts commerciaux qui proviennent de l'extérieur de sorte que les revenus ne profitent pas nécessairement localement (Bookbinder et autres, 1998; Walpole et Houless, 2005). De plus, même quand des opportunités d'emploi sont offertes localement, ceux qui profitent ne sont pas nécessairement ceux qui subissent les dégâts. Ceux qui sont employés sont souvent les plus riches et éduqués tandis que les victimes sont généralement plus pauvres et plus dépendantes des activités de subsistance (Walpole et Thouless, 2005). Ainsi, les revenus ont un certain effet positif sur la conservation, mais tous les gens, notamment les victimes, ne bénéficient pas nécessairement des revenus de façon équitable (Bookbinder et autres, 1998; Archabald et Naughton-Treves, 2001; Barua et autres, 2013). Par exemple, en périphérie du parc national du pan de Makgadikgadi au Botswana, moins de 20 % des familles profitent du tourisme tandis que plus de 60 % de celles-ci perdent des têtes de bétail à cause des lions (Hemson et autres, 2009). Lorsque l'entreprise est gérée localement, elle profite davantage à la communauté. D'ailleurs, en plus des revenus, la communauté en tire une certaine fierté. Néanmoins, les initiatives locales ont souvent échoué par manque de professionnalisme, par manque d'attention envers la qualité des services, et parce que les populations locales cernent mal les désirs et attentes des touristes (Walpole et Thouless, 2005).

La tolérance vis-à-vis de la faune n'est augmentée que lorsque les bénéfices atteignent les gens qui subissent les désagréments et que ceux-ci comprennent vraiment le lien entre les bénéfices tirés du tourisme et l'importance de la conservation de la faune (Walpole et Thouless, 2005). Souvent, les communautés sont incitées par les organisations non gouvernementales à investir les bénéfices du tourisme dans des projets communautaires tels que des écoles, des bourses et des cliniques plutôt que de distribuer l'argent, car distribuer les profits représente un défi de taille qui est rarement accompli équitablement (Archabald et Naughton-Treves, 2001; Walpole et Thouless, 2005). En effet, les initiatives communautaires sont particulièrement sensibles à l'exploitation individuelle et à la corruption (Archabald et Naughton-Treves, 2001; Walpole et Thouless, 2005). Cependant, les familles qui sont les plus touchées enverront probablement leurs enfants dans les champs pour surveiller les cultures plutôt que dans les écoles où l'argent est investi (Walpole et autres, 2003). Par conséquent, les revenus pourraient préférablement être investis dans des mesures de réduction du conflit (Walpole et Thouless, 2005).

Il peut être difficile de faire le lien entre la conservation et les bénéfices provenant du tourisme, par exemple, accepter de ne pas tuer le lion qui vient de tuer une vache parce qu'une clinique a été financée par des touristes qui ont payé pour voir le lion. Lorsque les animaux sont abattus ou chassés, les bienfaits sont perçus plus directement et le sentiment de contrôler les animaux sauvages est supérieur, de sorte que ces méthodes tendent à être préférées par les communautés locales (Walpole et Thouless, 2005). En effet, le lien est beaucoup plus clair lorsque quelqu'un paie plusieurs milliers de dollars pour tuer une bête (Woodroffe et autres, 2005b). D'ailleurs, rien n'empêche la personne qui a tué le lion d'utiliser la clinique par la suite (Woodroffe et autres, 2005b). De plus, une vision à court terme peut pousser des individus à maximiser leurs revenus en tirant à la fois des profits du tourisme et de la chasse. Hélas, lorsque les revenus totaux diminueront, il sera peut-être déjà trop tard (Walpole et Thouless, 2005).

Enfin, de telles initiatives sont susceptibles de fonctionner lorsque : le potentiel touristique est élevé, la communauté est soudée, les bénéfices sont associés à la performance, les dirigeants sont influents et non corrompus, et la culture favorise la conservation plutôt que l'exploitation (Walpole et Thouless, 2005).

### **3 L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DE LA CRÉATION D'UN BARRAGE**

Il est difficile d'anticiper l'impact écologique des barrages, car chaque réservoir présente des caractéristiques topographiques et hydrologiques uniques (White, 1969). Néanmoins, tous les barrages altèrent l'écoulement naturel d'un cours d'eau et compromettent directement les fonctions essentielles des écosystèmes en amont et en aval (Bergkampf et autres, 2000).

À notre connaissance, l'impact d'un réservoir sur une population d'hippopotames n'a jamais été étudié en détail. Il est donc primordial d'étudier les conséquences écologiques et environnementales d'un tel ouvrage qui pourraient affecter l'écologie et la démographie de l'hippopotame. En effet, l'impact des barrages sur les poissons a fait l'objet de nombreuses études, mais peu d'ouvrages sont consacrés à l'impact potentiel de la modification du régime hydrique sur les mammifères aquatiques, incluant le lamantin d'eau douce (*Trichechus senegalensis*), tout particulièrement en Afrique (Manful, 2010). Dans le cadre des études d'impact sur la faune piscicole, l'emphase est souvent portée sur la fragmentation de l'habitat, nuisant tout particulièrement aux espèces migratrices (Pringle et autres, 2000). Comme l'hippopotame a la capacité de se déplacer sur la terre ferme, le barrage ne fragmentera pas son habitat, mais constituera toutefois un obstacle à la circulation (BRLI et BERD, 2012). Ainsi, il est essentiel d'étudier l'impact en fonction de l'écologie de l'espèce.

Historiquement, les études d'impact se concentraient sur les effets du passage d'un mode lotique à lentique au niveau du réservoir, tandis que les effets en aval du barrage étaient négligés (White, 1969; Attwell, 1970). Dans le cadre de ce chapitre, l'impact écologique est étudié en amont et en aval, après la création d'un barrage. Cependant, les travaux associés à la création du barrage et la préparation du lit du réservoir, comme la déforestation, entraînent préalablement le déplacement de la faune (petits et grands mammifères) avant même le remplissage du réservoir (Avakyan et Podol'skii, 2002).

#### **3.1 Impact en amont du barrage**

En amont du barrage, l'impact écologique est associé à l'inondation du milieu lors du remplissage du réservoir, à la limnologie du réservoir qui diffère de celle milieux naturels et aux problématiques environnementales typiques des réservoirs.

##### **3.1.1 Impact de l'inondation**

Dans les régions désertiques, où les cours d'eau sont souvent asséchés pendant de longues périodes, les barrages, de par la formation des réservoirs qu'ils engendrent, peuvent transformer une zone inhabitable en habitat favorable pour les animaux et les végétaux (Trefethen, 1971). En effet, les réservoirs permettent la croissance de plantes qui ont besoin d'eau à longueur d'année (Bergkampf et autres, 2000). En revanche, dans les régions plus humides, où l'eau n'est pas un facteur limitant, l'impact de la création d'un réservoir est quasiment toujours négatif, du moins temporairement (Trefethen, 1971). Dès le remplissage du réservoir, des animaux meurent noyés en grand nombre et même la mort d'hippopotames



a déjà été observée (Trefethen, 1971; Avakyan et Podol'skii, 2002). Certains animaux se réfugient sur les îles nouvellement formées, mais celles-ci sont parfois inondées lors du remplissage final (Soils Incorporated [Pty] Ltd et Chalo Environmental and Sustainable Development Consultants, 2000; Avakyan et Podol'skii, 2002). En conséquence, l'inondation peut entraîner une émigration importante sur une grande distance, d'autant plus que les habitats situés à proximité peuvent déjà être utilisés et ne répondent pas nécessairement aux besoins des espèces qui se déplacent (Seaman, 1971; Trefethen, 1971; Wang et autres, 2012). De façon générale, les barrages fragmentent les habitats et deviennent particulièrement nuisibles pour les espèces migratrices, notamment certains poissons ou mammifères aquatiques (Pringle et autres, 2000). Toutefois, cela ne semble pas être une menace pour l'hippopotame qui peut se déplacer sur plusieurs kilomètres hors de l'eau et qui peut même émigrer d'un cours d'eau à un autre (Owen-Smith, 1992).

La formation d'un réservoir implique directement l'inondation et la destruction d'habitats terrestres et riverains (Bergkampf et autres, 2000). Ainsi, la création d'un réservoir peut-être néfaste pour les espèces typiques des cours d'eau et peut conduire à la disparition de certaines espèces, notamment les espèces endémiques spécialisées (Pringle et autres, 2000). En revanche, de nouvelles plaines inondables peuvent aussi être formées suite à l'inondation, de sorte qu'il y a une compensation quant aux pertes (Ramberg, 1987). Par exemple, au Mozambique, Davies et autres (1975) estimaient que la perte des habitats engendrée par le barrage de Cabora Bassa affecterait négativement les hippopotames tandis que ceux-ci ont pu bénéficier d'un nouveau milieu humide créé à la confluence d'une rivière une fois le remplissage terminé. Suite au remplissage du lac Kariba, partagé par la Zambie et le Zimbabwe, l'inondation des forêts riveraines et des plaines a induit une diminution du nombre d'hippopotames dans la région tandis que l'établissement de l'herbe *Panicum repens* environ 4 ans après le remplissage a contribué à l'augmentation des effectifs par la suite (Ramberg, 1987; Soils Incorporated [Pty] Ltd et Chalo Environmental and Sustainable Development Consultants, 2000).

Les espèces adaptées à un environnement lentique peuvent bénéficier de ce changement de l'habitat, de même que certaines espèces exotiques envahissantes (Bergkampf et autres, 2000; Pringle et autres, 2000; Mumba et Thompson, 2005). En effet, les conditions créées artificiellement sont parfois très favorables à ces dernières (Bergkampf et autres, 2000; Pringle et autres, 2000; Mumba et Thompson, 2005). La jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes*), la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) et *Salvinia molesta* sont tout particulièrement problématiques, car elles parviennent parfois à recouvrir complètement des réservoirs (Bergkampf et autres, 2000; Soils Incorporated [Pty] Ltd et Chalo Environmental and Sustainable Development Consultants, 2000). Celles-ci font de l'ombre au phytoplancton et augmentent la charge en matière organique lorsqu'elles meurent, contribuant donc à la désoxygénation et à l'eutrophisation du plan d'eau nouvellement créé. Celles-ci gagneraient à être valorisées comme la jacinthe d'eau qui peut être compostée et utilisée comme fertilisant ou qui peut servir à l'épuration d'eau (CIMA+ International, 2012; Rezanja et autres, 2015).

### 3.1.2 Limnologie d'un réservoir

Globalement, un réservoir ressemble à un lac très dynamique (Thornton, 1990a; Wetzel, 1990). En effet, les mêmes processus physiques, chimiques et biologiques s'y déroulent (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a). Néanmoins, l'ampleur et la fréquence de ces phénomènes ne sont pas identiques, de sorte que les réservoirs sont des écosystèmes uniques (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a).

Alors que les lacs sont approvisionnés par plusieurs petits cours d'eau et situés vers l'amont d'un bassin versant, les réservoirs sont principalement approvisionnés par un seul tributaire et se situent vers l'aval d'un bassin versant (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990b; Holdren et autres, 2001). Par conséquent, les réservoirs sont généralement plus allongés et présentent des berges complexes tandis que les lacs sont plus arrondis (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990b; Holdren et autres, 2001). En outre, le bassin qui se verse dans un réservoir est généralement plus important que celui d'un lac de sorte que la quantité de sédiments et de nutriments apportés dans un réservoir peut-être supérieure à celle d'un lac (Thornton, 1990b; Holdren et autres, 2001). Aussi, le temps de rétention de l'eau dans un réservoir est inférieur à celui d'un lac, particulièrement en période de crues (Wetzel, 1990; Holdren et autres, 2001; Anctil, 2008).

En fait, un réservoir est un continuum d'écosystèmes aquatiques qui s'étend du cours d'eau jusqu'au barrage (Holdren et autres, 2001). Il présente donc à la fois les caractéristiques d'un environnement lotique et d'un environnement lentique (Thornton, 1990a; Holdren et autres, 2001). Les réservoirs présentent généralement un profil longitudinal particulier et trois zones avec des propriétés physiques, chimiques et biologiques différentes s'en dégagent; une zone de rivière, une section de transition et une portion lacustre (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a; Anctil, 2008).

La zone de rivière est relativement étroite et bien mélangée (Thornton, 1990a). Le courant de l'eau y est rapide de sorte que cette zone peut transporter de la matière en suspension telle que de l'argile, du limon et de la matière organique (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a; Anctil, 2008). De cette façon, la pénétration de la lumière est minimale, ce qui limite souvent la production primaire (Thornton, 1990a). Aussi, le mélange de l'eau dans cette zone peu profonde permet d'y maintenir une bonne oxygénation (Anctil, 2008). Cette zone étant similaire à une rivière, elle devrait donc être globalement adéquate pour l'hippopotame.

La zone de transition subit un ralentissement du débit et donne ainsi lieu à une importante sédimentation, ce qui permet d'ailleurs à la lumière d'y pénétrer davantage (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a; Anctil, 2008). Corollairement, cette zone est associée au début d'une production d'algues et de matière organique à même le réservoir (Thornton, 1990a). Cette sédimentation pourrait créer des bancs de sable intéressants pour l'hippopotame. Toutefois, un envasement trop important pourrait avoir des effets négatifs, car l'hippopotame préfère que le lit des cours d'eau soit ferme (Karstad, 1984).

Enfin, la zone lacustre présente les principales caractéristiques d'un lac (Thornton, 1990a). Elle comporte généralement moins de matière en suspension de sorte que la production primaire y sera importante et potentiellement limitée par la quantité des nutriments disponibles (Thornton, 1990a). Dans les régions tempérées, cette zone est quasi constamment stratifiée sous l'effet du climat et des saisons (Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a; Bergkampf et autres, 2000). Dans les régions tropicales, notamment en Afrique, une stratification de cette portion n'est possible que sous l'action des vents, lorsque la profondeur est suffisante, ce qui forme l'épilimnion en surface et l'hypolimnion au fond (Livingstone et Melack, 1984; Cooke et Kennedy, 1989; Thornton, 1990a; Bergkampf et autres, 2000; Arfi, 2005; Wang et autres, 2015). En revanche, contrairement aux lacs, l'hypolimnion d'un réservoir peut être mélangé significativement, notamment par le retrait d'eau à partir du fond, évacuant ainsi des nutriments (Thornton, 1990a). L'eau froide du fond du réservoir est alors évacuée de sorte que le réservoir conserve la chaleur (Cooke et Kennedy, 1989; Bergkampf et autres, 2000). La profondeur associée à cette zone pourrait être inadéquate pour l'hippopotame et celui-ci ne pourrait alors fréquenter que la périphérie, c'est-à-dire les berges.

En somme, les fluctuations opérationnelles du niveau d'eau, soit le marnage, sont importantes dans un réservoir (Wetzel, 1990; Bergkampf et autres, 2000; Anctil, 2008). Par conséquent, le littoral subit souvent de l'envasement et la création de milieux humides y est très limitée (Wetzel, 1990). De plus, le marnage peut nuire aux plantes qui se situent en bordure et plus le réservoir est plat, plus la zone affectée peut être grande (Bergkampf et autres, 2000). Cependant, lorsque le niveau d'eau diminue, des herbages peuvent coloniser les berges et alimenter les grands herbivores (Nilsson et Berggren, 2000). Enfin, le marnage peut favoriser l'érosion des berges, augmentant ainsi la turbidité de l'eau et des potentielles décharges vers l'aval (Bergkampf et autres, 2000).

### **3.1.3 Problématiques environnementales**

La sédimentation est un processus très important dans les réservoirs qui peuvent perdre des quantités importantes de leur volume en eau avec le temps (Thornton, 1990a). Le dépôt de la matière en suspension qui se situe principalement en amont du réservoir avec le ralentissement du courant d'eau, conduit parfois à la formation de deltas (Thornton, 1990b; Bergkampf et autres, 2000; Wang et autres, 2015). Aussi, le patron de sédimentation est influencé par la morphologie du réservoir et selon la nature des sédiments, le long du gradient longitudinal rivière-réservoir (Thornton, 1990b).

En conséquence, les réservoirs entreposent une grande quantité de nutriments qui favorisent la croissance des algues et l'eutrophisation, en particulier dans la zone de transition et la zone lacustre (Cooke et Kennedy, 1989; Wang et autres, 2012). D'ailleurs, moins un réservoir est profond, plus il est susceptible d'être eutrophisé (Hwang et autres, 2003). La sédimentation de la matière organique, à laquelle peut s'ajouter la matière organique inondée lors du remplissage, entraîne la croissance microbienne hétérotrophe qui rend l'hypolimnion anoxique et la décomposition de la matière organique

produit du méthane (Cooke et Kennedy, 1989; Bergkampf et autres, 2000; Pringle et autres, 2000; Wang et autres, 2015). Dès lors, les concentrations de dioxyde de carbone entraînent une acidification, de sorte que les sédiments du réservoir peuvent ensuite dégager du phosphore, soit un élément qui limite souvent la croissance, à partir des complexes d'hydroxyde de fer (Cooke et Kennedy, 1989; Wang et autres, 2015). De même, les eaux anoxiques peuvent présenter des concentrations élevées de fer, de manganèse, de magnésium, de sulfure d'hydrogène, d'ammoniaque et de dioxyde de carbone (Cooke et Kennedy, 1989; Pringle et autres, 2000; Wang et autres, 2015). En plus de favoriser la sédimentation, la diminution de la vitesse du courant combinée à l'augmentation de la profondeur de l'eau ralentit la diffusion des polluants de sorte que les concentrations de polluants dans l'eau peuvent être plus élevées dans un réservoir (Wang et autres, 2012). Toutefois, l'effet de ces polluants sur les hippopotames n'est pas documenté.

