EVALUATION DE L'ETAT TROPHIQUE DU LAC DE BUYO (CÔTE D'IVOIRE) : ASPECTS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

Véronique MAMBO, Abiba Sanogo TIDOU, Bernard YAPO OSSEY, Pascal HOUENOU

Laboratoire des Sciences et politiques environnementales.
Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement.
Université d'Abobo-Adjamé 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)

(Reçu le 27 - 04 - 2000, revisé le 06 - 02 - 2001)

Summary : A study was conducted to evaluate the trophic characteristics of the lake generated by the hydroelectric dam of Buyo. Being a water reservoir in tropical region, it is subject to climatic conditions which favor the trophication process. The lake extend from Latitude 01° 14' and 07° 03' North to Longitude 06° 54' and 07° 31' West. The body of water covers an area of about 920 km^2. Our study was concerned with the area upstream of the reservoir, that is the river branch of Guessabo and that downstream which is the Buyo Hydroelectric Dam proper.

Different causes and consequences of the trophication processes were assessed with a particular emphasis on the role played by nitrogen and phosphorus along with the presence of zooplancton. Several important parameters relative to the trophication level of the lake or the reservoir were considered, of which dissolved oxygen, transparency to the Secchi Disk, Chlorophyll a content, nutrients and the zooplancton. The trophication status of the lake took into account physico-chemical as well as biological characteristics.

Data on average depth, transparency to the Secchi Disk (0.8 to 2.1 m) allowed to class the reservoir as eutrophic at Buyo and hypereutrophic at Guessabo. Average chlorophyll a contents (9.29 to 10.17µ/L) permit to class the lake as mesotrophic at Buyo and eutrophic at Guessabo. Finally, total phosphorus concentration means (200 to 264 µg/L) allowed to class the lake as hypereutrophic in both sectors.

Results obtained from plantonic populations agreed with chlorophyll a and the Secchi Disk data. As a matter of fact, populations of the cladocera familly, such as *g.Bosmina* sp. (2 to 18 ind/L), characteristic of a mesotropic medium were found. Two other population groups, such as copepod and rotifer were also identified.

Finaly, The sector of the lake upstream of Guessabo appears to be more trophic than the lacustrine zone of the dam at Buyo.

Key words : Eutrophication, nutrients, lake, physical chemistry, zooplancton

I - INTRODUCTION

La plupart des lacs ou retenues d'eau en région tropicale semblent être eutrophes de manière plus ou moins permanente. Ce caractère est manifesté par la présence des plantes aquatiques qui les envahissent et par l'aspect trouble de leurs eaux. Les causes de cet état d'eutrophie sont liées d'une part au climat [1] et aux rejets de déchets domestiques et, d'autre part, aux pratiques agricoles [2], avec l'utilisation abusive des fertilisants (engrais azotés et phosphatés) [2], [3], pour accroître et assurer la sécurité alimentaire dans le monde. En Afrique, cette pratique s'est développée depuis la période coloniale.

Le lac de Buyo, qui est le plus jeune lac de barrage de Côte d'Ivoire (créé en 1981) ne fait pas exception. La présence de végétaux aquatiques par endroits (principalement *Eicchornia crassipes*, *Pistia*, *Salvinia*) à la surface de l'eau et certaines caractéristiques physico-chimiques de ses eaux [4], [5] apportent quelques éléments de réponses à l'état de trophie du lac dont la qualification réelle ne pourrait être définie qu'au travers d'études pluridisciplinaires approfondies alliant notamment la chimie et la biologie. En effet, si de nombreux travaux ont décrit les lacs africains par l'un ou l'autre des facteurs écologiques qui les régissent ([6], [7], [8], [9], [10], [11] [12]), rares sont ceux qui ont défini leur état trophique en tenant compte à la fois des différents facteurs physico-chimiques et biologiques [13].

L'objectif premier de cette étude est d'évaluer le degré d'eutrophie du lac de Buyo à partir de ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques. Ce travail vise également à fournir des données de base pour d'autres types d'exploitations des eaux du lac de Buyo (production d'énergie hydroélectrique, irrigation des cultures riveraines, production d'eau potable etc.).

II – ZONE D'ETUDE ET METHODOLOGIE

2.1. Milieu d'étude

L'espace d'étude est localisé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire à 513 km d'Abidjan (capitale économique). Le réservoir d'eau, objet d'investigation s'étend de Buyo à Guessabo et couvre une superficie de 920 km^2 (Fig. 1). L'étude a été menée sur deux zones du plan d'eau :

- Le secteur en amont situé au Nord du lac, la zone de Guessabo qui correspond à la branche fluviatile du Sassandra sillonnant un bassin versant agricole et urbain.
- Le secteur en aval situé au Sud du lac, la zone de Buyo, correspondant à la zone lacustre du réservoir, créé par les installations hydro-électriques de l'Energie Electrique de Côte d'Ivoire (EECI).

Le régime des eaux du lac est sous la dépendance des pluies. Le niveau atteint par les basses et hautes eaux dépend des apports des fleuves Sassandra et N'zo. La pluviométrie annuelle y varie entre 1300 mm et 1800 mm, et elle est répartie en quatre (4) saisons qui se répartissent de la façon suivante :

- une période de saison sèche et chaude (décembre à janvier) correspondant à la période de l'harmattan et présentant une décrue rapide du Sassandra ;
- une période de basses eaux (février à mai) pendant laquelle le débit tombe à une très faible valeur, correspondant à la période d'étiage et une petite saison sèche ;
- du mois de mai au mois de juillet, les premières pluies peu abondantes donnent lieu à une remontée irrégulière du débit des eaux ;
- une période de saison humide et froide (août à mi-novembre), cumulant précipitations et crues du Sassandra.

Les fortes pluies du mois de décembre remplissent totalement le lac chaque année. Puis celui-ci se vide progressivement jusqu'en juin de l'année suivante [4]. Sur la base des informations disponibles auprès de

l'Energie Electrique de Côte d'Ivoire (EECI) et relatives à l'évapotranspiration (ETP) et à la pluviométrie de la zone d'étude, on peut considérer sept (7) mois comme des mois humides. Il s'agit de l'intervalle de mois allant d'Avril à Octobre.

2. 2. Méthodologie

Pour mieux appréhender le problème posé par l'enrichissement progressif des eaux du lac avec une prolifération des macrophytes dans la partie nord du lac, plusieurs prélèvements ont été effectués au cours de 4 sorties de terrains. Les sorties réalisées de mai 1996 à juin 1997 ont eu lieu pendant les quatre saisons principales. Trois sorties ont été effectuées en saisons humides (Mai 1996, Octobre 1996 et Juin 1997) et une seule en saison sèche (Mars 1997).

L'échantillonnage a été réalisé sur neuf stations dont six pour le réservoir principal de Buyo et trois dans la zone fluviatile de Guessabo. A chaque station, des prélèvements verticaux ont été effectués respectivement à 0,5 m de la surface et à 2 m du fond de l'eau. Les conditions d'échantillonnage, de conservation et les méthodes d'analyses résumées dans le tableau I sont de la série NF T90..., qui concernent l'analyse des eaux [14] [15].

L'ensemble des principaux paramètres [16] (physiques, physico-chimiques et chimiques), caractéristiques du degré de trophie d'un plan d'eau (lac ou réservoir) ont été considérés, notamment les nutriments (NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, NTK, PO_4^{3-} et Phosphore total), la Chlorophylle, l'Oxygène dissous et la transparence au disque de Secchi. La Chlorophylle a été analysée dans la zone euphotique. Ainsi, les échantillons ont été prélevés à 0,5 m et à 1,5 m de la surface de l'eau.

- Les paramètres physico-chimiques T °C, pH, conductivité sont mesurés sur le terrain grâce aux appareils, respectivement Micropossessor pH-meter pH 196-T et Micropossessor Conductivity Meter LF 196 tous équipés d'une sonde à température.

