

## Comblement, eutrophisation et usages de l'eau de la retenue de Kogbetohoue (Sud-Ouest Benin)

<sup>1</sup>Coffi Justin NOUMON\*, <sup>2</sup>Safiri IBOURAIMA, <sup>1</sup>Euloge K. AGBOSSOU, <sup>3</sup>Daouda MAMA.

<sup>1</sup>Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi 01 BP 526 Cotonou (Bénin).

<sup>2</sup>Laboratoire des Sciences du Sol, Eau et Environnement (LSSE), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) 01 BP 884 Cotonou (Bénin).

<sup>3</sup>Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA), Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey Calavi 01 BP 526 Cotonou (Bénin).

\*Auteur correspondant, Email : [justinoum2001@yahoo.fr](mailto:justinoum2001@yahoo.fr), Tél : 00229 95 22 53 05

Original submitted in on 9<sup>th</sup> August 2019. Published online at [www.m.elewa.org/journals/](http://www.m.elewa.org/journals/) on 31<sup>st</sup> October 2019  
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v142i1.12>

### RESUME

*Objectif* : L'objectif de la présente étude est d'analyser les processus interdépendants du comblement et d'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbetohouè en relation avec les menaces à l'accès d'eau des populations riveraines.

*Méthodologie and Résultats* : L'étude bathymétrique a révélé une diminution moyenne de 0,05 m/an de la profondeur sur sept (07) ans. Cette dynamique pourrait s'expliquer en partie par la dégradation du couvert végétal où l'analyse diachronique de l'occupation du sol montre que chaque année environ 140 hectares de terres passe sous l'emprise agricole et sont de ce fait peu ou pas protégées contre l'érosion qui contribue au comblement de la retenue. Les mesures directes de la qualité physique : le pH, la température et l'oxygène dissous avec le multi paramètre PC HORIBA WATER QUALITY CHECKER U-10 ; les paramètres chimiques par la méthode chromatographique ICS 1000 et de dosage de la chlorophylle a avec le spectrophotomètre DR 5000 par la Norme AFNOR T90-117 ont permis d'évaluer le risque d'eutrophisation par la grille de diagnostic d'Ifremer (2000). Les eaux sont dans un état eutrophe traduisant une eutrophisation de la retenue.

*Conclusion et application des résultats* : Le comblement et l'eutrophisation de la retenue constituent des menaces potentielles à court terme sur la pisciculture et l'irrigation tandis que la disponibilité quantitative de la ressource est menacée à moyen terme. Des relevés bathymétriques périodiques et des actions d'aménagement du bassin versant de la retenue sont nécessaires à la gestion intégrée de la retenue d'eau.

**Mots clés** : Kogbetohouè, Retenue d'eau, Comblement, Eutrophisation, Usages de l'eau, Menaces.

### ABSTRACT

*Objective*: A study is carried out to analyze the process of filling and eutrophication of Kogbetohoue dam in relation to population water access.

*Methodology and results*: The bathymetry study revealed 0.05 m/year reduction of dam depth during seven years. This situation would be explained in some way by the rate vegetation cover degradation. When

diachronic analysis of soil occupation show 140 hectares of the basin exploited each year for agriculture, increasing the surface exposed to erosion which contributed highly for dam filling. Physical quality parameters such as pH, temperature and dissolved oxygen are measured directly with PC Horiba Water Quality Checker U-10 multi parameter; conductivity and total dissolved solids with conductivity meter WTW 340i. Water collected was analyzed with suitable and appropriate laboratory equipment such as colorimeter HACH/890 with 8025 method and chromatographic ICS 1000 method respectively for turbidity and chemical parameters. Chlorophyll content is calculated with spectrophotometer DR 5000 by AFNOR T90 – 117 norms. Eutrophication risk of the dam is assessed with diagnostic grid of Ifremer (2000). Water analyses revealed that the eutrophication of the dam is great.

*Conclusion and application of results:* The filling and the eutrophication of the dam are the basics risks in a short period for fish cropping and crop irrigation when the availability of the water is the risk in a mean period. Periodic bathymetry studies and basin management actions are useful for integrated water management.

**Keywords:** Kogbetohoue, Dam, Filling, Eutrophication, Risk and Water uses.

## INTRODUCTION

L'eau est une ressource nécessaire à la vie, au développement et à l'environnement. Mais elle est en quantité limitée et vulnérable. L'eau douce, principal objet d'enjeux, ne constitue que 3 % de la ressource mondiale dont les trois quarts sont stockés sous forme de glace (Perrin, 2000). La progression des dépôts solides engendre une perte de la capacité de stockage du réservoir, altère le rôle habituel des organes d'exploitation de l'ouvrage et raccourcit sa durée de vie (Bergahou & Ziadi, 1989). En Algérie, Remini & Hallouche (2005) ont montré l'efficacité des relevés bathymétriques dans la prévision de l'envasement dans les barrages du Maghreb. L'eutrophisation entraîne une forte augmentation de la production organique de la couche superficielle, sa décomposition ultérieure dans la couche sous-jacente qui se traduit par une diminution, voire une annulation de la teneur en oxygène gazeux dissous (Lacaze, 1996). Le comblement et l'eutrophisation des retenues d'eau ont été étudiés par plusieurs auteurs dont Mama, 2010, Boukary, 2012 ; Ibouaïma *et al.*, 2013. Mais les implications

de ces deux phénomènes pour l'approvisionnement en eau des populations riveraines et autres usagers de ces retenues d'eau sont insuffisamment connus. Les mots envasement, sédimentation et comblement sont indifféremment utilisés par nombre d'auteurs. Car l'envasement et l'ensablement qui diffèrent par la texture du matériau dominant qu'ils génèrent (vase ou sable respectivement) ; sont deux processus de sédimentation (atterrissage dans la cuvette de la retenue d'eau des matériaux tout-venant du bassin versant d'où ils sont charriés). Le comblement ou le colmatage qui ne diffèrent pas de la sédimentation mettent en exergue les conséquences hydro-économiques de ce processus de substitution de sédiment à l'eau qui est ainsi perdue définitivement pour les usagers (Ibouaïma, 2005). L'objectif de la présente étude est d'analyser les processus interdépendants du comblement et d'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbétohoué en relation avec les menaces à l'accès d'eau des populations riveraines.

## MATERIELS ET METHODES

**Matériel d'étude :** La zone d'étude (figure 1), à l'instar de toute la commune d'Aplahoué (département du Couffo) qui l'abrite, jouit d'un climat du type subéquatorial avec des précipitations annuelles moyennes de 1139 mm pour la période de 1983 à 2012 et une moyenne des températures de l'ordre de 27°C

avec des écarts de températures assez faibles (6°C). L'évapotranspiration potentielle annuelle est en moyenne de 1482 mm pour la même période Noumon (2014). Elle est caractérisée par de faibles écarts de température (moins de 6°C) avec une moyenne annuelle de 27° C. Quant au site de la retenue d'eau

de Kogbétouhoué (figure 1) ; il est localisé entre 07° 12' 44" Latitude Nord et 01° 46' 54" Longitude Est, à environ 1 kilomètre à gauche du hameau de Gougan (village de Kogbétouhoué).

