

Article 5

**IMPACTS BIOPHYSIQUES DU BARRAGE DE LA MBALI A BOALI
(CENTRAFRIQUE)**

André DENAMSEKETE

Assistant

denamsekete@yahoo.fr

Université de Bangui

Professeur Mesmin TCHINDJANG

mtchindjang@yahoo.fr

Université de Yaoundé I

RESUME

La construction et la gouvernance de grands barrages posent des problèmes sociaux et environnementaux. Des pertes socio-économiques et environnementales ont été observées suite à la construction et à la mise en eau du barrage de la Mbali. Le présent article vise à mettre en exergue les impacts biophysiques du barrage de retenue d'eau de la Mbali.

En dehors de l'étude d'impact social et quelques études environnementales faites par l'ENERCA et le bureau d'étude d'ingénierie Coyne et Bélair, il faut noter qu'aucun travail approfondi n'a été réalisé sur ce barrage. Les échantillons d'eau prélevés ont fait l'objet d'analyse physicochimique. Les résultats mettent en exergue la non potabilité de la Mbali et de ses affluents. Le lavage des sédiments a donné lieu à l'étude granulométrique, le tamisage s'est fait sur une sélection d'une douzaine de tamis de colonne AFNOR (Association Française de Normalisation). L'usage du tamis de diamètre 40 micron fait apparaître la présence massive des matières organiques de couleur noirâtre en suspension.

Les résultats des opérations de tamisage, ont donné lieu à l'élaboration des courbes granulométriques des différents profils des sites concernés qui traduisent avec exactitude que ces matériaux sont déposés par décantation dans un lieu sous forme de récipient. Les quatre premières courbes sont hyperboliques (convexes) ce qui prouve qu'elles sont un lac. L'analyse morphoscopique des grains de la taille 315 microns a mis un terme aux travaux de laboratoire. Ce milieu lacustre est un bassin de décantation. Au niveau du barrage, le faciès est linéaire.

Mots-clés : Impact, vallée, sédimentation, failles.

ABSTRACT

No available

Keywords : impact, valley, deposition, faults

Si cet article vous intéresse, vous pouvez le [télécharger gratuitement en cliquant ici](#).

INTRODUCTION

De nombreux exemples connus à travers le monde, particulièrement en Afrique tout comme en Asie, présentent des impacts biophysiques dus à la construction des barrages. Ainsi, les barrages géants construits ou en construction en Éthiopie menacent particulièrement les équilibres écologiques des régions situées en amont. Le barrage Gilgel Gibe II en Éthiopie pourrait perturber l'alimentation du lac Turkana qui pourrait ainsi devenir « la Mer d'Aral de l'Afrique orientale ».

L'évaporation des eaux du réservoir vont réduire l'alimentation du lac, dont le niveau pourrait à terme baisser de 22 mètres sur une profondeur moyenne actuelle de 30 mètres (le barrage Gilgel Gibe II, International Rivers, 2013a et 2013b¹). Le Barrage Renaissance quant à lui submergera 1 680 km² de forêt au nord-ouest de l'Éthiopie et créera un réservoir presque deux fois aussi grand que le Lac Tana². S'il est admis que les grands lacs de barrage représentent un atout majeur pour la croissance économique des pays en voie de développement (Yüksel, 2010), le développement des barrages hydroélectriques pose des défis majeurs pour l'environnement, l'écologie et les modes de vie des populations en amont et aux alentours des lacs de barrage, tels que la déforestation, la rupture des habitats et l'équilibre écologique ainsi que le déplacement des populations. Dans ces conditions, il apparaît de plus en plus urgent de réfléchir aux incidences réelles de la construction des lacs de barrage sur l'environnement.

Il est évident que les barrages hydroélectriques interviennent directement sur les fonctions écologiques des cours, ces impacts longtemps minimisés constituent aujourd'hui un large sujet de controverses entre les parties impliquées (CMB, 2000; Gagnon et al, 2002; Gowan et al, 2006; McCartney, 2009). Certes, les avantages écologiques de l'hydroélectricité sont nombreux, mais ils ne doivent pas occulter les conséquences qui accompagnent la construction, la mise en œuvre et l'exploitation de ces ouvrages monumentaux. Pour exemple, les barrages hydroélectriques sont une bonne alternative, comparée aux centrales thermiques pour l'émission de gaz à effet de serre (GES). D'ailleurs, d'après l'IEA/AIE (2012), une solution

¹International Rivers 2013: Ethiopian Dam Threatens to Turn Lake Turkana into "East Africa's Aral Sea". <https://www.internationalrivers.org/resources/ethiopian-dam-threatens-to-turn-lake-turkana-into-east-africa-s-aral-sea-7786> consulté le 02 mars 2017.

² Op.cit

proposée au problème de l'énergie en Afrique consiste à augmenter de manière significative les investissements dans l'hydroélectricité qui, peut fournir une énergie propre, fiable et abordable.

Dans le contexte actuel du changement climatique, l'hydroélectricité est donc souvent considérée comme une source d'énergie propre (Chang et al. 2010; Watts et al, 2011 ; Cole et al, 2014 ; Nguyen Van, 2015). Cependant, la plus grande polémique environnementale concernant les lacs de barrage stigmatise leurs impacts sur le régime d'écoulement, le transport des sédiments et la qualité de l'eau dans les rivières en aval (Klaver et al, 2007). Les effets environnementaux et sociaux des projets hydroélectriques doivent donc être soigneusement pris en compte. Les pays sont invités à suivre une approche intégrée pour gérer leurs ressources en eau, planifier le développement de l'hydroélectricité en coopération avec d'autres secteurs utilisateurs d'eau et adopter une approche complète de cycle de vie afin d'évaluer les avantages et les impacts des projets (OCDE/IEA³, 2010). Aussi, le présent article traitera des impacts biophysiques du barrage de la Mbali.