- Demande chimique en oxygène (DCO), Matières en suspension (MES), azote Kjeldhal sur échantillon brut (NTK), ont été dosés selon les méthodes de l'Association Française de Normalisation. L'oxygène dissous a été dosé selon la méthode de WincKler, l'azote ammoniacal (NH_4) a été dosé par la méthode spectrophotométrique au bleu d'indophénol selon la norme T 90 015.

- Les orthophosphates (PO_4^{3-}) ont été mesurés selon la norme (T90-023), les nitrites et nitrates selon la norme (T90-013).

- Le phosphore total a été mesuré par minéralisation en milieu acide en présence de $K_2S_2O_8$, à 120 °C à l'autoclave, sur échantillon brut.

Par ailleurs, le peuplement zooplanctonique a été déterminé. Les prélèvements zooplanctoniques sont effectués à l'aide d'une bouteille à plancton (type Van Dorn) de 2 litres dans les premiers mètres du plan d'eau. Le plancton a été recueilli dans des piluliers de 60 ml puis a été fixé au formol à 5%. Le zooplancton a été identifié et dénombré au laboratoire dans des cuvettes de Dolfus sous une loupe binoculaire (Novex type AP-8). Compte tenu de la faible abondance des populations zooplanctoniques contenues dans chaque échantillon, aucun sous échantillonnage n'a été réalisé. Chaque échantillon a été entièrement analysé et chaque espèce identifiée à l'aide des clés de détermination [17], [18], [19].

En plus des facteurs eutrophisants du lac, d'autres facteurs relatifs à l'hydrologie (profondeur maximale) et à la physico-chimie (ions majeurs) ont été déterminés.

Chacune des sorties de terrain a durée une semaine au cours de laquelle, outres les prélèvements in "situ", des enquêtes ont pu être menées auprès des différentes populations (pêcheurs, agriculteurs, populations domestiques...) pour recenser leurs pratiques agricoles et domestiques et également auprès des agents de l'EECI en ce qui concerne la pluviométrie et l'évapotranspiration (ETP).

Tableau I. Méthodes expérimentales pour l'analyse des échantillons d'eau

Paramètres	Ajouts sur terrain conditionnement	Technique de conservation	Méthodes d'analyse	Appareils utilisés	Observations
Température	aucun	aucun	Electrométrique	voir conductivité et pH	Les mesures ont été effectuées verticalement de la surface du réservoir vers le fond à chaque 1 mètre. Elles ont été effectuée sur place
Conductivité	aucun	aucun	Electrométrique	Microprocessor Conductivity Meter LF 196	Les mesures ont été effectuées sur place. L'appareil permet la mesure à la fois de la conductivité et de la température.
pH	aucun	aucun	Electrométrique	Microprocessor pH-Meter pH 196-T	Les mesures ont été effectuées sur place, verticalement de la surface du réservoir vers le fond à chaque 1 mètre. On mesure à la fois la température et le pH
Matières en suspension (MES)	aucun	remplissage des bouteilles en plastiques (1 litre), puis à l'obscurité à 4 °C	Filtration sur disque filtrant	Rampe de filtration, Disque GFC 0,45 µm	Les mesures ont été effectuées au laboratoire. Si la charge de matière vivante est moins importante, les échantillons peuvent être conservés longtemps.
Oxygène dissous	2 ml de sulfate de manganèse, 1 ml de réactif alcalin	Fixation de l'oxygène sur place et maintient à l'obscurité	Méthode de Winckler (Volumétrique)	-	Les analyses ont été faites le jour même du prélèvement
Chlorophylle a	aucun	Prélèvement dans des flacons en verres teintés. Conservation à l'abris de la lumière.	Spectrophotométrie. Méthode monochromatique de LORENZEN.	Spectrophotomètre SHIMADZU UV. 160 A. Rampe de filtration. Centrifugeuse	Après prélèvement, 500 ml de chaque échantillon ont été filtrés sur papier filtre GF/C (0,5 µm). Les filtres ont été conservés au réfrigérateur dans du papier aluminium au frais 2 et 5 °C.
Nitrites et Nitrates (NO_2^-, NO_3^-)	aucun	Réfrigération entre 2 et 5 °C	Spectrophotométrie par absorption moléculaire	Spectrophotomètre SHIMADZU UV. 120 - 02 M.A.S. (Multi-Analyseur System) Colonne Cadmium	- En position normale ont été dosés les nitrites - En position Cadmium ont été dosés les nitrates
Ammoniaque (NH_4^+)	Prélèvement en double (50 ml) - R1 et R2 pour le blanc des réactifs - R1 et R3 pour le blanc de turbidité	Réfrigération entre 2 et 5 °C	Spectrophotométrie par absorption moléculaire	Spectrophotomètre SHIMADZU UV. 02 M.A.S.	- R1: Solution de Phénol-Nitroprusiate - R2: Solution alcaline d'hypochlorite - R3: Solution alcaline
Azote Kjeldhal (NTK)	Acidification jusqu'à pH < 2 avec H2SO4	Réfrigération entre 2 et 5 °C	Dosage par titrimétrie après minéralisation et distillation	- Ballon Kjeldhal de 500 ml et rampe de minéralisation adaptée. - Appareil à distillation	Nous avons utilisé la méthode directe qui consiste à doser environ 200 ml de distillat à l'acide sulfurique en présence d'acide borique (Indicateur coloré)
Orthophosphates (PO_4^{3-})	aucun	Réfrigération entre 2 et 5 °C à l'obscurité	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	Spectrophotomètre SHIMADZU UV 120- 02 M.A.S.	Les analyses ont été effectuées dans un délai de 14 jours au maximum
Phosphore total (Pt)	acidification jusqu'à pH < 2 avec H2SO4	Bouteilles en plastique maintenues à la température 2 à 5 °C	Dosage après minéralisation au persulfate au ballon Kjeldhal	Spectrophotomètre SHIMADZU UV 120- 02 M.A.S.	Les échantillons peuvent se conserver plusieurs mois
Demande chimique en oxygène (DCO)	Acidification jusqu'à pH < 2	Réfrigération entre 2 et 5 °C dans des flacons en verres teintés	Oxydabilité au bichromate de potassium	Ballon de 500 ml à col rodé Réfrigérant adaptable au ballon	Les analyses doivent être faites 24 heures après prélèvement au plus tard sans conditionnement. Sinon après conditionnement, les échantillons peuvent être conservés jusqu'à 28 jours au maximum

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

La détermination de l'état trophique a été faite à l'aide du tableau de classification de l'OCDE ,1982 [20] qui tient compte de la teneur en Phosphore total, de la teneur en Chlorophylle a et de la transparence déterminée par le disque de Secchi. Il a été enrichi avec la composition faunistique zooplanctonique qui constitue également un élément indicateur de pollution des eaux [21].

Les valeurs des paramètres physiques, ont été exprimées en moyenne arithmétique (Σ des valeurs / nombre d'observations), celles des nutriments et de la Chlorophylle a en moyenne géométrique (antilogarithme décimal de la moyenne arithmétique calculée à partir des logarithmes des données). La moyenne géométrique tient compte de l'asymétrie des mesures (lorsqu'on enregistre des valeurs trop fortes et des valeurs trop faibles dans les mêmes conditions de mesures [1], [22]).

