

Qualité bioécologique d'un milieu lacustre hyper-eutrophisé en zone équatoriale (Afrique Centrale) : peuplement de protozoaires ciliés et macro invertébrés benthos-aquatiques

Gideon AJEAGAH^{1*}, Jean Fils BIKITBE^{1,2} et Frida LONGO²

¹Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, Université de Yaoundé I, Cameroun

²Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I, Cameroun

* Correspondance, courriel : ajeagahg@yahoo.com

Résumé

Le lac d'Obili est un écosystème aquatique situé en plein cœur de Yaoundé en Afrique centrale. Les études physique, chimique, et biologique ont été effectuées dans ce milieu aquatique. Des prélèvements ont été effectués durant six mois sur le site en surface et en profondeur, grâce aux méthodes telles que la spectrophotométrie, la respirométrie et la volumétrie. Des échantillons de boues, d'eau et de vase ont été analysés. Les observations à la loupe et l'identification des espèces grâce aux clés d'identifications ont permis d'avoir une idée claire sur l'état trophique du milieu. A partir des résultats découlant de ces analyses, nous avons pu bâtir une matrice de résultat. Sur celle-ci, des analyses statistiques descriptives ont été appliquées avec le logiciel d'analyse SPSS. De ces résultats, nous observons une légère acidité des eaux en profondeur par rapport à celles de la surface qui sont pratiquement neutre. L'oxygène est croissant sur les deux plans d'eaux sur toute la période d'étude. Le Dioxyde de Carbone (CO₂) quant à lui présente une courbe en U. La température est globalement élevée en surface par rapport à la profondeur. La concentration en nitrate est plus élevée en profondeur qu'en surface. La DBO₅ évolue en dents de scie et présente des courbes qui se croisent pendant le mois de mars. Des bio-indicateurs de polysaprobité telles que *Metopus ovatus*, *Caenomorpha medusa*, *Paramecium africanum* révèlent une dystrophie avancée du milieu. Les dysfonctionnement de ce milieu lentique et la surcharge en ortho phosphate et nitrates sont confirmée par l'identification d'une forte peuplement des macrophytes à l'instar de *Nymphaea lotus*, *Pistia stratiotes* et d' *Eichhornia crassipes*. Les fortes corrélations sont observées entre les paramètres physico-chimique et biologique et le test de Mann Whitney montre un unique écosystème avec peu de variation spatio-temporelle.

Mots-clés : *ciliés, macro invertébrés, bio indicateur, hyper eutrophisation.*

Abstract

Bio-ecological assessment of a hyper-eutrophic lake in an equatorial region (Central Africa) : population dynamics of ciliated protozoa and benthos-aquatic macro invertebrates

The Obili Lake is an aquatic ecosystem that is positioned in Yaoundé, Cameroon Physico-chemical and biological assessment were carried out in this lake during a six month duration at the surface and the depth

level by spectrophotometry, respirometry and volumetry. Analytical statistical studies reveal a slight acidity from surface to base, while Oxygene concentrations were present in the medium. Carbon dioxide showed a U profile, while temperature is higher at the surface due to the direct incidence of solar radiation. BOD values were variable in the medium. Bio-indicators of polysaprobity such as *Metopus ovatus*, *Caenomorpha medusa*, *Paramecium africanum* reveal an advance dystrophication of the milieu. The dysfunctioning of this lentic medium and the high load of orthophosphate and nitrates are confirmed by the identification of a high density of macrophytes such as *Nymhea lotus*, *Pistia stratiotes* et d' *Eichhornia crassipes*. The high correlation that is observed between the physico-chemical and biological parameters and the Mann Whitney test proof a unique ecosystem with low spatial dispersion

Keywords : *ciliated protozoa, benthic macro-invertebrates, bio-indicator, hyper-eutrophication.*

1. Introduction

La protection de la biodiversité répond à une préoccupation croissante, vis-à-vis des conséquences des activités humaines sur la baisse éventuelle de la diversité biologique à l'échelle planétaire. Son ambition va bien au-delà d'une simple protection des espèces menacées, protection qui est déjà partiellement assurée dans le cadre des différentes conventions internationales. Elle encadre la protection de la biodiversité, tout en exigeant non seulement l'inventaire et l'élaboration de stratégies globales de conservation pour les usages futures, mais aussi et surtout une étude exhaustive des écosystèmes naturels. Les écosystèmes naturels que dispose la terre est nombreuse ; nous distinguons entre autre: les forêts les savanes, les steppes, les mangroves, les mers, fleuves et aussi les lacs [1]. La Limnologie s'occupe de la physique, la chimie et de l'hydrodynamique des eaux. Elle étudie aussi la vie dans ces milieux, les relations existant entre ses différentes composantes qui le caractérisent, étudie aussi la vie sous sa forme animale et végétale dans ces milieux. Elle nous éclaire sur la production et le blocage des substances, le rôle de l'homme dans les constructions et la transformation du milieu. Cette définition a évolué avec le temps et englobe maintenant un ensemble plus vaste.

L'étude des lacs constitue toujours une composante importante en limnologie [2]. Les lacs font partis d'un grand ensemble regroupant les eaux continentales calmes, où l'on retrouve aussi les étangs et les marres ; on les appelle encore milieux lentières caractérisés par les eaux stagnantes l'opposé des milieux lotiques qui regroupent les fleuves, les rivières, les ruisseaux. L'élaboration des stratégies de gestion durable des écosystèmes aquatiques doit être permanente à cause de la variabilité de ces milieux et peuplement (Hade, 2007) [3]. Ces stratégies prennent en compte la structure du peuplement de certains organismes aquatiques, qui donne une idée claire sur la qualité de l'eau, confirmant les valeurs physico-chimiques obtenues sur les mêmes relevés, ce qui nous permet d'évaluer l'état de santé de l'écosystème donné [4]. Nous pensons aujourd'hui que les eaux continentales dans l'ensemble sont une composante essentielle du patrimoine naturel, très importante pour le bien être des générations actuelle et future [5].

La diversité biologique, moteur du fonctionnement des écosystèmes reste encore de nos jours mal connu. Il convient donc d'entreprendre des études dans différents milieux afin d'avoir une connaissance poussée sur ces derniers [6]. Au Cameroun, et en particulier dans la ville de Yaoundé, de nombreux travaux ont été effectués dans les milieux lentières et lotiques, afin de se conformer aux conventions internationales [7]. Il ressort de ces études que les eaux du réseau hydrographique du Mfoundi (fleuve de la ville de Yaoundé) sont sujettes à une pollution organique d'origine anthropique, due à une forte colonisation du bassin versant par les populations animales et végétales, l'utilisation abusive du plan d'eau comme exutoire des déchets [8]. Le lac d'Obili n'est pas en reste, celui-ci étant situé en plein cœur de la ville.