1. Impacts biophysiques du barrage de la Mbali

De par leur retenue d'eau, les barrages modifient de facto l'hydrologie de la rivière, la qualité et la température de l'eau, et les régimes de sédiments (Olofin, 1988; Balland, 1991; Milliman, 1997; Kuper et al., 2002; Magilligana et Nislow, 2005; Winterwep et al., 2005; Church, 2006; Zhai et al., 2007; Wang et Uwe, 2008; Souchon et Nicolas, 2011; Dai et Liu, 2013; Zhang et al., 2013). Ce qui affecte la productivité primaire et la morphologie qui, à leur tour, entraînent des modifications dans les niveaux trophiques supérieurs comme l'ont souligné Petts (1984), Poff et al. (1997), Acreman et al., (2000), Ledec et Quintero (2003), McCartney, (2007).

1.1. Des ouvrages monumentaux transformant physiquement les cours d'eau

Les grands barrages ont fragmenté et transformé les cours d'eau du monde entier. L'Institut des Ressources Mondiales (IRM) a trouvé qu'un grand barrage peut modifier au moins 106 bassins-versants primaires du globe (CMB, 2000). La modification des cours d'eau transfrontalières ou non a des implications particulières. Il existe 261 bassins-versants partagés par deux ou plusieurs pays. Ces bassins couvrent une superficie d'environ 45% de la surface de la terre,

³Renewable Energy Essentials: Hydropower © OECD/IEA, 2010
https://www.iea.org/publications/.../hydropower_essentials.pdf

représentent environ 80% des cours d'eau au niveau mondial et affectent environ 40% de la population mondiale (CMB, 2002). Les problèmes et les préoccupations auxquels sont confrontés les pays riverains situés dans ces bassins vont de la qualité de l'eau au volume des écoulements. Pour ce qui est du barrage de Boali, plusieurs affluents (Ban, Gbato, Gbah, Lala et Boapi) du cours de la Mbali ont été affectés pour former le lac de la Mbali estimé à plus de 30 km² soit 3 000 ha de superficie inondable. La fermeture des confluent de ces cours d'eau importants, l'intrusion du sel, la destruction des zones humides sont parmi les nombreux problèmes en jeux sur le plan écologique comme le montre la planche 1.

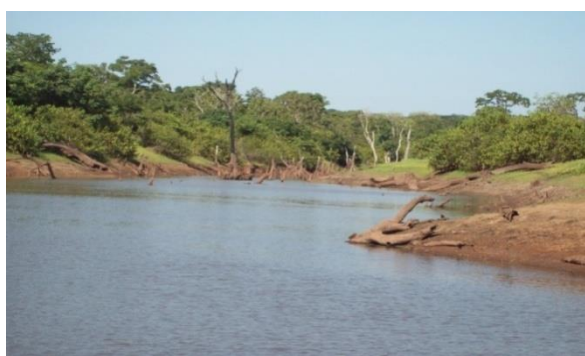


Planche 1: Confluence des cours d'eau Bawé et Koussi. Une forêt galerie subsiste en forme d'île. Une bonne partie a été submergée par la remontée des eaux de la Mbali. Il en est de même de la confluence Gbamia et Mbali (Source Dénamsékété, mai 2009).

1.1.1. Impacts écologiques du barrage de la Mbali sur les écosystèmes riverains

Les menaces qui pèsent sur l'intégrité des écosystèmes des bassins-versants proviennent de l'accroissement des populations, de la pollution de l'eau, de la déforestation, des prélèvements d'eau pour l'irrigation et la consommation urbaine ainsi que la régulation des écoulements due aux grands barrages. Parmi les nombreux facteurs qui engendrent la dégradation des écosystèmes des bassins-versants, les barrages sont la principale menace physique fragmentant et transformant les écosystèmes aquatiques et terrestres avec une gamme d'effets variables dans la durée, l'envergure et le degré de réversibilité. Au cours des dernières années, au moins 20% de plus de 9 000 espèces halieutiques dans le monde ont fini par être éteintes, menacées d'extinction ou en danger. La figure 1 retrace l'influence des barrages sur les comportements biotiques et abiotiques des cours d'eau.

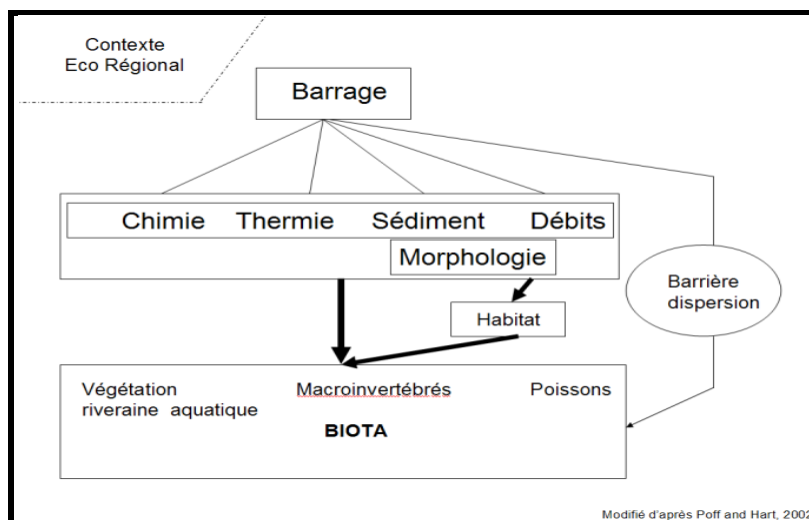


Figure 1 : Influence des barrages sur les compartiments abiotiques et biotiques des cours d'eau (Principaux compartiments susceptibles d'être influencés.)

