# Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences

An International Peer Review E-3 Journal of Sciences Available online atwww.jcbsc.org



Section D: Environmental Sciences

**Research Article** 

# Nouvelle Méthode D'analyse Et De Suivi De L'émergence **Des Algues Dans Le Continuum D'adduction D'eau** Potable De La Station De Traitement D'eau Brute Du Lac De Barrage De Ziga Au Burkina Faso.

NEYA Bapiyan Augustin<sup>1,2</sup>, KABRE Tinkoudgou Jean André et SAWADOGO Moumouni

<sup>1</sup>Laboratoire de surveillance environnementale de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement au Burkina Faso (ONEA), <sup>2</sup>Laboratoire de formation et de Recherche en pêche et faune de l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso (Burkina Faso)

Reçu: 13 juillet 2017; Révisé: 25 juillet 2017; Accepté: 31 juillet 2017

Résumé : Les six chambres de filtration d'eau brute du lac de barrage de Ziga connaissent une diversification de genres d'algues suivies d'importantes concentrations. De janvier 2014 à décembre 2016, nous avons récolté 288 échantillons d'algues dans six chambres du continuum d'adduction d'eau brute de Ziga. Les échantillons sont récoltés deux fois par mois et par chambre du continuum. L'analyse qualitative a révélé 19 différents genres d'algues appartenant à quatre embranchements. Ces genres se répartissent en plusieurs grands groupes de pollueurs d'eau potable : les producteurs de toxines avec un genre (Microcystis), les producteurs des goûts et d'odeurs avec trois genres (Synedra, Melosira et Microcystis), les colmateurs des filtres dont dix genres (Navicula, Synedra, Melosira, Peridinium, Diatoma, Cyclotella), et le groupe non nocif mais participant à la turbidité de l'eau nécessitant une importante utilisation des produits chimiques dont douze genres (Pinnularia, Sphaeroplea, Ulothrix, Eudorina, Eunotia, Nitzschia, Cymbella Tribonema, Rhizoclonium, Mougeotia, Cosmarium et Sphaerocystis). Des œufs d'helminthes nocifs à la santé humaine ont été également identifiés.

L'analyse quantitative au microscope photonique (Primo star à camera axiocam Roc 5s) a permis, sur la base des groupes d'algues polluantes, de classer les chambres du continuum suivant l'ordre d'infestation: la chambre p6 du continuum est en première position avec

100 % d'œufs d'helminthes (œufs d'ascaris), 90,25% d'algues colmatrices de filtres, 12 % d'algues productrices de toxines et 10,25 % d'algues productrices de goûts et d'odeurs ; la chambre p2 occupe la deuxième place avec 34,84% d'algues productrices de toxines, 30,63% d'algues productrices de goûts et d'odeurs et 2,60% d'algues colmatrices de filtres ; la chambre P1 est en troisième position avec 21,59% d'algues productrices de toxine, 15,87% d'algues responsables de goûts et d'odeurs dans l'eau et 3,32% d'algues colmatrices de filtres ; la quatrième position est occupée par la chambre P3 avec 20,56% d'algues productrices d'odeurs et de goûts, 14,06% d'algues productrices de toxines ; la chambre P4 occupe la cinquième place avec 14,13% d'algues productrices d'odeurs et de goûts, 12,07% d'algues productrices de toxines et 2,23% d'algues colmatrices de filtres ; la chambre P5 occupe la dernière place avec 7,96% d'algues productrices d'odeurs et de goût, 5,54 % d'algues productrices de toxines et 1,6% d'algues colmatrices de filtres.

La surveillance a par ailleurs permis de déceler des périodes de l'année sans charges algales dans P2 et P3 permettant de refouler de l'eau de bonne qualité à la station de traitement. Il s'agit des mois de février, mars, avril, mai et décembre pour la chambre P2; les mois de mai, août et décembre pour la chambre P3 et les mois de mai et décembre pour les deux chambres P2 et P3.

Le mois d'août de P3 peut être utilisé à condition d'effectuer une analyse de toxines car elle a une charge de 59 200 cellules /ml de Microcystis et par conséquent, situé à l'alerte niveau 2 de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relative aux recommandations sur la qualité requise pour la distribution d'eau potable. L'analyse en composante principale indique que la présence des toxines, des goûts et des odeurs dans l'eau potable est dépendante de l'émergence des algues dans le continuum et impose la nécessité d'une surveillance continue des polluants d'adduction d'eau brute des stations de traitement.

**Mots clé :** Filtres, chambres du continuum, surveillance, goût, odeur, toxines, algues colmatrices, eau brute, Ziga, Burkina Faso.

**Abstract:** The six rooms of the continuum for raw water filtration of the imponded reservoir of Ziga are infested by a diverse kinds of algaes with significant concentrations. From January 2014 to December 2016, we collected 288 samples of raw water with algaes in six rooms of the continuum. The samples are collected twice per month in each room of the continuum. The water quality analysis revealed 19 different genus of algae. These genus are grouped into several great groups of drinking water pollutants: the groups of toxin producers with one genus (*Microcystis*), the producers of the tastes and odors, three genus (*Synedra, Melosira* and *Microcystis*), the colmateurs of the filters ten genus (*Navicula, Synedra, Melosira, Peridinium, Diatoma, Cyclotella*), and the group of nonharmful but pollutants of turbidity of water requiring a significant use of the chemicals treatment, twelve genus (*Pinnularia, Sphaeroplea, Ulothrix, Eudorina, Eunotia, Nitzschia, Cymbella Tribonema, Rhizoclonium, Mougeotia, Cosmarium* and *Sphaerocystis*). Harmful eggs of helminths to human health were also identified.