3.1- Evolution des paramètres hydrologique

Les cours d'eau dans la région de Buyo connaissent une alimentation exclusivement pluviale et les régimes hydrologiques du barrage de Buyo sont étroitement liés aux régimes pluviométriques. Le lac de Buyo se caractérise par d'importantes fluctuations de niveau d'eau. On a noté entre la période d'étiage et de crue des variations de hauteur d'eau allant de 4,1 m à 20,4 m. Le brassage des deux masses d'eau en provenance du Sassandra et du N'zo, auquel s'ajoutent l'intensité de pompage à l'usine hydroélectrique, l'importance de l'évapotranspiration (ETP 1334 mm/an), rendent l'écosystème lacustre instable. Du point de vue hydrologique, le milieu est considérablement perturbé. La présence quasi permanente de macrophytes flottants et immergés dans la partie fluviatile du lac (Guessabo) contribue vraisemblablement au ralentissement de l'écoulement des eaux de la zone fluviatile vers la zone lacustre (Buyo).

3.2 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac : pH, Température, Oxygène dissous, DCO et conductivité

Le tableau II rassemble les valeurs moyennes du pH, de la température de l'oxygène dissous, de la DCO et de la conductivité du lac.

Tableau II: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac de Buyo

Paramètres	EAU DE SURFACE (0,5 m)						EAU EN PROFONDEUR (1 à 2 m du fond)					
	ZONE LACUSRE DE BUYO											
	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche
PH	8,1	7,75	7,16	7,30	7,72	7,16	6,50	6,35	6,96	6,80	6,5	6,96
Temp °C	31,5	29,4	29,2	31,1	30,66	29,2	27,6	26,7	27,0	29,5	27,9	27,0
O_2 mg/l	7,4	7,4	5,7	5,5	6,75	5,7	1,1	0,8	1,8	2,8	1,6	1,8
DCO µg/l	42,4	17,9	30,4	35,4	31,9	30,4	15,1	ild	15,8	16,5	10,1	15,8
Cond µs/cm	58,3	47,3	52,3	89,3	65	52,3	93,3	54,3	76,6	91,3	79,6	76,6
	ZONE FLUVIATILE DE GUESSABO											
PH	7,4	7,6	7,2	7,3	7,4	7,2	6,6	6,7	6,8	7,1	6,8	6,8
Temp °C	31	29	28,5	30,7	30,2	28,5	29,2	26,9	27,9	30,5	28,9	27,9
O_2 mg/l	9,1	6,5	6,5	5,7	7,1	6,5	1,2	0,8	1,3	0,8	0,9	1,3
DCO µg/l	23,7	6,3	36,6	22,3	11,4	36,6	37,3	ild	10,8	19,4	18,9	10,8
Cond µs/cm	70	58,5	73	97	75,2	73	93,3	60,7	94,7	102,2	85,4	94,7

3.2.1 pH de l'eau

Les pH des eaux superficielles sont légèrement alcalins (en moyenne 7,35) tandis que ceux des eaux profondes sont légèrement acides (en moyenne 6,76). Cette situation est sans doute liée à l'anoxie des couches profondes. En effet, la présence de gaz carbonique tend à faire diminuer le pH, rendant par conséquent l'eau acide [23]. En saison humide, on assiste à une augmentation de la valeur moyenne du pH jusqu'à 8,1. Dans la zone de Buyo, les valeurs moyennes de pH paraissent quasiment identiques (pH = 7,08) à celles de la zone fluviatile Guessabo (pH = 7,05). Sur l'ensemble du lac, malgré l'existence de deux types de gradients (gradient horizontal nord-sud positif et gradient vertical fond-surface positif), les valeurs du pH obtenues tendent davantage vers la neutralité. Ce qui est assez favorable au développement de la faune, de la flore et celui de l'activité des microorganismes.

3.2.2- Propriétés thermiques de l'eau

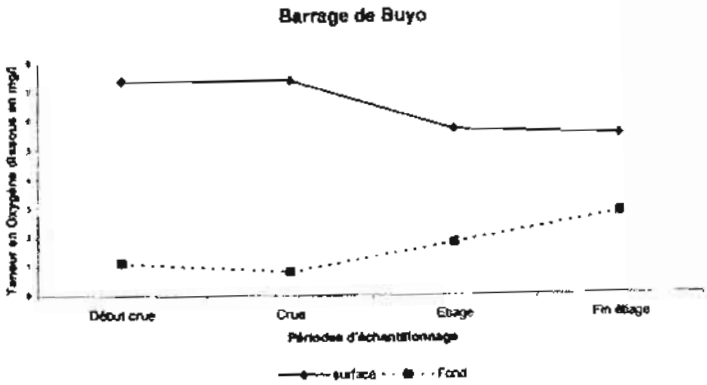
La température moyenne du lac de Buyo varie entre 26 °C et 32 °C, les amplitudes journalières dépassent rarement 4 °C et l'amplitude annuelle entre la période la plus chaude (avril-mai) et la période la plus fraîche (décembre-janvier) est de l'ordre de 7 °C. Les eaux de surface sont légèrement plus chaudes (29.6 °C) que les eaux de fond (27,9 °C). En période d'étiage ou de basses eaux, on a pu observer que la stratification thermique n'est pas assez marquée entre la surface et le fond. Les écarts de température n'excèdent pas 2 °C.

3.2.3- Oxygène dissous et DCO

Les teneurs en O_2 dissous varient de 0,8 mg/l à 9.1 mg/l sur toute l'étendue du lac. Les écarts des concentrations en oxygène (Fig. 2) sont assez marqués entre la surface et le fond (respectivement 6,5 mg/l et 1,62 mg/l) Dans la zone la plus profonde du lac (Buyo), on a pu noter des valeurs très faibles d'oxygène descendant jusqu'à 0,8 mg/l (Tab. II). Les eaux des couches supérieures sont mieux oxygénées dans

les deux zones pendant la période de hautes eaux. Celles du fond ne connaissent qu'une légère oxygénation pendant l'étiage. Les eaux du lac de Buyo sont assez bien oxygénées et la zone trophogène atteint 10 mètres de profondeur. L'épilimnion du lac de Buyo est plus oxygéné (environ 188%) que l'hypolimnion benthique (environ 30%) en accord avec les caractéristiques générales des milieux stagnants [4].

Les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) sont relativement faibles (Valeur moyenne = 23,5 µg/l), sur l'ensemble des stations. Ceci est en accord avec le taux de saturation du milieu en oxygène dissous.



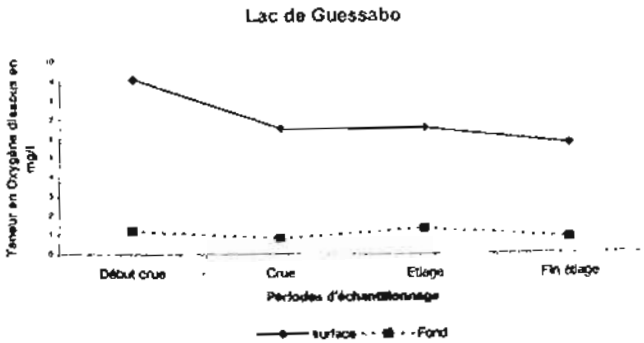


Figure 2 : Variations des valeurs moyennes de l'Oxygène dissous des eaux de surface et profondes (1996 – 1997).