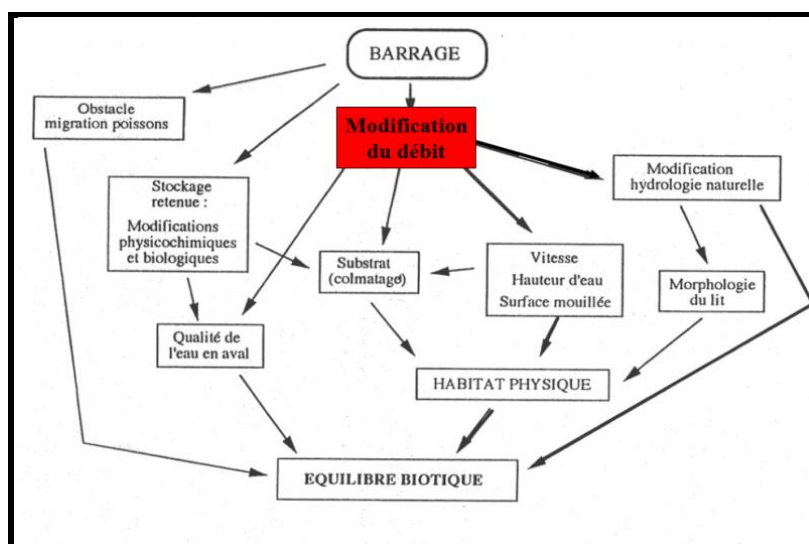


Figure 2 : Effets potentiels plus détaillés des modifications aval de débit (Source : Souchon et Nicolas, 2011).

1.1.2. Incidences sur la modification des vallées supérieures de la Mbali.

Dans les cahiers de charge qui ont abouti à la construction de la retenue d'eau, il existait un volet environnemental qui comprenait entre autre : un plan de déboisement, d'extraction et d'utilisation de la biomasse dans la zone du réservoir. Un second plan a consisté au reboisement des versants du lac (3000 ha). La sélection des essences à déboiser devrait concerner 1800 hectares, soit 60% de la superficie totale. Les travaux devraient se concentrer dans la partie aval du réservoir d'eau (Coyne et Bellier, 1986, 1994). Le choix du site à dégager et à défricher garantirait la protection des aménagements hydroélectriques. Sur l'ensemble des 3000 hectares de superficies inondables, on

distingue trois types de strates arborées : la forêt galerie, la savane arborée et la savane arbustive à faciès dégradé (tableau 1).

Tableau1: Capital ligneux détruit du lac artificiel.

Type de végétation	Capital ligneux (m ³ /ha)	Superficie (ha)	Volume (m ³)
Forêt-galerie	125	120	15000
Savane arborée	40	2220	88800
Savane dégradée	10	660	6600

Source : Ziéroth,, 1989 (ENERCA)

À côté de ces trois types de végétation coexiste une aire d'environ 250 hectares exploités par les populations du terroir. L'ensemble des 3000 hectares a été subdivisé en 3 unités (figure 2). L'unité 1 est comprise entre l'ouvrage d'art et la gorge, l'accès y est aisé, permettant le débardage et le transport des grumes (1170 ha). L'unité 2 est plus en amont de la gorge d'accès aussi facile et distant de 4 km du lieu de ramassage au lieu d'entreposage. Au fur à mesure que l'on s'éloigne du lieu d'abattage des arbres, cela engendre des coupes non négligeables.