Par ailleurs, un réservoir favorise le développement de plancton lentique car le zooplancton et le phytoplancton nécessitent tous les deux un temps de rétention minimal (Wang et autres, 2015). La disponibilité des nutriments essentiels peut ensuite conduire à des éclosions de cyanobactéries, tout particulièrement là où les températures et le taux d'ensoleillement sont élevés (Wang et autres, 2015). Or, certaines espèces de cyanobactéries, notamment certaines souches de *Microcystis aeruginosa* produisent des toxines pouvant tuer des grands mammifères, notamment des mégaherbivores (Oberholster et autres, 2009). En ce sens, les défécations et l'urine de l'hippopotame pourraient d'ailleurs contribuer à l'eutrophisation (Oberholster et autres, 2009). Néanmoins, comme l'hippopotame s'abreuve principalement de jour et que la migration des cyanobactéries vers la surface se fait de nuit, il serait potentiellement moins à risque de ce danger que les espèces qui s'abreuvent la nuit, comme le rhinocéros (Oberholster et autres, 2009).

### **3.2 Impact en aval du barrage**

Les barrages perturbent l'écoulement de l'eau en aval en modifiant la composition et la qualité de l'eau en sédiments et en nutriments (Bergkampf et autres, 2000). Selon le système d'évacuation de l'eau du barrage, une eau chaude de surface bien oxygénée ou une froide provenant du fond du réservoir et riche en nutriments pourra être évacuée du réservoir (Cooke et Kennedy, 1989; Bergkampf et autres, 2000; Anctil, 2008). Ainsi, cette dernière peut également être riche en sulfure d'hydrogène, en fer et en manganèse (Bergkampf et autres, 2000; Wang et autres, 2015). D'ailleurs, ces perturbations peuvent être perceptibles jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres en aval (Bergkampf et autres, 2000).

Le débit en aval étant régulé, les crues sont généralement diminuées tandis que les débits d'étiage sont augmentés (Bergkampf et autres, 2000). Par conséquent, les barrages peuvent réduire la fréquence, la périodicité naturelle et l'intensité de l'inondation des plaines en aval (Guy, 1981; Pringle et autres, 2000; Wang et autres, 2015). Or, le recouvrement des plaines inondables recharge les aquifères et apporte les nutriments qui fertilisent justement ces milieux, les rendant productifs et très diversifiés (Attwell, 1970;

Bergkampf et autres, 2000; Friedman et Auble, 2000). En conséquence, le maintien naturel du haut niveau de productivité de ces plaines qui offrent une alimentation luxuriante pour la faune, notamment l'hippopotame, n'est pas assuré après la régulation du débit (Attwell, 1970; Bergkampf et autres, 2000; Friedman et Auble, 2000). En outre, la régulation du débit peut impliquer l'inondation permanente de certaines plaines, notamment en amont (Mumba et Thompson, 2005). Dans les milieux arides, l'évaporation accrue dans le réservoir peut entraîner une salinisation tout particulièrement problématique sur les plaines inondables (Bergkampf et autres, 2000). Le tout peut conduire à un changement ou une dégradation de l'écologie des plaines inondables et de la composition spécifique végétale riveraine, notamment à la disparition des espèces adaptées aux milieux riverains anoxiques fréquemment inondés (Attwell, 1970; Ramberg, 1987; Jacobsen et Kleynhans, 1993; Friedman et Auble, 2000; Pringle et autres, 2000; Mumba et Thompson, 2005; Wang et autres, 2015). Par exemple, Attwell (1970) a relevé une diminution de la proportion des herbes pérennes dans les plaines inondables en aval du barrage de Kariba. Aussi, celui-ci estime que la diminution d'une alimentation adéquate serait responsable de la diminution des effectifs d'hippopotames à cet endroit (Attwell, 1970).

La modification de l'apport sédimentaire en aval du barrage est un des plus importants impacts (Bergkampf et autres, 2000; Anctil, 2008; Trimble et Wilson, 2012). Le réservoir capture une grande quantité de sédiments et ceux-ci peuvent être relâchés massivement par la suite (Bergkampf et autres, 2000). En outre, l'effet combiné de l'érosion naturelle et de la réduction de l'apport en sédiments vers l'aval peut provoquer une érosion accrue des berges ou du lit, conduisant à un étalement ou approfondissement du cours d'eau et diminuant encore davantage le potentiel d'inondation du cours d'eau régulé (Guy, 1981; Bergkampf et autres, 2000; Friedman et Auble, 2000; Wang et autres, 2012; Wang et autres, 2015).

La régulation du cours d'eau et la diminution des crues peuvent aussi faciliter l'enracinement de la végétation, notamment par les espèces terrestres, ce qui stabilise alors la berge (Bergkampf et autres, 2000). De même, l'absence de crues importantes favorise l'étalement des espèces envahissantes, en particulier la jacinthe d'eau et *Salvinia molesta* en Afrique, car celles-ci sont délogées naturellement par des débits élevés (Attwell, 1970; Bergkampf et autres, 2000; Wang et autres, 2015). D'ailleurs, d'après Attwell (1970), l'abondance de *Salvinia auriculata* et de laitue d'eau peut gêner les déplacements de l'hippopotame. En conséquence, la composition spécifique en aval peut alors être modifiée par des espèces envahissantes exotiques et des espèces terrestres qui ne sont pas adaptées aux régimes naturels d'écoulement (Bergkampf et autres, 2000).

Enfin, les déversements au cours de la saison sèche impliquent un niveau plus élevé de l'eau en aval ce qui peut recouvrir les bancs de sable de la rivière et limiter la possibilité de s'étendre et s'exposer au soleil afin de se réchauffer (Attwell, 1970). Toutefois, le débit régulé permet aux hippopotames de demeurer dans la rivière plutôt que de se retirer vers des mares en saison des pluies et assure une quantité suffisante d'eau en saison sèche (Attwell, 1970).

## 4 LE PROJET DE BARRAGE DE KANDADJI ET SON CONTEXTE RÉGIONAL

Située dans la zone sahélo-saharienne, la République du Niger se caractérise par de très faibles précipitations annuelles et de longues périodes de sécheresse (BRLI et BERD, 2012). Depuis 1970, cette sécheresse s'est accrue et le pays a connu des périodes de stress hydriques intenses, notamment sur le fleuve Niger qui traverse le pays en sa partie occidentale (LI-DAR, 2000; Autorité du Bassin du Niger (ABN), 2007; BRLI et BERD, 2012). Alors que les basses eaux n'apparaissaient jadis qu'au cours des mois de mai et juin, la saison d'étiage s'étend dorénavant sur presque 4 mois, c'est-à-dire d'avril à juillet (LI-DAR, 2000).

En conséquence, la proportion des terres considérées comme cultivables (12 % de la superficie totale en 2000) diminue d'année en année (LI-DAR, 2000). De plus, cette réduction du niveau de l'eau entraîne une diminution graduelle de la surface des bourgoutières qui servent à alimenter le bétail et l'hippopotame, contribuant ainsi à la disparition de l'espèce (LI-DAR, 2000). Afin de contrer cette problématique hydrique, favoriser le développement du pays, renforcer la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté sévère auquel le pays fait face, le gouvernement nigérien a adopté en 2002 le *Programme "Kandadji" de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger* (P-KRESMIN) (BRLI et BERD, 2012; The World Bank, 2014). Ce projet vise principalement à créer un ouvrage de régulation d'eau combinée à une production d'hydroélectricité sur le fleuve Niger, à côté du village de Kandadji (Figure 4.1). Il permettra d'assurer un apport d'eau potable stable à Niamey tout au long de l'année et d'irriguer une surface de 45 000 ha pour l'agriculture (LI-DAR, 2000; BRLI et BERD, 2012; The World Bank, 2014).

En 2010, la firme russe Zarubezhvodstroy a été embauchée pour commencer les travaux de construction du barrage. Toutefois, en réponse à des délais importants dans la progression du travail, le gouvernement du Niger a annulé le contrat en juillet 2013 et les travaux ont été suspendus (The World Bank, 2014; Progressive Media Group, 2015). En juillet 2014, un avis de sollicitation de manifestations d'intérêts a été émis, mais la date de reprise des travaux n'est pas encore connue (Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (HCAVN), 2014; Progressive Media Group, 2015).

Ce chapitre vise à décrire le programme KRESMIN dans son contexte régional. Ainsi, il est divisé en deux grandes sections : une première qui détaille les caractéristiques sociales, économiques, climatiques, hydrogéomorphologiques et écologiques de la région et une deuxième section qui présente le programme KRESMIN, ses spécificités, ses impacts potentiels sur la population d'hippopotames nigérienne et les mesures de compensation envisagées.

### 4.1 Caractéristiques régionales

Cette section vise à présenter la région du barrage de Kandadji : les populations, les activités économiques, le climat, l'hydrogéomorphologie et la végétation.

#### 4.1.1 Populations

La population de la zone d'étude est très diversifiée et comprend une douzaine d'ethnies sédentaires et nomades, notamment les Songhaï, les Zarma, les Haoussas et les Gourmantché, ainsi que les Touaregs et les Peulhs (LI-DAR, 2000). En outre, plus de 90 % de cette population pratique l'islam tandis qu'une minorité s'adonne au christianisme ou à des croyances locales (Niger. Institut National de la Statistique (INS), 2011). Techniquement, comme l'islam préconise l'égorgeage des animaux et qu'il semble invraisemblable d'égorger un hippopotame vivant, l'hippopotame devrait donc être à l'abri de la majeure partie de la population si le principe coranique est suivi par celle-ci (Eardley, 2014). Néanmoins, l'animal peut-être braconné (Noirard et Gigot, 2008).



Figure 4.1 Localisation de l'aire d'étude, de la zone d'étude détaillée du P-KRESMIN lors des études d'impact et du site du barrage.

À titre indicatif, la région de Tillabéri comprend environ 2 500 454 habitants et la densité de population atteint environ 25,6 habitants par kilomètre carré (Niger. INS, 2010). Parmi ceux-ci, 38 000 seront délocalisés dans le cadre du P-KRESMIN (The World Bank, 2014). Nul ne sait si les 8000 réfugiés du Mali qui habitent le camp de Tabareybarey à Ayorou ont été comptabilisés dans cette statistique (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), 2014).

#### **4.1.2 Activités économiques**

L'économie nigérienne se base sur une agriculture de subsistance, l'élevage, et l'exploitation forestière (Geesing et Djibo, 2006; Niger. INS, 2010; Cissé, 2013). Ces activités relèvent quasi essentiellement du secteur informel et représentent les deux tiers du produit intérieur brut (PIB) (BAD (Banque Africaine de Développement), 2008a; Niger. INS, 2010). Dans la région d'étude, les principales activités économiques se résument aussi à l'agriculture, à l'élevage, à l'exploitation forestière et à la pêche, et satisfont difficilement les besoins essentiels des populations (BAD, 2008a).

Dans la région du barrage, l'agriculture se caractérise par la prédominance des céréales à double fonction (grain et biomasse pour le cheptel) et par des cultures irriguées dominées par la riziculture et le maraîchage (LI-DAR, 2000; Geesing et Djibo, 2006). L'alimentation en eau des cultures est assurée par les eaux de surface, soit les pluies et les crues, et est donc principalement localisée le long du fleuve (LI-DAR, 2000; Cissé, 2013). Par conséquent, elle est particulièrement sensible aux irrégularités météorologiques, et suffit rarement aux besoins alimentaires des populations en totalité (Tecsult, 2006b).

L'élevage occupe la quatrième place de l'économie nationale en terme de PIB généré, et la deuxième place au niveau des exportations (LI-DAR, 2000). La grande majorité des ménages dans la zone d'étude (80 %) est propriétaire de bétail, élément d'épargne et synonyme de capital, et dépend ainsi des aléas climatiques (LI-DAR, 2000; Tecult, 2006b; Lamarque et autres, 2009). En effet, l'alimentation des bêtes est basée sur l'exploitation des pâturages naturels, soit des zones dunaires et des bourgoutières de la vallée du fleuve, et des résidus agricoles (LI-DAR, 2000; Tecult, 2006b; Cissé, 2013). D'année en année, les besoins dépassent souvent la disponibilité des fourrages de sorte que la quantité de fourrages disponibles apparaît comme une contrainte fondamentale à l'élevage dans la région (LI-DAR, 2000; Tecult, 2006b). En outre, l'abreuvement du cheptel représente un défi et se fait dans les mares et les retenues d'eau de la vallée du Niger en saison pluvieuse, et au niveau du fleuve directement en saison sèche (Tecult, 2006b). Enfin, l'économie est particulièrement affectée par les aléas climatiques, notamment par les sécheresses récurrentes et la désertification (Geesing et Djibo, 2006; The World Bank, 2014).

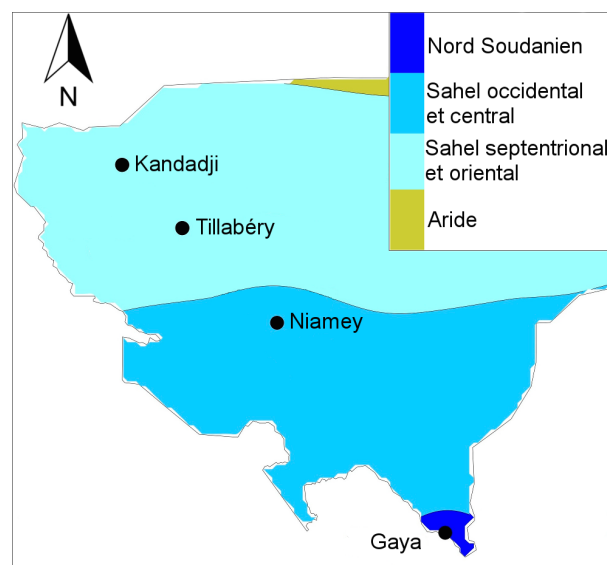
#### **4.1.3 Climat**

Le climat du Niger est aride sur la majorité du territoire; le désert du Sahara couvre plus que les deux tiers du pays (Geesing et Djibo, 2006; Cissé, 2013). Les températures sont très élevées le jour, pouvant



atteindre jusqu'à 45 °C à l'ombre, puis basses la nuit; elles descendent parfois en dessous de 10 °C (Niger. INS, 2010). Quoique située hors du désert, la zone d'étude présente une vulnérabilité très élevée à la désertification (ABN, 2007). La pluviométrie y est faible et est répartie très inégalement dans le temps et dans l'espace (Tecsult, 2006a; ABN, 2007; Cissé, 2013). En effet, la saison des pluies dure de mai à septembre tandis que la saison sèche s'étend d'octobre à mai (Tecsult, 2006a; BAD, 2008a).

Trois zones climatiques sont traversées par le fleuve au Niger : la zone sahélienne septentrionale et orientale, la zone sahélienne occidentale et centrale, et la zone nord-soudanienne (Figure 4.2) (Tecsult, 2006a). La première zone se caractérise par une pluviométrie annuelle qui se situe entre 250 et 450 mm de pluie et la deuxième entre 450 et 600 mm, tandis que les précipitations peuvent dépasser 700 mm dans la troisième zone (Tecsult, 2006a; BAD, 2008a).



**Figure 4.2 Zones bioclimatiques de l'aire d'étude** (inspiré de : Tecsult, 2006a, p. 12).

#### 4.1.4 Hydrogéomorphologie

La région se caractérise par une couverture de matériaux meubles qui est relativement mince, de sorte que le substratum rocheux, situé près de la surface, y affleure sur de grandes étendues (Andersen et autres, 2005). Ainsi, le fleuve Niger s'est enfoncé à travers les matériaux meubles en surface et s'écoule sur ce substratum rocheux. Par conséquent, le lit majeur du fleuve est parsemé d'affleurements rocheux qui peuvent être associés à la formation de rapides, d'îlots et de bancs de sable (Tecsult, 2006a). Ces obstacles augmentent la vitesse localement, ce qui érode le lit de la rivière en bordure de l'obstacle, puis le matériel érodé sédimentera et pourra former des bancs de sable en aval (Mazumder et autres, 2011).

Le lit majeur du Niger mesure 1 km de large dans les sections les plus étroites et peut s'étendre sur 5 km dans les sections les plus vastes (Andersen et autres, 2005; Tecsult, 2006a). En période d'étiage, il se

caractérise par un écoulement dans des petits chenaux qui sont séparés par des îlots d'affleurements rocheux et des bancs de sable. En période de crue, le fleuve déborde, inonde ces chenaux et les deux rives. L'eau enlève alors des sables fins et silts d'origine éolienne, prévenant le recouvrement des platières par des dépôts éoliens. D'ailleurs, certaines platières d'argiles situées sur les plaines inondables forment des mares temporaires après les crues (Tecsult, 2006a).

Le niveau d'eau du Niger était plus élevé il y a plusieurs milliers d'années (Goudie, 2005). Ainsi, l'aridification du climat et la réduction du débit du fleuve ont entraîné l'exondation des dépôts fluviaux anciens de sorte que la vallée du Niger et les vallées de ses principaux affluents contiennent les terres au potentiel agricole le plus élevé dans la région (Goudie, 2005; TecSult, 2006a).