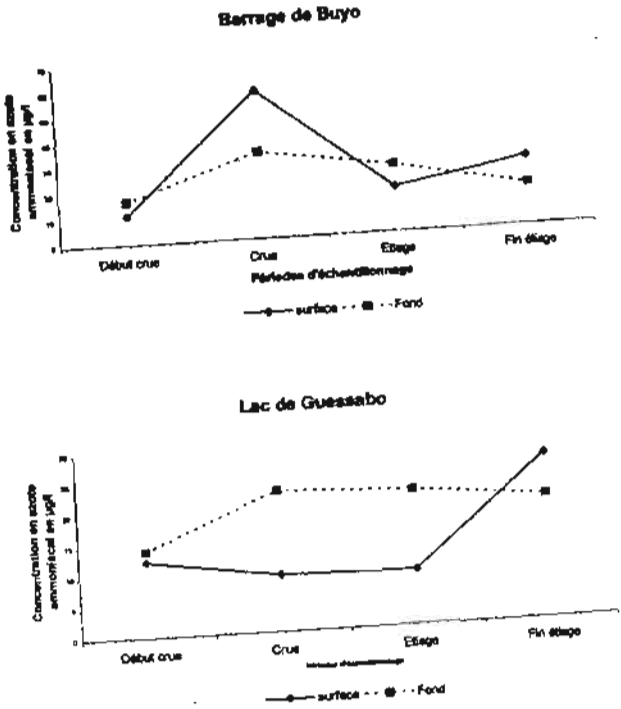


Figure 3 : Courbe de variation des concentrations moyennes de l'Azote ammoniacal des eaux de surface et profondes (1996 –1997)

3.2.4- Conductivité de l'eau

La conductivité moyenne des eaux du lac est inférieure à 100 µS. Les eaux du lac de Buyo sont donc faiblement minéralisées comme la plupart des lacs tropicaux. Deux secteurs caractéristiques du lac de Buyo en été mis en évidence :

- la partie la plus lacustre, correspondant à la zone du barrage de Buyo dont les eaux ont une faible conductivité (68,37 µS) et où les valeurs maximales sont obtenues pendant la montée des eaux (93,3 µS à 2 m du fond),
- la partie fluviatile du lac, correspondant au réservoir de Guessabo dont la conductivité est relativement plus élevée (82,07 µS). Cette variation de la conductivité des eaux de cette zone suit l'évolution des régimes hydrologiques du Sassandra et du N'zo [4].

La conductivité des eaux profondes demeure toujours supérieure à celle des eaux superficielles (84,02 µS contre 66,37 µS) sur l'ensemble du réservoir d'eau. L'évolution de la conductivité suit un gradient horizontal Nord-Sud négatif et un gradient vertical Surface-Fond positif.

3.3- Matières en suspension (MES), Transparence au disque de Secchi, profondeur moyenne

Le tableau III rassemble les valeurs moyennes des Matières en suspension, de la transparence au disque de Secchi et de la profondeur maximale du lac.

Tableau III :Valeurs moyennes des MES et de la transparence de l'eau du lac de Buyo

Paramètres	EAU DE SURFACE (0,5 m)						EAU EN PROFONDEUR(1 à 2 m du fond)					
	ZONE LACUSRE DE BUYO											
	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche
MES mg/l	1,23	2	0,5	2	1,74	0,5	1,17	2,6	1,3	2,2	1,99	1,3
Dis.Secchi (cm)	217	187,5	206	218	207,5	206	217	187,5	206	218	207,5	206
Profondeur maximale des eaux en mètres	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	20,4	18,3	15,1	8,6	19,15	11,85
	ZONE FLUVIATILE DE GUESSABO											
MES mg/l	1,32	4,3	1,1	3,1	2,90	1,1	2,68	1,9	0,7	2,7	2,42	0,7
Dis.Secchi (cm)	110	172	180	50	110,7	180	110	172	180	50	110,7	180
Profondeur maximale des eaux en mètres	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	7,3	16,8	8,1	4,1	11,95	6,10

Les teneurs en MES augmentent de la période d'étiage (0,5 mg/l) à la période de crue (4,3 mg/l) sur l'ensemble du cours d'eau.

Les valeurs de la transparence de l'eau varient généralement entre 50 et 218 cm dans l'ensemble du lac de Buyo. Elles sont plus élevées dans la zone lacustre (206,75 cm en moyenne) du lac que dans la zone fluviatile de Guessabo (145,35 cm en moyenne) où les eaux sont plus troubles et où les activités de pêches sont plus intenses. La profondeur maximale moyenne du lac est également plus faible à Guessabo (9,02 m à Guessabo contre 15,6 m à Buyo). La transparence augmente d'amont en aval du lac de barrage. Elle semble subir les fluctuations saisonnières. Les valeurs les plus élevées ont été observées durant la saison sèche (193 cm) et les plus faibles (159 cm) durant les pluies dans les zones profondes. Avec la décrue, la transparence amorce une montée progressive pour atteindre des valeurs maximales pendant l'étiage (180 cm à Guessabo et 218 cm à Buyo). La profondeur de la zone euphotique varie peu selon les saisons (206 cm et 207,5 cm).

Ces conditions de transparence liées à celles de la température pourraient favoriser le développement important d'une production primaire aux environs de 2 m de profondeur.

3.4- Composition ionique

Les analyses ont porté sur quatre types de cations Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} et K^{+}, puis sur quatre anions HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-} et PO_4^{3-}. Les résultats ont été exprimés en moyenne par période en mg/l puis en milliéquivalents par litre (meq/l).

La balance ionique et le bilan ionique des anions et des cations ont été déterminés à l'aide de ces résultats (Tab. IV, V et VI). Les résultats montrent que les concentrations des cations sont en proportions presque égales dans les eaux de Buyo. Ce qui n'est pas le cas des anions pour lesquels les ions bicarbonates HCO_3^- sont largement

dominants, viennent ensuite les ions Cl^- et SO_4^{2-}. On note également que les concentrations des ions sont moins élevées à Buyo (Sud du lac) qu'à Guessabo (Nord du lac). Il existe alors un gradient de répartition des anions Nord-Sud négatif. Cette distribution suit celle de la conductivité des eaux. Le bilan ionique montre que les eaux du lac de Buyo sont généralement de type bicarbonatée, mais l'on a noté par endroit des eaux de type chlorée (eau de surface et de fond au point Buyo Gravier en fin d'étiage).

Tableau IV: Balance ionique des eaux de surface de la zone Buyo

SECTEUR	BUYO: Eau de surface (0,5 m)											
Station	USINE		DEVERSOIR 1		DEVERSOIR 2		DEVERSOIR 3		GRAVIER		DEVERSOIR P	
Campagne	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage
Ca^{2+} (méq/l)	0,17	0,24	0,12	0,17	0,11	0,2	nd	0,17	0,11	0,17	0,11	0,17
Mg^{2+} (méq/l)	0,24	0,14	0,15	0,15	0,12	0,2	nd	0,14	0,11	0,15	0,14	0,14
Na^{+} (méq/l)	0,16	0,12	0,15	0,12	0,15	0,1	nd	0,12	0,14	0,12	0,14	0,12
K^{+} (méq/l)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,1	nd	0,07	0,02	0,07	0,06	0,06
Total des cations (méq/l)	0,83	0,57	0,48	0,52	0,44	0,6	nd	0,5	0,42	0,51	0,45	0,49
Cl^{-} (méq/l)	0,1	0,25	0,01	0,1	0,014	0,1	nd	0,05	0,02	0,3	0,014	0,15
SO_4^{2-} (méq/l)	0,01	0	0,02	0,01	0,003	0	nd	0,01	0,02	0,01	0,016	0,015
HCO_3^{-} (méq/l)	0,5	0,26	0,44	0,28	0,42	0,4	nd	0,43	0,38	0,18	0,42	0,31
CO_3^{2-} (méq/l)	0	0	0	0	0	0	nd	0	0	0	0	0
Total des anions (méq/l)	0,61	0,51	0,47	0,39	0,44	0,5	nd	0,49	0,42	0,49	0,44	0,47