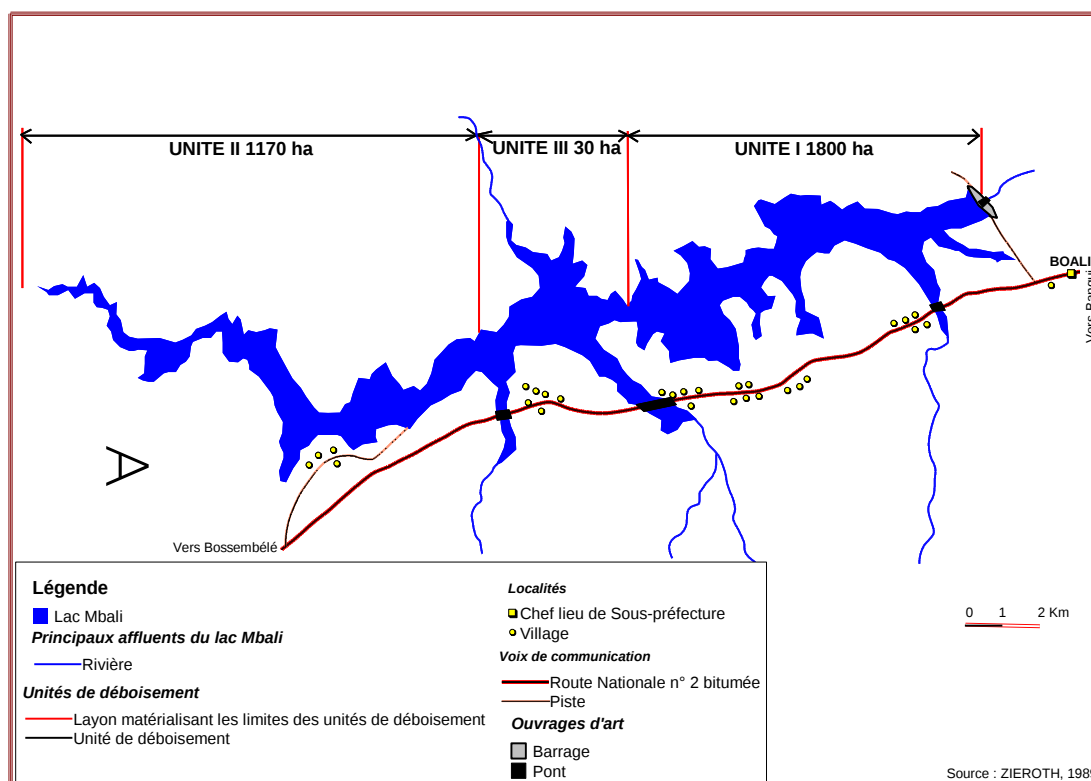


Figure 3: Les unités de déboisement (Source : Ziéroth (1989), modifiée par l'auteur).

Dans l'unité 3 (30 ha), d'accès difficile, le bois n'a pas pu être débordé (tableau 1).

Tableau 2 : Capital ligneux par unité.

Unité	Forêt-galerie (ha) (m ³)		Savane arborée (ha) (m ³)		Savane dégradée (ha) (m ³)	
I	40	500	1300	52000	460	4600
II	50	6250	920	36800	200	2000
III	30	3750	...	...	...	

Source : Ziéroth, 1989 (ENERCA).

L'objectif recherché dans cette opération à perte consistait à récupérer les charges induites par la construction du barrage. La figure 2 donne une estimation du volume de la végétation détruite.

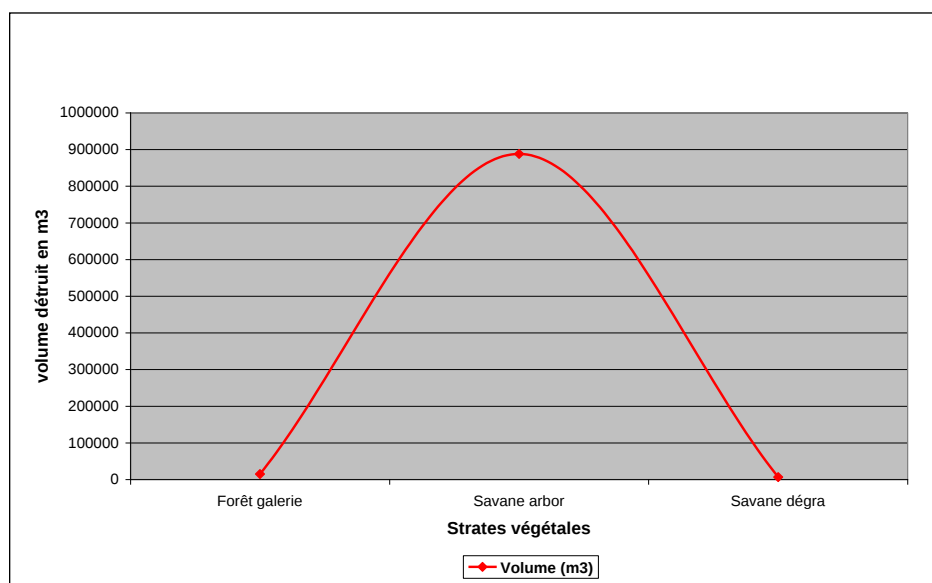


Figure 2: Volume de la végétation détruite du lac artificiel en m3. La savane arborée est celle qui a le plus subi traduisant ainsi une réduction des pâturages pour les pasteurs peuls ou Mbororos.

Une partie du bois devait servir à la consommation locale (construction, bois de chauffe et charbonnage). Par contre, certains fûts concédaient aux travaux de sciage et devraient également être transformés en bois d'œuvre. Il se trouve que le retard accumulé par la société forestière IFB, chargée du déboisement et du débardage du lit majeur du lac a coïncidé avec la fin des travaux et la date de sa mise en eau. C'est ainsi que près de 5 000 hectares de terres agricoles et d'élevage ont été submergés. Par conséquent, la construction et l'exploitation du barrage bloquent aussi la circulation des sédiments, ce qui peut entraîner une perte de qualité des terres agricoles ou un déséquilibre dans les confluences.

En effet, de par la retenue d'eau, les barrages modifient de facto l'hydrologie de la rivière, la qualité et la température de l'eau, et les régimes de sédiments. Ce qui affecte la productivité primaire et la morphologie qui, à leur tour, provoquent des modifications dans les niveaux

tropiques supérieurs (Petts, 1984; Poff et al., 1997; Acreman et al., 2000; Ledec et Quintero, 2003; McCartney, 2007).

1.1.3. Bilan carbone

Les forêts jouent un rôle protecteur contre l'érosion du sol due à la présence du sous-bois et de la litière, et à l'effet stabilisant du réseau racinaire.

L'hydroélectricité est considérée comme une énergie propre et inépuisable, contrairement au pétrole ou au gaz naturel. Toutefois dans les zones tropicales, le pourrissement des végétaux dans la retenue d'eau dégage dans l'atmosphère des quantités importantes de méthane (CH_4), qui a un potentiel de réchauffement global 25 fois plus que le CO_2 . Par conséquent si l'étude d'impact n'a pas traité de cette question comme à Boali, le bilan carbone des barrages pourrait donc être négatif comme dans la plupart des cas africains. Les bois morts sous le coup de l'ennoyage contribuent à imprimer à l'eau une couleur noirâtre (planche 2). Les bouses des vaches sont également des agents pathogènes. Les pêcheurs qui passent la plupart de leurs temps sur cette masse fluide contribuent, eux aussi, à polluer l'eau par dépôt de matières fécales. Les arbres des forêts galeries, engloutis par le vaste plan d'eau, n'en ont pas été épargnés comme le montre ces images, ce qui représente une importante biomasse, source d'émission de méthane dans l'atmosphère.