À Kandadji même, le paysage est particulièrement rocheux, notamment sur la rive droite où la colline Ourouba domine le paysage d'une centaine de mètres (Tecsult, 2006a; BAD, 2008a). Cependant, à l'exception de la colline, la zone présente un faible relief (BAD, 2008a). En effet, la rive gauche présente une large plaine inondable de 10-15 km, recouverte de petites dunes éoliennes (moins de 2 m) et possède une pente faible et constante d'environ 3 % (Tecsult, 2006a). À partir de Tillabéri, les plaines inondables laissent davantage place à des plateaux dont les pentes sont généralement raides (Tecsult, 2006a).

Au Niger, les 7 principaux affluents du fleuve Niger se déversent à partir de sa rive droite : le Gorouol, le Dargol, la Sirba, le Goroubi, le Diamangou, la Tapa et la Mékrou (LI-DAR, 2000; TecSult, 2006a; ABN, 2007; Cissé, 2013). Les six premiers proviennent du Burkina Faso tandis que le septième provient du Bénin (Tecsult, 2006a; ABN, 2007). Sur la rive gauche, le réseau hydrographique présente des petits cours d'eau temporaires et des anciens cours d'eau qui ont cessé de couler en surface, mais qui alimentent toujours le fleuve par des écoulements souterrains et qui peuvent former d'importantes mares pendant l'hivernage (Tecsult, 2006a).

En fait, le fleuve Niger représente l'unique cours d'eau permanent du Niger (Cissé, 2013). D'ailleurs, son débit est très irrégulier au cours de l'année et la sécheresse qui sévit au pays depuis les années 70 a conduit à une réduction considérable de son débit d'étiage (LI-DAR, 2000; ABN, 2007). De nos jours, celui-ci peut s'abaisser à 20 m<sup>3</sup>/s tandis qu'il s'élevait jusqu'à 70 m<sup>3</sup>/s en 1970. Enfin, les crues peuvent dépasser 2 000 m<sup>3</sup>/s au niveau de Niamey (LI-DAR, 2000).

#### **4.1.5 Végétation**

La zone d'étude comprend trois subdivisions phytogéographiques distribuées du nord au sud : le Sahélien occidental en amont de Kandadji, le Sahélien central de Kandadji à Niamey et le soudanien central au sud de Niamey (Geesing et Djibo, 2006; TecSult, 2006a).

L'interprétation d'images satellites a permis à TecSult d'identifier 7 formes d'occupation des sols (Tableau 4.1) dans la zone d'étude détaillée dont les limites sont présentées dans la Figure 4.1 (Tecsult, 2006b).

Cette zone correspond à l'aire du futur réservoir et de sa périphérie, à une bande de 10 km de part et d'autre du fleuve Niger sur une longueur d'environ 30 km, et une bande de 2 km plus en aval, de part et d'autre du fleuve, jusqu'à Tillabéri (BRLI et BERD, 2012). Bien que la forme de la zone d'étude détaillée utilisée lors de l'analyse n'est pas nécessairement représentative de l'ensemble de la région, les résultats suggèrent néanmoins que la région est dominée par des forêts, des zones agricoles et des sols dénudés (Tableau 4.1). De plus, le domaine des prairies et des steppes herbeuses, soit le domaine le plus susceptible de pouvoir soutenir naturellement l'alimentation de l'hippopotame, ne représente qu'une faible proportion de la zone d'étude détaillée. Il n'est donc pas étonnant que l'animal se nourrisse dans les zones cultivées, notamment les rizières et qu'il génère des conflits avec l'homme (Cissé, 2013).

**Tableau 4.1 Domaines d'occupation des sols et leur superficie par rapport à la zone d'étude détaillée du P-KRESMIN lors des études d'impact.** Cette zone correspond à l'aire du futur réservoir et de sa périphérie, à une bande de 10 km de part et d'autre du fleuve Niger sur une longueur d'environ 30 km, et une bande de 2 km plus en aval, de part et d'autre du fleuve, jusqu'à Tillabéri (inspiré de : Tecult, 2006b, p. 22.).

Domaine	Superficie	
	ha	%
Forestier	178 903	39,3 %
Prairie et steppe herbeuse	23 658	5,2 %
Dénudé	73 843	16,2 %
Eau	18 264	4,0 %
Agricole	157 802	34,7 %
Urbain	779	0,2 %
Autre	1 872	0,4 %
Total	455 121	100,0 %

Sur le lit majeur du fleuve et au niveau des mares, les débordements occasionnés par les crues génèrent des pâturages importants, notamment pour l'élevage et pour l'hippopotame (Geesing et Djibo, 2006; Tecult, 2006a). Ces crues qui favorisent le développement des plantes ont lieu deux fois par an : une première fois entre la mi-septembre et la mi-octobre et une deuxième fois entre la mi-février et la mi-mars (Geesing et Djibo, 2006). Les bourgoutières, qui représentent un de ces pâturages naturels de graminées où le bourgou (*Echinochloa stagnina*) domine, sont répandues dans la région, et ce, tout particulièrement à proximité de la frontière malienne (Bonis Charancle, 1994; Geesing et Djibo, 2006; Kodio et autres, 2008). Une bourgoutière de *E. stagnina* d'une superficie d'un hectare produit environ une dizaine de tonnes de matière sèche par année (Bonis Charancle, 1994; Geesing et Djibo, 2006; Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger (RECA), 2011).

Les principales espèces observées au niveau du fleuve et des plaines inondables sont : *Aeschynomene afraspera*, *Brachiaria mutica*, *Cyperus maculatus*, *Echinochloa colona*, *Echinochloa stagnina*, *Eragrostis pilosa*, *Ipomaea asarifolia*, *Nymphaea lotus*, *Oryza longistaminata*, *Panicum laetum*, *Polygonum senegalense* et *Vetiveria nigritana* (Geesing et Djibo, 2006; Tecult, 2006a). Chacune des espèces occupe une niche particulière : *N. lotus* occupe les eaux calmes et profondes; *E. stagnina* les berges en

eaux profondes; *C. maculatus* colonise les bancs de sable et de gravier; *I. asarifolia* occupe les mares permanentes tandis que *E. pilosa*, *E. colona* et *P. laetum* sont typiques des mares temporaires (Tecsult, 2006a).

Deux de ces espèces font partie de l'alimentation de l'hippopotame : *Echinocloa colona* (Noirard et autres, 2004) et *E. stagnina*. De plus, 7 de ces genres sont consommés par l'hippopotame *Brachiaria*, *Cyperus*, *Echinocloa*, *Eragrostris*, *Ipomaea*, *Oryza* et *Panicum* (Field, 1970; Olivier et Laurie, 1974; Scotcher et autres, 1978; Noirard et autres, 2004; Amoussou et autres, 2006; Chansa et autres, 2011b) (Tableau 1.1).

Enfin, les bourgoutières constituent un milieu propice au développement de la jacinthe d'eau de sorte qu'elles seront particulièrement vulnérables à l'envahissement après la construction du barrage. La jacinthe peut remplacer les communautés de plantes aquatiques qu'elle envahit et être ensuite elle-même colonisée par des plantes semi-aquatiques, apportant ainsi des changements majeurs dans l'écologie du milieu hôte. (Tecsult, 2006a)

#### **4.2 État des populations d'hippopotames et des efforts de conservation au Niger**

En 2007, Noé Conservation et l'Association pour la Protection des Hippopotames du Niger (APHN), une association villageoise, ont mis en place un suivi écologique des hippopotames sur le fleuve Niger (550 km) à partir d'une plateforme de veille et une équipe d'écogardes. Aussi, un comité de gestion a été établi afin de créer une Aire Protégée Communautaire Fluviale (APCF) dans la région d'Ayorou visant à intégrer l'hippopotame avec les activités humaines. La région d'Ayorou semblait être idéale pour la protection de l'espèce, car le fleuve Niger y forme un delta de 8000 hectares et abrite la dernière grande population d'hippopotames du Niger (Noirard et Gigot, 2008). À l'heure actuelle, cette population est menacée par l'asservissement des terres pour l'agriculture et l'élevage, ce qui génère des conflits avec l'homme (Noirard et Gigot, 2008; CIMA+ International, 2012). D'ailleurs, bien que la cause n'ait pas été identifiée, une recrudescence des conflits entre les hommes et les hippopotames a été enregistrée au cours des dernières années (Cissé, 2013). Toutefois, le taux de mortalité des hippopotames de la région serait lié à un manque de nourriture (Cissé, 2013).

Ainsi, dès 2009, des clôtures électriques solaires devaient être posées dans la région d'Ayorou afin de protéger les cultures. En outre, il a été proposé d'aménager des aires de pâturage pour les hippopotames par la mise en culture de bourgoutières. À cet effet, trois îlots se situant sur le territoire de Firgoun et totalisant 1,5 ha ont été sélectionnés et la mise en culture devait être réalisée au mois de juin 2009, c'est-à-dire au début de la saison des pluies (Noirard et Gigot, 2008). D'ailleurs, il semble que des bourgoutières aient déjà été aménagées sur une île par le ministère de l'Environnement afin de réduire les dommages aux récoltes dans le secteur (Tecsult, 2006b). Enfin, des activités écotouristiques ont été développées pour financer ces activités (Noirard et Gigot, 2008).

Entre 2002 et 2007, la population totale d'hippopotames présente au Niger a été estimée à 99 individus sur le fleuve par Noé Conservation et l'APHN en collaboration avec un travail du Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Fluviaux de l'Université Lyon1 et en partenariat avec le Ministère de l'Environnement du Niger. Les groupes contenaient en moyenne 11 individus. La population du Parc du W atteignait 12 individus en 2007 tandis que les populations de Boubon, de Tillabéri et d'Ayorou atteignaient respectivement 12, 14 et 61 individus en 2008 (Tableau 4.2). Tandis que les populations de Boubon et de Tillabéri ne contenaient qu'un groupe chacune, la population du Parc du W contenait 2 groupes et celle d'Ayorou était constituée de 5 groupes qui s'étaient étalés sur une vingtaine de kilomètres (Figure 4.3). Ceux-ci étaient situés à proximité de Kandadji. Le groupe le plus en aval (groupe 1) se situait à un peu moins de 5 km d'Ayorou et à une dizaine de kilomètres de Kandadji alors que le groupe le plus en amont (groupe 5), soit le plus grand groupe, se trouvait à égale distance entre Ayorou et la frontière malienne, soit à un peu plus de 15 km d'Ayorou. Bref, la région d'Ayorou représente donc le refuge d'hippopotames le plus important au pays. (Noirard et Gigot, 2008)

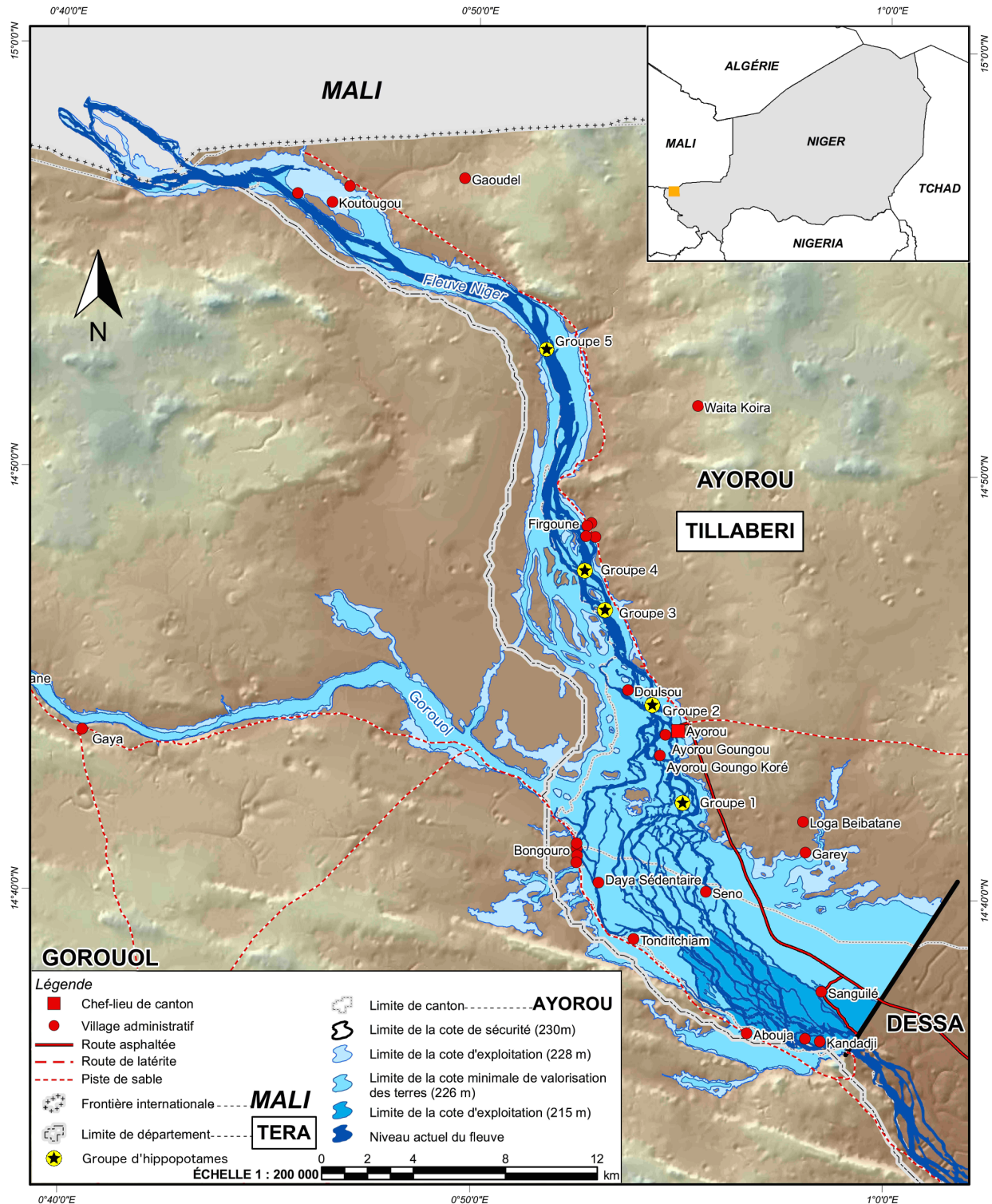
**Tableau 4.2 Effectifs des populations et des groupes d'hippopotames du Niger** (inspiré de Noirard et Gigot, 2008, p. 12).

Population	Parc du W		Boubon	Tillabéri	Ayorou				
Groupes	G1	G2	G1	G1	G1	G2	G3	G4	G5
Nombre d'h. par groupe	8	4	12	14	8	9	17	6	21
Nombre d'h. par population	12		12	14	61				

Néanmoins, des inventaires conduits par la Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture (DFPP) en 2005 indiquaient une population sur le fleuve Niger deux fois plus nombreuse, composée de 207 hippopotames, et ce, uniquement entre la frontière malienne et Niamey. Lors de cette étude, 106 femelles, 21 jeunes, 37 mâles et 43 immatures ont été recensés (Tecsult, 2006a). Entre Ayorou et la frontière malienne, puis dans le secteur en aval d'Ayorou, 23 et 12 hippopotames avaient été observés respectivement (Tecsult, 2006b).

Après la création du barrage, les travaux réalisés et les mesures proposées par Noé Conservation et l'APHN devront certainement être ajustés à la nouvelle réalité hydrologique et écologique du réservoir. En effet, selon le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) (2011), le site touristique d'Ayorou pourrait être submergé. D'ailleurs, selon le PGES, le territoire des cantons et groupements d'Ayorou, Dessa et Gorouol seront inondés en bonne partie lors de la mise en eau du réservoir. Ainsi, la ville d'Ayorou sera déplacée en grande partie (BRLi et BERD, 2012).

Enfin, l'hippopotame fait partie de la liste des espèces animales intégralement protégées en vertu de l'article 21 de la *Loi N°98-07 du 29 avril 1998 fixant le Régime de la Chasse et de la Protection de la Faune* du Niger. L'abattage est donc proscrit, peu importe le contexte.



**Figure 4.3 Localisation des cinq groupes de la population d'hippopotames d'Ayorou et configuration du réservoir de Kandadji à différentes cotes (compilation d'après : Tecsult, 2006c et Noirard et Gigot, 2008, p. 12).**

### **4.3 Le Programme KRESMIN**

Cette section présente les principales caractéristiques Programme KESMIN de même que l'impact du barrage sur les populations d'hippopotames du Niger qui a été anticipé lors des études de faisabilité, puis les mesures de protection de l'hippopotame et de gestion du conflit homme-hippopotame.

#### **4.3.1 Caractéristiques générales du Programme KRESMIN**

Le projet comporte 3 phases : la construction du barrage et du réservoir à Kandadji; la construction de la centrale hydroélectrique, des routes et des lignes électriques, et l'aménagement des surfaces irriguées dans la région (The World Bank, 2014; Progressive Media Group, 2015).

Le site de Kandadji a été choisi pour le projet parce que la colline Ourouba située sur la rive droite engendre un resserrement de la Vallée et parce que le Gorouol, situé tout juste en amont de ce resserrement, provoque un élargissement considérable de la Vallée. Ainsi, la zone permet une capacité accrue de retenue, et comme le site est situé très en amont sur le parcours nigérien du fleuve, le projet aura un impact sur une grande partie du territoire (LI-DAR, 2000; Andersen et autres, 2005; BAD, 2008a).