Il reçoit les eaux polluées venant du bassin versant, récoltées au niveau de la faculté de médecine et sciences biomédicales, des quartiers Mélen et Obili, mais aussi les eaux usées de l'université de Yaoundé I. Toutefois, on pense que les plans d'eau situés à la périphérie échappent à la charge polluante d'origine diverse. Ainsi, on sait très peu sur les cours d'eau non eutrophes de Yaoundé et qui pourrait servir de référence pour des études ultérieures. Du fait de la forte densité autour du lac d'Obili, et la forte activité humaine tout autour, le lac d'Obili est une zone à risque : non seulement pour les populations environnantes, mais aussi pour la bonne santé de cet écosystème. Les écosystèmes aquatiques sont des milieux très précieux pour la continuité de la vie sur la terre parce qu'ils sont d'abord des milieux de vie pour les animaux et végétaux, ensuite c'est un élément de consommation, et enfin c'est le premier stabilisateur de l'effet de serre [9]. Les lacs, tout comme les autres écosystèmes aquatiques possèdent ces trois niveaux d'utilités; leur dénaturation qui passe par l'eutrophisation due à diverses raisons, à l'exemple des pollutions fécales d'origine humaine [10] : c'est donc un danger à haut risque pour la survie de l'humanité [11].

De ce fait, les populations doivent être sensibilisées sur la nécessité de sa protection, sa conservation, et aussi sur les méthodes de traitements, afin de restaurer ceux qui ont déjà enclenchés leur processus d'eutrophisation, ou alors ceux qui sont déjà totalement dénaturés. Parmi ces méthodes, nous pouvons citer : les actions hydrauliques, les actions mécaniques sur les sédiments ou sur les plantes, les traitements physico-chimiques, et aussi les actions biologiques [12]. L'objectif principal de notre travail est de caractériser, physiquement, chimiquement et biologiquement le lac d'Obili. Pour arriver à ce but, nous sommes fixés des objectifs spécifiques suivants : Évaluer les paramètres physico-chimiques des eaux du lac, quantifier les macros invertébrés benthique et les protozoaires ciliée peuplant le lac et évalué le niveau de dépendance entre les paramètres physico-chimiques et les paramètres biologiques.

2. Matériel et Méthodes

2-1. Site d'étude

2-1-1. Situation géographique

Le site de notre étude est un lac à Yaoundé, Cameroun (*Figure 1*). Il est situé dans la région écologique du Centre sud forestier du Cameroun qui s'étend entre 3°30' et 3°58' de latitude nord et entre 11°20' et 11°40' de longitude Est [13]. Dans cette région écologique, l'altitude moyenne se rapproche de 750m. Yaoundé est sous l'influence d'un climat équatorial. Il s'agit d'un climat particulier dans cette région écologique qu'il qualifie de « climat yaoundéen », caractérisé par des précipitations modérées (1633,33mm /an en moyenne) et une température moyenne de 24,55°C qui peu varié au cours du temps. On y observe globalement quatre saisons d'inégale importance et de durée variable d'une année à l'autre et répartie comme suite : une grande saison sèche (de mi-novembre à mi-mars), une petite saison des pluies (de mi-mars à fin juin), une petite saison sèche (de juillet à mi-août), une grande saison des pluies (de mi-août à mi-novembre), cependant, cette séquence climatique est aujourd'hui fortement perturbée.

2-1-2-Historique

Le lac d'Obili a été créé en 1948 par le Ministère des eaux et forêt. Il s'agit en réalité d'un vaste étang de retenue sur le cours d'eau de l'Olézoa. De forme ovoïde (*photo 1*), il présente les coordonnées géologiques suivant : 3°51' de latitude Nord, 11°29' de longitude Est et 720m d'élévation. Il mesure environ 60m de large et 100 m avec une hauteur de 1.80m en amont et 2.5m en aval, pour un volume de 15000m³ selon les

données initiales. Le cahier de charge et les activités menées ont variés ; elles concernent entre autre :- l'approvisionnement en alevin pour les pisciculteurs,-la vulgarisation des méthodes d'élevages et comme un laboratoire d'études des écosystèmes aquatique en zone équatorial.

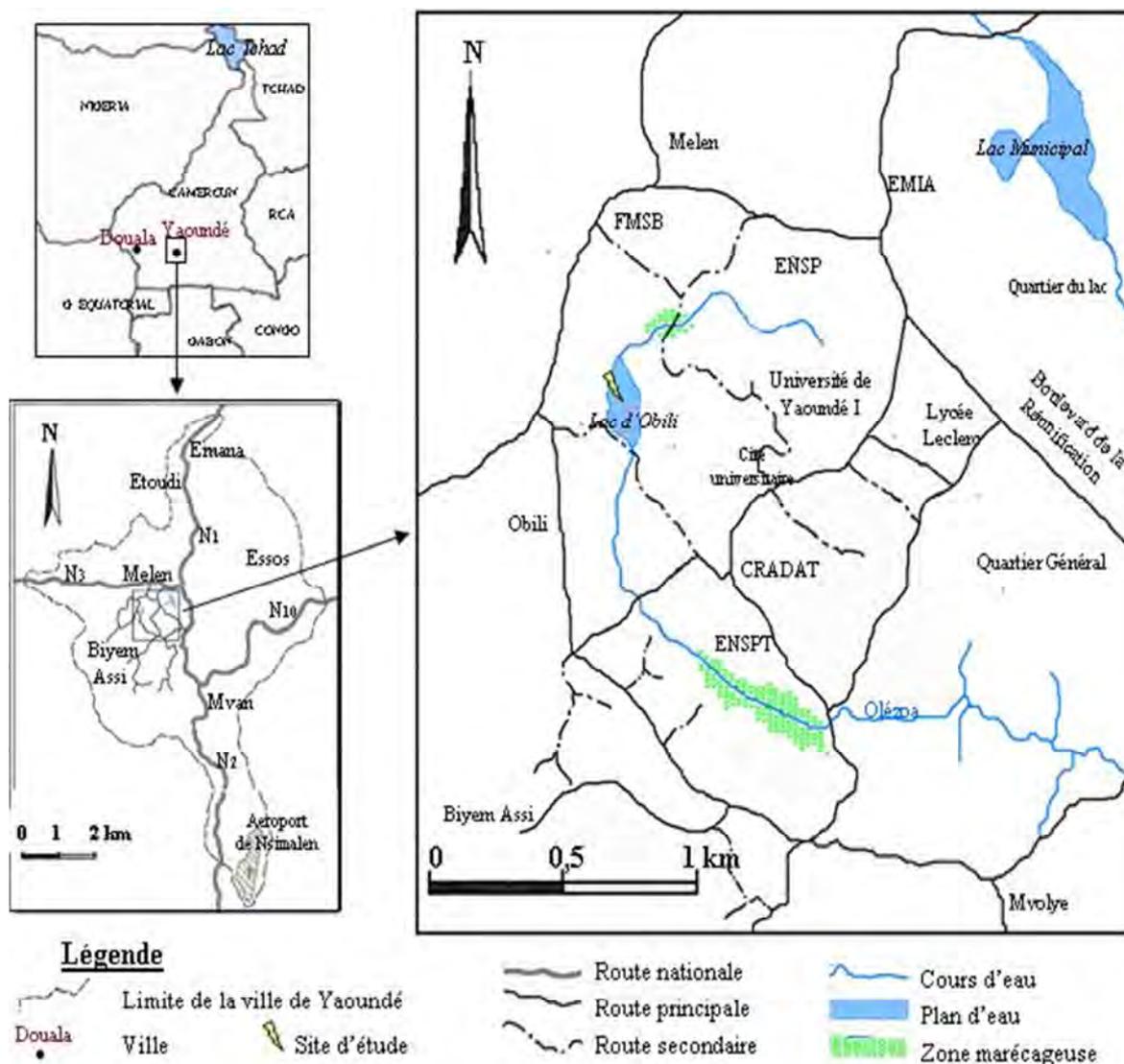


Figure 1 : Présentation de plan d'eau eutrophe d'étude dans la ville de Yaoundé

(Source : Plan guide de Yaoundé, INC, 2000)