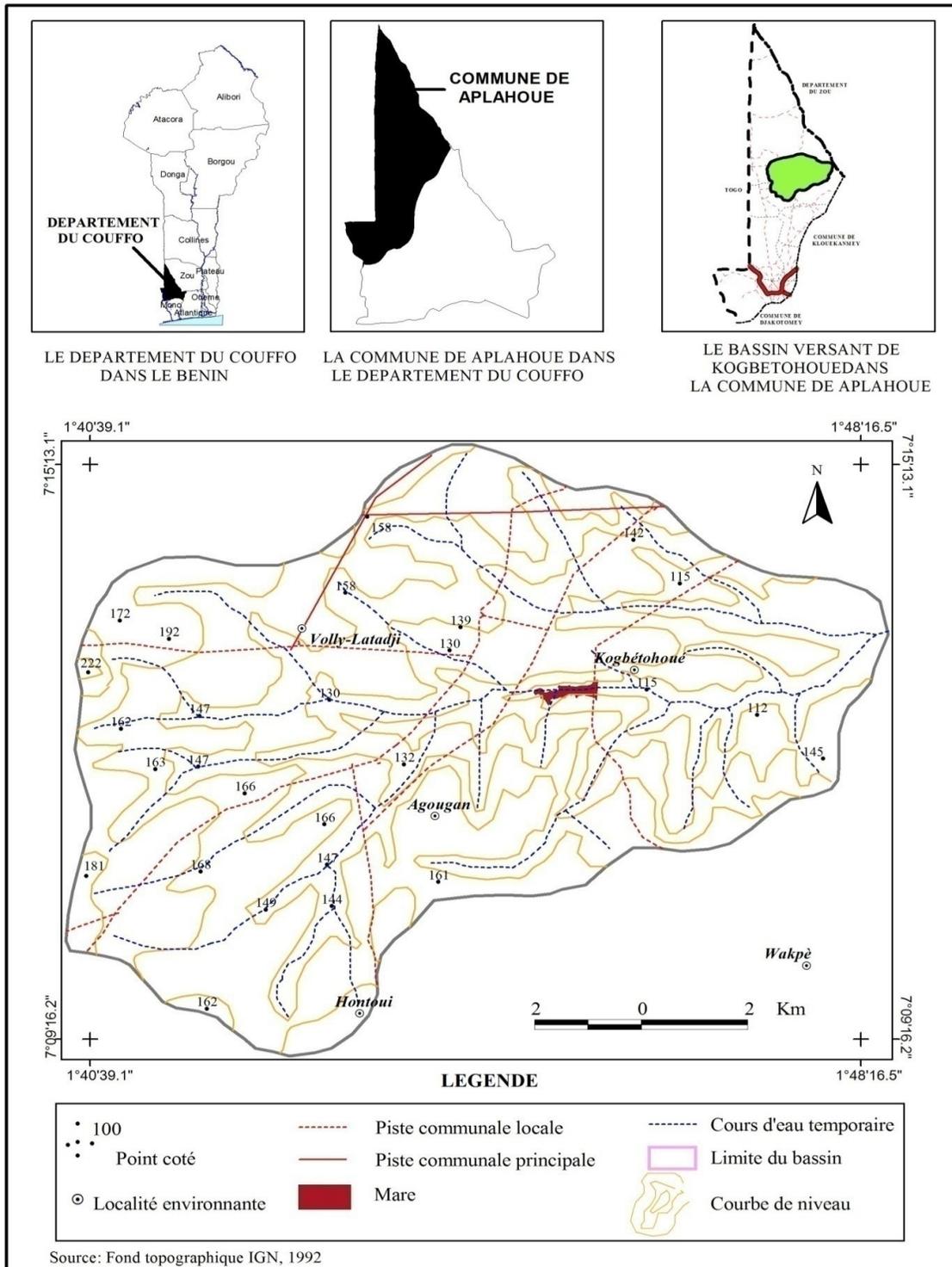


Figure 1 : Carte situation géographique de la retenue de Kogbétouhoué et son bassin versant

La retenue d'eau de Kogbétohouè, a été réalisée en 2007 avec une aire maximale de plan d'eau de 10, 25 ha et une capacité de stockage d'eau d'environ 189 230 m<sup>3</sup>. La digue a une longueur de 350 mètres. Les usages (annexe C) auxquels se prête l'eau de la retenue d'eau de Kogbétohouè sont :

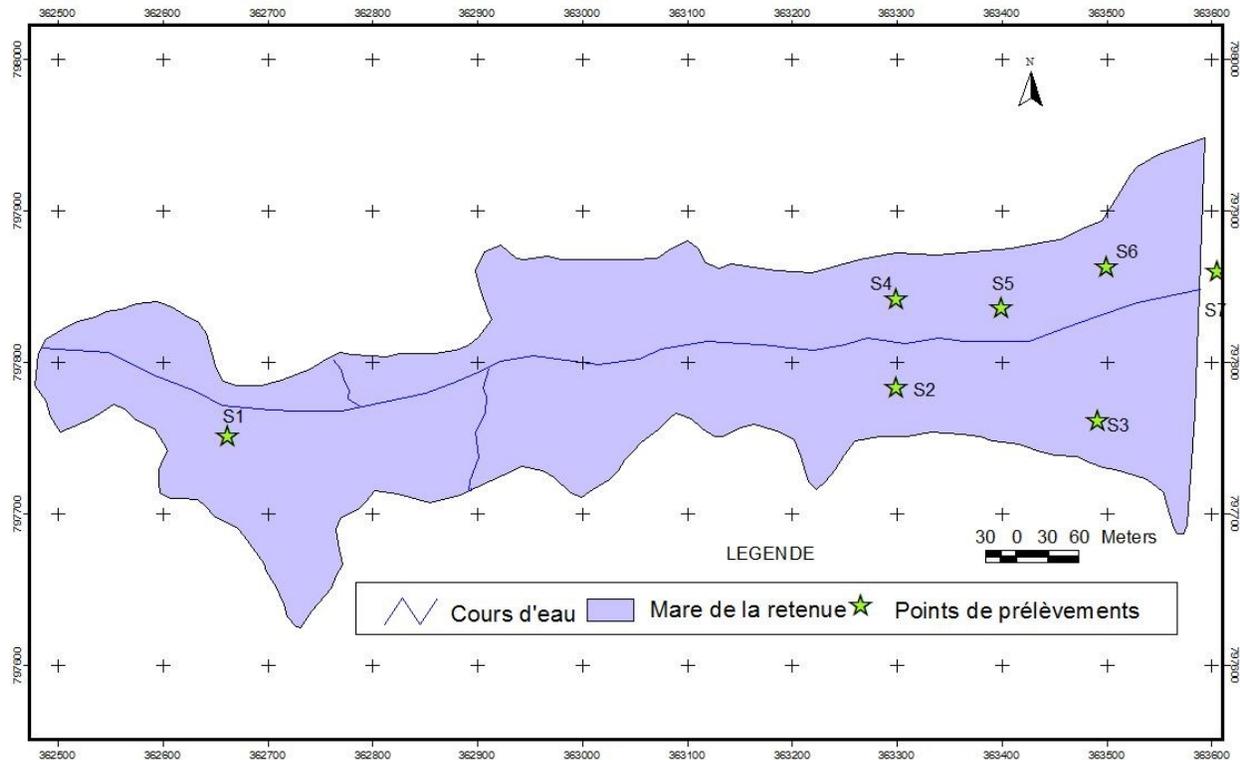
- l'abreuvement du bétail, dont l'effectif a été estimé à plus de 400 têtes de bovins sans compter le bétail transhumant (CARDER-MONO/COUFFO, 2012) ;
- la pêche et la pisciculture : la retenue d'eau a été empoisonnée de tilapias (*Oréochromis niloticus*) et de clarias (*Clarias gariepinus*) ; deux espèces développées grâce à l'appui du Programme d'Hydraulique Pastorale et Agricole (PHPA) et à l'encadrement du CARDER-MONO/COUFFO. La gestion des activités piscicoles est confiée à un comité de gestion.
- l'irrigation des cultures maraîchères, grâce à l'aménagement de 10 hectares, sur la rive gauche en amont du barrage, par la Mairie sur financement du Projet Facilité d'Appui aux Filières Agricoles de la Coopération Technique Belge (FAFA/CTB) au profit des groupements de jeunes riverains ;
- l'approvisionnement en eau des populations riveraines pour la consommation et les usages domestiques. La population riveraine consomme régulièrement l'eau de la retenue malgré l'existence dans le village d'un forage à motricité humaine.