La régulation de l'eau associée au barrage permettra d'assurer un débit d'étiage (120 m<sup>3</sup>/s à Niamey) suffisant pour l'irrigation, l'élevage, les usages domestiques et la régénération des écosystèmes fluviaux. Par la suite, la centrale hydroélectrique associée au barrage accroîtra la sécurité énergétique du Niger avec sa capacité de 130 MW qui permettra de produire environ 629 GWh annuellement (BRLI et BERD, 2012).

Le barrage sera constitué d'une digue de terre d'une longueur de 8780 m et d'une hauteur de 7,9 m (BRLI et BERD, 2012; Progressive Media Group, 2015). La cote de crête atteindra 231 m tandis que la cote des plus hautes eaux de la retenue s'élèvera à 228 m. L'ouvrage permettra donc à la retenue d'atteindre un volume total de 1,596 milliard de m<sup>3</sup> pour une superficie de 282 km<sup>2</sup> (BRLI et BERD, 2012). À titre comparatif, le réservoir manic 5 au Québec a une superficie de 2072 km<sup>2</sup> (Rosenberg et autres, 1997). En aval, le niveau atteindra une cote de 208 à 215 m et le remous de la retenue aura une longueur de 60 km. En outre, le réservoir sera peu profond avec une profondeur moyenne de 5,67 m (BRLI et BERD, 2012).

Plusieurs programmes et activités sont complémentaires au projet, et la gestion de ceux-ci est assurée par l'Unité d'Exécution du Programme (UEP) sous la supervision du Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (HCAVN) (BRLI et BERD, 2012; CIMA+ International, 2012).

Des mesures pour diminuer l'impact environnemental des travaux et dédommager les populations déplacées ont été prévues et sont incluses dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) du Projet de construction du barrage. Celui-ci comprend notamment un plan de réinstallation pour les 35 000 personnes qui seront déplacées, un plan de développement local qui consiste en l'aménagement d'environ 45 000 ha de périmètres irrigués d'ici 2034, dont 6000 ha seront réservés aux populations qui

seront affectées par le projet, et un programme de végétalisation et de conservation des eaux et des sols (LI-DAR, 2000). Ce dernier vise à végétaliser les berges du réservoir d'essences forestières qui fourniront les populations en bois de chauffe et qui limiteront l'érosion des berges, ralentissant ainsi l'envasement du réservoir. De plus, des dunes en périphérie seront fixées, par ensemencement de graminées, puis mises en défens, afin de réduire l'ensablement (BRLI et BERD, 2012).

Les mesures prévues dans le PGES permettront au P-KRESMIN de respecter les politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale, notamment en terme de conservation d'habitats naturels. D'ailleurs, d'après le PGES, la combinaison du réservoir et du maintien d'un débit d'étiage en aval entraîneront certains avantages pour la faune et la flore, notamment en améliorant l'habitat du lamantin et de l'hippopotame. (BRLI et BERD, 2012)

#### **4.3.2 Impact sur les populations d'hippopotames estimé par les études du Programme KRESMIN**

La construction du barrage et le remplissage du réservoir engendreront une dégradation de la qualité de l'eau, une augmentation de la quantité de plantes envahissantes pouvant entraver le mouvement des hippopotames, et surtout une perte de végétation qui affectera les populations d'hippopotames (Tecsult, 2006b; BRLI et BERD, 2012). Lors de la mise en eau, plus de 6 000 ha de formations végétales diverses seront enlevées ou inondées et environ 1 400 ha de milieux humides, notamment des mares et des prairies inondables, seront affectés (Tecsult, 2006b; BAD, 2008a). Ainsi, la construction impliquera la perte d'habitats fauniques et 3000 ha de bourgoutières (BRLI et BERD, 2012). En outre, quoique des mesures soient prévues afin de diminuer le braconnage, notamment la sensibilisation de la main-d'oeuvre de chantier et la création d'une patrouille antibraconnage, une mortalité sera certainement associée à la chasse illégale (BRLI et BERD, 2012). D'ailleurs, le désenclavement de la région associé à la construction du barrage pourrait faciliter la chasse (Said Mohamed Mkandzilé, 2014).

#### **4.3.3 Mesures de gestion du conflit et de protection envisagées par le Programme KRESMIN**

Pour compenser les effets potentiellement néfastes du barrage, une aire protégée intégrant milieux humides, forêts rivulaires, milieux terrestres et milieux aquatiques est envisagée par le P-KRESMIN à travers son plan de gestion de la vie sauvage et des habitats naturels. Cette aire protégée sera divisée en 3 sections dont les limites seront précisées après un travail de concertation avec la population locale. Premièrement, le noyau central qui sera protégé juridiquement et où la plupart des activités humaines seront interdites comprendra le réservoir du barrage, une passe à poisson, le Gorouol et l'espace entre sa rive gauche et la frontière avec le Mali. Deuxièmement, une zone tampon intermédiaire d'une superficie de 139 655 ha sera destinée à la multiplication et à la diffusion de la faune. Enfin, une zone de transition d'une superficie de 465 014 ha, sera désignée pour le développement des communautés locales dans le respect de l'environnement. De plus, ces communautés seront concertées et participeront aux travaux d'aménagement afin qu'elles s'impliquent ensuite dans leur conservation et protection (Tecsult, 2006b; BRLI et BERD, 2012; CIMA+ International, 2012).



Des aménagements d'envergure seront réalisés immédiatement après la mise en eau, comme la plantation de bourgou dans le noyau central de l'aire protégée, notamment sur la presqu'île à la confluence du Gorouol et du Niger, et sur des îles en face d'Ayorou (Figure 4.3). D'après le PGES, toutes les plantations seront rigoureusement documentées (nombre de plants, espèces, surface de plantation) et cartographiées. À cet effet, un spécialiste sera embauché pour assurer le suivi des programmes de plantation et des inventaires de la végétation postprojet. Aussi, certaines bourgoutières en aval du barrage seront restaurées et un contrôle des plantes envahissantes y sera réalisé. (BRLI et BERD, 2012)

Cinquante hectares de bourgoutières serontensemencés en bordure de 10 îles à raison de cinq hectares par île. En outre, sur chacune de ces îles, des mares permanentes de un hectare seront aménagées pour les hippopotames. De plus, dans la zone de marnage du réservoir, le plan de développement local prévoit la plantation de 945,2 hectares de bourgou destinés à la faune sauvage et une quantité indéterminée pour l'élevage. Un plan de plantation devra être établi afin d'éviter les conflits entre éleveurs et agriculteurs, mais aussi entre les hommes et les hippopotames. Toutefois, le PGES ne mentionne pas comment les bourgoutières seront restreintes à l'élevage ou à la faune sauvage. Le programme de végétalisation et de conservation des eaux et des sols et création de brigades villageoises suggère la mise en défens de la végétation à l'aide de clôture grillagée à des coûts de 500 000 F CFA/ha (1 000 \$ CA) ou au moyen du gardiennage au tarif de 250 000 F CFA/ha (500 \$ CA), mais il semble que les bourgoutières soient exclues de ce programme. Le PGES indique seulement que les bourgoutières devront être mises en défens. (BRLI et BERD, 2012)

D'après le PGES basé sur les recommandations de Tecslult (2006a), ces aménagements de bourgou permettront de réduire l'intrusion des hippopotames en zones agricoles (BRLI et BERD, 2012). Néanmoins, les conflits homme-hippopotame dans les zones agricoles seront répertoriés et les causes seront étudiées. Enfin, les victimes seront indemnisées par des mécanismes (fonds d'indemnisation) qui seront mis en place afin de réduire l'abattage illégal d'hippopotames (BRLI et BERD, 2012).

Enfin, le PGES stipule que le réservoir améliorera l'habitat des grands mammifères du fleuve, soit le lamantin et l'hippopotame, car la superficie d'environ 30 000 ha du réservoir est considérée comme une nette amélioration aux 8 000 ha actuels (BRLI et BERD, 2012). De plus, l'augmentation du régime d'étiage combinée à l'écrêtement des crues naturelles pourrait augmenter la taille des aires propices à l'habitat de l'hippopotame en aval (Tecslult, 2006b). En revanche, l'effet de laminage pourrait entraîner l'exondation d'une partie des plaines inondables, y affectant alors la végétation (BAD, 2008a).

#### **4.4 Analyse de l'impact du barrage de Kandadji sur les populations d'hippopotames**

Certes, la modification de la qualité de l'eau et la prolifération de plantes ou algues envahissantes pourraient nuire à l'hippopotame, mais la modification de son environnement a surtout des répercussions sur son habitat et son alimentation. L'impact potentiel du barrage est donc étudié sur l'habitat et sur l'alimentation de l'animal en amont et en aval du barrage.

##### **4.4.1 Impact sur l'habitat en amont du barrage**

En amont du barrage, l'apparition du réservoir transformera une partie de la rivière en un milieu de type lacustre; il y aura passage d'un mode lotique à lentique. De plus, la variation du niveau de l'eau ne suivra pas nécessairement le cycle naturel auquel est adaptée la végétation, et celle-ci pourrait ainsi subir des changements importants.

Considérant l'étalement des groupes de la population d'Ayorou par rapport au réservoir et aux zones inondées, l'impact du barrage pourrait différer légèrement d'un groupe à l'autre. En effet, les groupes 1 et 2 se situent au début de l'élargissement du réservoir de sorte que le groupe 2 se situe probablement dans la zone de transition tandis que le groupe 1 se situe soit dans la zone de transition, soit dans le début de la zone lacustre. En revanche, les groupes 3, 4 et 5 se situent clairement dans la zone de rivière.

Dans un milieu lacustre, les hippopotames se tiennent généralement au niveau des zones peu profondes ou à l'embouchure des rivières (Chomba et autres, 2014). Cela suggère que l'amont du réservoir et l'embouchure du Gorouol seront plus propices à l'établissement des populations. En revanche, si les populations s'établissent à même la zone réservoir, il sera plus probable de les retrouver à proximité de la rive ou des îles, là où l'eau est moins profonde. À cet effet, la zone de marnage, soit la zone représentée par la limite de la cote d'exploitation (228 m) et représentée sur la Figure 4.3 présenterait des caractéristiques intéressantes. D'ailleurs, au niveau de la zone lacustre, la rive gauche semble plus favorable à l'établissement de l'hippopotame que la rive droite parce que la pente des berges y est plus faible de telle manière que le marnage y créera des plaines inondables (Tecsult, 2006a). En effet, comme le relief de la rive droite est plus élevé, l'élargissement du fleuve se fait quasi essentiellement vers la rive gauche au niveau de Kandadji. En revanche, au niveau de la zone de transition et à la fin de la zone de rivière, soit où les groupes 1 et 2 se situent, la rive droite présente plus de zones inondables. Ces zones pourraient engendrer la formation de mares, propices à la survie de nouveau-nés, mais aussi à la formation de pâturages riches. Vers l'amont de la zone de rivière, l'élargissement du Niger se fait à la fois vers la rive gauche et la rive droite; une rive ne semble pas plus propice que l'autre pour l'hippopotame. De toutes les façons, la profondeur de l'eau de la zone de rivière ne devrait pas empêcher les déplacements de l'hippopotame d'une rive vers l'autre.

En plus de la faible profondeur de l'eau, l'hippopotame préfère généralement les milieux diversifiés en caractéristiques géomorphologiques telles que les méandres, les bancs de sable, les bras morts et les

zones de confluence (Karstad, 1984; Chansa et Milanzi, 2011). En ce sens, la zone de transition, la zone de rivière, la portion du fleuve en amont du réservoir et l'embouchure du Gorouol semblent être les plus adéquates à l'écologie de l'hippopotame. En effet, entre la localisation actuelle des groupes 1 à 5 se trouvent de nombreuses îles et plusieurs méandres associés à la présence de bancs de sable. D'ailleurs, bien qu'aucun groupe ne semble fréquenter le Gorouol et son embouchure, l'élargissement et la pérennisation de celui-ci pourraient le rendre plus attrayant aux hippopotames.

En 2008, les hippopotames fréquentaient déjà la part du fleuve en amont du réservoir projeté (Noirard et Gigot, 2008). Comme l'amont du réservoir semble le plus adapté pour l'écologie de l'hippopotame du point de vue de l'habitat, il serait surprenant que les populations descendent vers la zone lacustre après remplissage du réservoir.

D'après la profondeur moyenne de 5,67 m, les groupes 3 à 5 pourront se déplacer aisément d'une rive à l'autre de l'amont du réservoir, d'autant plus que la profondeur du réservoir sera probablement inférieure à cette moyenne en amont et que le niveau de l'eau sera variable. Ils se tiendront donc probablement plus près de la rive où des pâturages adéquats seront disponibles et se déplaceront peut-être d'une rive à l'autre en fonction de cette disponibilité à travers la saison. Toutefois, les groupes 1 et 2 étant plus en aval, peut-être qu'ils dépendront de la baisse du niveau de l'eau pour se déplacer d'une rive à l'autre, à moins de remonter vers l'amont. Le groupe 2 pourrait donc se retrouver piégé à proximité d'Ayorou, augmentant ainsi la probabilité de générer des conflits avec les populations humaines.

Enfin, plusieurs habitats seront adéquats pour l'hippopotame en amont du barrage et les besoins en eau de l'hippopotame seront certainement comblés par l'abondance de la ressource hydrique disponible. Par conséquent, la répartition des hippopotames et l'accroissement, ou la diminution, des effectifs s'expliqueront peut-être par la répartition et la disponibilité de pâturages adéquats, car l'hippopotame préfère s'alimenter près de son espace de vie diurne (Olivier et Laurie, 1974). Cependant, la capacité de l'hippopotame à se déplacer sur de grandes distances pour s'alimenter suggère qu'il aura tout de même la capacité de fréquenter, de jour, des zones relativement loin des pâturages qu'il exploitera la nuit. Par exemple, des hippopotames se situant dans l'aire protégée en face d'Ayorou au courant de la journée pourraient piller les champs à proximité d'Ayorou durant la nuit (O'Connor et Campbell, 1986; Owen-Smith, 1992).

#### **4.4.2 Impact sur l'alimentation en amont du barrage**

L'aridité du climat de la région à l'étude permet à la végétation de pousser quasi essentiellement à proximité du fleuve ou sur les plaines inondables en dehors de la saison des pluies. Par conséquent, celle-ci sera inondée en bonne partie, engendrant la perte d'environ 6000 ha de formations végétales, dont environ 3000 ha de bourgoutières (Tecsult, 2006b; BRLI et BERD, 2012). Initialement, l'hippopotame souffrira donc d'une réduction de la disponibilité des fourrages au fur et à mesure que ceux-ci seront inondés. Il devra donc se déplacer pour s'alimenter, notamment vers l'intérieur des terres, entrant

possiblement en conflit avec les agriculteurs si l'animal pille les champs. L'hippopotame n'étant pas le seul à s'alimenter dans ces fourrages, la compétition risque d'être féroce, notamment avec le bétail, bien que les éleveurs devraient recevoir du fourrage en compensation aux bourgoutières détruites (BAD, 2008b). En effet, les résultats de l'étude de Noirard et autres (2004) sur l'alimentation de l'hippopotame dans le Parc National du W suggèrent que toutes les espèces végétales consommées par l'hippopotame sont également consommées par le Zébu (*Bos indicus*).

Après le remplissage du réservoir, la zone de marnage pourrait être colonisée par des espèces telles que *Panicum sp.* qui sont consommées par l'hippopotame, ce qui favoriserait l'accroissement de la population comme dans le réservoir du lac Kariba en Zambie (Ramberg, 1987). Néanmoins, la taille de la population d'Ayorou et tout particulièrement des groupes 1 et 2 pourrait être diminuée avant cette colonisation.

#### **4.4.3 Impact sur l'habitat et l'alimentation en aval du barrage**

En aval du barrage, l'hippopotame pourra profiter de la régularisation du débit du Niger, car celle-ci assurera des niveaux d'eau suffisants pour qu'il s'abrite et s'abreuve à l'année. Toutefois, la réduction de l'apport et sédiment et l'augmentation du débit pourraient réduire l'accessibilité à des berges ou des bancs de sable, l'empêchant de s'étendre et se réchauffer au soleil (Attwell, 1970).

En outre, quoique la végétation des berges pourra profiter de la disponibilité de l'eau tout au long de l'année, l'effet de laminage des crues pourra nuire à la dynamique des plaines inondables et favoriser l'établissement d'espèces terrestres et d'espèces envahissantes comme la laitue et la jacinthe d'eau (Bergkampff et autres, 2000; Wang et autres, 2015). Si ces plaines ne sont plus recouvertes par les crues, leur productivité diminuera et moins d'herbages seront disponibles pour alimenter l'hippopotame qui en dépend (Attwell, 1970).

Comme les populations d'hippopotames du Niger sont limitées par la disponibilité des pâturages (Cissé, 2013), les populations en aval du barrage ne risquent pas d'accroître et pourraient diminuer, voire disparaître. En effet, les petites populations isolées sont particulièrement susceptibles à l'extinction (Brashares, 2003). Cependant, elles pourraient aussi se déplacer vers l'amont du barrage, ou vers l'aval, là où des cours d'eau se jetant dans le Niger créeraient potentiellement des crues capables d'entretenir la productivité des plaines inondables.

#### **4.5 Analyse des mesures de gestion du conflit homme-hippopotame proposées**

Deux mesures ont été proposées pour gérer le conflit homme-hippopotame et seront analysées ici : la compensation directe des populations et la plantation de bourgou comme tactique de diversion. Hélas, les mesures de gestion proposées ne font pas référence aux efforts réalisés par Noé Conservation et l'APHN (Noirard et Gigot, 2008). Pourtant, il semblerait plus efficace de travailler en collaboration, notamment pour assurer la survie de l'écotourisme dans la région (CIMA+ International, 2012). Aussi, il faudrait dénombrer de nouveau les populations d'hippopotames au Niger (CIMA+ International, 2012).