2-2. Méthodes d'échantillonnages

2-2-1. Sur le terrain

Les prélèvements ont été effectués en surface et en profondeur sur un point centrale du lac a une périodicité mensuelle et pendant six mois (Décembre 2011-Mai2012). L'eau a été prélevée en surface à l'aide des Bouteilles d'échantillonnages de 1000cc à double bouchage en polythène, tout en évitant l'agitation de l'eau et rempli à bord au niveau de la zone littorale. Elle a été effectuée niveau de la zone littorale du lac. En profondeur, l'eau a été prélevée à l'aide de la bouteille de Vandorn à 0.5m de la surface

de l'eau [14]. La procédure d'échantillonnages sur le terrain et le mode d'analyse de chaque paramètre au laboratoire est décrite au **Tableau 1**

Tableau 1 : Procédure analytique de quantification des variables physico-chimiques

| Paramètres mesurés | unités | Méthodes utilisées |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| La température | °C | Elle a été mesurée in situ au moyen d'un thermomètre à colonne de mercure graduée au 1 /10 de degré Celsius. Pour le faire, les 2 /3 du thermomètre ont été plongés dans l'eau pendant 2-3 min et la lecture s'est faite directement, la valeur correspondant à la graduation lue sur le thermomètre. |
| Les matières en suspensions | mg /L | Elle a été mesurée au laboratoire par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR/2000 et DR 2000. |
| La couleur | Pt-co | Elle a été mesurée au laboratoire par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR/2000 et DR 2000 à la longueur d'onde 455nm. |
| La turbidité | mg /L | Mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre de marque HACH DR/2000 à la longueur d'onde 450nm. |
| Le pH | UC | Le pH a été mesuré sur le terrain grâce à un pH-MÈTRE portatif de marque SCHOTT/GERATA CG818 et de précision 0.1UC. |
| L'alcalinité totale | mg/L de HCO ₃ | Il est mesuré par volumétrie en titrant 50 ml d'échantillon d'eau avec le H ₂ SO ₄ N/50, en présence du rouge vert méthyle Bromocrésol. La réaction s'achève lorsque la coloration vire du bleu au gris. Les exprimés en mg/L de HCO ₃ sont obtenus par la formule ci-dessous : Alcalinité = (descente burette) x20 |
| Le CO ₂ dissous | mg /L | Sur le terrain le CO ₂ est fixé en introduisant dans une fiole jaugée de 200ml du NaOH N/2 et 2 à 3 gouttes de phénophtaléine, de l'échantillon d'eau brute jusqu'au trait de jauge. Le mélange de couleur rose est conservé dans un flacon en polyéthylène à double bouchage de 250ml. Au laboratoire, 50 ml de cet échantillon est titré avec du HCl N/10 jusqu'à la décoloration complète. La teneur de l'eau en CO ₂ exprimé en mg/L a ensuite été déterminée par la formule ci-après : CO ₂ = (descente burette témoin – descente burette échantillon) x 17.6 |
| La DBO ₅ | mg/L | Au laboratoire, les valeurs de la DBO ₅ ont été mesurées par incubation dans un analyseur à DBO de marque LIEBHERR. Trois à quatre cristaux de KOH également introduits dans le bouchon creux de la bouteille absorbent le CO ₂ dégagé. La montée du mercure dans le tube correspond à la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pendant cinq jours. Les résultats sont exprimés en mg/L d'oxygène. |
| Les formes d'azote | mg/L | Il ont été mesurés par lecture directe sur un spectrophotomètre de marque HACH DR/2000 et DR 2000. |
| les phosphates | mg/L | Ils ont été mesurés par lecture directe sur un spectrophotomètre de marque HACH DR/2000 et DR 2000. |

Les échantillons des macro invertébrés: Les macro invertébrés ont été récoltés dans l'herbier recouvrant les berges du lac, suivant l'approche multi habitat, à l'aide d'un filet fochoir de forme carré de 30 cm de côté, pourvu d'un filet conique de 50 cm de profondeur avec des mailles de 400 µm d'ouverture [15]. En effet, des mouvements de va et vient sur la surface des herbiers, ont permis de déloger les micro-organismes inféodés dans la végétation [16]. Les organismes retenus par le troubleau ont été collectés à l'aide d'une paire de pince et après les observations préliminaires, ils ont été introduits dans un pilulier contenant une solution de formol à 10%. La méthode sur substrat artificiel a été utilisée pour le récolte des ciliés [17]. Ce substrat artificiel immergé pendant cinq jours dans l'eau, temps nécessaire pour obtenir un état d'équilibre entre les populations colonisatrices, permettent de récolter les ciliés présents dans le milieu pendant un certain temps [18]. Les blocs sont inertes, non sélectifs et permettent le développement de plusieurs organismes, ceci à cause des espaces interstitiels et compartiments qu'ils renferment [19]. Avec un volume de (5.5x6.5x7.5) cm³, les ciliés récoltés sont facilement transportables pour des analyses ultérieures en laboratoire.

2-2-2. Les analyses statistiques

2-2-2-1. Coefficient de corrélation "r" de Spearman

Il a permis d'établir les corrélations entre les variables et d'évaluer leur niveau de dépendance. Deux variables sont plus ou moins fortement liées selon que cette corrélation est plus ou moins proche de 1. Appelé rho et noté ρ ou r, ce coefficient est calculé par la formule

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad \rho \in [-1; 1] \quad (1)$$

n = nombre total d'observations

d_i = différence entre les rangs des de mesures

2-2-2-2. Test de Mann Whitney

$R_1 = \sum$ des rangs des valeurs de l'échantillon 1 $R_2 = \sum$ des rangs des valeurs de l'échantillon 2

$U_1 =$ Statistique de l'échantillonnage 1 $U_2 =$ Statistique de l'échantillonnage 2

$U_1 = n_1 \times n_2 + (n_2(n_2 + 1)) - R_2$ $U_2 = n_1 \times n_2 + (n_1(n_1 + 1)) - R_1$

Test non paramétrique qui s'appuie sur le rang qu'occupe chaque valeur dans la distribution statistique. Elle nous a permis de comparer la distribution des échantillonnages de surfaces et profondeur sur la période d'échantillonnage. Les indices de pollution de Pantle et Buck, Shannon et Weaver et Menhinick [20] ont été calculés.

3. Résultats et Discussion

Les analyses physico-chimiques sont présentées sur le **Tableau 2**. La variation du pH durant la période d'étude nous montre deux courbes superposables, avec un minimum au mois de mars 6.4 UC (surface), 6.53 UC (profonde) et l'extremum au mois de Janvier. Durant la période d'étude, nous observons une chute des valeurs jusqu'à Mars et une augmentation de ces valeurs jusqu'en Mai. Mais dans l'ensemble, les eaux du lac un pH globalement neutre. L'O₂ évolue de Décembre en Mai où il atteint sa valeur maximale : 7.82 pour

la profondeur et 8.58 pour la surface. Sur toute la période d'étude du lac, les d'O₂ n'ont pas cessés de s'élevée. Ces variations suivent globalement le meme profil. Les courbes montrant la variation du CO₂ entre la surface et profondeur sont dans l'ensemble superposables, présentant les mêmes extremums et minimum. Les courbes montrant la variation du CO₂ entre la surface et la profondeur sont superposables, présentant les mêmes extremums et les mêmes minimums.