Planche 2: Une vue d'ensemble d'un des affluents de la Mbali. La biomasse végétale du barrage réservoir (trunks d'arbres morts hypertrophiés) à la suite du remplissage du réservoir. Une grande partie de la forêt galerie s'en trouve ainsi noyée. Ces photos montrent un bel exemple d'arbres ennoyés sous l'emprise de la masse d'eau, la partie gauche de couleur rougeâtre est-il un dépôt de sédiment ? En saison de pluie toute cette étendue est entièrement inondée.

La décomposition des matières organiques comme les arbres morts sur des parcours inondés contribuent à enrichir les éléments nutritifs présents dans le bassin de retenue. Les fertilisants utilisés dans l'agriculture en amont du barrage ajoutés aux éléments nutritifs constituent un processus d'enrichissement des ressources halieutiques mais sont également un facteur

contribuant au développement et à la croissance de nouvelles graminées dans le lit de la retenue. Comme l'affirme Bouchard (2004), si les terres à l'origine n'ont pas été suffisamment défrichées avant d'être inondées, la décomposition épuise l'oxygène contenu dans l'eau, ce qui affectera l'ensemble de la vie aquatique et entraînera la mort de nombreux poissons. La décomposition anaérobie produit, entre autres, des sulfures d'hydrogène qui attaquent les turbines et nuisent aux organismes aquatiques, ainsi que du méthane, qui est un gaz à effet de serre.

Les retenues émettent des gaz à effet de serre en raison du pourrissement de la végétation et des sols submergés, ainsi que des matières organiques qui arrivent dans les retenues depuis le bassin-versant. Cela va créer une augmentation de l'évaporation en zone chaude (800 000 000m³ à Lagdo⁴) pouvant atteindre 10% de la capacité nominale de production du barrage. Par conséquent, le barrage de la Mbali n'échappe pas à ce constat d'émission de CO₂ et en particulier de CH₄, (Fearnside et Laurance, 2004; Demarty et Bastien, 2011). Cette décomposition peut être rapide si la forêt est coupée et brûlée avant le remplissage du réservoir, mais cela n'a pas été le cas pour la Mbali.

2. La sédimentation du lac et ses implications

« Les apports de sédiments en aval ne peuvent toujours être attribués au changement des pratiques d'utilisation des terres survenant en amont. Les impacts humains sur la charge sédimentaire sont souvent considérables dans les zones aux conditions géologiques stables et aux faibles taux d'érosion. Toutefois, dans celles aux précipitations abondantes et à forte déclivité, et en présence d'une érosion naturelle très importante, l'impact de l'utilisation des terres pourrait être négligeable. Dans le bassin-versant de Phewa Tal au Népal, par exemple, 6% seulement de l'apport total de sédiments proviendraient, d'après les calculs, de l'érosion superficielle »⁵.

S'il n'existe pas d'action préventive et que cela se propage, la situation peut s'avérer dangereuse et coûteuse à gérer lorsque ces sédiments finissent par obstruer le passage de l'eau et gêner la pêche tout en accentuant la perte en eau par le processus d'évapotranspiration. Des prélèvements des échantillons dans le lac de la Mbali pour l'analyse de la qualité et de la turbidité ont été effectués. La turbidité serait due à la quantité des matières en suspension pour le fait que le prélèvement s'est fait en période de basses eaux et le fluide n'est pas assez

⁴ Communication orale du Pr Tchindjang Mesmin

⁵ Bruijnzeel, 1990, *Bulletin des terres et eaux de la FAO* N°9, page 41.

dynamique. La construction de la retenue d'eau constitue une barrière qui favorise l'accumulation du limon et autres sédiments dans le réservoir. Cependant, la turbidité de la Mbali peut s'expliquer par la présence de matières colorantes en suspension. Son origine est souvent liée à l'érosion, le lessivage de sols fragiles ou agricoles labourés.

La sédimentation sur le bassin-versant est évaluée à 27 tonnes/km²/an (Coyne et Bellier, 1985). En considérant la surface inondée de 30km² et le nombre d'années depuis sa construction (27ans), on peut estimer à plus de 21 870 tonnes de sédiments.

À 20 m du barrage, d'après les mesures effectuées en mai 2009 sur la rive droite l'eau se retire jusqu'à 140m et sur la rive gauche elle atteint 110m. Ces dépôts toujours chargés d'humidité, peuvent être exploités en culture de décrue.