#### **4.5.1 La compensation directe**

En plus des bourgoutières, le PGES prévoit la création d'un fonds d'indemnisation afin de compenser financièrement les pertes des victimes. Néanmoins, ni la source de financement de ce fond, ni les montants des compensations et ni le fonctionnement de ce mécanisme d'indemnisation n'ont été indiqués. Il se peut que la compensation financière ait été étudiée sérieusement, mais vu la faible quantité de détails disponibles sur cette mesure, il serait raisonnable de penser que peu d'importance sera accordée à l'implantation du mécanisme de compensation et que sa viabilité pourra être contestée, d'autant plus que la réalisation du P-KRESMIN est déjà retardée et que le Niger est relativement corrompu (Transparency International, 2014). Le début et la fin du programme de compensations n'étant pas spécifiés, celui-ci pourrait donc s'arrêter dès que les responsables le décideront, aux dépens des populations locales. Toutefois, le registre des événements conflictuels sera un début.

#### **4.5.2 Les plantations de bourgou**

Par l'aménagement de plantations de bourgou, le P-KRESMIN estime que le conflit homme-hippopotame sera réduit en détournant les hippopotames des champs vers ces plantations. D'après le PGES, d'importantes plantations de bourgou seront effectuées immédiatement après la mise en eau dans l'aire protégée, mais la surface de ces plantations n'est pas indiquée (BRLI et BERD, 2012). De plus, 50 hectares de bourgou et 10 hectares de mares permanentes seront répartis sur une dizaine d'îles du réservoir et 945,2 hectares de bourgou seront plantés dans la zone de marnage. Néanmoins, ce même PGES indique que 3000 hectares de bourgoutières seront détruits lors de la mise en eau. Ainsi, à moins que les importantes plantations de l'aire protégée dépassent 2000 ha, la disponibilité de fourrages adéquats pour l'hippopotame en amont du barrage ne sera pas améliorée par le P-KRESMIN. D'ailleurs, la mise en eau détruira d'autres habitats où l'hippopotame se nourrit et un délai entre la création des pépinières, la plantation des bourgoutières et la croissance du fourrage s'imposera. Par conséquent, à court terme, la disponibilité des fourrages sera réduite, ce qui favorisera le pillage de culture. Étrangement, le PGES ne considère pas ce risque à court terme pour les hippopotames, tandis que le plan de réinstallation juge que la destruction des bourgoutières engendrera un déficit de fourrage pour le bétail et que des mesures de compensation pour les éleveurs sont envisagées à cet effet (BAD, 2008b; BRLI et BERD, 2012). Comme un hectare de bourgoutière produit environ 15 000 kg annuellement et que l'hippopotame consomme environ 40 kg de matière végétale par jour, l'aménagement de 50 hectares de bourgoutières sur les îles permettrait techniquement de soutenir une population d'environ 50 hippopotames (Bonis Charancle, 1994; Kodio et autres, 2008). Cependant, une bourgoutière n'atteint ce potentiel de production qu'après trois ans, et la production est discontinuée durant une année de sorte que les bourgoutières ne suffiront pas pour assurer l'alimentation des hippopotames à l'année (Bonis Charancle, 1994; Geesing et Djibo, 2006).

Bien que ces bourgoutières soient destinées à la faune sauvage et que les bourgoutières sur les îles seront isolées, aucune mesure visant à restreindre l'accès au bétail n'a été proposée en périphérie du réservoir. Pourtant, elles représentent un pâturage très valorisé pour l'élevage lors de la période de soudure précédant la saison des pluies; un hectare de bourgoutière naturelle vaut environ 341 000 F CFA (environ 700 \$ CA) et une botte (environ 1,5 kg de matière sèche) peut être vendue jusqu'à 100 F CFA (environ 0,25 \$ CA) (Bonis Charancle, 1994; *The Board on Science and Technology in International Development* (BOSTID), 1996; Geesing et Djibo, 2008; Kodio et autres, 2008; RECA, 2011; Fossi et autres, 2014). Les bourgoutières destinées à la faune sauvage pourraient donc être dévastées par le bétail et récoltées par des individus en quête de revenus. En outre, le bourgou peut-être consommé par l'homme de différentes façons, et pourrait donc servir en période de famine pour pallier la sous-nutrition des populations, donc protéger les bourgoutières soulèverait éventuellement une problématique éthique (Lamarque et autres, 2009).

Le PGES indique que certaines bourgoutières seront restaurées en aval du réservoir, mais l'ampleur des restaurations est inconnue de sorte qu'il est impossible de savoir si cela compensera la potentielle diminution de la productivité végétale des plaines inondables associée avec l'étêtement des crues. Le PGES ne s'engage donc pas ambitieusement pour préserver les populations d'hippopotames et diminuer l'ampleur du conflit avec l'homme en aval du barrage alors que la régularisation du débit, de même que la réduction de l'apport sédimentaire pourront avoir des répercussions considérables sur les populations de Tillabéri, de Boubon et peut-être même du Parc National du W.

Curieusement, seulement des plantations de bourgou (*E. stagnina*) sont proposées pour alimenter l'hippopotame. Toutefois, bien que le genre *Echinocloa* soit identifié dans plusieurs études consacrées à l'alimentation de l'hippopotame, les études de Dibloni (2012) représentent les seuls travaux de nature scientifique qui sont consacrés à l'alimentation de l'hippopotame et qui suggèrent que *E. stagnina* est consommée en plus de *E. colona* et *E. pyramidalis* (Scotcher et autres, 1978; Noirard et autres, 2004; Amoussou et autres, 2006; Chansa et autres, 2011b). D'après les études de Noirard et autres (2004) dans le parc national du W au Niger (Figure 4.1), bien que *E. stagnina* et *E. colona* étaient toutes les deux présentes sur l'aire d'étude, seulement *E. colona* faisait partie de l'alimentation de l'hippopotame en plus de *Commelina nudiflora*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus sp.*, *Oryza brachyantha* et *Passpalum scrobiculatum*. Néanmoins, l'étude a été menée de janvier à mars, soit durant la saison sèche, et *E. stagnina* n'est disponible aux herbivores qu'à partir de la fin mars, lorsque le débit du fleuve diminue et que les plaines inondables sont exondées (Niger. DAFECO, 1977; Noirard et autres, 2004; Geesing et Djibo, 2006).

Le terme bourgoutière est dérivé de bourgou, nom peuhl qui désigne les pâturages inondés ou prairies aquatiques constituées de graminées à tiges flottantes (Kodio et autres, 2008). En conséquence, bien que les bourgoutières soient possiblement dominées par *E. stagnina*, cela ne signifie pas que ce soit l'espèce préférée par l'hippopotame (Geesing et Djibo, 2006). Dès lors, la plantation de bourgoutières composées

essentiellement de *E. stagnina* pourrait difficilement compenser la destruction des bourgoutières actuelles qui sont diversifiées. D'ailleurs, d'après Bonis Charancle (1994), plusieurs variétés de bourgou existent, notamment *E. stagnina*, le bourgou rouge et *E. pyramidalis*, le bourgou blanc, consommé par les hippopotames au Bénin, en Afrique du Sud et en Zambie (Scotcher et autres, 1978; Amoussou et autres, 2006; Chansa et autres, 2011b). Ainsi, il serait possible que le terme bourgou ait été associé spécifiquement à *E. stagnina* lors des études d'impacts et des travaux sur le terrain tandis qu'il est plutôt générique. Souvent, les termes utilisés dans les langues africaines ne distinguent pas spécifiquement les plantes, c'est-à-dire que plusieurs espèces peuvent porter le même nom (Vivien et Faure, 2011). Dans ces circonstances, il semblerait plus juste d'affirmer que l'hippopotame s'alimente véritablement de bourgou et que les populations d'Ayorou pourront profiter de l'aménagement de bourgoutières. D'ailleurs, d'après Gaudet (1992), *Echinochloa scabra* est la même espèce que *E. stagnina*.

Finalement, puisque plusieurs espèces semblent être préférées à *E. stagnina*, que *E. stagnina* ne pourrait pas assurer l'alimentation l'hippopotame à l'année et que *E. stagnina* représente un fourrage valorisé pour le bétail, il apparaît plus prudent d'aménager des bourgoutières plus diversifiées que celles qui sont prévues par le PGES. En effet, celles-ci risquent d'être plus efficaces dans la diversion des hippopotames à l'instar des cultures et risqueraient peut-être moins d'être dévastées par le bétail ou par l'homme. Cependant, les autres espèces qui sont consommées par l'hippopotame n'ont peut-être pas déjà été domestiquées, ce qui représenterait un défi technique.

## **5 RECOMMANDATIONS**

Quelques orientations et recommandations découlent de l'étude de l'écologie de l'hippopotame, des méthodes de gestion de conflit, de l'impact des barrages et du cas du barrage de Kandadji. Celles-ci pourraient profiter à de futures évaluations de l'impact d'un barrage sur des populations d'hippopotames, de même qu'à l'adoption d'une stratégie permettant de gérer le conflit avec l'homme.

### **5.1 Recommandations pour évaluer l'impact d'un barrage sur des populations d'hippopotames**

Pour évaluer précisément l'impact d'un barrage, il serait idéal de comparer la capacité de soutien du milieu avant et après l'érection du barrage (Jacobsen et Kleynhans, 1993; Chomba et autres, 2014). Cette méthode permet de déterminer si les conditions alimentaires sont préférables avant ou après et donc d'anticiper un accroissement ou une diminution des populations d'hippopotames en amont et en aval du barrage en fonction de leurs besoins alimentaires. Pour cela, l'écologie de l'hippopotame doit être bien maîtrisée afin d'identifier la quantité de fourrages disponible et adaptée à l'alimentation de l'animal à partir d'imageries satellites et d'études sur le terrain. De plus, il faut absolument tenir compte des délais qui peuvent s'étendre sur plusieurs années entre la destruction de l'habitat et la recolonisation par des espèces consommées par l'hippopotame (Ramberg, 1987). En effet, avant que la zone de marnage d'un réservoir soit colonisée par des espèces susceptibles d'être consommées par l'hippopotame, celui-ci risque de souffrir de l'indisponibilité des pâturages. Dès lors, nourrir artificiellement l'animal pourrait être considéré à court terme, surtout si la population est très restreinte et susceptible d'extinction (Jacobsen et Kleynhans, 1993). De plus, cela permettrait de réduire les conflits avec les agriculteurs, à la manière d'une tactique de diversion. En revanche, il semble irréaliste de fournir du fourrage pour l'hippopotame si les populations locales elles-mêmes manquent de fourrage pour alimenter leur bétail et si elles arrivent difficilement à subvenir à leurs besoins.

D'ailleurs, l'impact d'un barrage en aval doit être évalué tout aussi rigoureusement qu'en amont (White, 1969; Attwell, 1970). Dans le cas de Kandadji, les études d'impact ont un peu tenu pour acquis que la régularisation du débit n'aurait pratiquement que des impacts positifs sur l'hippopotame, car celui-ci souffre lors des sécheresses (BRLI et BERD, 2012). Néanmoins, la disponibilité des fourrages peut être un facteur aussi limitant sinon plus que la disponibilité de refuges hydriques, et l'écrêtement des crues peut avoir des effets néfastes et considérables dans ce sens (Marshall et Sayer, 1976; Tembo, 1987; Chomba, 2013).

L'utilisation de l'habitat et le comportement de l'hippopotame en milieu lacustre gagneraient à être étudiés davantage afin de déterminer plus précisément la profondeur optimale de l'eau pour l'hippopotame, et donc les zones des réservoirs qui seront attrayantes. Aussi, un suivi des populations d'hippopotames après la création de barrage pourrait servir de guide pour l'évaluation des impacts d'autres projets de barrage et de création de réservoir.



## **5.2 Recommandations pour développer une stratégie de gestion du conflit homme-hippopotame**

Pour gérer adéquatement un conflit entre l'homme et l'hippopotame, une stratégie à l'échelle d'un réservoir ou à l'échelle nationale peut être élaborée en 3 étapes (Muruthi, 2005; Treves et autres, 2006). Premièrement, une récolte d'information doit avoir lieu afin de déterminer les raisons du conflit, le type de conflit, les personnes affectées, les zones et les périodes de l'année particulièrement conflictuelles. De plus, cette recherche permettra d'apprendre sur le contexte régional dans lequel le conflit évolue, sur l'écologie de l'hippopotame et sur les méthodes de gestion de conflit avec l'hippopotame (Hill et autres, 2002; Treves et autres, 2006). Parallèlement, un registre des événements conflictuels doit être développé et mis à jour continuellement, cela permet de comparer la perception des dégâts et les dégâts réels (Lamarque et autres, 2009).

Deuxièmement, les informations récoltées doivent être analysées afin d'adopter une stratégie de gestion du conflit en collaboration avec les autorités et les communautés locales (Treves et autres, 2006; Lamarque et autres, 2009). Hélas, les programmes de gestion des conflits avec la faune négligent souvent les aspects sociaux et les populations locales sont parfois vues comme des ennemis à la conservation de la faune (Sibanda et Omwega, 1996; Treves et autres, 2006; Dickman, 2010). Pourtant, les populations locales sont plus enclines à accepter un programme si elles y ont contribué, et le programme aura certainement plus de succès ainsi (Sibanda et Omwega, 1996; Hill et autres, 2000; Treves et autres, 2006; Lamarque et autres, 2009). De plus, les connaissances locales écologiques et sociales permettent de développer des solutions adaptées au contexte local (Hill et autres, 2002). Cette stratégie devra définir son champ d'action, c'est-à-dire identifier les conflits qu'elle désire gérer, et fixer des objectifs de gestion clairs, comme réduire le conflit ou augmenter la tolérance des populations à l'égard des populations d'hippopotames, dans le but de déterminer les méthodes qui seront adéquates (Hill et autres, 2002; Lamarque et autres, 2009). Comme aucune méthode de gestion de conflit n'est parfaite, l'essentiel est de combiner les approches les plus efficaces et de tester de nouvelles méthodes qui pourraient réduire efficacement le conflit entre les hommes et les hippopotames, tout en étant accessibles aux populations (Woodroffe et autres, 2005b; Osborn et Hill, 2005).

Enfin, l'étape de suivi du programme de gestion ne doit pas être négligée, car un programme doit s'adapter selon sa performance et son efficacité à atteindre ses objectifs (Osborn et Hill, 2005; Treves et autres, 2006; Lamarque et autres, 2009). D'ailleurs, les programmes gagneraient à communiquer davantage les succès ou échecs des méthodes testées afin que d'autres programmes s'en inspirent et ne commettent pas les mêmes erreurs. Actuellement, la littérature scientifique sur la gestion du conflit entre l'homme et l'hippopotame est pratiquement inexistante, contrairement au conflit homme-éléphant; elle doit donc être créée.

## CONCLUSION

L'hippopotame étant une espèce menacée, il est impératif d'entreprendre des mesures pour protéger ses populations, notamment en gérant adéquatement les conflits qui peuvent survenir avec l'homme, car ce dernier est enclin à tuer l'animal pour protéger sa famille et ses cultures. L'érection d'un barrage engendre une modification des habitats en amont et en aval, ce qui peut perturber l'écologie de l'animal, faire fluctuer l'ampleur des conflits et compromettre la survie de l'hippopotame. Par l'étude de l'écologie de l'hippopotame, des méthodes de gestion de conflit entre l'homme et la faune, de l'impact des barrages sur les écosystèmes et du cas de Kandadji, cet essai vise à évaluer l'impact des barrages sur les populations d'hippopotames et identifier des méthodes de gestion de conflit susceptibles de fonctionner. Globalement, cet objectif a été atteint; la revue de littérature et l'analyse effectuée dans cet essai identifient les impacts potentiels de la création d'un barrage et proposent des mesures de protection de l'espèce et de gestion du conflit homme-hippopotame adaptées au contexte. D'ailleurs, l'étude du cas de Kandadji permet d'appliquer et de concrétiser les connaissances tirées de la revue de littérature. Toutefois, il n'aura pas été possible de prédire avec certitude l'impact du barrage de Kandadji sur les populations d'hippopotames, notamment parce que certaines notions de l'écologie de l'hippopotame ne sont pas décrites et parce que les détails sur la géomorphologie du réservoir et sur le marnage sont peu accessibles ou inexistantes.

Le chapitre 1 a mis en évidence les facteurs écologiques afin d'identifier les modifications de l'habitat qui sont susceptibles de le gêner ou qui sont propices à sa prolifération. En terme d'habitat, l'hippopotame préfère les eaux peu profondes, à courant moyen, et surtout les milieux qui sont diversifiés en caractéristiques géomorphologiques telles que les méandres, les bancs de sable, les bras morts et les lagunes. L'hippopotame ne pouvant pas nager et pouvant difficilement sortir de l'eau lorsque les berges sont trop abruptes, il fréquente les plans et cours d'eau peu profonde qui ont des berges avec des pentes douces durant le jour, et se déplace sur la terre ferme la nuit pour s'alimenter. Quant à son alimentation, l'animal n'est pas trop sélectif au niveau des espèces végétales qu'il consomme, mais il choisit tout de même les zones où le type de végétation est adéquat. Sa diète se constitue principalement des Graminées et des Cyperacées.