Tableau 2 : Matrice des résultats de caractérisation spatiale des variables ecodynamique

| Mois | Déc | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Déc | Jan | Fev | Ma | Avr | Mai |
|--------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Point d'échantillonnages | Surface | | | | | | Profondeur | | | | | |
| pH | 07,20 | 07,26 | 06,74 | 06,40 | 06,60 | 07,02 | 07,00 | 07,02 | 06,72 | 06,53 | 06,71 | 06,58 |
| O ₂ (mg/L) | 05,2 | 6,39 | 6,02 | 6,08 | 7,01 | 8,58 | 2,40 | 5,47 | 5,01 | 6,02 | 6,89 | 7,82 |
| CO ₂ (mg/L) | 5,84 | 5,83 | 6,03 | 2,00 | 2,50 | 2,32 | 2,32 | 3,01 | 7,02 | 0,20 | 3,30 | 7,02 |
| DBO ₅ | 60 | 40 | 70 | 80 | 110 | 70 | 160 | 120 | 170 | 90 | 80 | 30 |
| Nammoniac (mg/L) | 1,22 | 0,82 | 3,22 | 0,60 | 2,60 | 2,80 | 1,58 | 0,70 | 4,07 | 2,40 | 7,01 | 3,28 |
| Nitrates (mg/L) | 0 | 6 | 7 | 0,40 | 1,16 | 2,00 | 2,00 | 2,30 | 5,00 | 0,01 | 1,04 | 2,90 |
| Nitrites (mg/L) | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | ,04 | 0,06 | 0,25 | 0,31 | 0,40 |
| Phosphates (mg/L) | 0,70 | 0,96 | 0,40 | 0,57 | 0,55 | 0,54 | 0,57 | 0,76 | 0,55 | 2,01 | 1,82 | 1,16 |
| Alcalinité (mg/L) | 8 | 6 | 4 | 4,3 | 2 | 8 | 0 | 92 | 2 | 3,70 | 1 | 8 |
| Dureté calcique (mg/L) | 2 | 3 | 4 | 0,02 | 6 | 5 | 8 | 0 | 4 | 0,02 | 4 | 5 |
| Couleur (Pt.Co) | 28 | 36 | 98 | 29 | 19 | 37 | 11 | 94 | 126 | 49 | 23 | 37 |
| MES (mg/L) | 3 | 0 | 4 | 8 | 6 | 1 | 2 | 1 | 96 | 00 | 7,3 | 1 |
| Turbidité (FTU) | 2 | 0 | 6 | 0 | 6 | 2 | 6 | 5 | 6 | 40 | 50 | 00 |
| Conductivité (uS/cm) | 33 | 27,3 | 31 | 228 | 11 | 32 | 55 | 24 | 29 | 15 | 98 | 52 |
| T °C | 8 | 2 | 9 | 6 | 7 | 6 | 3 | 8 | 7 | 5 | 4,50 | 4,50 |
| Disque de Secchi | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,70 | | | | | | |

L'Azote ammoniacal montre une courbe croissante durant la période de travail, atteignant ses valeurs les plus élevées en Mai. Nous pouvons aussi observer que les variations de l'Azote ammoniacal de la surface et de la profondeur sont presque superposables. Les nitrites varient très peu en surface du. Pendant qu'en profondeur elle est relativement stable, en surface elles croissent brutalement a partir mois de mois Février pour atteindre leur extremum en Mai. Les courbes de variation de l'alcalinité se présentent en

forme de zigzag. Les atteignent leur extrême en Janvier, et après une très brève stable stabilité entre les mois de Janvier et Février et par la suite, elles décroissent pour atteindre leur valeurs les plus basses. La turbidité montre que l'eau du lac d'Obili est très trouble, mais encore en plus en profondeur. Ceci s'observe par la courbe décalée de la surface et celle profondeur. La couleur varie de manière différente entre surface et profondeur et d'un point à l'autre. La couleur varie très peu en profondeur, donnant ainsi l'aspect d'une courbe linéaire. Tandis qu'en surface, elle augmente en Janvier jusqu'en février ou elle atteint la valeur la plus élevée, puis décrois jusqu'en Avril ou elle atteint son minimum. Quant à la température, tout au long de notre étude montre une stabilité relative, à l'exception de du mois de Janvier ou nous observons une légère augmentation et pas très importante. La DBO5 nous donne des courbes opposées pour la surface et la profondeur. La variation de la DBO5 pour les échantillons de surfaces diminue tout au long des mois, atteignant son point le plus bas au mois de Mai. Tandis la courbe décrivant la variation des échantillons de profondeurs augmentent jusqu'en Fév., où il atteint son point le plus haut (170), avant de chuter. Les nitrates sont presque superposables ; mais nous observons que la courbe de la surface est plus élevée que la courbe de la profondeur. Les phosphates montrent sur la période d'étude que son taux en profondeur est plus élevé qu'en surface, ou elle atteint son maximum à une valeur de 2.01 et un minimum de 0.55. La courbe de la surface se présente de manière globalement linéaire.

La dureté calcique présente des courbes presque superposables pour les échantillons de surface et profondeurs. Les courbes décroissent de Décembre jusqu'en Mai ou elles atteignent leur minimum et remontent jusqu'à la fin de l'étude en Mai. Les courbes de MES sont aussi très disproportionnées. La courbe présentant les variations des taux de MES en profondeur est supérieur aux variations en surface. Par le disque de Secchi, nous avons pu mesurer la hauteur de la couche euphotique. Elle nous permet de constater qu'en augmentation du niveau de l'eau durant la période d'étude d'environ 0.2cm. Durant la période d'étude, 32 espèces de ciliées, ont été récoltées (**Tableau 3**).

Tableau 3 : récapitulatif des protozoaires ciliés entre la saison sèche et la saison pluvieuse