2.1. Prélèvements des échantillons d'eau et de sédiments

Cinq points de prélèvement ont été retenus. Au niveau de l'ouvrage d'art, de part et d'autre de la rive droite et gauche des sédiments et de l'eau ont été prélevés dont deux ont été retenus pour cet article. Le premier se situe au niveau du pont dénommé Bawé (A) qui conflue avec le cours d'eau Koussé sur la Route Nationale n° 1 et le quatrième pont situé au niveau du village Boyali. Ce qui donne les résultats suivants :

Tableau 2 : Résultats d'analyses de l'eau du barrage pont A rive gauche : Bawé

Type : Rivière

Température : 20°C

Site : Barrage Pont A Rive gauche

Physico chimique				
Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités	Normes
Conductivité	Potentiométrie	31	µS/Cm	180 à 400
Turbidité	Néphélométrie	4,87	NTU	2
MES	DR2000-630	3	Mg/L	0
Couleur	DR2000-120	41	Mg/L Pt-Co	15
Oxygène dissous	Potentiométrie	3,5	Mg/L O ₂	3 à 8
pH	Potentiométrie	6,25		6,5 à 8,5
Bactériologique				
Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités	Normes
Flore totale	NFT 90-401	>300	UFC dans 1ml	10
Coliformes fécaux	NFT 90-414	5	UFC dans 100ml	0

Tableau 3 : Résultats d'analyses de l'eau du 4^{ème} pont Boyali.

Type : Rivière

Température : 20°C

Site : 2^{ème} pont Boyali

Physico chimique				
Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités	Normes
Conductivité	Potentiométrie	28	µS/Cm	180 à 400
Turbidité	Néphélométrie	4,33	NTU	2
MES	DR2000-630	3	Mg/L	0
Couleur	DR2000-120	95	Mg/L Pt-Co	15
Oxygène dissous	Potentiométrie	2,40	Mg/L O ₂	3 à 8
pH	Potentiométrie	6,72		6,5 à 8,5
Bactériologique				
Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités	Normes
Flore totale	NFT 90-401	>300	UFC dans 1ml	10
Coliformes fécaux	NFT 90-414	7	UFC dans 100ml	0

Source : Laboratoire Lavoisier Qualité de l'eau (Université de Bangui)

2.2. Interprétations des résultats d'analyse des eaux

Turbidité : Les prélèvements ont eu lieu au mois de mai, période transitoire entre la fin de saison sèche et l'amorce de la saison de pluie. Le niveau des eaux était basse 2009, les précipitations ont accusé un retard. Sur la rive gauche de la retenue, la turbidité atteint 88 (NTU). Les fiches sont toutes supérieures à la norme potabilité de l'eau. Elles peuvent être classées dans la catégorie A1.

Matières en suspension (MES) : les MES sont des particules solides en suspension dans l'eau. Ces particules peuvent avoir des origines végétales ou minérales, elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets anthropiques, etc. La méthode utilisée pour mesurer les MES dans le cadre de ce travail, est la méthode spectrophotométrique⁶. Les MES s'expriment en milligramme par litre (mg/L) et la norme pour une eau potable est de 0 mg/L. À Boali, les MES atteignent 60 par/mg/l pour une

⁶La **spectrophotométrie** est une méthode analytique quantitative et qualitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrophotométrie>)

bouteille de 33cl. Au niveau des couleurs, on a 364mg/l. Au regard des analyses physico-chimiques, on note donc une forte présence des matières en suspension (M.E.S.).

Conductivité: elle renvoie à l'aptitude d'une eau à permettre le passage du courant électrique. La conductivité, inverse de la résistivité, est proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisés. La mesure de la conductivité se fait par la méthode Potentiométrique et elle s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{Cm}$).

PH (potentiel hydrogène): c'est la mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydrogène (H^+) exprimée en mol/l. La mesure du PH (potentiel hydrogène) se fait par la méthode Potentiométrique⁷ et sa norme pour une eau potable est comprise entre 6,5 et 8,5. Le pH varie entre 0 et 14 ; 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH (inférieur à 7) est près de 0 et d'autant plus alcaline que son pH (supérieur à 7) est près de 14. Une eau à pH = 2 contient 10 000 fois (10^4) plus d'ions hydrogène (et est 10 000 fois plus acide) qu'une eau à pH = 6.

Couleur : La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en solution y ajoutent leur propre coloration. L'eau colorée présente des inconvénients : indépendamment des problèmes esthétiques, les substances qui donnent la coloration à l'eau peuvent, interférer sur les phénomènes de floculation lors de traitement de l'eau. La méthode utilisée pour mesurer la couleur dans le cadre de ce travail, est la spectrophotométrie. La couleur s'exprime en milligramme par litre de platine cobalt (mg/L Pt-Co) et sa norme pour une eau potable doit être inférieure ou égale 15 mg/L Pt-Co.

Coliformes fécaux : ils font partie des germes recherchés en analyse microbiologique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ce sont des indicateurs de la pollution fécale, leur présence dans l'eau indique la présence des germes pathogènes. D'après les résultats des tableaux ci-dessus, on peut conclure que les matériaux de filtration traités thermiquement jouent un rôle très important dans la rétention des coliformes fécaux. La filtration sur

⁷La **potentiométrie** est une technique de mesure permettant d'évaluer passivement le potentiel d'une solution entre deux électrodes tout en affectant la solution de manière minime. L'une des électrodes est appelée électrode de référence (son potentiel reste constant) tandis que le potentiel de la seconde (l'électrode de travail) change en fonction de la composition de l'échantillon. La différence de potentiel entre les deux électrodes permet alors d'évaluer la composition de l'échantillon (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Potentiométrie>)

membrane est la méthode utilisée dans le cadre de ce travail pour détermination des coliformes fécaux. La norme admise pour l'eau potable est de 0 Unité Format Colonies dans 100 millilitres (0 UFC/100ml)

Interprétation des analyses

Sur l'aspect physicochimique et bactériologique, les échantillons d'eau analysés ne sont pas potables. Les échantillons ainsi analysés sont tous de catégorie A1 et peuvent être destinés à la production d'eau potable qu'après traitement. L'analyse morphoscopique a permis de déterminer la forme, la brillance, la dimension et la nature des échantillons. Cela, laisse paraître que ces matériaux charriés sont déposés dans les cours d'eau. Tous ces échantillons sont constitués de quartz et de grains de couleur rougeâtre représentant les débris de cuirasse.