**Matériels de collecte de données :** Le matériel déployé pour la conduite de cette étude comprend :

- un (01) GPSMap62s de marque « GARMIN » pour la géolocalisation et délimitation des contours du plan d'eau de la cuvette ;
- un (01) cordeau étalonné soutenu par une plaque métallique carré de 30 cm de côté et 1,5 mm d'épaisseur pour jauger la profondeur de l'eau sur le toit du dépôt de sédiments pour en déduire le niveau du

comblement par rapport au niveau initial à la mise en eau de la retenue.

- une (01) pirogue pour naviguer sur le plan d'eau et relever les profondeurs suivant un plan de quadrillage de la surface du plan d'eau à tous les 25 m.
  - la carte d'occupation du bassin versant de la retenue à partir des images satellitaires (Spot, Landsat de 1995, 2006 et 2012) pour estimer les superficies dégradées du couvert végétal à chacune de ces trois dates ;
  - le multi paramètre PC HORIBA WATER QUALITY CHECKER pour la mesure des paramètres physique de l'eau de la retenue ;
  - les matériels (bouteilles en plastiques, des glacières) de prélèvements d'eau pour les analyses biochimiques de laboratoire,
  - une (01) fiche d'enquête pour collecter les données des effectifs des différentes catégories d'animaux d'élevage et apprécier les charges pastorales (de l'aire d'influence de la retenue d'eau) et d'abreuvement (à la retenue d'eau) ;
  - le plan de recollement de la retenue d'eau pour disposer des caractéristiques de la retenue d'eau à sa réception définitive. Par ailleurs, les points d'échantillonnage (annexe A1) sont définis de manière à avoir une bonne distribution spatiale des paramètres indicateurs de l'état trophique de la retenue. Un (01) point au niveau du chenal principal d'alimentation en eau de la retenue ;
  - cinq (05) points au niveau de la retenue qui prennent en compte les zones de concentration des activités de production (agriculture, élevage de bétail) au niveau des rives droite et gauche ;
  - un (01) point à la sortie de l'eau de la retenue au niveau de la vanne.
- Les points d'échantillonnage sont cartographiés présentés par la figure ci-dessous.



Source: Travaux de terrain, juin 2013  
Production: NOUMON Justin

**Méthodes**

**Niveau de comblement de la retenue :** L'estimation de la profondeur maximale actuelle a été faite grâce à l'étude bathymétrique. La délimitation des contours de la cuvette de la retenue d'eau par la technique des « waypoints » a permis de marquer autant de points que possible sur les contours du plan d'eau.. Ces points ont été déchargés à l'ordinateur à l'aide du logiciel « Mapsource ». Le traitement des données à l'aide du logiciel « ArcView GIS 32» a permis d'obtenir la carte de la cuvette de la retenue d'eau. Un quadrillage de la surface de la cuvette de la retenue

d'eau à tous les 25 m a permis la prise systématique des profondeurs de chaque point repéré par les coordonnées UTM. Au total la prise de données sur la profondeur de cuvette a concerné 145 points. Le traitement de ces données à l'aide du logiciel « Surfer » a permis d'établir la carte bathymétrique de la retenue d'eau. La profondeur maximale de la cuvette (en 2007) à la réalisation et celle enregistrée au niveau de l'échelle limnimétrique implantée dans la retenue d'eau ont permis d'estimer le niveau de comblement en linéaire. Les paramètres d'estimation du niveau de comblement de retenue sont présentés au tableau 1.

**Tableau 1 :** Paramètres d'estimation du niveau de comblement de la retenue

|  |   |
|--|---|
| Profondeur maximale à la réalisation de la retenue en 2007 | $H_{max0}$ (m)                                |
| Profondeur maximale obtenue de l'étude bathymétrique       | $H_{max}$ (m)                                 |
| Age de la retenue  | A (ans)                                       |
| Niveau de comblement pour la période                       | $H_{max0}$ (m) - $H_{max}$ (m)                |
| Comblement moyen annuel                                    | $H = (H_{max0} (m) - H_{max} (m)) / A$ (m/an) |
| Durée de fonctionnement de la retenue d'eau                | $H / H_{max0}$                                |

**Les facteurs de comblement :** Les facteurs de comblement liés à la dégradation du bassin versant qui relèvent en partie de l'aire non protégée contre l'érosion

du fait des activités culturales et de l'élevage. Ils sont évalués respectivement à travers la dynamique d'occupation du bassin versant et la charge animale qui

rend compte de la charge pastorale et d'abreuvement. Ils sont déterminés comme suit :

- La numérisation des cartes d'occupation du sol élaborées par le Centre National de Télédétection (CENATEL) à partir des images satellitaires (Spot, Landsat, 1995, 2006, 2012) a permis d'évaluer la dégradation du couvert végétal pour les différentes années. En fonction du degré d'anthropisation, les unités d'occupation du sol ont été regroupées en trois (03) groupes : les agglomérations, les champs/jachères enfin la végétation naturelle composée des forêts et savanes ;

- La charge animale a été estimée en Unité Bétail Tropical (UBT). Les animaux (bétail, bovins transhumants et ovins s'abreuvent régulièrement à la retenue d'eau) ont été estimés grâce à la fiche d'enquête. Ces animaux constituent une charge à la fois pastorale (sur les pâturages) et d'abreuvement (sur le stock d'eau de la cuvette) déterminée sur la base de la consommation spécifique (par UBT) de chacune des deux ressources agropastorales que sont l'eau et les fourrages constitués de pâturages naturels et de résidus de récoltes. L'équivalent des animaux en UBT est calculé à raison de 0,75 UBT et 0,25 UBT respectivement pour les bovins et les ovins.

**Risque d'eutrophisation et état trophique :** La détermination des paramètres biochimiques caractéristiques de l'état trophique et le risque d'eutrophisation de la retenue a été faite par la méthode chromatographique ICS 1000 et le dosage de la chlorophylle a, a été effectuée avec le spectrophotomètre DR 5000 par la Norme AFNOR T90-117. La détermination de l'état trophique de la retenue d'eau a été faite suivant la grille d'évaluation du risque d'eutrophisation de la colonne d'eau (annexe B) selon la méthode Ifremer (2000) et le diagramme de classification du niveau trophique (annexe C) du MDDEP (2004). Pour chaque point d'échantillonnage, le risque d'eutrophisation a été apprécié pour chaque paramètre indicateur de l'état trophique. Puis, l'état global découlant de l'appréciation des différents paramètres a été donné pour les différents points échantillonnés et ceci pour les deux campagnes de prélèvements : **juin** (hautes eaux, pleine campagne vivrière), **septembre** (petite saison des pluies).

Afin de déterminer le caractère oxydant ou réducteur de l'eau de la retenue d'eau (Rejset, 2002), nous avons calculé le pouvoir oxydant ( $R_H$ ) de l'eau à partir de la formule :

$$R_H = \frac{Eh}{0,0992 \times T} + 2 \text{ pH}$$

Eh : Potentiel redox moyen

T: Température en degré Kelvin (273 + T°C)

pH= Potentiel en hydrogène

La valeur obtenue pour le pouvoir oxydant permet de situer l'eau dans les catégories suivantes selon Rejset (2002) :

- $R_H \geq 23$ , le milieu est dit oxydant ;
- $15 < R_H < 23$ , le milieu est qualifié d'anoxique
- $R_H < 15$ , le milieu est dit réducteur

Les valeurs moyennes des différents paramètres ont permis de caractériser le pouvoir oxydant de l'eau de la retenue pour les deux campagnes de prélèvements.