| | pluvieuse | | sèche | | Total | |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|--------|
| Row Labels | Sum of Field1 | Sum of Field2 | Sum of Field1 | Sum of Field2 | | |
| <i>Amphileptus</i> | 9 | 2,14% | 14 | 2,23% | 23 | 2,19% |
| <i>Caenomorphia</i> | 24 | 5,71% | 39 | 6,21% | 63 | 6,01% |
| <i>Clostyla</i> | 0 | 0,00% | 3 | 0,48% | 03 | 0,29% |
| <i>Coleps</i> | 0 | 0,00% | 20 | 3,18% | 20 | 1,91% |
| <i>Colpidium</i> | 23 | 5,48% | 16 | 2,55% | 39 | 3,72% |
| <i>Colpoda</i> | 28 | 6,67% | 17 | 2,71% | 45 | 4,29% |
| <i>Dileptus</i> | 4 | 0,95% | 15 | 2,39% | 19 | 1,81% |
| <i>Euplotes</i> | 5 | 1,19% | 3 | 0,48% | 08 | 0,76% |
| <i>Frontania</i> | 16 | 3,81% | 17 | 2,71% | 33 | 3,15% |
| <i>Glaucoma</i> | 0 | 0,00% | 7 | 1,11% | 07 | 0,67% |
| <i>Histiculus</i> | 25 | 5,95% | 27 | 4,30% | 52 | 4,96% |
| <i>Hypotrichidium</i> | 6 | 1,43% | 6 | 0,96% | 12 | 1,15% |
| <i>Lacrymaria</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,16% | 01 | 0,10% |
| <i>Lembadion</i> | 1 | 0,24% | 7 | 1,11% | 08 | 0,76% |
| <i>Loxodes</i> | 22 | 5,24% | 4 | 0,64% | 26 | 2,48% |
| <i>Metopus</i> | 93 | 22,14% | 81 | 12,90% | 174 | 16,60% |
| <i>Neobursaridium</i> | 0 | 0,00% | 79 | 12,58% | 79 | 7,54% |
| <i>Orcyncha</i> | 0 | 0,00% | 4 | 0,64% | 04 | 0,38% |

Certaines ont pu être observées tout au long de l'échantillonnage : à l'instar de : *Metopus ovatus*, *Uronema acutum*, *Urocentrum turbo*, *Pleurotrichia lanceolata*, *Caenomurpha medusa*, *Colpoda cuculus*, *Colpidium campylum*. Nous avons aussi pu distinguer une forte abondance pendant les échantillonnages mensuels : pour la surface, les espèces *Strombidiumé ganucléatum*, *Paramécium africanum*, *Uronema acutum*, *Metopus ovatus*, *Urocentrum turbo*, respectivement pour les mois de décembre, janvier, février mars, avril, mai. Pour la profondeur, nous avons les espèces suivantes : *Uronema actum* dominant la saison sèche et *Metopus ovatus* la saison pluvieuse. De même, chez les macro invertébrés 22 espèces ont été récoltées (**Tableau 4**) les suivantes ont dominées l'échantillonnage *Coenagrion proparta*, *Chironomes sp*, *Ilyocoris cimicordis*. Certaines espèces ne se rencontrent qu'en saison sèche à l'exemple de *Bulinus folskali*, *Tubifex sp* et d'autres uniquement en saison pluvieuse à l'exemple de *Physa acuta*. Nous avons donc pu identifier au total 26 familles, et quelques-unes sont présenté dans le **Tableau 4** qui suit :

Tableau 4 : distribution des macro-invertébrés benthique dans l'écosystème aquatique analysée

| | pluvieuse | | sèche | | Total Sum of Field2 | |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------|
| Row Labels | Sum of Field1 | Sum of Field2 | Sum of Field1 | Sum of Field2 | | |
| macroinvertébrés | 108 | 100,00% | 229 | 100,00% | 337 | 100,00% |
| <i>Micronecta sp</i> | 4 | 3,70% | 0 | 0,00% | 4 | 1,19% |
| <i>Ameletus inopinatus</i> | 0 | 0,00% | 4 | 1,75% | 4 | 1,19% |
| <i>Brachythernis leucosticto</i> | 0 | 0,00% | 4 | 1,75% | 4 | 1,19% |
| <i>Bulinus folskaly</i> | 0 | 0,00% | 12 | 5,24% | 12 | 3,56% |
| <i>Chironomes sp</i> | 30 | 27,78% | 49 | 21,40% | 79 | 23,44% |
| <i>Coenagrion</i> | 2 | 1,85% | 58 | 25,33% | 60 | 17,80% |
| <i>Cordula</i> | 0 | 0,00% | 4 | 1,75% | 4 | 1,19% |
| <i>Gerris sp</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,44% | 1 | 0,30% |
| <i>Helobdella</i> | 0 | 0,00% | 2 | 0,87% | 2 | 0,59% |
| <i>Ilyocoris</i> | 62 | 57,41% | 6 | 2,62% | 68 | 20,18% |
| <i>Laccophylus sp</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,44% | 1 | 0,30% |
| <i>Libbelula sp</i> | 0 | 0,00% | 4 | 1,75% | 4 | 1,19% |
| <i>Lumbricus</i> | 0 | 0,00% | 9 | 3,93% | 9 | 2,67% |
| <i>Mesovelia sp</i> | 0 | 0,00% | 1 | 0,44% | 1 | 0,30% |
| <i>Micronecta sp</i> | 0 | 0,00% | 2 | 0,87% | 2 | 0,59% |
| <i>Nais sp</i> | 0 | 0,00% | 2 | 0,87% | 2 | 0,59% |
| <i>Naucoris</i> | 2 | 1,85% | 2 | 0,87% | 25 | 7,42% |
| <i>Nepas sp</i> | 0 | 0,00% | 3 | 1,31% | 3 | 0,89% |
| <i>Notonecta sp</i> | 1 | 0,93% | 14 | 6,11% | 15 | 4,45% |
| <i>Physa acuta</i> | 7 | 6,48% | 18 | 7,86% | 25 | 7,42% |
| <i>Throulus sp</i> | 0 | 0,00% | 3 | 1,31% | 3 | 0,89% |
| <i>Tubifex sp</i> | 0 | 0,00% | 9 | 3,93% | 9 | 2,67% |
| Grand Total | 108 | 100,00% | 229 | 100,0 | 337 | 100,00% |

Nous avons pu récolter les macrophytes suivants (**Photo 1**): *Eichhornia crassipes* qui appartient à la famille des *Pondériacées*.



Photo1 : Disposition de *Eichhornia crassipes* (Jacinthe d'eau) dans le plan d'eau analysé

D'origine d'Amérique du sud, sa période favorable de floraison est en été ; elle se nomme encore : la jacinthe d'eau. C'est une plante aquatique donc les tiges forment un tapis flottant dense à la surface des rivières. Ses feuilles sont épaisses et cireuses, larges et lustrées se tenant bien au-dessus de l'eau. C'est une plante invasive. Sa croissance rapide modifie les écosystèmes qu'elle colonise, entraînant de nombreux problèmes aquatiques, due à la diminution de la lumière ; *Pistia stratiotes* encore appelé la laitue d'eau ; est une espèce de plante de la famille des *Araceae*. Retrouvé en Amérique, Asie, Afrique. C'est la seule espèce du genre *Pistia*. C'est une plante aquatique vivace vivant sur la surface de l'eau. Ses feuilles obovales sont disposées en rosettes d'où son nom. Elle affectionne les canaux, rivières à cours lent, les rizières, les étangs et *Nymphaea lotus* qui est une plante retrouvée dans les milieux eutrophies. Elle possède de larges feuilles ; Il existe plusieurs variétés et de couleurs différentes (verte, rouge) mais toutes aquatiques. Elle se développe dans des milieux aquatiques en cours d'eutrophisation et envahissent rapidement ces derniers.