Tableau V: Balance ionique des eaux profondes de la zone Buyo

SECTEUR	BUYO: Eau de profondeur (1 à 2 m du fond)											
Station	USINE		DEVERSOIR 1		DEVERSOIR 2		DEVERSOIR 3		GRAVIER		DEVERSOIR P	
Campagne	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage
Ca^{2+} (méq/l)	0,12	0,24	0,13	0,17	0,11	nd	nd	0,17	0,13	0,18	0,13	0,18
Mg^{2+} (méq/l)	0,16	0,19	0,15	0,14	0,13	nd	nd	nd	0,18	0,14	0,18	0,14
Na^{+} (méq/l)	0,15	0,13	0,15	0,12	0,15	nd	nd	0,12	0,15	0,12	0,15	0,12
K^{+} (méq/l)	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	nd	nd	nd	0,06	0,07	0,06	0,07
Total des cations (méq/l)	0,49	0,63	0,49	0,5	0,45	nd	nd	nd	0,5	0,51	0,5	0,51
Cl^{-} (méq/l)	0,03	0,15	0,01	0,2	0,03	nd	nd	nd	0,01	0,3	0,01	nd
SO_4^{2-} (méq/l)	0,01	0,01	0,02	0	0,016	nd	nd	0	0,016	0,006	0,016	0,01
HCO_3^{-} (méq/l)	0,43	0,42	0,44	0,28	0,4	nd	nd	0,28	0,4	0,19	0,44	0,49
CO_3^{2-} (méq/l)	0	0	0	0	0	nd	nd	0	0	0	0	0
Total des anions (méq/l)	0,47	0,58	0,46	0,5	0,44	nd	nd	nd	0,42	0,5	0,46	nd

Tableau VI: Balance ionique des eaux de surface et des eaux profondes de la zone Guessabo

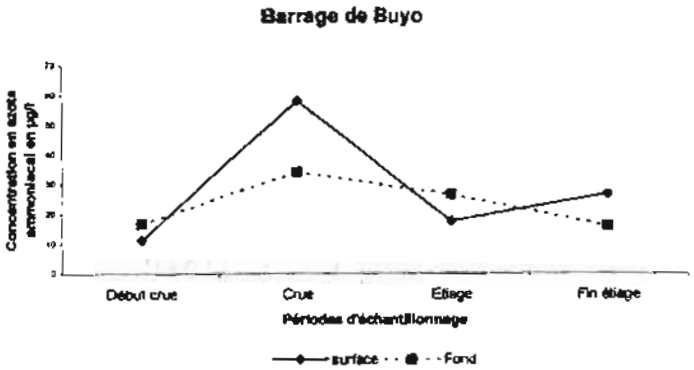
SECTEUR	Guessabo: Eau de surface (0,5 m)						Guessabo: Eau de profondeur (1 à 2 m du fond)					
Station	Pilier 7		Pilier 3		Berge		Pilier 7		Pilier 3		Berge	
Campagne	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage	Oct.96 Crue	Juin 97 Fin étiage
Ca^{2+} (méq/l)	0,15	0,19	0,17	0,19	0,14	0,19	nd	0,19	0,12	0,18	0,13	nd
Mg^{2+} (méq/l)	0,18	0,31	0,16	0,18	0,14	0,31	nd	0,18	0,13	0,17	0,07	nd
Na^{+} (méq/l)	0,16	0,12	0,17	0,12	0,17	0,12	nd	0,12	0,16	0,12	0,16	nd
K^{+} (méq/l)	0,05	0,09	0,05	0,09	0,04	0,09	nd	0,09	0,05	0,09	0,05	nd
Total des cations (méq/l)	0,52	0,71	0,55	0,58	0,49	0,71	nd	0,58	0,46	0,56	0,41	nd
Cl^{-} (méq/l)	0,02	0,15	0,04	0,15	0,04	0,20	nd	0,15	0,03	0,2	0,02	nd
SO_4^{2-} (méq/l)	0,04	0	0,04	0	0,02	0,02	nd	0,006	0	0,02	0,03	nd
HCO_3^{-} (méq/l)	0,47	0,40	0,47	0,40	0,43	0,34	nd	0,39	0,41	0,32	0,37	nd
CO_3^{2-} (méq/l)	0	0	0	0	0	0	nd	0	0	0	0	nd
Total des anions (méq/l)	0,53	0,55	0,55	0,55	0,49	0,57	nd	0,57	0,46	0,54	0,42	nd

Octobre 1996: Période de crue
Juin 1997 : Période de fin d'étiage coïncidant avec les débuts des premières pluies
nd: non déterminé

3.5 - Nutriments (NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, PO_4^{3-} et Phosphore total)

A Buyo les teneurs en azote nitrique et ammoniacal sont respectivement égales en moyenne à 12,4 µg/l et 22 µg/l. A Guessabo les valeurs moyennes en azote nitrique et ammoniacal sont respectivement 33 µg/l et 14,7 µg/l. Les teneurs moyennes en phosphore des orthophosphates sur les stations sont plus élevées, respectivement 58,6 µg/l et 73,25 µg/l à Buyo et à Guessabo que celles des éléments azotés. Ainsi, on note pour l'ensemble du plan d'eau un enrichissement plus important en éléments phosphatés (64,93 µg/l) qu'en éléments azotés (20,52 µg/l). Bien que l'azote et le phosphore soient des sels nutritifs indispensables à la croissance des plantes [24], [25], l'azote constitue généralement le facteur limitant de la biomasse des plantes des eaux tropicales [26], et par conséquent de leur richesse en cyanophycées fixatrices d'azote.

On observe par ailleurs à Guessabo, une répartition plus nette de la concentration en azote ammoniacal entre la surface et le fond par rapport à Buyo (Fig. 3), de la période du début de la crue jusqu'à la fin de l'étiage, où les teneurs sont plus importantes au fond du lac qu'en surface. Les ions ammonium plus assimilables par les plantes que les nitrates [27] ont pu contribuer à la formation de l'importante biomasse végétale caractérisée par les macrophytes dans le secteur d'eau de Guessabo.



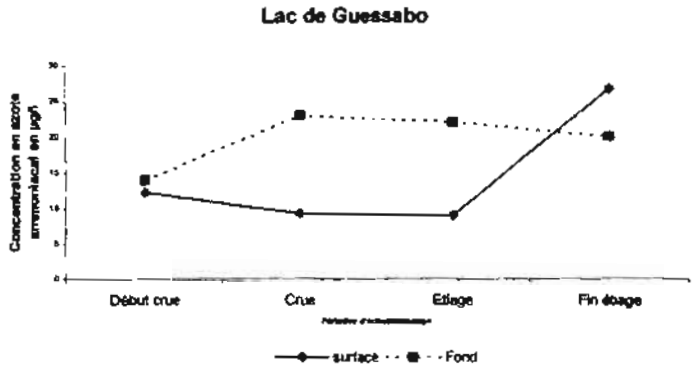


Figure 3 : Courbe de variation des concentrations moyennes de l'Azote ammoniacal des eaux de surface et profondes (1996 –1997)

A Buyo, les conditions limnologiques du lac (profondeur, débit élevé, etc.) ne permettent pas l'implantation des macrophytes. Les faibles teneurs en éléments nutritifs notamment en période de crue et d'étiage (Tab. 7) pourraient être la conséquence d'une activité photosynthétique due au phytoplancton plutôt qu'aux macrophytes. Les valeurs moyennes des concentrations en azote inorganique (Buyo : 93 µg/l ; Guessabo : 200 µg/l) et ceux de l'azote Kdjedhal (>1000 µg/l sur les 2 stations du lac), corroborent cette hypothèse. Par ailleurs, les variations saisonnières des nutriments montrent que les teneurs en phosphates pendant les crues et pendant l'étiage sont plus faibles (inférieures à 30 µg/l), qu'au début de la crue et en fin d'étiage (excédant 100 µg/l). Cela révèle sans doute l'importance de l'apport des phosphates par les eaux de ruissellement en provenance des terres agricoles. Les valeurs du Phosphore total sont relativement élevées ; elles sont comprises entre 116 µg/l et 485 µg/l à Buyo et entre 164 µg/l et 541µg/l à Guessabo.