#### Quantité d'eau et usages

- Usages par abreuvement des animaux. La charge animale sur la retenue d'eau a été estimée à 952, 5 UBT. Pour une consommation par abreuvement de 15 l /jour pendant six (mois), cette consommation est estimée 2857, 5 m<sup>3</sup> / an.

- Usages pour consommation de population riveraine. La consommation est estimée pour 650 habitants dont 80%, prélève l'eau de la retenue pour les usages domestiques sont évalués à 20 l/ habitants en milieu rural. Pour une période de 6 mois par an ; on obtient une consommation pour les usages domestiques de 1870 m<sup>3</sup>/ an.

- Les besoins en eau pour la culture de maïs de contre saison est donnée par la formule besoins brut (BB) :  $BB = Kc * ETP \text{ (mm/j)} * \text{Eff cience} = 0,9 * 4 * 0,7 = 2,52 \text{ mm/jour}$

Pour une durée d'irrigation de 3 mois (90j), la quantité d'eau à prélever dans la retenue est 226, 8 mm soit 2268 m<sup>3</sup>/ha/ an soit 22 680 m<sup>3</sup> ou 14,5% de la capacité maximale de la retenue. Ainsi, les besoins consommateur en eau de la retenue est estimée à 27 507 m<sup>3</sup>/ an soit 14, 5% de sa capacité.

**Qualité de l'eau et usages :** La qualité de l'eau a été appréciée en fonction des usages actuels de l'eau de la retenue (abreuvement, irrigation, aquaculture et consommation). Pour ce faire, quelques paramètres physico-chimiques indicateurs (annexe D) de l'aptitude de l'eau à ces usages selon le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau des cours d'eau (SEQ-Eau, 2003) ont été utilisés. Pour chaque paramètre, les résultats moyens des campagnes de prélèvements sont comparés aux valeurs limites des classes d'aptitude (annexe E) : Bleu (très bon), Vert (bon), Jaune (moyen) et Rouge (mauvais) selon les usages.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**Comblement et Durée de fonctionnement de la retenue d'eau :** Bathymétrie et niveau de comblement de la retenue d'eau. L'étude de la bathymétrie de la retenue d'eau de Kogbétohoué a permis la réalisation de la carte bathymétrique (figure 2) sur une superficie de la cuvette qui est 10,25 hectares. Il ressort de la bathymétrie que la profondeur d'eau dans la cuvette varie entre :

- moins de 1 m sur 21,2% (2,16 ha) de la surface du plan d'eau ;

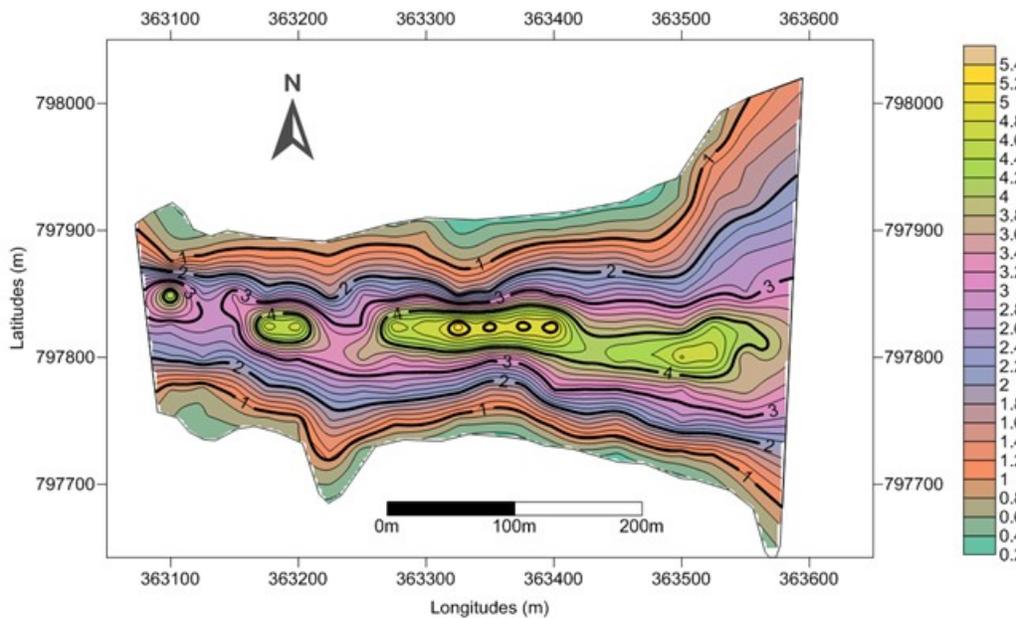
- 1 et 2 m sur 27,3% (2,78 ha) de la surface du plan d'eau;
- 2 et 3 m sur 23,3% (2,37 ha) de la surface du plan d'eau ;
- 3 et 4 m sur 18,44% (1,88 ha) de la surface du plan d'eau;
- 4 m et plus sur 9,7% (1 ha) de la surface du plan d'eau. Le niveau de comblement annuel et la durée de fonctionnement de la retenue sont présentés au tableau 2.

Tableau 2 : Niveau de comblement et durée de fonctionnement de la retenue

| Paramètres d'estimation du comblement      | 2007 | 2013 | Productivité de sédiment (m) | Apport annuel de sédiment (m) | Age de la retenue d'eau | Durée probable de fonctionnement de la retenue |
|--|------|------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|
| Profondeur maximale (m)                    | 5,7  | 5,4  | 0,3                          | 0,05                          | 6 ans                   | 96 ans   |
| Niveau d'eau à l'échelle limnimétrique (m) | 4,8  | 4,1  | 0,7                          | 0,116                         | 6 ans                   | 42 ans   |

L'apport annuel de sédiment est compris entre 0,05 m/an et 0,116 m/an pour des durées de fonctionnement respectives de 96 ans et 42 ans. La valeur de 0,116 m/an observé au niveau de l'échelle limnimétrique

paraît très élevée pour l'ensemble de la cuvette. Car l'échelle se comporte comme un obstacle au dépôt de sédiment.



La profondeur moyenne de la retenue d'eau est de 2,26 m pour une profondeur maximale de 5,4 mètres. Une diminution de l'ordre 0,30 m de la profondeur maximale (5,7 m à la réalisation de la retenue en 2007) a été observée sur six (06) ans. Il se dégage une diminution minimale de 0,05 m/an de la profondeur, révélé par l'étude bathymétrique (Noumon, 2014). Les besoins totaux pour les usages consommateurs de l'eau de la cuvette sont estimée sont de 7000 m<sup>3</sup>/ an qui représente de la capacité initiale, à la mise en eau de la retenue en eau en 2007. Cette dynamique de comblement (0,05 m/an) est plus élevée que celle obtenu par les études de Mama (2010) sur le lac Nokoué où la diminution de la profondeur est de l'ordre de 0,03 m/an. En zone soudano-sahélienne, la capacité de retenue de Yitenga (Burkina-Faso) est passée de 3, 1 millions de m<sup>3</sup> à la mise eau en 1987 à 2 millions de

m<sup>3</sup> en 2001, soit un rythme de 2,5 % par an (Maiga *et al.*, 2007). Elle est moins profonde que le niveau de comblement du lac Echo (Municipalité de Lac-Beauport, Québec) où l'étude bathymétrique effectué OBV (2012) rapporte une profondeur maximale de 6,77 m avec une profondeur moyenne de 2,6 m. La durée de fonctionnement de la retenue de Kogbétouhoué (96 ans) se retrouve bien dans la fourchette (12 à 114 ans) obtenues par Ibouraïma (2005) pour les retenues d'eau dans l'Alibori.