Tableau 5 : Qualité numérique des espèces identifiées dans le milieu aquatique

| Row Labels | pluvieuse | | sèche | | Total Sum of Field1 | Total Sum of Field2 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|
| | Sum Of Field1 | Sum of Field2 | Sum of Field1 | Sum of Field2 | | |
| Ciliés | 420 | 79,55% | 628 | 73,28% | 1048 | 75,67% |
| macro invertébrés | 108 | 20,45% | 229 | 26,72% | 337 | 24,33% |
| Grand Total | 528 | 100,00% | 857 | 100,00% | 1385 | 100,00% |

Le **Tableau 5** présente les valeurs de quelques liaisons entre les paramètres physico-chimiques et biologiques dans le milieu aquatique. Nous pouvons constater que, pour les ciliés *Glaucoma scintillas* est lié à la couleur ($r=0,778$) et à l'alcalinité avec lequel il est lié significativement avec une probabilité de $p=0,05$. Le CO_2 est significativement corrélé à *Paramecium* (0,892), de même que *Coleps hurtus* avec la température. La corrélation la plus significative est observée entre l'*Namoniacal* et *Loxodes rex* avec qui il présente une corrélation de (0,941) et une probabilité à $p=0,01$. Les paramètres physico-chimiques corrélés avec les le groupe des macro-invertébrés sont la DBO₅ avec *Nepas* à une valeur de (0,778) l'alcalinité

corrélé avec *bulinus folskali*, *Lumbricus terrestris*, *Notonecta* aux valeurs de 0,828 , 0,845 et 0,820 tous corrélés significativement à la probabilité de $p=0,05$. Les valeurs de rank de Mann Whitney révèlent aucune différence significatif entre la surface et la profondeur. Les indices des bios indicateurs de pollution montrent une forte pollution de ce milieu lentique (**Tableau 6**).

Tableau 6 : Corrélation entre paramètres physico-chimiques et ciliés

| Paramètres physico-chimiques | Espèces | Valeurs de corrélations | |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| CO ₂ | <i>Paramecium sp</i> | r=0,892 | p=0,05 |
| Namoniacal | <i>Loxodes rex</i> | r=0,941 | p=0,01 |
| Couleur | <i>Glaucoma scintillas</i> | r=0,778 | |
| Alcalinité | <i>Glaucoma scintillas</i> | r=0,845 | p=0,05 |
| Température | <i>Coleps hurtus</i> | r=0,857 | p=0,05 |

La concentration en phosphate et Nitrate qui est l'indicateur d'eutrophisation est relativement élevée. Cette concentration pourrait être la conséquence d'un relargage à partir des sédiments du fond [21]. Elle serait aussi liée à une pollution nutritionnelle résultant de l'apport de nutriments par les eaux de ruissellement associées aux précipitations et aussi les eaux usées domestique montre une forte pollution et les teneurs observées des variables physico-chimique traduiraient l'état hypereutrophe de hydrosystème caractérisée (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Corrélation entre paramètres physico-chimiques et macro-invertébrés

| | | | |
|------------------|-----------------------------|---------|--------|
| Paramètres | Espèces | r=0,828 | p=0,05 |
| DBO ₅ | <i>Nepas sp</i> | r=0,845 | p=0,05 |
| Alcalinité | <i>Bulinus folskali</i> | r=0,828 | p=0,05 |
| | <i>Lumbricus terrestris</i> | r=0,845 | p=0,05 |
| | <i>Notonecta sp</i> | r=0,820 | p=0,05 |
| | <i>Cordula aence</i> | r=0,845 | p=0,05 |
| Couleur | <i>Brachythermis</i> | r=0,828 | p=0,05 |
| | <i>Tubifex sp</i> | r=0,845 | p=0,05 |

Les macrophytes indicateurs de la dystrophication des milieu lacustres identifiées sont les *Nymphaea lotus* (fleur d'eau), *Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau), *Pistia stratiotes* (Laitue d'eau) comme présenté à la **Photo 2**.

Le taux d'O₂ dans l'eau est un élément très important dans la caractérisation des eaux de surface. Elle offre à l'eau une capacité auto épuratrice [22]. L'oxygénation de l'eau s'améliore avec le temps, du certainement à la pluviosité, qui pourrait s'expliquer par l'influence de la température et de l'activité photosynthétique sur la répartition de l'oxygène dissous dans les eaux superficielles d'un lac [23]. Ce qui aurait entraîné la consommation rapide de l'oxygène encore contenu dans ses couches d'eau profonde. La conductivité électrique des eaux est assez stable, autour de 200 ; ce qui suppose que la minéralisation est moyenne dans le lac, en surface comme en profondeur. Ce qui peut aussi expliquer aussi en partie la présence des

végétaux aquatiques dans le milieu [24]. La DBO₅, pH, Matière en Suspension nous donne aussi une bonne appréciation de la qualité de l'eau. La variation temporelle de la DBO₅ observée en surface témoigne d'une consommation de l'oxygène par voie biologique donc de la présence de quantité non négligeable de matières organiques biodégradables. Cette présence s'expliquerait par l'action de pollution organique liée à l'apport de nouvelles matières organiques par le cours d'eau de l'Olézoa qui est sujet de fortes pressions anthropiques. Par contre en profondeur, les valeurs enregistrées seraient liées à l'action inhibitrice de l'appauvrissement en oxygène des couches d'eaux profondes sur l'activité [25]. Les particules en suspensions, la couleur et la turbidité vont ensemble dans les cas de dystrophie selon [26]



Photo 2 : Floraison de *Pistia stratiotes* (laitue d'eau) dans le lac hyper-eutrophisé

Cette adaptation tient compte des caractéristiques physiques et chimiques du milieu, des relations inter et intra spécifiques entre les espèces vivantes de ce milieu de vie et même des activités anthropiques [27]. Ces espèces adaptées (**Tableau 8**) trouvent dans cet environnement les conditions nécessaires pour leur épanouissement et prolifèrent dans le milieu [28]. Des ciliées, les espèces indicatrices de mauvaise qualité de l'eau ont été identifiées ; il s'agit de : *Neobusaridium gigas*, *Caenomorpha medusa*, *Frontonia leucas*, *Vorticella campanula*, *Glaucoma scitillas*.

Tableau 8 : corrélation entre les ciliés dans le milieu lacustre

| Espece | Espece correlees | Correlation |
|-------------------|---------------------|-------------|
| <i>Trachelius</i> | <i>Coleps</i> | 0.775 |
| | <i>Glaucoma</i> | 0.775 |
| | <i>Lembadiom</i> | 0.775 |
| <i>Urocentrum</i> | <i>Colpoda</i> | 0.882 |
| | <i>Pleurotricha</i> | 0.821 |
| <i>Uronema</i> | <i>Sprostomum</i> | 0.893 |
| <i>Vorticella</i> | <i>Colpidium</i> | 0.820 |
| | <i>Oxytricha</i> | 0.832 |
| <i>Frontonia</i> | <i>Ampileptus</i> | 0.971 |
| | <i>Hypotrichum</i> | 0.986 |
| | <i>Strombidium</i> | 0.971 |

| | | |
|----------------------|--------------------|-------|
| <i>Hypotriche</i> | <i>Amphileptus</i> | 0.985 |
| | <i>Frontonia</i> | 0.986 |
| | <i>Strombidium</i> | 0.985 |
| <i>Metopus</i> | <i>Caenomorpha</i> | 0.897 |
| <i>Neobusaridium</i> | <i>Coleps</i> | 0.920 |
| <i>Caenomorpha</i> | <i>Iembadion</i> | 0.857 |
| | <i>metopus</i> | 0.897 |

D'après le tableau récapitulatif des comparaisons des ciliés et des macro-invertébrés entre la saison sèche et saison pluvieuse, nous ne constatons que les abondances des ciliés. Élevés par rapport à ceux des macro-invertébrés. Ceci peut être dû à la relation trophique qui existe entre ces deux groupes, les ciliés qui constitueraient la nourriture préférentielle des macro-invertébrés [29]. Pour chaque groupe, entre les deux saisons nous constatons que pendant la saison sèche, les abondances sont plus élevées en saison sèche qu'en saison pluvieuse (**Tableau 9**).