Certes, l'hippopotame représente une menace pour les usagers des eaux de surface, mais le conflit entre l'homme et l'hippopotame est principalement associé à la modification de l'habitat de l'hippopotame à des fins d'agriculture, comme l'indique le chapitre 2. En effet, les zones couvertes naturellement de pâturages adaptés à l'alimentation de l'hippopotame sont souvent converties par l'homme en terre agricole et par conséquent, ses cultures sont souvent pillées par l'hippopotame. Plusieurs méthodes semblent accessibles pour gérer le conflit en le réduisant à la source ou en augmentant la tolérance des populations à risque. Cependant, la littérature scientifique décrit peu l'efficacité de ces mesures pour gérer le conflit entre l'homme et l'hippopotame spécifiquement. Traditionnellement, les champs étaient surveillés et les animaux problématiques pouvaient être éliminés. Néanmoins, ces méthodes ne semblent plus

adaptées. L'éducation et l'utilisation de tactiques de diversion, de systèmes répulsifs et de barrières physiques permettent éventuellement de réduire le conflit à la source tandis que l'écotourisme permet d'augmenter la tolérance des populations en offrant des bénéfices économiques. En outre, la compensation directe des personnes favorise aussi la tolérance, mais cette méthode est particulièrement vulnérable à la corruption et ne semble donc pas appropriée à la situation actuelle de l'Afrique subsaharienne.

Vers l'amont et vers l'aval, un barrage génère des impacts écologiques notables sur le cours d'eau qu'il régule, donc sur les populations d'hippopotames qui l'habitent. Le remplissage d'un réservoir détruit une vaste surface d'habitats terrestres, détruisant ainsi la végétation qui alimente les populations d'hippopotames. En revanche, la zone de marnage du réservoir peut générer des pâturages adéquats lorsque le milieu s'adapte ensuite aux nouvelles conditions créées. De plus, la dynamique et le profil longitudinal particulier du réservoir impliquent que certaines zones sont plus appropriées pour les populations d'hippopotames, d'autant plus que certaines zones sont associées davantage à des problématiques environnementales. La régularisation du débit en aval permet d'assurer un refuge hydrique aux hippopotames tout au long de l'année. Toutefois, l'effet de laminage des crues peut réduire la productivité des plaines inondables, réduisant alors potentiellement la surface des pâturages adaptés et disponibles pour l'hippopotame.

L'analyse du cas du Programme KRESMIN au chapitre 6 mitige la bonification de l'habitat et des zones propices à l'alimentation de l'hippopotame telle qu'elle est suggérée dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale. Ce plan propose la création d'une aire protégée et l'aménagement de bourgoutières afin de protéger les populations d'hippopotames en diminuant le conflit avec l'homme. Cependant, l'ampleur des aménagements proposés n'équivaut pas nécessairement à l'envergure de la destruction projetée des habitats et ces aménagements ne sont pas forcément adaptés à l'hippopotame. D'ailleurs, aucune mesure n'est proposée à court terme pour assurer la survie des hippopotames, dont la population ne s'élève qu'à une soixantaine d'individus en amont du barrage. Celle-ci est donc particulièrement à risque. Au moins, l'écologie de l'hippopotame et la configuration du réservoir suggèrent que les groupes se situant en amont du barrage n'auront pas à se déplacer considérablement, car leur position actuelle se trouvera globalement dans les zones les plus appropriées après le remplissage du réservoir. Les populations en aval de Kandadji profiteront de la régularisation du débit, mais l'effet de laminage des crues pourrait nuire à leur alimentation et à leur survie, d'autant plus que la disponibilité des pâturages limiterait déjà l'accroissement des populations d'hippopotames au Niger.

Pour évaluer précisément l'impact d'un barrage sur les populations d'hippopotames, l'idéal est d'effectuer des relevés précis de végétation afin d'évaluer la capacité de soutien du milieu avant et après l'érection du barrage. Cela permet d'évaluer si les conditions alimentaires sont préférables avant ou après la création du barrage, en fonction des projections. Ensuite, pour gérer adéquatement le conflit entre l'homme et l'hippopotame, une stratégie de gestion doit être établie localement ou nationalement en 3

étapes. Une récolte d'information sur le conflit et sur l'écologie de l'hippopotame doit être effectuée, puis ces informations doivent être analysées afin de choisir des méthodes de gestion en collaboration avec les autorités et les communautés locales. Finalement, le programme de gestion doit faire l'objet d'un suivi rigoureux.

Comme la désertification et l'accroissement de la population augmentent la compétition entre l'homme et l'hippopotame pour les ressources hydriques, par exemple pour l'hydroélectricité ou pour les terres arables, le conflit entre l'homme et l'hippopotame risque de s'aggraver au cours des prochaines décennies. Poursuivre les efforts de recherche sur l'écologie de l'hippopotame, notamment en milieu lacustre, permettra de mieux anticiper les effets néfastes de la modification anthropique des écosystèmes afin d'adapter des stratégies de gestion appropriées. De plus, une littérature scientifique consacrée à la gestion du conflit entre l'homme et l'hippopotame doit être créée et pourrait s'inspirer du conflit entre l'homme et l'éléphant. À l'heure actuelle, différentes méthodes de gestion de conflit ont déjà été testées avec les hippopotames, mais accéder aux résultats de ces expérimentations représente un défi à moyen terme. Enfin, plusieurs méthodes innovantes comme les clôtures intégrant des ruches d'abeilles gagneraient à être testées sur les hippopotames. Celles-ci sont simples, accessibles et génératrices de revenus. Elles semblent donc tout à fait appropriées au contexte rural de l'Afrique subsaharienne.

## RÉFÉRENCES

- African Sky Hunting (2015). Price list South Africa. *In* African Sky Hunting. <http://www.africanskyhunting.co.za/pricelist.html> (Page consultée le 7 mai 2015).
- Agence France Presse (2014). Niger hippo attack kills 12 children. *In* The Guardian. *World*. <http://www.theguardian.com/world/2014/nov/19/niger-hippo-attack-deaths> (Page consultée le 12 février 2015).
- Ancil, F. (2008). *L'eau et ses enjeux*. Bruxelles, De Boeck Supérieur, 248 p.
- Andersen, I., Dione, O., Jarosewich-Holder, M., Olivry, J.-C. (2005). The Niger River Basin : A Vision for Sustainable Management. *In* The World Bank. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/12/08/000090341\\_20051208084115/Rendered/PDF/345180PAPER0NR1Basin01OFFICIAL0USE1.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/12/08/000090341_20051208084115/Rendered/PDF/345180PAPER0NR1Basin01OFFICIAL0USE1.pdf) (Page consultée le 17 mai 2015).
- Archabald, K. et Naughton-Treves, L. (2001). Tourism revenue-sharing around national parks in Western Uganda: early efforts to identify and reward local communities. *Environmental Conservation*, vol. 28, n° 2, p. 135-149.
- Arfi, R. (2005). Seasonal ecological changes and water level variations in the Sélingué Reservoir (Mali, West Africa). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 30, n° 6-7, p. 432-441.
- Asher, R.J. et Helgen, K.M. (2010). Nomenclature and placental mammal phylogeny. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 10, n° 102, p. 1-9.
- Attwell, R.I.G. (1970). Some Effects of Lake Kariba on the Ecology of a Floodplain of the Mid-Zambezi Valley of Rhodesia. *Biological Conservation*, vol. 2, n° 3, p. 189-196.
- Autorité du Bassin du Niger (ABN) (2007). Atlas du bassin du Niger. *In* Wetlands International. <http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=EfeRMcQ5QsY%3D&tabid=56> (Page consultée le 26 mars 2015).
- Avakyan, A.B. et Podol'skii, S.A. (2002). Impact of Reservoirs on the Fauna. *Water Resources*, vol. 29, n° 2, p. 123-132.
- Awange, J. L. et Ong'ang'a, O. (2006). *Lake Victoria: Ecology, Resources, Environment*. Berlin, Springer, 354 p.
- Banque Africaine de Développement (BAD) (2008a). Programme "Kandadji" de régénération des écosystèmes et de mise en valeur de la vallée du Niger : Étude détaillée d'impact environnemental et social - Résumé exécutif. *In* African Development Bank. <http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Environmental-and-Social-Assessments/ADF-BD-IF-2008-50-FR-NIGER-EIES-PROGRAMME-KANDADJI-DE-REGENERATION-DES-ECOSYSTEMES-ET-DE-MISE-VALIEUR-DE-VALLEE-DU-NIGER.PDF> (Page consultée le 11 mars 2015).
- Banque Africaine de Développement (BAD) (2008b). "Kandadji" ecosystems regeneration and niger valley development programme : Detailed population resettlement plan - Executive summary. *In* African Development Bank. <http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Environmental-and-Social-Assessments/ADF-BD-IF-2008-51-EN-NIGER-KANDADJI-ECOSYSTEMS-REGENERATION-DETAILED-POPULATION-RESETTLEMENT-PLAN.PDF> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Barua, M., Bhagwat, S.A. et Jadhav, S. (2013). The hidden dimensions of human-wildlife conflict: Health impacts, opportunity and transaction costs. *Biological Conservation*, vol. 157, p. 309-316.

- Bennis, S. (2007). *Hydraulique et hydrologie*, 2<sup>e</sup> édition, Québec, Presses de l'Université du Québec, 476 p.
- Bergkampf, G., McCartney, M. Dugan, P. McNeely, J. et Acreman, M. (2000). Dams, Ecosystem Functions and Environmental Restoration, *In the International Union for Conservation of Nature (IUCN)*. <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/archive/2001/iucn913.pdf> (Page consultée le 6 mars 2015).
- Boisserie, J.-R. (2005). The phylogeny and taxonomy of Hippopotamidae (Mammalia: Artiodactyla): a review based on morphology and cladistic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, vol. 143, n° 1, p. 1-26.
- Boisserie, J.-R., Lihoreau, F. et Brunet, M. (2005a). Origins of Hippopotamidae (Mammalia, Cetartiodactyla); towards resolution. *Zoologica Scripta*, vol. 34, n° 2, p. 119-143.
- Boisserie, J.-R., Zazzo, A., Merceron, G., Blondel, C., Vignaud, P., Likius, A., Mackaye, H.T. et Brunet, M. (2005b). Diets of modern and late Miocene hippopotamids: Evidence from carbon isotope composition and micro-wear of tooth enamel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 221, n° 1-2, p. 153-174.
- Bonis Charancle, J.-M. (1994). Gestion des ressources naturelles: la régénération des bourgoutières dans la boucle du Niger au Mali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 47, n° 4, p. 425-434.
- Bookbinder, M.P., Dinerstein, E., Rijal, A., Cauley, H. et Rajouria, A. (1998). Ecotourism's Support of Biodiversity Conservation. *Conservation Biology*, vol. 12, n° 6, p. 1399-1404.
- Brashares, J.S. (2003). Ecological, Behavioral, and Life-History Correlates of Mammal Extinctions in West Africa. *Conservation Biology*, vol. 17, n° 3, p. 733-743.
- BRLi et BERD (2012). Mise à jour du plan de gestion environnementale et sociale du programme Kandadji - Plan de gestion environnementale et sociale (Rapport interne de la direction générale du génie rural du Niger et du Haut-commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger). Niger. BRLi et BERD, 186 p.
- Bulte, E. et Rondeau, D. (2007). Compensation for wildlife damages: Habitat conversion, species preservation and local welfare. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 54, n° 3, p. 311-322.
- Bureau international du Travail (BIT) (1993). *Rapport de la Quinzième Conférence internationale des statisticiens du travail*. In Organisation internationale du travail. [http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_65\\_fren.pdf](http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_65_fren.pdf) (Page consultée le 17 mai 2015).
- Cerling, T.E., Harris, J.M., Hart, J.A., Kaleme, P., Klingel, H., Leakey, M.G., Levin, N.E., Lewison, R.L. et Passey, B.H. (2008). Stable isotope ecology of the common hippopotamus. *Journal of Zoology*, vol. 276, n° 2, p. 204-212.
- Chansa, W. et Milanzi, J. (2011). Population status of the hippopotamus in Zambia. *African Journal of Ecology*, vol. 49, n°1, p. 130-132.
- Chansa, W., Milanzi, J. et Sichone, P. (2011a). Influence of river geomorphologic features on hippopotamus density distribution along the Luangwa River, Zambia. *African Journal of Ecology*, vol. 49, n° 2, p. 221-226.
- Chansa, W., Senzota, R., Chabwela, H. et Nyirenda, V. (2011b). The influence of grass biomass production on hippopotamus population density distribution along the Luangwa River in Zambia. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, vol. 3, n° 5, p. 186-194.

- Chomba, C. (2013) Factors affecting the Luangwa (Zambia) hippo population dynamics within its carrying capacity band - Insights for better management. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, vol. 5, n° 3, p. 109-121.
- Chomba, C., Senzota, R., Chabwela, H. et Nyirenda, V. (2013) Does shore length influence population size and density distribution of hippopotamus? *Journal of Ecology and the Natural Environment*, vol. 4, n° 5, p. 56-63.
- Chomba, C., Simpamba, T., Kampamba, G. et Nyirenda, V. (2014). Does the Luangwa Hippo Population Size and Density Distribution Vary between Upper and Lower Study Blocks? What Are the Management Implications of Such Distribution Pattern? *Open Journal of Ecology*, vol. 4, n° 5, p. 262-280.
- CIMA+ International (2012). *Assistance technique pour accompagner la mise en œuvre du plan de gestion environnementale et social* (rapport interne de CIMA+ International). Laval, CIMA+ International, 162 p.
- Cissé, H.D. (2013). *Intégration de la biodiversité dans l'évaluation environnementale stratégique des aménagements dans le bassin fluvial du programme Kandadji au Niger*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 331 p.
- Clarke, J.R. (1953). The Hippopotamus in Gambia, West Africa. *Journal of Mammalogy*, vol. 34, n° 3, p. 299-315.
- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (2015). Appendices, I, II and III. In CITES. <http://www.cites.org/sites/default/files/eng/app/2015/E-Appendices-2015-02-05.pdf> (Page consultée le 28 avril 2015).
- Cooke, G.D. et Kennedy, R.H. (1989). *Water quality management for reservoirs and tailwaters* (Rapport 1). Vicksburg, Departement of the Army, US Army Corps of Engineers, 182 p.
- Coppinger, J. (2010). How to avoid a hippo attack. In Discover Wildlife. <http://www.discoverwildlife.com/travel/how-avoid-hippo-attack> (Page consultée le 22 avril 2015).
- Coughlin, B.L. et Fish, F.E. (2009). Hippopotaus underwater locomotion: reduced-gravity movements for a massive mammal. *Journal of Mammalogy*, vol. 90, n° 3, p. 675-679.
- Davies, B., Hall, A. et Jackson, P.B.N. (1975). Some ecological aspects of the Cabora Bassa Dam. *Biological Conservation*, vol. 8, n°3, p. 189-201.
- Dibloni, O.T., Soulama, S., Ouedraogo, I. et Guenda, W. (2012). Feeding Habits of *Hippopotamus amphibius* and Carrying Capacity in the Biosphere Reserve of "Mare aux Hippopotames" in the South-Sudanian Zone of Burkina Faso. *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 44, n° 2, p. 433-442.
- Dickman, A.J. (2010). Complexities of conflict: the importance of considering social factors for effectively resolving human-wildlife conflict. *Animal Conservation*, vol. 13, n° 5, p. 458-466.
- Dorward, L.J. (2014). New record of cannibalism in the common hippo, *Hippopotamus amphibius* (Linnaeus, 1758). *African Journal of Ecology*, p. 1-3.
- Dunham, D.M., Ghiurghi, A., Cumbi, R. et Urbano, F. (2010). Human-wildlife conflict in Mozambique: a national perspective, with emphasis on wildlife attacks on humans. *Oryx*, vol. 44, n° 2, p. 185-193.
- Dunstone, N. (1998). Adaptations to the semi-aquatic habit and habitat. In Dunstone, N. et Gorman, M., *Behaviour and ecology of Riparian mammals* (chap. 1, p. 1-16). Cambridge, Cambridge University Press.
- Durrheim, D.N. et Leggat, P.A. (1999). Risk to Tourists Posed by Wild Mammals in South Africa. *Journal of Travel Medecine*, vol. 6, n° 3, p. 172-179.