#### **Facteurs de comblement de la retenue d'eau**

**Occupation du sol et état du couvert végétal :** Les unités d'occupation du sol sont les types de formations végétales (forêt, savanes, jachères, cultures) et des agglomérations. Les figures 3, 4 et 6 présentent les cartes d'occupation du bassin versant de Kogbétouhoué en 1995, en 2006 et en 2012.

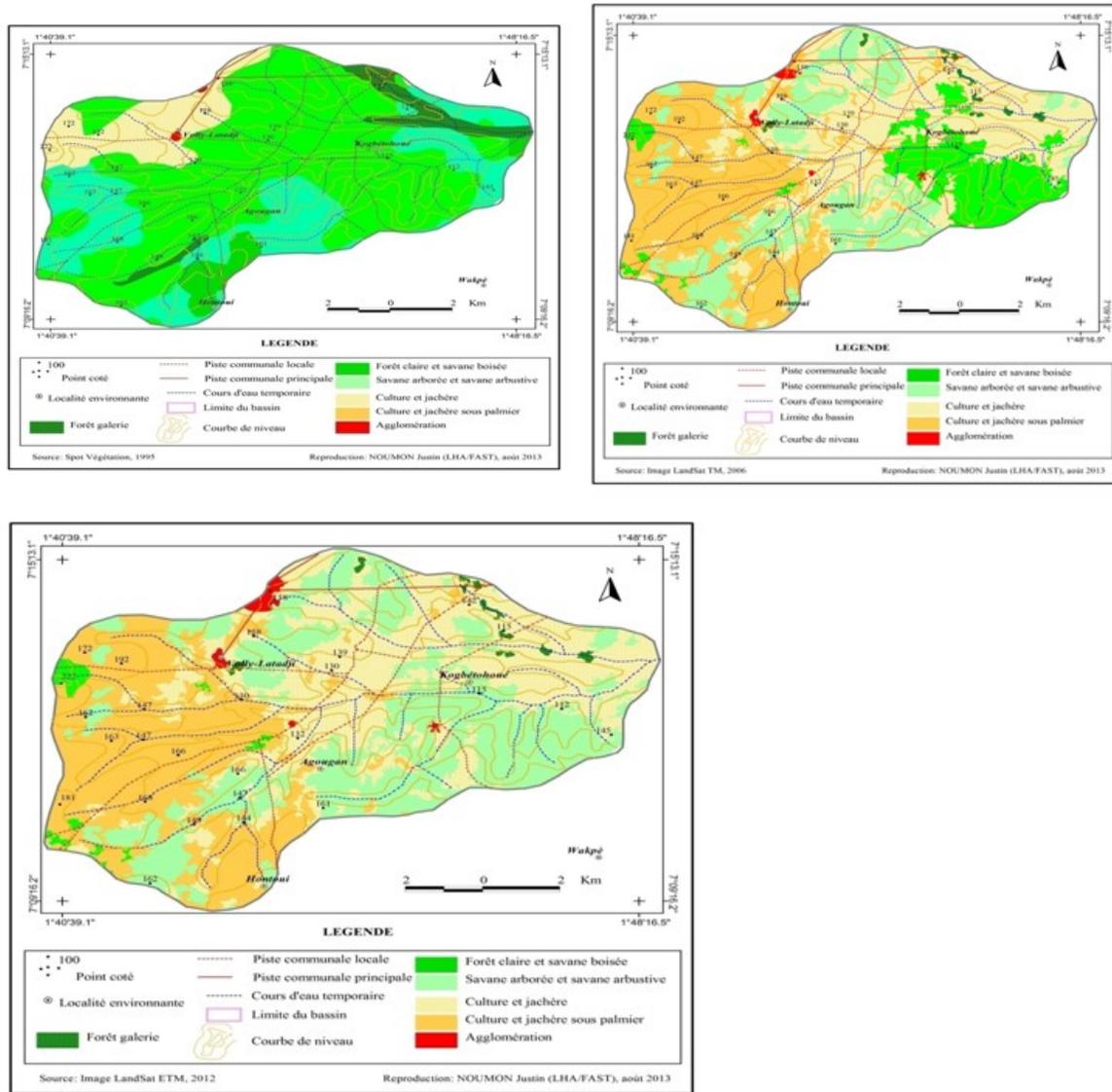


Figure 4 : Occupation du bassin versant de la retenue d'eau de Kogbetohoué respectivement 1995, 2006 et 2012

Les superficies des unités d'occupation du bassin versant en 1995, 2006 et 2012 et leur regroupement selon le degré d'anthropisation est résumé dans le tableau 3.

Tableau 3 : Evolution des unités d'occupation du bassin versant selon les degrés d'anthropisation

| Unité d'occupation du sol | Superficie en 1995 (ha) | Superficie en 2006 (ha) | Superficie en 2012 (ha) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Agglomération             | 63,6 (0,9%)             | 84,7 (1,20%)            | 112,13 (1,59%)          |
| Forêts et Savanes         | 3490 (49,39%)           | 1919 (27,16%)           | 1082 (15,31%)           |
| Champs et jachères        | 3511,7 (49,70)          | 5061,6 (71,64%)         | 5871,2 (83,1%)          |

|              |                      |                      |                      |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Total</b> | <b>7065,3 (100%)</b> | <b>7065,3 (100%)</b> | <b>7065,3 (100%)</b> |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|

Source : CENATEL : Images satellitaires du bassin versant de Kogbétouhoue

L'étude diachronique de l'occupation du sol du bassin versant de Kogbétouhoue montre une forte pression sur le couvert végétal. Les champs et jachères sont passés de 49,7% en 1995 à 83,1% en 2012 soit une augmentation des superficies sous emprise des activités agricoles de l'ordre de 2% par an soit environ 138 hectares de progression annuelle des terres agricoles (figure 3). Conséquemment, on note une diminution annuelle de la végétation naturelle (forêts et

savanes) de 2% et une faible augmentation (0,04%) des agglomérations. La progression de 1,96% de la superficie des mosaïques champs/jachères est très proche de celle obtenue par VISSIN (2007) pour le sous bassin versant de l'Alibori qui est de 2,01% pour la période de 1979 à 1992. Mais il est moins élevé que celui rapporté Ibouraïma (2005) au niveau du bassin de la retenue de Bakou (6,2%) dans la commune de Gogounou (Département de l'Alibori).

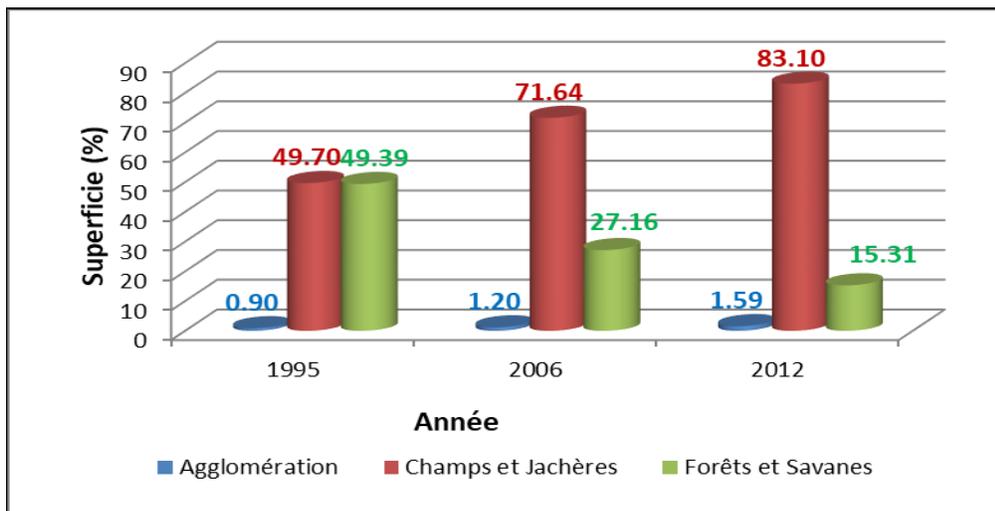


Figure 1 : Evolution des unités d'occupation du sol en 1995, 2006 et 2012.