Tableau 9 : *corrélation entres les Macro-invertebres benthique dans le milieu lacustre*

| Especes | Especes correlees | Correlation |
|----------------------|---------------------|-------------|
| <i>Ameletus</i> | <i>Cordula</i> | 1.00 |
| | <i>Gerris</i> | 0.775 |
| | <i>Helobdella</i> | 1.00 |
| | <i>libellula</i> | 1.00 |
| | <i>Nais</i> | 1.00 |
| | <i>Throulus</i> | 1.00 |
| <i>Brachythermis</i> | <i>Iaccophyllus</i> | 1.00 |
| | <i>Messovelio</i> | 1.00 |
| | <i>Nepas</i> | 0.775 |
| <i>Bulinus</i> | <i>Cordula</i> | 0.980 |
| | <i>Notonecta</i> | 0.880 |
| <i>Cordula</i> | <i>Bulinus</i> | 0.980 |
| | <i>lumbricus</i> | 1.000 |
| | <i>Turbifex</i> | 0.920 |
| <i>Illyocoris</i> | <i>Micronecta</i> | 0.857 |
| | <i>Physa</i> | 0.809 |

Cette chute s'expliquerait par la variation de saison, qui influence la répartition des espèces dans le plan d'eau [30], lui-même étant déjà affecté par la variation des paramètres physiques et chimiques du milieu. Les macrophytes (**Photo 3**) sont présents en grand nombre sur ce plan d'eau. Leur présence n'est qu'une conséquence logique des conditions favorables du lac à leur développement, favorisés par les paramètres

physiques et chimiques qui prévalent dans cet écosystème [31]. Les végétaux aquatiques sont des indicateurs de la qualité de l'eau [32].



Photo 3 : Qualité écologique de *Nymphaea lotus* (fleur d'eau) dans le milieu lacustre

Durant toute la période d'étude, nous avons obtenus 1048 ciliés pour 420SP et 628 SS et 337 macro invertébrés repartis en 108 macro SP et 229 SS .L' ensemble nous a donné un total de 1385 espèces, avec une proportion d'environ 75% de ciliés et environ 25% de macro invertébrés. Les macros invertébrées majoritairement sont les genres *Ilyocoris* avec une proportion de 57,41% SP et le genre *Coenogrion* représentant 25,93% des espèces. Les corrélations rhô de spearman entre les paramètres physico-chimiques et les ciliés nous permettent de constater des corrélations significatives entre *Metopus ovatus* et l'oxygène ($r = 0,696$; $p = 0,05$), *Pleurotrichia lanceolata* corrélé positivement à l'N amoniac ($r = 0,3488$; $p = 0,05$) et Paramécium sp corrélé avec l'azote ammoniacal ($r = 0,882$ $P = 0,05$) et le CO_2 ($r = 0,892$ $P = 0,05$) (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Valeur de rank de wilcoxon W et Mann-Whitney U entre la surface et la profondeur dans le milieu aquatique ($p = 0,05$)

| | pH | O2 | CO2 | phosphates | Température |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Mann-Whitney U | 15000 | 13000 | 165000 | 10000 | 13000 |
| Wilcoxon | 36000 | 34000 | 37000 | 31000 | 34000 |
| P : \sum des valeurs en surface | 6,00 | 7,33 | 6,25 | 5,17 | 7,33 |
| P : \sum des valeurs en profondeur | 7,00 | 5,67 | 5,67 | 7,83 | 5,67 |
| Exact sig. [2*(1-tailed Sig.)] b : valeurs non corrigées | ,699 ^b | ,485 ^b | ,818 ^b | ,240 ^b | ,485 ^b |

Ces données nous font observer de la place prépondérante des paramètres physiques et chimique du milieu sur la dynamique des ciliés et des macro-invertébrés dans ce lac anthropisé en zone équatoriale. Dans l'ensemble, pour les 06 mois d'échantillonnage et pour chaque variable eco-dynamique considérée, le test de Mann whitney nous a révélé qu'aucune différence significative n'a été observée pour les points d'échantillonnages, mais plutôt un peuplement plus accentué pendant la période sèche due probablement à une mobilisation des ressources bio assimilable. La présence des eaux résiduaires domestiques est responsable de la forte pollution de cet écosystème (**Tableau 11**)

Tableau 11 : Valeurs des indices de pollution dans le milieu aquatique

| Shannon et Weaver | Pantle et Buck | Menhinick | Degre de saprobite | Degre de pollution |
|-------------------|----------------|-----------|--------------------|--------------------|
| 2.20 | 3.80 | 0.70 | Hypereutrophe | Forte pollution |

4. Conclusion

Les eaux du lac d'Obili présentent des concentrations en substances ionique et nutritionnelle. Cette dose serait due à la forte minéralisation dans le plan d'eaux, l'écosystème étant confiné et permettant la sédimentation des particules en état de putréfaction. Les eaux de surface et celles de la profondeur ne diffèrent pas significativement en terme d'hydrométrie et même de composition en éléments ; mais sur le plan biologique cette différence est bien visible non seulement entre les deux plans d'eaux, mais aussi entre les saisons pluvieuses élevé en saison sèche par la quantité importante de protophyte. L'un des éléments, favorables de notre interprétation est la récolte des macrophytes qui sont des véritables bios indicateurs d'eutrophisation. Ils nous permettent par leur présence de dire sans ambiguïté que le lac d'Obili est un écosystème hyper- eutrophie. Ainsi il se pose comme un problème de santé publique, compte tenu des multiples dangers dont il fait l'objet ; car il est utilisé pour la pêche, l'aquaculture, agriculture et l'usage quotidien par les riverains.

Nous recommandons aux pouvoirs publics de mener des réflexions conjointement avec les populations environnantes, afin que des initiatives préventives soient prises dans le sens de la protection de ce lac contre les populations et des animaux qui l'utilisent à mauvais escient, mais aussi dans la sensibilisation des populations afin d'avoir des comportements citoyens envers l'environnement. Aux différents gestionnaires et réseaux de surveillance de l'eau, le développement de moyen de lutte contre l'eutrophisation adaptés et applicables dans le contexte d'ingénierie hydro technologique tel -que la curage, faucardage, dragage, débroussaillage et traitements des eaux entrants. Cela permettra une gestion rationnelle, une meilleure protection et une meilleure restauration des milieux aquatiques soumis à une forte pollution organique et inorganique.