- Eardley, N. (2014). What is halal meat? *In* British Broadcasting Corporation (BBC). <http://www.bbc.com/news/uk-27324224> (Page consultée le 28 mars 2015).
- Eltringham, S.K. (1999). *The Hippos*, Londres, T & AD Poyser Ltd, 256 p.
- Espie, I. (2011). Anaesthetising hippopotamus: A veterinary challenge. *In* National Zoological Gardens of South Africa (NZG). <http://www.nzg.ac.za/newsletter/issues/18/14.php> (Page consultée le 7 mai 2015).
- Field, C.R. (1970). A study of the feeding habits of the hippopotamus (*Hippopotamus amphibius* Linn.) in the Queen Elizabeth National Park, Uganda, with some management implications. *Zoologica Africana*, vol. 5, n° 1, p. 71-86.
- Field, C.R. (1972). The food habits of wild ungulates in Uganda by analyses of stomach contents. *African Journal of Ecology*, vol. 10, n° 1, p. 17-42.
- Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) (2011). PPI1-Création d'une aire protégée communautaire pour la conservation de l'hippopotame. *In* FFEM. [http://www.ffem.fr/accueil-FFEM/PPI/recherche\\_Projets-PPI/ppi-afrique-ouest/niger/PPI-Projets-Niger-Hippopotame\\_1](http://www.ffem.fr/accueil-FFEM/PPI/recherche_Projets-PPI/ppi-afrique-ouest/niger/PPI-Projets-Niger-Hippopotame_1) (Page consultée le 28 mars 2015).
- Fossi, S., Bakouan, N.D., Traore, A. et Barvier, B. (2014). Variabilité de la crue du fleuve et options agricoles dans le delta intérieur du Niger : riziculture ou bourgouculture? *Sciences Eaux & Territoires*, vol. hors série, n° 15.
- Friedman, J.M. et Auble, G. T. (2000). Floods, Flood Control, and Bottomland Vegetation. *In* Wohl, E.E., *Inland Flood Hazards* (chap. 8, p. 219-237). Cambridge, Cambridge University Press.
- Gaudet, J.J. (1992). Structure and Function of African Floodplains. *Journal of the East Africa Natural History Society and National Museum*, vol. 82, n° 199, p. 1-32.
- Geesing, D. et Djibo, H. (2006). Country Pasture/Forage Resource Profiles : Niger. *In* Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). [http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Niger\\_English.pdf](http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Niger_English.pdf) (Page consultée le 13 mars 2015).
- Grey, J. et Harper, D.M. (2002). Using stable isotope analyses to identify allochthonous inputs to Lake Naivasha mediated via the hippopotamus gut. *Isotopes Environmental Health Studies*, vol. 38, n° 4, p. 245-250.
- Grubb, P. et Eltringham, S.K. (1993). The Afrotropical Hippopotamuses *Hippopotamus* and *Hexaprotodon*. *In* IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), *Pigs, Peccaries, and Hippos: status survey and conservation action plan* (chap. 3, p. 41-65). <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/1993-055.pdf> (Page consultée le 13 février 2015).
- Guy, P.R. (1981). River bank erosion in the Mid-Zambezi valley, downstream of Lake Kariba. *Biological Conservation*, vol. 19, n° 3, p. 199-212.
- Harrison, M.E., Kalindekafe M.P. et Banda, B. (2007). The ecology of the hippopotamus in Liwonde National Park, Malawi: implications for management. *African Journal of Ecology*, vol. 46, p. 507-514.
- Haut Commissariat à l'Aménagement de la Vallée du Niger (HCAVN) (2014). Avis de sollicitation de manifestations d'intérêts. *In* African Development Bank. [http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Procurement/Project-related-Procurement/Niger\\_-\\_Programme\\_Kandadji\\_de\\_Régénération\\_des\\_Écosystèmes\\_et\\_de\\_Mise\\_en\\_valeur\\_de\\_la\\_vallée\\_du\\_Niger\\_-](http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Procurement/Project-related-Procurement/Niger_-_Programme_Kandadji_de_Régénération_des_Écosystèmes_et_de_Mise_en_valeur_de_la_vallée_du_Niger_-)



\_Maitrise\_d'œuvre\_des\_travaux\_de\_construction\_et\_d'équipement\_du\_barrage\_hydroélectrique\_d\_e\_Kandadji\_-\_EOI.pdf (Page consultée le 25 mars 2015).

- Hemson, G., MacLennan, S., Mills, G., Johnson, P. et Macdonald, D. (2009). Community, lions, livestock and money: A spatial and social analysis of attitudes to wildlife and the conservation value of tourism in a human–carnivore conflict in Botswana. *Biological Conservation*, vol. 142, n° 11, p. 2718-2725.
- Hill, C.M. (1997). Crop-raiding by wild vertebrates: the farmer's perspective in an agricultural community in western Uganda. *International Journal of Pest Management*, vol. 43, n° 1, p. 77-84.
- Hill, C.M., Osborn, F.V. et Plumptre, A.J. (2002). *Human–Wildlife Conflict: Identifying the Problem and Possible Solutions*. New York, Wildlife Conservation Society (WCS), 138 p.
- Hoare, R. (2012). Lessons from 15 years of human elephant conflict mitigation: Management considerations involving biological, physical and governance issues in Africa. *Pachyderm*, n° 51, p. 60-74.
- Holdren, C., Jones, W. et Taggart, J. (2001). *Managing Lakes and Reservoirs*. 3<sup>e</sup> édition, Madison, États-Unis, North American Lake Management Society, 382 p.
- Hunt, C.A., Durham, W.H., Driscoll, L. et Honey, M. (2015). Can ecotourism deliver real economic, social, and environmental benefits? A study of the Osa Peninsula, Costa Rica. *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 23, n° 3, p. 339-357.
- Hunting Legends (2015). Price list - 2015. In Hunting Legends. [http://www.huntinglegends.com/wp-content/uploads/2015/04/Hunting\\_Legends\\_Pricelist\\_2015.pdf](http://www.huntinglegends.com/wp-content/uploads/2015/04/Hunting_Legends_Pricelist_2015.pdf) (Page consultée le 7 mai 2015).
- Hwang, S.-J., Kwun, S.-K. et Yoon, C.-G. (2003). Water quality and limnology of Korean reservoirs. *Paddy Water Environment*, vol. 1, n° 1, p. 43-52.
- Jablonski, N.G. (2004). The hippo's tale: how the anatomy and physiology of Late Neogene Hexaprotodon shed light on Late Neogene environmental change. *Quaternary International*, vol. 117, p. 119-123.
- Jacobsen, N.H.G. et Kleynhans, C.J. (1993). The importance of weirs as refugia for hippopotami and crocodiles in the Limpopo River, South Africa. *Water South Africa*, vol. 19, n° 4, p. 301-306.
- Kanga, E. M., Ogutu, J.O., Piepho, H.-P. et Olf, H. (2012). Human-hippo conflicts in Kenya during 1997-2008: vulnerability of a megaherbivore to anthropogenic land use changes. *Journal of Land Use Science*, vol. 7, n° 4, p. 395-406.
- Karanth, K.U. et Madhusudan, M.D. (2002). Mitigating Human-Wildlife Conflicts in Southern Asia. In Terborgh, J., van Schaik, C., Davenport, L. et Rao, M., *Making Parks Work: Strategies for Preserving Tropical Nature* (chap. 19, p. 250-264). Washington DC, Island Press.
- Karstad, E.L. (1984). *The Ecology of Hippopotami (Hippopotamus amphibius) in Southwestern Kenya*. Thèse de Maîtrise en Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta, 168 p.
- Karstad, E.L. et Hudson, R.J. (1986). Social organization and communication of riverine hippopotami in southwestern Kenya. *Mammalia*, vol. 50, p. 153-164.
- Kendall, C.J. (2011). The spatial and agricultural basis of crop raiding by the Vulnerable common hippopotamus *Hippopotamus amphibius* around Ruaha National Park, Tanzania. *Oryx*, vol. 45, n° 1, p. 28-34.
- King, L.E., Douglas-Hamilton, I. et Vollrath, F. (2011). Beehive fences as effective deterrents for crop-raiding elephants: field trials in northern Kenya. *African Journal of Ecology*, vol. 49, n° 4, p. 431-439.

- King, L.E., Lawrence, A., Douglas-Hamilton, I. et Vollrath, F. (2009). Beehive fence deters crop-raiding elephants. *African Journal of Ecology*, vol. 47, n° 2, p. 131-137.
- Kiss, A. (2004). Is community-based ecotourism a good use of biodiversity conservation funds? *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 19, n° 5, p. 232-237.
- Kodio, A., Diarra, L. et Kouriba, A. (2008). Etude des pratiques de gestion de *Echinochloa stagnina* (burgu) dans le nord du Mali : Une ressource pastorale vitale du delta intérieur du Niger au Mali. In Syracuse University. <http://faculty.maxwell.syr.edu/jomcpeak/rapport%20bourgouBIS.doc> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Lamarque, F., Anderson, J., Fergusson, R. Lagrange, M., Osei-Owusu, Y. et Bakker, L. (2009). Human-wildlife conflict in Africa: Causes, consequences and management strategies. In Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). <http://www.fao.org/docrep/012/i1048e/i1048e00.pdf> (Page consultée le 12 février 2015).
- Langer, P. (1976). Functional Anatomy of the Stomach of Hippopotamus amphibius L. 1758. *South African Journal of Science*, vol. 72, p. 12-16.
- Laws, R.M. et Clough, G. (1966). Observations on reproduction in the hippopotamus *Hippopotamus amphibius* Linn. *Symposia of The Zoological Society of London*, vol. 15, p. 117-140.
- Le Bel, S., Stansfield, F., La Grange, M. et Taylor, R. (2013). Managing local overabundance of elephants through the supply of game meat: the case of Savé Valley Conservancy, Zimbabwe. *South African Journal of Wildlife Research*, vol. 43, n° 2, p. 103-119.
- Leader-Williams, N. et Hutton, J.M. (2005). Does extractive use provide opportunities to offset conflicts between people and wildlife?. In Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 9, p. 140-161). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Lewis, D. et Jackson, J. (2005). Safari hunting and conservation on communal land in southern Africa. In Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 15, p. 239-251). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Lewison, R. (2007). Population responses to natural and human-mediated disturbances: assessing the vulnerability of the common hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*). *African Journal of Ecology*, vol. 45, p. 407-415.
- Lewison, R. et Oliver, W. (2008). *Hippopotamus amphibius*. In The IUCN Red List of Threatened Species. *Hippopotamus amphibius* (Common Hippopotamus, Hippopoamus, Large Hippo). <http://www.iucnredlist.org/details/summary/10103/0> (Page consultée le 11 février 2015).
- Lewison, R.L. et Carter, J. (2004). Exploring behavior of an unusual megaherbivore: a spatially explicit foraging model of the hippopotamus. *Ecological Modelling*, vol. 171, p. 127-138.
- LI-DAR (Groupement des consultants Lahmeyer International GmbH et Dar Al-Handasah) (2000). Rapport de Synthèse : Barrage de Kandadji - Étude de Faisabilité. In Cri de Cigogne. [http://www.cridecigogne.org/sites/default/files/etude\\_faisabilite\\_kandadji.pdf](http://www.cridecigogne.org/sites/default/files/etude_faisabilite_kandadji.pdf) (Page consultée le 28 mars 2015).
- Livingstone, D.A. et Melack, J.M. (1984). Some lakes of subsaharan Africa. In Taub, F.B., *Lakes and reservoirs* (p. 467-497). Amsterdam, Elsevier Science Publishers. (Collection Ecosystems of the world, vol. 23).
- Lock, J.M. (1972). The Effects of Hippopotamus Grazing on Grasslands. *Journal of Ecology*, vol. 60, n° 2, p. 445-467.

- Manful, D. (2010). Modeling the impact of a hydropower reservoir on the habitat of a megaherbivore in the Black Volta Basin in Ghana, West Africa. *In* Harvard University. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2010EGUGA..1215550M> (Page consultée le 6 mars 2015).
- Marshall, P.J. et Sayer, J.A. (1976). Population Ecology and Response to Cropping of a Hippopotamus Population in Eastern Zambia. *Journal of Applied Ecology*, vol. 13, n° 2, p. 391-403.
- Mazumder, B.S., Haity, H. et Chadda, T. (2011). Turbulent flow field over fluvial obstacle marks generated in a laboratory flume. *International Journal of Sediment Research*, vol. 26, n° 1, p. 62-77.
- Mazza, P.P.A. (2014). If hippopotamuses cannot swim, how did they colonize islands? *Lethaia*, vol. 47, n° 4, p. 494-499.
- McCarthy, T.S., Ellery, W.N. et Bloem, A (1998). Some observations on the geomorphological impact of hippopotamus (*Hippopotamus amphibius* L.) in the Okavango Delta, Botswana. *African Journal of Ecology*, vol. 36, p. 44-56.
- McKay, J.E., Mangunjaya, F.M., Dinata, Y., Harrop, S.R. et Khalid, F. (2013). Practise what you preach: a faith-based approach to conservation in Indonesia. *Oryx*, vol. 48, n° 1, p. 23-29.
- Mendoza, M. et Palmqvist, P. (2007). Hypsodonty in ungulates: an adaptation for grass consumption or for foraging in open habitat? *Journal of Zoology*, vol. 274, n° 2, p. 134-142.
- Michez, A., Doucet, J.-L., Dendoncker, N., Bouché, P. et Vermeulen, C. (2013). Preliminary description of the diet of *Hippopotamus amphibius* L. in Loango National Park (Gabon). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 17, n° 4, p. 580-583.
- Mkanda, F.X. (1994). Conflicts between hippopotamus (*Hippopotamus amphibius* (L.)) and man in Malawi. *African Journal of Ecology*, vol. 32, p. 75-79.
- Mugangu, T.E. et Hunter, M.L.Jr (1992). Aquatic foraging by Hippopotamus in Zaire Response to a food shortage? *Mammalia*, vol. 56, n° 3, p. 345-349.
- Mumba, M. et Thompson, J.R. (2005). Hydrological and ecological impacts of dams on the Kafue Flats floodplain system, southern Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 30, p. 442-447.
- Muruthi, P. (2005). Human Wildlife Conflict: Lessons Learned From AWF's African Heartlands. *In* African Wildlife Foundation (AWF). [http://www.awf.org/sites/default/files/media/Resources/Books%20and%20Papers/AWF\\_Human\\_Wildlife\\_Conflict.pdf](http://www.awf.org/sites/default/files/media/Resources/Books%20and%20Papers/AWF_Human_Wildlife_Conflict.pdf) (Page consultée le 7 avril 2015).
- Naughton-Treves, L. et Treves, A. (2005). Socio-ecological factors shaping local support for wildlife: crop-raiding by elephants and other wildlife in Africa. *In* Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 16, p. 252-277). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Naughton-Treves, L., Mena, J.L., Treves, A., Alvarez, N. et Radloff, V.C. (2003). Wildlife Survival Beyond Park Boundaries: the Impact of Slash-and-Burn Agriculture and Hunting on Mammals in Tambopata, Peru. *Conservation Biology*, vol. 17, n° 4, p. 1106-1117.
- Niger. Direction de la Faune, de la Chasse et des Aires Protégées (2010). Stratégie nationale et plan d'actions pour la conservation durable des éléphants au Niger. *In* IUCN. [https://cmsdata.iucn.org/downloads/str\\_wne1006\\_fr.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/str_wne1006_fr.pdf) (Page consultée le 6 mai 2015).
- Niger. Direction des Affaires Extérieures et de la Coopération (DAFECO) (1977). Étude de factibilité du barrage de Kandadji. *In* Institut de recherche pour le développement. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-11/08966.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-11/08966.pdf) (Page consultée le 11 mars 2015).

- Niger. Institut National de la Statistique (INS) (2010). Annuaire statistique des cinquante ans du Niger. *In* Institut National de la Statistique. [http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire\\_Statistiques/Annuaire\\_ins\\_2010/serie\\_longue.pdf](http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/Annuaire_ins_2010/serie_longue.pdf) (Page consultée le 27 mars 2015).
- Niger. Institut National de la Statistique (INS) (2011). Le Niger en chiffres 2011. *In* Institut National de la Statistique. [http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire\\_Statistiques/Annuaire\\_ins\\_2011/Niger%20en%20chiffres%20nov%202011.pdf](http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/Annuaire_ins_2011/Niger%20en%20chiffres%20nov%202011.pdf) (Page consultée le 27 mars 2015).
- Nilsson, C. et Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*, vol. 50, n° 9, p. 783-792.
- Noirard, C. et Gigot, G. (2008). *Aire Protégée Communautaire & Conservation de l'Hippopotame au Niger* (Rapport Final d'Exécution 2007/2008). Ayorou, Niger, Noé Conservation / APHN (Association pour la Protection des Hippopotames du Niger), 30 p.
- Noirard, C., Le Berre, M., Ramousse, R. et Lena, J.P. (2008). Seasonal variation of thermoregulatory behaviour in the Hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*). *Journal of Ethology*, vol. 26, p. 191-193.
- Noirard, C., Le Berre, M., Ramousse, R., Sépulcre, C. et Joly, P. (2004). Diets of sympatric hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*) and zebus (*Bos indicus*) during the dry season in the "W" National Park (Niger Republic). *Game and Wildlife Science*, vol. 21, n° 3, p. 423-431.
- Nyhus, P., Fischer, H., Madden, F. et Osofsky, S. (2003). Taking the Bite out of Wildlife Damage: The Challenges of Wildlife Compensation Schemes. *Conservation in Practice*, vol. 4, n° 2, p. 37-43.
- Nyhus, P.J., Osofsky, S.A., Ferraro, P., Madden, F. et Fischer, H. (2005). Bearing the costs of human-wildlife conflict: the challenges of compensation schemes. *In* Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 7, p. 107-121). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- O'Connell-Rodwell, C., Rodwell, T., Rice, M. et Hart, L.A. (2000). Living with the modern conservation paradigm: can agricultural communities co-exist with elephants? A five-year case study in East Caprivi, Namibia. *Biological Conservation*, vol. 93, p. 381-391.
- O'Connor, T.G. et Campbell, B.M. (1986). Hippopotamus habitat relationships on the Lundi River, Gonarezhou National Park, Zimbabwe. *African Journal of Ecology*, vol. 24, p. 7-26.
- Oberholster, P.J., Myburgh, J.G., Govender, D., Bengis, R. et Botha, A.-M. (2009). Identification of toxigenic *Microcystis* strains after incidents of wild animal mortalities in the Kruger National Park, South Africa. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 72, n° 4, p. 1177-1182.
- Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) (2014). Profil Humanitaire régional - NIGER. *In* United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. [https://docs.unocha.org/sites/dms/Niger/Profil%20humanitaire%20region%20de%20Tillabery%20Aout%202014\\_Final%20\\_Pub.pdf](https://docs.unocha.org/sites/dms/Niger/Profil%20humanitaire%20region%20de%20Tillabery%20Aout%202014_Final%20_Pub.pdf) (Page consultée le 28 mars 2015).
- Office québécois de la langue française (OQLF) (1994). Fiche terminologique "Lentique". *In* OQLF. *Le Grand dictionnaire terminologique*. [http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=17016396](http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17016396) (Page consultée le 11 mai 2015).
- Office québécois de la langue française (OQLF) (2007). Fiche terminologique "Eutrophisation". *In* OQLF. *Le Grand dictionnaire terminologique*. [http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=8349362](http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8349362) (Page consultée le 11 mai 2015).