Il ressort de cette analyse que chaque année, environ 140 nouveaux hectares sont peu ou pas protégés contre l'érosion.

**Charge animale sur la retenue d'eau et les pâturages de son versant :** L'effectif des animaux

locaux qui s'abreuvent régulièrement à la retenue d'eau et pâturent habituellement dans les alentours est présenté dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Charge animale sur la retenue d'eau de Kogbétouhoue

| Animaux                 | Bovins locaux    | Bovins transhumants | Ovins |
|-------------------------|------------------|---------------------|-------|
| Effectif                | 400              | 800                 | 210   |
| Equivalent (UBT/Tête)   | 0,75             | 0,75                | 0,25  |
| Charge animale en (UBT) | 300              | 600                 | 52,5  |
| <b>TOTAL</b>            | <b>952,5 UBT</b> |                     |       |

Source : CARDER-MONO/COUFFO, 2012 et résultats d'enquête NOUMON, 2014.

Tableau 5 : Norme de la capacité de charge pastorale du bassin versant de Kogbétouhoue

| Superficie du Bassin versant (ha) | Consommation en (Kg MS/ha) | Quantité de matière sèche disponible en (Kg) | Nombre de jours de pâture (jours) | Capacité de charge en (UBT) |
|-----------------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| 7065                              | 6,25                       | 44156,25                                     | 200                               | 221                         |

La charge animale sur la retenue d'eau est estimée à 952,5 UBT. Celle-ci est un facteur de dégradation du couvert végétal, en raison du broutage, du piétinement des herbes et de l'émondage des arbres et arbustes pour le pâturage aérien, facteur d'érosion du sol. Les sentiers de passage régulier des bovins constituent des zones potentielles d'érosion hydrique où le transport de sédiment à la cuvette contribue au comblement de la retenue. Le tableau 5 présente la capacité de charge pastorale du bassin versant de Kogbetohoué en pâturage qui est de 221 UBT. Ceci montre bien que nous dans le cas de surpâturage qui est facteur de dégradation du couvert végétal. Les défrichements et l'affluence des troupeaux transhumants constituent deux phénomènes porteurs de dégradation des

ressources naturelles (terres, végétation et eaux) d'un bassin versant anthropisé (Houinato et Sinsin, 2000). Par contre, certaines activités telles que les plantations d'arbres fruitiers, l'agriculture et l'élevage intensifs contribuent à la sauvegarde des écosystèmes Ibouaïma (2005).

**Qualité de l'eau**

**Pouvoir oxydant de l'eau :** La valeur obtenue pour le pouvoir oxydant (tableau 6) est de 13 (inférieure à 15) aussi bien en juin qu'en septembre. Cette valeur montre que nous sommes en présence d'un milieu réducteur. En milieu réducteur, les nitrates et sulfates sont respectivement réduits en nitrites et sulfures. Ces deux dérivés sont de nature toxique à la vie aquatique notamment celle des poissons.

**Tableau 1 :** Pouvoir oxydant de l'eau en juin et septembre

| Période        | Eh     | T ° absolu | pH   | R <sub>H</sub> | Nature de milieu |
|----------------|--------|------------|------|----------------|------------------|
| Juin 2013      | -35,57 | 300,46     | 7,14 | 13,08          | Réducteur        |
| Septembre 2013 | -54,14 | 300,48     | 7,42 | 13,02          | Réducteur        |

**Etat trophique et risque d'eutrophisation de la retenue d'eau :** Le niveau trophique de la retenue d'eau suivant le diagramme de classement du MDDEP, 2004 est présenté dans les tableaux 7 et 8. Du niveau trophique général hypereutrophe en juin, les eaux de la retenue d'eau sont devenues eutrophes en septembre.

Le risque d'eutrophisation (Ifremer, 2000) relatif à ces états trophiques est résumé dans le tableau 9. Ainsi, les eaux hypereutrophes en juin montrent un risque d'eutrophisation mauvais en juin et médiocre en septembre où ces eaux eutrophes.

**Tableau 2 :** Niveau trophique (MDDEP, 2004) de la retenue d'eau au mois de juin

| Stations               | Station 1      | Station 2 | Station 3  | Station 4      | Station 5      | Station 6 | Station 7      | Bilan général |
|------------------------|----------------|-----------|------------|----------------|----------------|-----------|----------------|---------------|
| Phosphore Total (µg/L) | 1600           | 1300      | 1100       | 1900           | 2800           | 800       | 2700           | Hypereutrophe |
| Chlorophylle a (µg/L)  | 81             | 15,3      | 3,6        | 58,5           | 36             | 15,3      | 93,6           |               |
| Transparence (m)       | 0,4            | 0,43      | 0,5        | 0,6            | 0,55           | 0,48      | 0,55           |               |
| Etat trophique         | Hyper eutrophe | Eutrophe  | mésotrophe | Hyper eutrophe | Hyper eutrophe | Eutrophe  | Hyper eutrophe |               |

**Tableau 3 :** Niveau trophique (MDDEP, 2004) de la retenue d'eau au mois de septembre

| Stations               | Station 1      | Station 2 | Station 3     | Station 4 | Station 5 | Station 6  | Station 7     | Bilan général |
|------------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|-----------|------------|---------------|---------------|
| Phosphore Total (µg/L) | 300            | 150       | 270           | 180       | 210       | 290        | 120           | Eutrophe      |
| Chlorophylle a (µg/L)  | 37,8           | 10,8      | 5,4           | 9         | 12,6      | 3,8        | 207           |               |
| Transparence (m)       | 0,85           | 0,72      | 0,78          | 0,85      | 0,85      | 0,85       | 0,4           |               |
| Etat trophique         | Hyper eutrophe | Eutrophe  | Méso eutrophe | Eutrophe  | Eutrophe  | Mésotrophe | Hypereutrophe |               |

**Tableau 4 :** Evaluation du risque d'eutrophisation de la retenue d'eau (Ifremer, 2000)

| Mois      | P1      | P2       | P3    | P4       | P5       | P6       | P7      | Bilan général |
|-----------|---------|----------|-------|----------|----------|----------|---------|---------------|
| Juin      | Mauvais | Médiocre | Moyen | Mauvais  | Mauvais  | Médiocre | Mauvais | Mauvais       |
| Septembre | Mauvais | Médiocre | Moyen | Médiocre | Médiocre | Moyen    | Mauvais | Médiocre      |

**Légende :**

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |

**Conséquences du comblement et de l'eutrophisation de la retenue**

**Conséquences physico-économiques relatives au comblement de la retenue :** Le niveau annuel moyen de comblement de la retenue (0,05 m/an) constitue une menace réelle sur la quantité d'eau disponible pour les différents usages. Ce niveau de comblement correspond à une perte d'eau estimée à 1660 m<sup>3</sup>/an avec une durée de fonctionnement de la retenue d'eau estimée à 96 ans. Cette pression devient plus élevée

(+3,7%) montrent que le comblement est une menace à moyen terme sur la quantité d'eau disponible pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture.

**Conséquences économiques et sanitaires liées à l'eutrophisation de la retenue d'eau**

**Menaces sur la pisciculture :** La concentration très élevée en phosphore (tableau 10) est la menace première sur la pisciculture en raison des effets secondaires notamment d'eutrophisation et son corollaire sur l'épuisement de l'oxygène.