Tableau VII :Valeurs moyennes des nutriments de l'eau du lac du barrage de Buyo

Paramètres	EAU DE SURFACE (0.5 m)						EAU EN PROFONDEUR(1 à 2 m du fond)					
	ZONE LACUSRE DE BUYO											
	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche
$N\text{-}NO_3$ µg/l	10,4	12,6	8,3	43,5	22,2	8,3	7	21,2	7,4	29	19,1	7,4
$N\text{-}NH_4$ µg/l	11,3	58	17,5	26,5	31,9	17,5	16,7	34	26,3	16	22,2	26,3
Inor-N µg/l	20	39,2	25,8	70	43,1	25,8	23,7	55,2	32,5	48	41,3	32,5
Org-N µg/l	nd	9126	4462,5	3705,5	6426,6	4461	nd	9598	2773,7	2317	5960,3	2773,7
NTK µg/l	nd	9184	4480	3733	6458,5	4480	nd	9632	2800	2333	5982,5	2800
$P\text{-}PO_4$ µg/l	7,4	4,6	8	98,3	36,8	8	151,8	6,4	7,3	108,4	88,2	7,3
Pt µg/l	nd	352	116	326	340	116	nd	485	159	349	417	159
	ZONE FLUVIATILE DE GUESSABO											
$N\text{-}NO_3$ µg/l	17,7	17	5	30,7	21,8	5	15	84,3	15	98	65,8	15
$N\text{-}NH_4$ µg/l	12,3	9,3	9	26,7	16,1	9	14	23	22	20	19	22
Inor-N µg/l	30	26,3	14	53,3	36,5	14	29	105,3	37	118	84,1	37
Org-N µg/l	nd	nd	5791	2773,3	2783,9	5791	nd	nd	3245	1380	1381	3245
NTK µg/l	nd	nd	5800	2800	2800	5800	nd	nd	3267	1400	1400	3267
$P\text{-}PO_4$ µg/l	136	6	7	84,3	76,8	7	135	15	6	162,5	99,5	6
Pt µg/l	nd	nd	541,3	164	164	541,3	nd	nd	118,7	348	348	118,7

3.6- Production biologique

La production biologique a été évaluée par le dosage de la chlorophylle a (Chla) et des phéopigments (Phéop) et par la détermination de la densité zooplanctonique. Les résultats représentés par les tableaux 9 et 10 montrent que la faune zooplanctonique du lac de Buyo apparaît être constituée en majorité de formes cosmopolites ayant une distribution pan ou subtropicale. Celle-ci est essentiellement composée de copépodes, de cladocères et de rotifères (Fig. 4). La richesse spécifique de la faune zooplanctonique est de 14 espèces de rotifères, 4 espèces de cladocères ; les copépodes étant identifiés en groupes de cyclopides, de calanides et de nauplii, sont aussi abondants à Buyo qu'à Guessabo. La plupart des espèces rencontrées sont des herbivores (Phytoplanctonophages), saprophages, thermophiles. Selon Yté et al. [11] les populations de *Mesocyclops dussarti*, *Thermocyclops* decipiens et de *thermodiaptomus yabensi* sont celles qui prédominent le peuplement de copépodes dans le lac de Buyo. L'effectif moyen des nauplii prédomine la récolte et est plus élevé à Guessabo (117 ind./l) qu'à Buyo (53,7 ind./l).

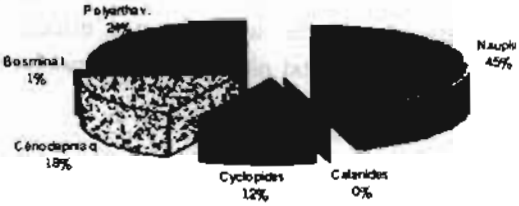


Figure 4 : Distribution des principales espèces zooplanctoniques (1996-1997)

Les cladocères sont représentés généralement par les populations de *Ceriodaphnia quadrangula* et de *Bosmina sp.* Certaines espèces de cladocère n'ont été recensées que dans une seule station. C'est le cas du genre *Daphnia sp.* qui a été récolté uniquement dans la zone de Buyo.

Les rotifères (*Brachionus falcatus*, *Conochilus sp.* et *Horaella Brehmi*) ont été récensés dans la partie fluviatile du lac (Guessabo). Les rotifères sont représentés essentiellement par les populations de *Polyarthra vulgaris* et *Conochilus sp* (Tab 9 et 10).

Tableau VIII : Valeurs moyennes Chla et Phéopigments du lac de Buyo

Paramètres	EAU DE SURFACE (0,5 m)						EAU EN PROFONDEUR (1 à 2 m du fond)					
	ZONE LACUSRE DE BUYO											
	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche	(1)début de crue Mai 96	(2)crue Oct 96	(3)étiage Mars 96	(4)fin d'étiage Juin 97	Saison humide	Saison sèche
Chl µg/l	nd	16,1	8,3	11	13,5	8,3	nd	29,8	8,1	9,4	19,5	6,1
Phéop µg/l	nd	1,9	2,7	2,9	2,4	2,7	nd	2,1	2,7	10	8,1	2,7
	ZONE FLUVIATILE DE GUÉSSABO											
Chl µg/l	nd	8,6	12	15	11,8	12	nd	4,8	8,2	13	8,9	8,2
Phéop µg/l	nd	3,9	6,1	5,4	4,7	6,1	nd	3,5	4,7	4,3	3,9	4,7

nd= non déterminé / chla * : Chlorophylle mesurée à 0,5 m et 1,5 m de la surface

Tableau IX: Principales espèces zooplanctoniques dans le lac de Buyo

ESPECES (Ind/l)		BUYO	GUESSABO
Copépodes	*Nauplii*	53,7	117,5
	Calanides	1,9	0
	Cyclopides	35,25	30,7
Cladocères	*Ceriodaphnia quadrangula*	17,8	46,5
	Bosmina sp.	7,8	1,9
Rotifères	*Polyartha vulgaris*	17,75	62,5

Tableau X: Liste de présence des espèces recensées à Buyo et à Guessabo

Espèces	Secteurs	
	BUYO	GUESSABO
Cladocères		
Bosmine sp.	+ + +	+ + +
Ceriodaphnia quadrangula	+ + +	+ + +
Diaphanosoma brachyurum	+	
Daphnia sp.	+	
Rotifères		
Keratella tropica	+	+
Keratella cochlearis	+	+
Keratella quadrata	+	+
Brachionus falcatus		+ +
Brachionus patulus	+	+ +
Trichocerca chattoni	+	+
Trichocerca cylindrica	+	+
Polyarthra vulgaris	+ +	+ +
Hexarthra mira	+ +	+ +
Conochilus sp		+ + +
Horsella brehmi		+ +
Filinia longiseta	+	
Filinia opoliensis	+	
Epiphanes clavulata	+	+
Copépodes		
Cyclopides	+ + +	+ + +
Calanides		+ +
Nauplii	+ + +	+ + +

+ très peu abondant + + Peu abondant + + + très abondant

Les teneurs moyennes en Chl a dans l'épilimnion du lac, sont sensiblement égales sur les deux stations (respectivement 9,29 µg/l et 10,17µg/l à Buyo et à Guessabo), avec un pic maximum à 1,5 m de profondeur (29,6 µg/l) pendant la période de crue observé à Buyo. Malgré ce pic élevé en chla à Buyo, les teneurs moyennes en phéopigments y sont plus faibles qu'à Guessabo (3,07 µg/l à Buyo et 4,57 µg/l à Guessabo). De telles valeurs en phéopigments à la station de Guessabo, revèlent une importante activité de dégradation chlorophyllienne.