Références

- [1] - R. Barbault, "Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère .5^e Ed. Dunod, Paris, (2000) p325
- [2] - L. Touchart Qu'est-ce qu'un lac ? " *Bulletin de l'Association de Géographes Français* ", 77 (4) (2000) 313-322
- [3] - A. Hade . Nos lacs : les métallique pour mieux les protéger .*Ed Fides. Bibliothèque nationale du Quebec, Canada* (2007)
- [4] - S. Morin . Bio -indication des effets des polluants métalliques sur la communauté des diatomées benthiques, approches in situ et expérimentales. *Thèse de doctorat, Université de Bordeaux*.(2006) P 320.
- [5] - L.M.Kuehne, B.L. Padgham., J.D.Olden .Thesoundscapesof lakes across an Urbanization gradient; *PLoS One*.8(2):e55661.doi: 10.1371/journal.pone.0055661. (2013)

- [6] - A. Hade. Nos lacs : les métalliques pour mieux les protéger .Ed Fides. Bibliothèque nationale du Québec, Canada. 2007
- [7] - G. A Ajeegah., T. Njiné, M. Nola , M.S. Foto, M. Wouafo. " *Cahier de santé*" vol.17, n° 3, Juillet –Août - Septembre (2007). pp167-172
- [8] - G Okkenhaug., GD Breedveld, T Kirkeng., M Laegreid., T Maehlum., J Mulder.. Treatment of waste sulphuric acid: does it work for antimony (SB)? "J Hazard Mater".15; 248-259:159-66. doi:10.1016/j.jhazmat. 2012.12.041. (2012)
- [9] - G Okkenhaug., GD Breedveld, T Kirkeng., M Laegreid., T Maehlum., J Mulder.. Treatment of waste sulfuric acid: does it work for antimony (SB)? "J Hazard Mater".15;248-259:159-66.doi:10.1016/j. jhazmat. 2012.12.041. (2013) .
- [10] - R.J. Newton, M.J. Bootsma, H.G. Morrison, M.L. Sogin, L. Mc Lellan ,A. Microbial Signature Approach to Identify Fecal Pollution in the Water Off an Urbanized Coast of Lakes Michigan. "Microb Ecol.Epub ahead of print. (2013)
- [11] - L. M. Kuehne., B.L. Padgham., J.D. Olden.2013.The soundscapes of lakes across an Urbanization gradient; " *PLoS One*".8(2):e55661.doi: 10.1371/journal.pone.0055661. (2013)
- [12] - S. Dévidal, C. Rivards-Sirois., M.F. Pouet., O. Thomas. 2007. Solutions curatives pour la restauration des lacs présentant des signes d'eutrophisation; " *Mémoire 9^e de Master Environnement, Université de Rouen (France)*". (2007)
- [13] - Y. M. Apouamond. Hydrologie et transports solide dans un écosystème forestier anthropique : exemple du bassin versant de la Mefou (Centre-Sud-Est). *Mémoire de DEA, Université de Yaoundé I*. p 52. (2006)
- [14] - P. Liechti, A Frutiger. et J Zobrist.2004. Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau Suisse, module de chimie: analyse physique et chimique, *niveau R et C. OFFEF, Berne*. p32.(2004)
- [15] - J. Moisan et L. Pelletier. 2008.Guide de surveillance biologique basée sur les macro invertébrés benthiques d'eau douce du Québec Cours d'eaux peu profondes à substrats grossier. *Direction de suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement et des Parcs*, ISBN : 978-550-53591-1 p86 (2008).
- [16] - S. Haouchine 2011.Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro invertébrés des cours d'eaux de Kabylie, Mémoire de Magister en sciences Biologiques, *Faculté des Sciences biologiques et agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tiziouzou*, p 109 (2011)
- [17] - R. Chakli .Mise au point d'une technique d'échantillonnage des protozoaires ciliés dans les eaux courantes avec un substrat artificiel, la mousse de polyuréthane, et son application à l'étude de la qualité des eaux. *Thèse n° 890 Protistologie, Clermond Ferrand*. p260, (1987)
- [18] - S., Haouchine.Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro invertébrés des cours d'eaux de Kabylie, Mémoire de Magister en sciences Biologiques, *Faculté des Sciences biologiques et agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tiziouzou*, p 109,(2011)
- [19] - G.Ajeegah. Colonization of ciliated protists, in assessing the pollution in urban stream in Yaoundé Cameroun. *Memoire de Maitrise, Université de Yaoundé I*. (1997)
- [20] - G.A Ajeegah; M.S Foto., T Njine., Application of biological indices in the assessment of pollution in the Mfoundi River Basin(Cameroun), " *Journal of the Cameroun Academy of sciences*",6(2), 2006:91-97., (2006)
- [21] - F.Benmessaoud 2007.Qualité physico-chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire du Bou Regreg et impact sur la biologie et la démographie de *Venerupis_descussata* (Linné, 1758) et *Cardium edule*(Linné, 1767). *Thèse de doctorat d'Etat, Faculté des sciences, Université Mohammed V-Agdal, Rabat*. p290. (2007)

- [22] - J Rodier .L'analyse de l'eau : eaux naturelles eaux résiduaire et eaux de mer .Chimie, physico-chimie, interprétation des résultats .8^e édition, Dunod, Paris,1384p, (2009).
- [23] - A.Hade.2007.Nos lacs : les métallique pour mieux les protéger .Ed Fides. Bibliothèque nationale du Quebec, Canada. (2007)
- [24] - J. Rodier .L'analyse de l'eau : eaux naturelles eaux résiduaire et eaux de mer .Chimie, physico-chimie, interprétation des résultats .8^e édition, Dunod, Paris,1384p, (2009)
- [25] - Zeng et Wu, 2013.) YX Shang W et Yang. Dégradation characteristics, patterns, and processes of lakes wetland in Napahai of northwest Yunnan Plateau, southwest China. " *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*" . 23(12): 3257-65. (2012)
- [26] - H Zeng., J Wu., 2013. Heavy metal pollution of lakes along the mid-lower reaches of the Yangtze River in China: intensity, sources and spatial patterns. " *Int J Environ Res Public Health*" .26;10(3):793-807.doi:10.3390/ijerph 10030793. (2012)
- [27] - M Bunel..Les marres et la biodiversité des milieux aquatiques et humides. Sage de lavire. p64. (2010)
- [28] - G.Okkenhaug, GD Breedveld, T Kirkeng., M Laegreid., T Maehlum., J Mulder. Treatment of waste sulfuric acid:does it work for antimony (SB)? *J Hazard Mater.*15;248-259:159-66.doi:10.1016/j.jhazmat.2012.12.041.(2013).
- [29] - L M Kuehne., BL Padgham., JD Olden.The soundscapes of lakes across an Urbanization gradient; " *PLoS One*" .8(2):e55661.doi: 10.1371/journal.pone.0055661. (2013)
- [30] - EA Tul'skaia., A Rakhmanin L., Z.I. Zholdakova.Sustantiation of both safety indice for control over the use of chemicals for water disinfection and to harmonize them with international requirements. " *Gig San*" t(6): 88-91. (2012)
- [31] - M. E Perga. Impact des perturbations anthropiques sur les réseaux tropiques lacustres : approche paléolimnologique, *Rapport de la présentation orale à la conférence des grands témoins.* (2012)
- [32] - Y.X. Shang Wet Yang. Degradation characteristics, patterns, and processes of lakes wetland in Napahai of northwest Yunnan Plateau southwest China. " *Ying Yong Sheng Tai Xue Ba*" o. 23(12): 3257-65. (2012)