**Tableau 10 :** Aptitude de l'eau à la pisciculture en juin et septembre

| Paramètres             | Aptitude en Juin | Aptitude en Septembre |
|------------------------|------------------|-----------------------|
| Oxygène dissous (mg/L) |                  |                       |
| PH                     |                  |                       |
| Ammonium (mg/L)        |                  |                       |
| Nitrite (mg/L)         |                  |                       |
| Nitrates (mg/L)        |                  |                       |
| MES (mg/L)             |                  |                       |
| Phosphore Total (mg/L) |                  |                       |

**Légende :**

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |

**Menaces sur l'irrigation :** La concentration (tableau 11) en microorganismes suivie de la charge solide (environ 560 mg/L de matières sèches) constitue les menaces majeures sur l'usage de l'eau à des fins agricoles. En effet, la teneur assez élevée de matières

sèches constitue une cause de bouchage du matériel d'irrigation en aspersion tandis que la forte teneur en coliformes totaux constitue une source de vecteurs de maladies pour les cultures irriguées notamment les cultures maraîchères.

**Tableau 11 :** Aptitude de l'eau à l'irrigation en juin et septembre

| Paramètres                   | Aptitude en Novembre |
|------------------------------|----------------------|
| Résidus à sec à 105°C (mg/L) |                      |
| Chlorures (mg/L)             |                      |
| Coliformes totaux (u/100ml)  |                      |

**Légende :**

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |

**Menaces sur l'abreuvement des animaux :** La qualité de l'eau ne présente pas de menace majeure pour l'aptitude de l'eau à l'abreuvement. Toutefois, la présence

des sulfures (tableau 12) en quantité assez élevée (en moyenne à 10 mg/L) peut être une source d'intoxication pour le bétail.

**Tableau 12 :** Aptitude de l'eau à l'abreuvement en juin et septembre

| Paramètres      | Aptitude en Juin | Aptitude en Septembre |
|-----------------|------------------|-----------------------|
| Nitrite (mg/L)  |                  |                       |
| Nitrates (mg/L) |                  |                       |
| Sulfates        |                  |                       |
| Sulfures        |                  |                       |

**Légende :**

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |

**Menaces sur la production d'eau potable**

**Tableau 13:** Aptitude de la retenue à la production d'eau potable en juin et septembre

| Paramètres                      | Aptitude en Juin | Aptitude en Septembre |
|---------------------------------|------------------|-----------------------|
| Oxygène dissous (mg/L)          |                  |                       |
| PH                              |                  |                       |
| Turbidité (NTU)                 |                  |                       |
| Conductivité électrique (µS/cm) |                  |                       |
| Nitrates (mg/L)                 |                  |                       |
| Coliformes totaux (u/100 ml)    |                  |                       |

**Légende :**

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |

La forte teneur en coliformes totaux et la turbidité assez élevée constitue les menaces actuelles sur l'aptitude de l'eau de la retenue à la production d'eau potable. L'évaluation du risque d'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbetohoué montre que les eaux sont dans un état général mauvais à médiocre vis-à-vis de leur état trophique (Noumon *et al.*, 2015). Cette eutrophisation, caractéristique d'une pollution biologique du plan d'eau est marquée par la présence d'algues et le développement de plusieurs macrophytes. Elle est la conséquence de l'altération de

plusieurs caractéristiques physico-chimiques de la qualité de l'eau notamment la transparence, l'oxygène dissous, la présence de l'azote, le phosphore et les sulfures à des concentrations élevées. L'eutrophisation constitue une menace sur la qualité des eaux pour les usages à des fins piscicoles (Mama, 2010 ; Chouti *et al.*, 2010) ; Dèdjiho *et al.*, 2013; Delhi *et al.*, 2012, Francis-Lloyd F.2003). En effet, la prolifération des plantes aquatiques est à l'origine de la formation d'un écran en surface des eaux qui empêche l'oxygénation du milieu. De plus leur décomposition de ces plantes, induit une

augmentation de la quantité de matière organique dans le milieu dont la dégradation favorise l'asphyxie des espèces halieutiques (Mama *et al.*, 2011). La production de sulfure et de nitrite (toxiques) inhibent le développement d'autres producteurs primaires et des poissons à grande sensibilité. Ceci peut provoquer un déséquilibre de la chaîne trophique (production/

consommation) d'un plan d'eau et entraîner des conséquences écologiques importantes (Dèdjiho *et al.*, 2013). Mieux, Chambers *et al.*, 2001 indique que la présence des sulfures avec des concentrations de l'ordre de 10 mg/L est un signe précurseur de toxicité du milieu pour la vie aquatique, pour le bétail et la santé humaine.

## CONCLUSION

La présente étude menée sur la retenue d'eau de Kogbetohoué et son bassin versant a permis d'évaluer les menaces sur la ressource du fait de son comblement et de son eutrophisation. Les principaux résultats découlant de l'étude sont :

- un comblement annuel moyen de l'ordre de 0,05 m/an ;
- une dégradation annuelle du couvert végétal du bassin versant estimé à environ 140 hectares/an ;
- une teneur élevée en phosphore (variant de 120 µg/L à 2800 µg/L) en corrélation significative avec l'eutrophisation ;

- une production primaire de chlorophylle a évaluée à environ 42 µg/L qui traduit une eutrophisation poussée de la retenue d'eau avec le risque permanent d'anoxie du milieu. Ces résultats ont montré qu'il y a une menace quantitative sur la disponibilité de la ressource à moyen terme et que l'eutrophisation poussée de la retenue handicape à court terme la pisciculture et l'agriculture irriguée. Ces conséquences physiques, économiques et sociales appellent à l'instauration d'une approche intégrée de la gestion de la retenue d'eau et de son bassin versant pour garantir les différents usages que procure la retenue aux populations riveraines.

## REFERENCES

- Bergahou M. et Ziadi K., 1989. Quantification de l'érosion à l'échelle du bassin versant de l'Oued El Koudgi. Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjed El Bab (Tunisie). 9p.
- Boukari O., 2012. Étude de l'eutrophisation de la retenue d'eau de l'Okpara à Kpassa (Parakou). Mémoire de Master Professionnel en Ecohydrologie. 85pp. LHA/FAST/UAC (BENIN).
- CARDER, MONO-COUFFO, 2012. Rapport annuel d'activités de la campagne agricole 2011-2012.
- Chambers P.A., Kent R., Charlton M.N., Guy M., Gagnon C., Roberts E., Grove E. et Foster N., 2001. Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada. Environnement Canada. 271p.
- Chouti W., Mama D. et Alapini F., 2010. Études des variations spatio-temporelles de la pollution des eaux de la lagune de Porto-Novo (Sud-Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (4) : 1017-1029.
- Dèdjiho C. A., Mama D., Tométin L., Nougbodé I., Chouti W., Sohounhloué D.C.K. et Boukari M., 2013. Évaluation de la qualité physico-chimique de certains tributaires d'eaux usées du lac Ahémé au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 70 : 5608-5616.
- Delhi R., Benzha F., Hilali A., Tahiri M., Kaoukaya A., Baïdier L., Rhinane H. et Hangouet J. P., 2012. Caractérisation de la qualité des eaux de la retenue Sidi Mohamed Ben Abdallah sur l'oued Bouregreg. ScienceLib. Editions Mersenne : Vol.4.N° 120401.20p.
- Francis-Floyd R., 2003. Dissolved Oxygen for fish production. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida. 3p.
- Houinato M., et Sinsin B., 2000. La pression agropastorale sur la zone riveraine de la réserve de la biosphère de la Pendjari. *Tropical cultura*, n° 3, Vol. 18, pp. 59-61.
- Ibouraïma S., 2005. Comblement des retenues d'eau d'abreuvement en zone agropastorale soudano-sahélienne : dynamique, bilan et impact de la sédimentation intra-cuvette. Thèse de Doctorat (unique) en gestion de l'Environnement. Laboratoire de Sédimentologie. FAST/UAC. 221 pp.
- Ibouraïma S., Oyédé L. M., Sinsin B. A., 2013. Contribution de la vase au comblement des retenues d'eau de Gogbèdè et Guéné dans le