Les matériaux picotés et écorchés renseignent sur le mode du transport. Les paramètres de couleur rouge foncé et/ou rouge latéritique avec en fond de toile un fort taux d'argile attestent que les affluents de la Mbali ne transportent que des produits issus des bassins versants voisins.

Les courbes granulométriques (figure2) traduisent avec exactitude que ces matériaux sont déposés par décantation. Les quatre premières courbes sont hyperboliques (convexes) ce qui prouve qu'elles sont un lac. Ce milieu lacustre est toujours un bassin de décantation. Le courant, agent de transport des matières érodées n'est pas dynamique. Au niveau du barrage, le faciès est linéaire.

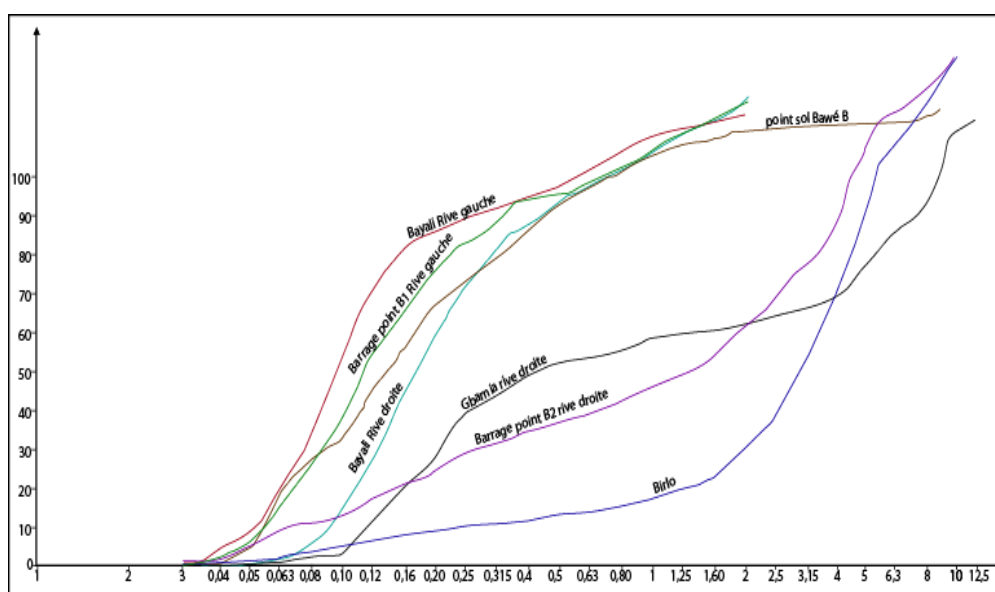


Figure 2 : Courbes granulométriques (A. Dénamsékété et M. Tchindjang, 2010).

Ces dépôts se font par colluvionnement selon le mode de transport (ruissellement, érosion, dépôt des sédiments). Ce qui donne lieu à des courbes paraboliques. La concavité quant à elle permet de recevoir toutes les eaux de pluie des versants et des autres cours d'eau et affluents. Au niveau mondial, la capacité théorique du piégeage de sédiments par les grands barrages hydroélectriques est élevée (Nguyen Van, 2015).

Les principaux impacts hydrologiques des grands barrages hydroélectriques sont principalement: 1) l'augmentation du débit moyen de saison sèche en aval ; (2) la diminution du débit en saison humide et l'écêtement des débits de pointe ; 3) la diminution des flux de sédiments (Milliman et Syvitski, 1992; Milliman, 1997; Vörösmarty et al., 1997, 2000, 2003; Acreman et al., 2000; Adamson, 2001; Syvitski et al., 2005; Lu et Siew, 2006; Walling, 2005, 2006; Dai et al., 2008 ; Dang et al., 2010; Meade et Moody, 2010; Wang et al., 2011a; Yonggui et al., 2013) ; 4) des étiages sévères (planche 3).

On peut en conclure que les coûts écologiques et biophysiques des barrages sont énormes. Lorsqu'ils sont mal anticipés par une EIE, il devient difficile d'y remédier car les grands barrages conduisent à une diminution de la biodiversité aquatique, des pêcheries en amont et en aval ; à la disparition des plaines alluviales de l'aval. Ces impacts négatifs n'ont pas souvent été prévus dans les études et les efforts pour y remédier n'ont pas souvent d'effet.



Planche 3: assèchement des cours d'eau en période d'étiage (Source Dénamsékété, mai 2009).

CONCLUSION

Les impacts biophysique du barrage de retenue d'eau de la Mbali sont aussi si importants parmi lesquels, il faut noter les composantes du milieu comme l'air. Lorsque le défrichement ou l'enlèvement des herbes et arbustes n'ayant pas été fait préalablement, on assiste aux pourrissements des végétaux dans la retenue de la Mbali qui dégagerait du gaz à effet de serre, CO₂ et du CH₄ dans l'atmosphère.

Au niveau des changements climatiques, les barrages subissent une forte évaporation. La modification des cours d'eau entraîne la perte de la circulation des sédiments, ce qui a des répercussions sur la qualité physico-chimique de l'eau et la modification du régime hydrologique.