3.7 Caractérisation de l'état trophique du lac

Le réservoir d'eau de Buyo investigué, s'étend de la zone fluviatile de Guessabo (au Nord du lac), jusqu'au barrage de Buyo, qui représente la partie véritablement lacustre du réservoir (au Sud du lac). Selon les variations des caractéristiques physico-chimiques des deux secteurs, on a pu mettre en évidence l'existence d'un gradient chimique de répartition Nord-Sud Positif (pH) et négatif (conductivité, composition ionique), suivant le profil longitudinal du lac, et un gradient surface-Fond positif (conductivité) et négatif (Oxygène dissous) suivant le profil vertical. Les eaux du lac Buyo présentent une différence thermique entre la surface et le fond de la colonne d'eau qui varie très peu pendant les saisons. Elles ont les mêmes caractéristiques physico-chimiques que la plupart des eaux des lacs africains (Tab 11). Légèrement alcaline, moyennement minéralisée, relativement bien oxygénée en surface et désoxygénée en profondeur, avec des propriétés optiques assez médiocres des eaux, le lac de Buyo semble augurer d'une production primaire phytoplanctonique moyenne et d'une très faible densité zooplanctonique. Les teneurs moyennes en nitrates et phosphates de la région de Guessabo légèrement plus importantes que celles de Buyo, ont permis le développement important des macrophytes dont la décomposition plus rapide dans ce secteur pourrait expliquer les valeurs plus élevées en phéopigments.

Tableau XI: COMPARAISON DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DU LAC DE BUYO AVEC QUELQUES PRINCIPAUX LACS DE BARRAGES AFRICAINS

Lacs de barrages africains	Transparence au disque de Secchi en cm	Température en °C	Conductivité en µs/cm	Oxygène dissous en mg/l	pH	Références
Lac Volta (Ghana)	-	25 à 34	50 à 80	5 à 8	6,5 à 8,5	[31]
Lac Kainji (Nigéria)	10 à 300	24 à 33	40 à 54	3 à 8	6 à 8	[32], [33]
Lac Nasser (Egypte)	20 à 400	16 à 32	210 à 250	2 à 7	7,1 à 9,4	[34]
Lac Kariba (Zambie)	50 à 1060	17 à 32	55 à 85	6 à 10	6,8 à 8,9	[13]
Lac Ayamé (Côte d'Ivoire)	-	24 à 32	65 à 90	4 à 7	5,4 à 7,4	[35],[36]
Lac Kossou (Côte d'Ivoire)	20 à 300	24 à 33	50 à 100	2 à 9	6,8 à 9	[37]
Lac Buyo (Côte d'Ivoire)	20 à 400	25 à 33	20 à 140	3 à 11	6,5 à 8,2	[4]
	50 à 250	26 à 32,5	58 à 110	4,8 à 10	6,2 à 8,2	Buyo (96 - 97)

Tableau XII: Moyennes géométriques des paramètres de qualité du réservoir d'eau dans les deux secteurs étudiés

Secteurs	Phosphore total (µg/l)	Phosphore dissous PO_4-P (µg/l)	Azote total Kdjedhal (µg/l)	Azote inorganique* (µg/l)	Transparence au disque de Secchi (m)	Chlorophylle a (µg/l)
Buyo	264	30	2598	46	2,1	9,29
Guessabo	200***	35	2783***	37	0,87	10,17

* Azote Inorganique = $N\text{-}NO_2^- + N\text{-}NO_3^- + N\text{-}NH_4^+$ *** Mesures de la campagne N° 3 et N° 4

Taleau XIII: Détermination de l'état trophique de deux secteurs du lac (Buyo et Guessabo) selon trois paramètres du système de classification simple de l'OCDE **[18]**

Paramètres	Etats trophiques probables	
	Buyo	**Guessabo**
Transparence au disque de Secchi	34% Hypereutrophe 53,% Eutrophe 13% Mésotrophe	86% Hypereutrophe 13% Eutrophe 1% Mésotrophe
Concentration moyenne en Chlorophylle	2% Hypereutrophe 43% Eutrophe 49% Mésotrophe 6% Oligotrophe	8% Hypereutrophe 55% Eutrophe 34% Mésotrophe 3% Oligotrophe
Concentration moyenne en phosphore total	75% Hypereutrophe 25% Eutrophe	67% Hypereutrophe 33% Eutrophe

Les valeurs moyennes de la transparence ont permis de classer le lac de Buyo parmi les lacs à caractère eutrophe (Tab. 12), la zone de Guessabo étant dans un état d'eutrophie plus avancé que celle de Buyo (Tab. 13).

Les valeurs du phosphore total classent le réservoir d'eau parmi les eaux hypereutrophes. Les valeurs moyennes de la Chlorophylle a classent le lac eutrophe.

Bien que les espèces zooplanctoniques recensées dans les zones d'études soient toutes des espèces caractéristiques des milieux tropicaux ayant des températures généralement élevées, la présence du *g. Daphnia* et l'abondance de *g. Bosmina*, (considérées comme espèces de milieux un peu plus oxygénés), (Tab: 9 et 10) donnent au lac de Buyo un caractère de mésotrophie si l'on se réfère également à la classification de l'OCDE [1] relative à la teneur en chla. La présence de macrophytes, essentiellement l'espèce *Eichhornia crassipes* recouvrant une grande partie de la surface du plan d'eau corrobore l'enrichissement de cette zone en éléments nutritifs utilisés par celle-ci. A la décomposition microbienne des plantes aquatiques pourrait s'ajouter celle des résidus des activités de pêche plus intenses dans la zone de Guessabo, rendant le milieu parfois putride. Une telle situation contribue à la pollution organique du lac dans le secteur de Guessabo, mise en évidence par les valeurs élevées de l'azote organique et de l'azote Kjeldahl.

La description des différents critères impliqués dans l'évaluation de l'état trophique du lac de Buyo intègrent l'oxygène dissous, les nutriments et la production biologique. De toute évidence la présence et la prolifération des algues sont imputables à l'enrichissement du milieu en substances nutritives azotées et phosphatées, mais d'autres facteurs devraient être pris en compte pour la compréhension du phénomène. Plusieurs auteurs ont montré que certains métaux lourds tels que le fer (Fe) et le zinc (Zn) sont bien impliqués dans la prolifération des algues. Le fer favorise la croissance du phytoplancton dans un milieu fortement nutritif [28] et le zinc favorise la croissance des algues [29].

Par ailleurs, la présence des troncs d'arbres immergés (due à l'absence de déboisement préalable dans la zone du lac) constitue à moyen terme un risque d'eutrophisation qu'il conviendrait d'indiquer et de prévenir.

La réponse biologique à l'eutrophisation (prolifération d'algues et d'espèces planctoniques) désigne des milieux où la production de matières nutritives est largement excédentaire par rapport aux possibilités de consommation. Cette approche écologique explique pourquoi il n'est pas vraiment possible de proposer une classification générale des milieux eutrophisés à partir d'un critère simple car il s'agit en fait de mesurer la réponse d'un milieu particulier à un déséquilibre de son bilan énergétique, considéré du point de vue du transfert de matières organiques, depuis la production primaire jusqu'aux consommateurs de niveaux plus élevés [30]. Bien que les facteurs physico-chimiques soient des critères de détermination de l'état trophique d'un plan d'eau, les valeurs de ces paramètres sont à considérer avec modération, car des facteurs écologiques du milieu (biotiques) peuvent modifier les conclusions dans certains cas (comme dans le secteur Buyo). Les critères physico-chimiques qui classent le lac d'eutrophe voir hypereutrophe paraissent plus sévères que les critères biologiques qui le classent de mésotrophe voir eutrophe. En effet, les critères physico-chimiques présentent l'avantage d'exprimer les résultats numériquement et de pouvoir les comparer aux normes établies. Par contre l'approche biologique, est fondée sur la présence d'espèces zooplanctoniques considérées comme caractéristiques ou indicateurs d'un état trophique donné.