- Okello, J.B.A., Nyakaana, S., Masembe, C., Siegismund, H.R., et Arctander, P. (2005). Mitochondrial DNA variation of the common hippopotamus: evidence for a recent population expansion. *Heredity*, vol. 95, p. 206-215.
- Okello, M.M. et D'Amour, D.E. (2008). Agricultural expansion within Kimana electric fences and implications for natural resource conservation around Amboseli National Park, Kenya. *Journal of Arid Environment*, vol. 72, n° 12, p. 2179-2192.
- Olivier, R.C.D. et Laurie, W.A. (1974). Habitat utilization by hippopotamus in the Mara River. *East African Wildlife Journal*, vol. 12, p. 248-271.
- Organisation météorologique mondiale (OMM) (2012). Glossaire international d'hydrologie. In Interamerican Network of Academies of Sciences (IANAS). [http://www.ianas.org/books/books\\_2015/glossary\\_of\\_hydrology.pdf](http://www.ianas.org/books/books_2015/glossary_of_hydrology.pdf) (Page consulté le 11 mai 2015).
- Osborn, F.V. (2002). Capsicum Oleoresin as an Elephant Repellent: Field Trials in the Communal Lands of Zimbabwe. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 66, n° 3, p. 674-677.
- Osborn, F.V. et Hill, C.M. (2005). Techniques to reduce crop loss: human and technical dimensions in Africa. In Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 5, p. 72-85). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Osborn, F.V. et Parker, G.E. (2002). Community-based methods to reduce crop loss to elephants: experiments in the communal lands of Zimbabwe. *Pachyderm*, n° 33, p. 32-38.
- Owen-Smith, R.N. (1992). *The Influence of Very Large Body Size on Ecology*. 2e édition, Cambridge, Cambridge University Press, 388 p.
- Parker, G.E. et Osborn, F.V. (2006). Investigating the potential for chilli Capsicum spp. to reduce human-wildlife conflict in Zimbabwe, *Oryx*, vol. 40, n° 3, p. 343-346.
- Payne, A. I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*, Toronto, John Wiley & Sons, 301 p.
- Post, A.W.C.H.M. (2000). *The Hippopotamus: Nothing But a Nuisance?: Hippo-human Conflicts in Lake Victoria Area, Kenya*. Thèse de Maîtrise en Sciences, University of Amsterdam, Amsterdam, Pays-Bas, 212 p.
- Pringle, C.M., Freeman, M.C. et Freeman, B.J. (2000). Regional Effects of Hydrologic Alterations on Riverine Macrobiota in the New World: Tropical-Temperate Comparisons. *BioScience*, vol. 50, no 9, p. 807-823.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (2012). L'avenir de l'environnement en Afrique : Notre Environnement, Notre Richesse. In United Nations Environment Programme (UNEP). [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_en.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_en.pdf) (Page consultée le 12 mai 2015).
- Progressive Media Group (2015). HCAVN - Kandadji Hydroelectric Dam 130 MW - Niger. In World Market Intelligence News. <http://ezproxy.usherbrooke.ca/login?url=http://search.proquest.com/docview/1642450658?accountid=13835> (Page consultée le 17 mars 2015).
- Quigley, H. et Herrero, S. (2005). Characterization and prevention of attacks on humans. In Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 3, p. 27-48). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Ramberg, L., Björk-Ramberg, S., Kautsky, N. et Machena, C. (1987). Development and Biological Status of Lake Kariba: A Man-Made Tropical Lake. *Ambio*, vol. 16, n° 6, p. 314-321.

- Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger (RECA) (2011). Aménagement de bourgoutières. In RECA-Niger. [http://www.reca-niger.org/IMG/pdf/Fiches\\_Amenagement\\_de\\_bourgoutieres\\_\\_\\_version\\_1.pdf](http://www.reca-niger.org/IMG/pdf/Fiches_Amenagement_de_bourgoutieres___version_1.pdf) (Page consultée le 28 mars 2015).
- Rezania, S., Ponraj, M., Md Din, M.F., Songip, A.R., Md Sairan, F. et Chelliapan, S. (2015). The diverse applications of water hyacinth with main focus on sustainable energy and production for new era: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41, p. 943-954.
- Rosenberg, D.M., Berkes, F., Bodaly, R.A., Hecky, R.E., Kelly, C.A. et Rudd, J.W.M. (1997). Large-scale impacts of hydroelectric development. *Environmental Reviews*, vol. 5, n° 1, p. 27-54.
- Roulet, P.-A. (2004). *Chasseur blanc, coeur noir? La chasse sportive en Afrique Centrale*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, Orléans, France, 564 p.
- Said Mohamed Mkandzilé, M. (2014). *Application des principes de développement durable au projet de barrage de Kandadji au Niger*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 147 p.
- Saikawa, Y., Hashimoto, K., Nakata, M., Yoshihara, M., Nagai, K., Ida, M. et Komiya, T. (2004). The red sweat of the hippopotamus. *Nature*, vol. 429, p. 363.
- Sayer, J.A. et Rakha, A.M. (1974). The age of puberty of the hippopotamus (*Hippopotamus amphibius* Linn.) in the Luangwa River in eastern Zambia. *East African Wildlife Journal*, vol. 12, p. 227-232.
- Scotcher, J.S.B., Stewart, D.R.M. et Breen, C.M. (1978). The diet of the hippopotamus in Ndumu Game Reserve, Natal, as determined by faecal analysis. *South African Journal of Wildlife Research*, vol. 8, p. 1-11.
- Seaman, E.A. (1971). Shoreline and Terrestrial Features : Terrestrial Ecosystems. In Ackermann, W.C., White, G.F., Worthington, E.B. et Ivens, J.L., *Man-Made Lakes: Their Problems and Environmental Effects* (p. 788-791). Richmond, États-Unis, William Byrd Press.
- Sekhar, N.U. (1998). Crop and livestock depredation caused by wild animals in protected areas: the case of Sariska Tiger Reserve, Rajasthan, India. *Environmental Conservation*, vol. 25, n° 2, p. 160-171.
- Sibanda, B.M.C. et Omwega, A.K. (1996). Some reflections on conservation, sustainable development and equitable sharing of benefits from wildlife in Africa: the case of Kenya and Zimbabwe. *South African Journal of Wildlife Research*, vol. 26, n° 4, p. 175-181.
- Smuts, G.L. et Whyte, I.J. (1981). Relationships between reproduction and environment in the hippopotamus *Hippopotamus amphibius* in the Kruger National Park. *Koedoe*, vol. 24, p. 169-185.
- Soils Incorporated (Pty) Ltd et Chalo Environmental and Sustainable Development Consultants (2000). Kariba Dam : Zambia and Zimbabwe. In Nanjing International School. [http://share.nanjing-school.com/dpgeography/files/2013/05/World\\_Commission\\_on\\_Dams\\_2000\\_Case\\_Study\\_Kariba\\_Dam\\_Final\\_Report\\_November\\_2000-2etc5lv.pdf](http://share.nanjing-school.com/dpgeography/files/2013/05/World_Commission_on_Dams_2000_Case_Study_Kariba_Dam_Final_Report_November_2000-2etc5lv.pdf) (Page consultée le 6 mars 2015).
- Spaulding, M., O'Leary, M.A. et Gatesy, J. (2009). Relationships of Cetacea (Artiodactyla) Among Mammals: Increased Taxon Sampling Alters Interpretations of Key Fossils and Character Evolution. *PLoS one*, vol. 4, n° 9, p. 1-14.
- Subalusky, A.L., Dutton, L.C., Rosi-Marshall, E.J. et Post, D.M. (2014). The hippopotamus conveyor belt: vectors of carbon and nutrients from terrestrial grasslands to aquatic systems in sub-Saharan Africa. *Freshwater Biology*, vol. 60, n° 3, p. 512-525.
- Sutton, W.R., Larson, D.M. et Jarvis, L.S. (2002). A new approach to contingent valuation for assessing the costs of living with wildlife in developing countries. In University of Minnesota. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19848/1/sp02su02.pdf> (Page consultée le 29 avril 2015).

- Taylor, R., Hinde, G. et Du Toit, R. (2005). *Africa's Big Five*, 2<sup>e</sup> édition, Johannesburg, Struik Publishers, 144 p.
- Tecslut (Tecslut International Limitée) (2006a). Chapitre 5 : Description du milieu biophysique. *Rapports définitifs de la Phase I : Description du Milieu (Volume 1)*. Montréal, Tecslut International Limitée, 92 p.
- Tecslut (Tecslut International Limitée) (2006b). Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger : Étude d'impact environnemental et social détaillée. *In* Worldbank. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/02/20/000356161\\_20120220003411/Rendered/PDF/E29650FRENCH0v020Box367849B04967595.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/02/20/000356161_20120220003411/Rendered/PDF/E29650FRENCH0v020Box367849B04967595.pdf) (Page consultée le 11 mars 2015).
- Tecslut (Tecslut International Limitée) (2006c). *Configuration du réservoir à différentes cotes* [document cartographique]. 1 : 200 000, Montréal, Tecslut International Limitée.
- Tembo, A. (1987). Population status of the hippopotamus on the Luangwa River, Zambia. *African Journal of Ecology*, vol 25, p. 71-77.
- The Board on Science and Technology in International Development (BOSTID) (1996). *Lost Crops of Africa: Volume I: Grains*, Washington, D.C., National Academy Press, 408 p.
- The International Ecotourism Society (TIES) (2015). TIES Announces Ecotourism Principles Revision. *In* ecotourism. <https://www.ecotourism.org/news/ties-announces-ecotourism-principles-revision> (Page consultée le 29 avril 2015).
- The World Bank (2014). Project paper on a proposed additional credit. *In* Worldbank. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/08/000442464\\_20140508094513/Rendered/PDF/876540PJPR0P14010Box385199B00OUO090.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/08/000442464_20140508094513/Rendered/PDF/876540PJPR0P14010Box385199B00OUO090.pdf) (Page consultée le 26 mars 2015).
- Thornton, K.W. (1990a). Perspectives on Reservoir Limnology. *In* Thornton, K.W., Kimmel, B.L. et Payne, F.E., *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives* (chap. 1, p. 1-14). New York, John Wiley & Sons.
- Thornton, K.W. (1990b). Sedimentary Processes. *In* Thornton, K.W., Kimmel, B.L. et Payne, F.E., *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives* (chap. 3, p. 43-70). New York, John Wiley & Sons.
- Timbuka, C.D. (2012). The Ecology and Behaviour of the Common hippopotamus *Hippopotamus amphibious* L. in Katavi National Park, Tanzania: Responses to Varying Water Resources. Thèse de Doctorat, University of East Anglia, Norwich, Royaume-Uni, 316 p.
- Transparency International (2014). Corruption perceptions index 2014. *In* Transparency. <https://www.transparency.org/cpi2014/results> (Page consultée le 17 avril 2015).
- Trefethen, J.B. (1971). Man-made lakes and Wildlife Values. *In* Ackermann, W.C., White, G.F., Worthington, E.B. et Ivens, J.L., *Man-Made Lakes: Their Problems and Environmental Effects* (p. 750-754). Richmond, États-Unis, William Byrd Press.
- Treves, A. et Naughton-Treves, L. (2005). Evaluating lethal control in the management of human-wildlife conflict. *In* Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 6, p. 86-106). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Treves, A., Wallace, R.B. et White, S. (2009). Participatory Planning of Interventions to Mitigate Human-Wildlife Conflicts. *Conservation Biology*, vol. 23, n° 6, p. 1577-1587.

- Treves, A., Wallace, R.B., Naughton-Treves, L. et Morales, A. (2006). Co-Managing Human-Wildlife Conflicts: A Review. *Human Dimensions of Wildlife*, vol. 11, n° 6, p. 383-396.
- Trimble, S.W. et Wilson, B. (2012). Reservoir and Lake Trap Efficiency. In Bengtsson, L. Herschy, R.W. et Fairbridge, R.W., *Encyclopedia of Lakes and Reservoirs* (p. 619-626). Amsterdam, Springer Netherlands.
- Turnbull, P.C., Bell, R.H., Saigawa, K., Munyenembe, F.E., Mulenga, C.K. et Makala, L.H. (1991). Anthrax in wildlife in the Luangwa Valley, Zambia. *Veterinary Record*, vol. 128, n° 17, p. 399-403.
- van der Geese, A.A.E., Anastasakis, G. et Lyras, G.A. (2015). If hippopotamuses cannot swim, how did they colonize islands: a reply to Mazza. *Lethaia*, vol. 48, n° 2, p. 147-150.
- Viljoen, P.C. (1980). Distribution and numbers of the hippopotamus in the Olifants and Blyde Rivers. *South African Journal of Wildlife Research*, vol. 10, p. 129-132.
- Viljoen, P.C. et Biggs, H.C. (1998). Population trends of hippopotami in the rivers of the Kruger National Park, South Africa. In Dunstone, N. et Gorman, M., *Behaviour and ecology of Riparian mammals* (chap. 15, p. 251-280). Cambridge, Cambridge University Press.
- Vivien, J. et Faure, J.J. (2011). *Arbres des forêts denses d'Afrique centrale*, Ngula Kerou, 945 p.
- Waddell, P.J., Okada, N. et Hasegawa, M. (1999). Towards Resolving the Interordinal Relationships of Placental Mammals. *Systematic Biology*, vol. 48, n° 1, p. 1-5.
- Walpole, M., Karanja, G., Sitati, N. et Leader-Williams, N. (2003). Wildlife and People: Conflict and Conservation in Masai Mara, Kenya. In International Institute for Environment and Development (iied). <http://pubs.iied.org/pdfs/9225IIED.pdf>? (Page consultée le 30 avril 2015).
- Walpole, M.J. et Thouless, C.R. (2005). Increasing the value of wildlife through non-consumptive use? Deconstructing the myths of ecotourism and community-based tourism in the tropics. In Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 8, p. 122-139). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Wang, Q.G., Du, Y.H., Su, Y. et Chen, K.Q. (2012). Environmental Impact Post-Assessment of Dam and Reservoir Projects: A Review. *Procedia Environmental Sciences*, vol. 13, p. 1439-1443.
- Wang, Z.Y., Lee, J.H.W. et Melching, C.S. (2015). Dams and Impounded Rivers. In Wang, Z.Y., Lee, J.H.W. et Melching, C.S., *River Dynamics and Integrated River Management* (chap. 7, p. 397-465). Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Wetzel, R.G. (1990). Reservoirs Ecosystems: Conclusions and Speculations. In Thornton, K.W., Kimmel, B.L. et Payne, F.E., *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives* (chap. 9, p. 227-238). John Wiley & Sons.
- White, E. (1969). Man-made Lakes in Tropical Africa and Their Biological Potentialities. *Biological Conservation*, vol. 1, n° 3, p. 219-224.
- Whyte, I. (1993). The Movement Patterns of Elephant in the Kruger National Park in Response to Culling and Environmental Stimuli. *Pachyderm*, n° 16, p. 72-80.
- Wilkie, D.S. et Carpenter, J.F. (1999). The potential role of safari hunting as a source of revenue for protected areas in the Congo Basin. *Oryx*, vol. 33, n° 4, p. 339-345.
- Williamson, D.F. (2004). Tackling the ivories : The status of the US trade in elephant and hippo ivory. In TRAFFIC. [www.traffic.org/species-reports/traffic\\_species\\_mammals28.pdf](http://www.traffic.org/species-reports/traffic_species_mammals28.pdf) (Page consultée le 28 avril 2015).
- Woodroffe, R. (2000). Predators and people: using human densities to interpret declines of large carnivores. *Animal Conservation*, vol. 3, p. 165-173.



- Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A. (2005a). The impact of human–wildlife conflict on natural systems. *In* Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 1, p. 1-12). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A.. (2005b). The future of coexistence: resolving human–wildlife conflicts in a changing world. *In* Woodroffe, R., Thirgood, S. et Rabinowitz, A., *People and Wildlife : Conflict or Coexistence?* (chap. 24, p. 388-405). Cambridge, Cambridge University Press. (Conservation Biology, vol. 9).
- Zhang, L. et Wang, N. (2003). An initial study on habitat conservation of Asian elephant (*Elephas maximus*), with a focus on human elephant conflict in Simao, China. *Biological Conservation*, vol. 112, n° 3, p. 453-459.
- Zisadza, P., Gandiwa, E., van der Westhuizen, H., van der Westhuizen, E. et Bodzo, V. (2010). Abundance, distribution and population trends of hippopotamus in Gonarezhou National Park, Zimbabwe. *South African Journal of Wildlife Research*, vol. 40, n° 2, p. 149-157.