Au niveau des sols le piégeage des sédiments augmentent la charge sédimentaire, avec une diminution de production de l'énergie et une augmentation de la turbidité et des matières en suspension. Les impacts biophysiques résument les conséquences hydrologiques et géomorphologiques des barrages du barrage de retenue d'eau de la Mbali.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Acreman et al.(2000). *Managed flood releases from reservoirs : issues and guidance*. Report to DFID and the World Commission on Dams, Wallingford, UK, Centre for Ecology and Hydrology: 88 p.
2. Bouchard (2004). *Floraisons de cyanobactéries au lac Saint-Augustin: dynamique à court terme et stratification*. Université Laval, Mémoire de maîtrise.130p.
3. Brooks et al. (2013). *Hydrology and the management of watersheds*. Ames, Iowa: Iowa State University Press. Fourth edition John Wiley and Sons, 533p.
4. Changetal. (2010). «Hydropower in China at present and its further development». *Energy* Volume 35, Issue 11, Pp 4400-4406
5. Church, M., (2006). *Bed material transport and the morphology of alluvial river channels*. *Annu. Rev. EarthPlanet. Sci.*, 34: 325–354.
6. CMB, (2000a). *Barrages et développement : un nouveau cadre pour la prise de décision rapport Barrage*. Chap 1, Eau, développement et grands barrages, 36p
7. Cole M.A., (2014). *Climate Change, Hydro Dependency and the African Dam Boom*.*WorldDevelopment*60:84–98.doi:10.1016/j.worlddev.2014.03.016
8. Coyne, A. et Bellier, J. (1985). *Etude de faisabilité technique relative au barrage de régularisation sur la M'Bali– Rapport en cinq volumes*.
9. Dai, Z. & Liu, J.T., (2013). *Impacts of large dams on downstream fluvial sedimentation: An example of the Three Gorges Dam (TGD) on the Changjiang (Yangtze River)*. *J. Hydrol.*, 480: 10–18.
10. Elodie Robert, (2007), *La création d'un lac de barrage en milieu tropical : impacts naturels et anthropiques, l'exemple de la Mape (Cameroun)*, P. 48-49
11. Falkenmark, M. & Chapman, T.G., (1989). *Comparative hydrology: an ecological approach to land and water resources*. UNESCO, 479 p.
12. Gagnon, L., Belanger, C. & Uchiyama, Y., (2002). *Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001*. *Energy Policy*, 30, 1267-1278.

13. Gowan et al, (2006). *The role of ecosystem valuation in environmental decision making. Hydropower relicensing and dam removal on the Elwha River: Ecological Economics*, v. 56, iss. 4, 16 p.
14. Klaver et al, 2007. *Influence of hydropower dams on the composition of the suspended and riverbank sediments in the Danube. Environmental Pollution* 148, 718–728.
15. Kuper, M., Hassane, A., Orange, D., Chohin-Kuper, A. & Sow, M., (2002). « Régulation, utilisation et partage des eaux du fleuve Niger : impact de la gestion des aménagements hydrauliques ». In Orange D., Arfi R., Kuper M., Morand P., Poncet Y. (Ed. Sc.): *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales. Colloques et Séminaires*, IRD coll., Paris (FRA); Bamako: IRD and CNRST (Mali): 411-430. ISBN 2-7099-1480-8.
16. Ledec, G. & Quintero, J.D., (2003). Good dams and bad dams: environmental criteria for site selection of hydroelectric projects. *Sustainable Development Working Paper* 16, World Bank, Latin America and the Caribbean Region, Environmentally and Socially Sustainable Development Sector Management Unit: 20 p.
17. Magilligana, F.J. & Nislow, K.H., (2005). «Changes in hydrologic regime by dams». *Geomorphology*, 71: 61-78.
18. Milliman, J.D. & Syvitski, J.P.M., (1992). *Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the oceans: the importance of small mountainous rivers. J. Geol.*, 100: 525–544.
19. McCartney, M., (2009). «Living with dams: managing the environmental impacts». *Water Policy*, 11 (1):121–139.
20. Nguyen Van, T., (2015). *Aménagements hydroélectriques et conséquences environnementales dans le nord du Vietnam*. Thèse, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II. 303p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01286577>
21. Olofin, E. A., (1988). «Monitoring the impacts of dam on the downstream physical environment in the tropics ». *Regulated Rivers: Research & Management*, 2(2):167–174
22. Petts, G.E., (1984). *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley and Sons, Chichester: 326 p.
23. Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Kan, J.R., Prestagard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C., (1997). *The natural flow regime: a paradigm for the river conservation and restoration. BioScience*, 47: 769-784.
24. Souchon, Y. & Nicolas, V., (2011). *Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux*. ONEMA et CEMAGREF, Partenariat 2011, Dynamique physique-Action 23-24 Restauration 28p.
25. Walling, D.E., (2006). «Human impact on land-ocean sediment transfer by the world's rivers» *Geomorphology*, 79: 192–216.
26. Wang, B.D. & Uwe, B., (2008). «Potential impacts of three gorges Dam in China on the ecosystem of East China Sea». *Acta Oceanol. Sin.*, 27(1): 67–76.
27. Winterwerp, J.C., Borst, W.G., & De Vries, M.B., (2005). «Pilot study on the erosion and rehabilitation of a mangrove mud coast». *J. Coastal Res.*, 21(2): 223–230.
28. Yüksel, I., (2010) «Hydropower for Sustainable Water and Energy Development». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 462-469.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.025>
29. Zhai, H.J., Cui, B.S., Hu, B., Wei G.L. & Liu, S.L., (2007). «Regional ecosystem changes under different cascade hydropower dam construction scenarios in the LRGR». *Chinese Sc. Bull.*, 52(2): 106-114.