IV - CONCLUSION

Les paramètres physico-chimiques et biologiques ont été conjointement utilisés en vue de la détermination de l'état trophique du lac de barrage de Buyo. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Traoré et Konan [4] et ne diffèrent fondamentalement pas des autres

lacs de barrage d'Afrique tropicale. Cependant, cette approche pluridisciplinaire alliant la physico-chimie à la biologie est à notre connaissance plutôt rare dans l'étude des lacs africains. Cette recherche a permis de mettre en évidence deux secteurs d'eaux spécifiques. La zone fluviatile de Guessabo en amont, située au Nord du lac qui semble plus eutrophe que la zone véritablement lacustre de Buyo en aval, située au sud du lac. Toutefois, des analyses physico-chimiques régulières permettraient une meilleure corrélation entre les approches chimiques et biologiques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] - RYDING S.O., RAST W., *Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, Sciences de l'Environnement 9*, Edition Masson, 1993 : 294p

[2] - Anonyme,*Eutrophication causes, consequences, correctives*, Procceding of a Symposium, National Academy of Sciences, Washington D.C ,In Association Française pour l'étude des eaux (AFEE, 1975), l'eutrophisation des lacs, synthèse bibliographique, BNIST, 183 p.

[3] - BARROIN G., *Eutrophisation, pollution nutritionnelle et restauration des lacs. La pollution des eaux*, P.Pesson ed, Gauthier-villard, 1980, In Recherche, 1991, 22: 1454

[4] - TRAORE K. ; KONAN L., *Caractéristiques physico-chimiques du lac de Buyo*, Rap. Rech.Institut d'Ecologie Tropicale, Côte d'Ivoire (IET), 1989, 164p

[5] - DEJOUX C., *La pollution des eaux continentales africaines : expérience acquise, situation actuelle et perspectives*, Masson ed, 1988 : 513p.

[6] - BEAUCHAMP P., *Sur quelques rotifères de la Côte d'Ivoire*, Acta Trop XII, 1955, 1 : 68 – 72

[7] - DUMONT H J , VERHEYE H. M., *The nature and origin of crustacean zooplankton of Sahelian Africa*, with note of Limnomedusa, Hydrobiologia, 1984, 113 : 313 – 316

[8] - DUSSART B. H., *Les crustacés copepodes d'Afrique*, Catalogue et Biogéographie, Hydrobiologia, 1980, 72 : 165-170

[9] - EDMONSON, W. T. ,*Rotifera in freshwater*, Biology, Ward and Whipple, 2ed., Wiley, New York , 1959: 420-494.

[10] - YTE W.A. : REY J. ; POURRIOT R., *Peuplement zooplanctonique d'un lac de barrage de Côte d'Ivoire*, Annals. Limnol., 1983, 19, 1: 3-8

[11] - YTÉ W. A., KOUASSI N. C., YORO S., *Peuplement zooplanctonique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire)* : liste faunistique Agron.- Afric., 1996, VIII, 2 : 143-152.

[12] - THORNTON, J. A., *Aspect of eutrophication management in tropical/sub-tropical regions*, In Ryding & Rast (1993), Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, Sciences de l'Environnement 9, Edition Masson, 1993 : 294p

[13] - COCHE (A. G), *Limnology study of a tropical reservoir. In, Lake Kariba : A man tropical ecosystem in central Africa.* Ballon E.K. and Coche .A.G, ed. Junk. Publ. The Hague, 1974 : 3-245

[14] - AFNOR *Qualité de l'eau (Environnement)*, 1re ed, Paris,1994 : 334p

[15] - RODIER J. *l'analyse de l'eau*, DUNOD 8e ed., Paris 1996 : 1383p

[16] - THORNTON J. A. et NDUKU W. K., *Water chemistry and nutrient budgests*. In, J.A. Thornthon, Lake McIlwaine, the eutrophication and Recovery of a tropical African Man-Made, 1982, In Ryding & Rast (1993), Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, Sciences de l'Environnement 9, Edition Masson, 1993 : 294p :43 – 49.

[17] - RUTTNER KOLISKO A., *Plankton Rotifers Biology and Taxonomy*, Stuttgart ed., 1974 : 127 p.

[18] - REY J., SAINT-JEAN L., *Flore et Faune de l'Afrique sahelo-soudanienne*, Durand J. R.et Levêque C ed, 1980 : 307-332

[19] AMOROS C., *Crustacés cladocères*, Bull. Soc limn Lyon, 1984, 4. 72-143.

[20] - OECD., (Organisation for Economic Cooperation and Development), Environment Directorate, OECD,1982, Paris : 154 P

[21] - GANNON J.E. ; STEMBERG R.S., Zooplankton (especially crustaceans and rotifers as indicators of water quality, Trans.Amer.Micros., 1978, 97, 1 : 16-35

[22] - HEYMAN U., RYDING S – O., FORSBERG C, Frequency distribution of water quality variables. Relationships between mean and maximum values, Water Res., 1984, 18: 787-794

[23] - SIGG L., STUMM W., BEHRA Ph., Chimie des milieux aquatiques, Masson – Paris 2e ed, 1994 : 391 p

[24] - FUHS G W, DEMMERLE S. D., CANELLI G ; Chen M., Characteristics of phosphorus limited plankton algae (with reflection on the limiting-nutrient concept). In, Liken G.E. ed. Nutrients and Eutrophication: the limiting nutrient controversy, special Symposium (Vol I), Limnol. Oceanogr., 1972: 113-33

[25] - RAST W. ; LEE G. F., Summary analysis of the North American (US portion) OECD : Nutrient loading-lake response relationships and tropic state indices, In, Ryding & Rast, Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, Sciences de l'Environnement 9, Edition Masson, 1993 : 294p

[26] - HENRY R. ; HINO K. ; TUDISI J. G ; RIBIERO J S. B. , Response of phytoplankton in lake Jacaretinga to enrichment with nitrogen and phosphorus in concentration similar to those of the River Solimoes (Amazon, Brazil), Arch. Hydrobiol., 1985, 103 : 453 – 77.

[27] - WEDZEL R.G , Limnology, Saunders College Publishing, 2e ed., 1983 : 767p

[28] - AUBERT M., AUBERT J., Eutrophie et dystrophie en milieu marin, phénomènes planctoniques et bactériens. Rev. Inter. Océan. Méd. Tomes LXXXIII et LXXXIV, 1986, 286p

[29] - BREMOND R , PERREDON C., Paramètres de qualité des eaux, Environnement, 1979, 259p.

[30] - VERNAUX J., Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Biotypologie. Thèse Etat Université de Besançon. Miméo. 1973, 260 p.

[31] - BRESTCHKO. G., Limnology of Volta Lake, a large man-made tropical Lake,1973. In Thèse YTE, Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse doctorat 3e cycle , Ecologie, 1982,121 p

[32] - HENDERSON. F., A limnological description of Kainji lake. Nigeria. Kainji Lake Project DP/NIR/66/524/FAO, 1973, In Thèse YTE, Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse doctorat 3e cycle, Ecologie, 1982,121 p.

[33] - IMBEVORE, A.M.A. & VISSER, S.A., A study of microbiological and chemical stratification of the Niger River with in the future Kainji lake area. Ghana, In Thèse YTE, Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse doctorat 3ème cycle , Ecologie, 1982,121 p.

[34] - ENTZ, B. & RAMSEY B., Some physical, chemical and general limnological characteristics of lake Nasser reservoir. Geophys. Monog. Ser. 17 américc, Geophys, Union, Washington,1973, In Thèse YTE, Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse doctorat 3e cycle, Ecologie, 1982,121 p

[35] - MOURABET (M.), Etude biologique des eaux du barrage d'Ayamé 1 en Côte d'Ivoire, Cent. ORSTOM de Dakar. Hann, 1971,30 p.

[36] - YTE W., Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse doctorat 3ème cycle , Ecologie, 1982,121 p.

[37] - KRZEL J.(S.) & TRAORE (K.), Limnologie du lac de Kossou : données physiques et chimiques pour 1974, PNUD/ A.V.B./F.A.O/I.V.C/526 31, 1975, 49p.