- Département de l'Alibori au Nord-Est du Bénin. Bulletin de Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro 73, Juin 2013. 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099.
- Ifremer, 2000. Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens – Rapport final-09-2000, Tome I – 236p, Tome II – 196p.
- Lacaze J.C., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales –Ellipses, pp. 10-59 et pp. 140-162.
- Maiga A. H., Konate Y., Denyigba K., Karambiri H., Wethe J., 2007. Eutrophisation et comblement des petites retenues d'eau en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Actes JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007.
- Mama D., 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). Thèse de doctorat de l'université de Limoges (France), 177pages.
- Mama D., Aïna M., Alassane A., Chouti W., Boukary O. T., Deluchat V., Bowen J., Afouda A., et Baudu M., 2011. Caractérisation physico-chimique et évaluation du risque d'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5 (5) : 2076-2093.
- Noumon C. J. 2014. Analyse du comblement et de l'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbetohoué (commune d'Apahoué) et implications pour une exploitation durable. Mémoire de Master Professionnel en Ecohydrologie. 88p.LHA/FAST/UAC.
- Noumon C.J., Mama D., Dedjiho C.A., Agbossou E., Ibouraima, S. 2015. Évaluation de la qualité physico-chimique et du risque d'eutrophisation de la retenue d'eau de Kogbetohoué (Sud-Bénin). *Journal of Applied Biosciences*, 85 : 7848-7861.
- Perrin C., 2000. Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 276 p.
- Rejset F., 2002: Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Centre Régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 89pages.
- Remini B. & Hallouche W. (2005). Prévion de l'envasement dans les barrages du Magrheb. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.69-80.
- SEQ Eau., 2003. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau. Grilles évaluation. Version 2.40p.
- Vissin W. E., 2007. Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Centre de Recherches de Climatologie CNRS - UMR 5210, 286 p.

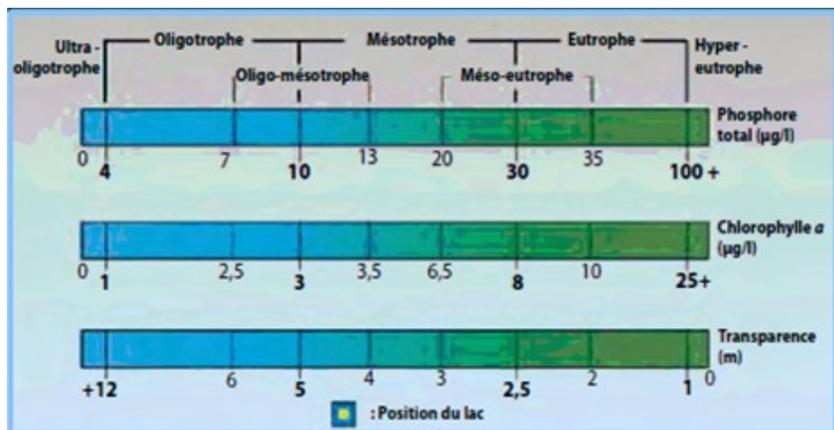
**Annexe A :** Principales caractéristiques des points d'échantillonnage pour les analyses de laboratoire

| Points                                | Point 1   | Point 2   | Point 3   | Point 4   | Point 5                            | Point 6  | Point 7   |
|---------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------|--|---|
| <b>Coordonnées UTM</b>                | N 0362662,<br>E 0797737   | N 0363300,<br>E 0797867   | N 0363492,<br>E 0797751   | N 0363300,<br>E 0797867   | N0363400,<br>E 0797859             | N0363500,<br>E0797898  | N0363606,<br>E0797894                                 |
| <b>Situation sur le plan d'eau</b>    | Source principale d'entrée d'eau dans la retenue                                | Rive droite à 30 m, proximité du camp peul                          | Rive droite à 30 m, proximité de la plantation de Gmelina                                       | Rive gauche à 45 m, proximité du site maraîcher irrigué                   | Pleine eau au centre de la retenue | 50 m de la rive gauche   | Sortie d'eau au niveau de la vanne (aval de la digue) |
| <b>Distance à la digue (m)</b>        | 950   | 260   | 250   | 150   | 100                                | 90   | -30   |
| <b>Profondeur moyenne(m)</b>          | 3,65  | 1,9   | 1,75  | 1,2   | 4,9                                | 2,35   | 1,1   |
| <b>Caractéristiques particulières</b> | présence de nombreux arbres morts en décomposition, marcophytes à moins de 10 m | Présence de marcophytes (Euphorbiacéé, Ceratophylum demerson à 15 m | Présence de macrophytes ( <i>Nymphaea lotus</i> , <i>Ceratophylum demerson</i> , algues) à 20 m | Présence de macrophytes (Euphorbia, <i>Ceratophylum demerson</i> ) à 10 m | Vitesse de l'eau plus forte        | Présence de macrophytes ( <i>Paspalum vaginatum</i> , Euphorbiacée) à 10 m | Eau plus proche des sédiments de la cuvette           |

**Annexe B :** Grille d'évaluation du risque d'eutrophisation (Source, Ifremer, 2000)

| Variable                      |                   |   | Très bon |      | Bon |     | Moyen |      | Médiocre |     | Mauvais |
|-------------------------------|-------------------|---|----------|------|-----|-----|-------|------|----------|-----|---------|
| TUR                           | (NTU)             | 0 |          | 5    |     | 10  |       | 25   |          | 40  |         |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | (µM)              | 0 |          | 0,3  |     | 1   |       | 1,5  |          | 4   |         |
| NITRI                         | (µM)              | 0 |          | 0,3  |     | 0,5 |       | 0,75 |          | 1   |         |
| NITRA                         | (µM)              | 0 |          | 1    |     | 3   |       | 5    |          | 10  |         |
| AMMO                          | (µM)              | 0 |          | 1    |     | 3   |       | 5    |          | 10  |         |
| Chl-a                         | mgM <sup>-3</sup> | 0 |          | 5    |     | 7   |       | 10   |          | 20  |         |
| NT                            | (µM)              | 0 |          | 50   |     | 75  |       | 100  |          | 120 |         |
| PT                            | (µM)              | 0 |          | 0,75 |     | 1,5 |       | 2,5  |          | 4,5 |         |

Annexe C: Diagramme de classement du niveau trophique des lacs (MDDEP, 2004)



Annexe D: Paramètres d'appréciation de l'aptitude aux usages d'après SEQ-Eau, 2003

| Usages de l'eau          | Paramètres d'appréciation retenus  |
|--------------------------|--|
| Aquaculture              | Oxygène dissous, MES, PH, Ammonium, Nitrite, Nitrates, Phosphore total,              |
| Irrigation               | Résidus à sec, chlorures, coliformes thermotolérants, coliformes totaux              |
| Abreuvement              | Ammonium, Nitrite, Sulfates  |
| Production d'eau potable | Oxygène dissous, PH, Turbidité, Nitrates, Conductivité électrique, Coliformes totaux |

Annexe E : Grille d'appréciation de l'aptitude d'eau aux divers usages.

| Très bon | Bon | Moyen | Mauvais |
|----------|-----|-------|---------|
|          |     |       |         |



**Photo 1** : Approvisionnement en eau pour consommation et usages domestiques



**Photo 2** : Abreuvement des bovins et ovins



**Photo 3** : Pompage de l'eau pour l'irrigation



**Photo 4** : Irrigation tomate avec l'eau de la retenue



**Photo 5** : Tilapias pêché dans la retenue



**Photo 6** : Loisirs et consommation d'eau par les enfants