The quantitative analysis under the photonic microscope (Primo screen star, provided with camera axiocam Rock 5s) allowed, on the basis of group of polluting algae, to classify the rooms of the

continuum based on the order level of infestation: the room p6 of the continuum is in first position with 100 % of eggs of helminths (eggs of ascaris), 90, 25% of clogging algaes of filters, 12 % of algae producing toxin and 10, 25 % of algae producing tastes and odors. The room p2 ranked second with 34,84% of algaes producing toxin, 30,63% of algaes producing of tastes and odors and 2,60% of clogging algae of filters. The P1 room is in third position with 21, 59% of algae producing from toxin, 15, 87% of algaes responsible for tastes and odors in water and 3, 32% of clogging algaes of filters. The fourth position is occupied by the P3 room with 20, 56% of algaes producing of odors and tastes, 14, 06% of algaes producing toxin. The P4 room ranked fifth with 14, 13% of odors and tastes producing algaes, 12, 07% of algaes producing toxin and 2, 23% of algaes clogging the filters. The P5 room occupies the last place with 7, 96% of algaes producing odors and taste, 5, 54 % of algaes producing toxin and 1, 6% of algae clogging the filters. The water quality assessment, in addition, allowed to depict periods of the year without loaded algaes in P2 and P3 implying a possibility to drive back water of good quality to supply the station of treatment: the periods concerned are on one hand Mars, February, April, May and December for the P2 room and on the other hand August, May and December for the P3 room and December and May for the both two rooms P2 and P3. August in room P3 can be used but however a toxin analysis should be carried out because this room has a rate of infestation of 59 200 cells/ml of Microcystis and, consequently, ranks at alarm level 2 by the World Health Organization (WHO) ranking scale relative to the recommendations on the quality of water necessary for the distribution of drinking water. The principal component analysis depicted that the presence of toxins, the tastes and the odors in drinking water is dependent on the emergence of the algae in the continuum and dictates the need for a continuous monitoring of the pollutants of row water supply to the stations of treatment.

**Keywords:** filters, room of the continuum, assessment, taste, odor, toxins, clogging algaes, row water, Ziga, Burkina Faso.

# INTRODUCTION

Les algues sont des organismes chlorophylliens. Ils ont besoin de la lumière, d'eau, du gaz carbonique et des sels minéraux pour vivre. Ils prospèrent partout où sont réunies les conditions adéquates de lacs, étangs, mares etc. Bourrelly,<sup>1</sup>. Au Burkina Faso comme partout en Afrique Subsaharienne plus de la moitié de l'eau traitée pour les usages domestiques provient de ces plans d'eau communément appelés eau de surface.

Ces eaux de surface sont souvent utilisées par plusieurs usagers: les mêmes sources d'eau sont utilisées pour le traitement d'eau potable, les cultures maraîchères et l'abreuvage des animaux. Ce multiple usage conduit rapidement ces plans d'eau à l'eutrophisation<sup>2</sup>. On constate alors, des concentrations importantes de plusieurs espèces d'algues se formant dans les différents compartiments ou chambres du continuum du réseau d'adduction d'eau brute.

Cependant ces algues sont souvent nuisibles à la qualité de l'eau. Selon PROULX *et al.*<sup>3</sup>, certaines algues produisent dans l'eau des goûts et des odeurs occasionnant le rejet de l'eau du robinet par certains consommateurs. D'autres algues comme les Cyanophyta produisent des toxines incompatibles à la santé humaine<sup>4</sup>. En filigrane Milot et *al.*<sup>5</sup>, rapporte que le chlore utilisé pour la désinfection d'eau au contact avec la biomasse organique (comme le bloom algal) peut donner naissance à des sous-produits chlorés (trihalométhanes) ; ces trihalométhanes (THM) sont incompatibles à la santé humaine<sup>6</sup>. Après la lyse cellulaire, les algues fermentent et peuvent engendrer des gaz comme l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) qui est

toxique par inhalation à tout être vivant. Certaines algues colmatent les filtres de station provoquant des multiples arrêts d'écoulement d'eau et doivent être nettoyés.

Au regard des risques sanitaires causés par la présence des algues et leurs toxines dans l'eau, des recommandations ont été émises pour la surveillance de l'eau de boisson et celle utilisée à des fins de loisir <sup>7-11</sup>.

Ces recommandations se rapportent à la qualité de l'eau, et, essentiellement aux concentrations des cellules algales des Cyanophyta, contenues dans l'eau brute et à celles des THM dans l'eau potable. Pour les concentrations des cellules algales, des valeurs de 200 cellules/ml sont requises pour un seuil de vigilance, des alertes de niveau 1, 2 et 3 sont données successivement pour des concentrations de 2000 cellules, de 20 000 à 100 000 cellules et de présence de mousse ou d'écume dans l'eau. Quant aux valeurs guides pour les quatre substances formant les THM, les recommandations faites par l'OMS sont de : 100  $\mu$ g/l pour le bromoforme, 200  $\mu$ g/l pour le chloroforme, 60  $\mu$ g/l pour le bromodichlorométhane.

Cependant la surveillance des algues dans les eaux à usage multiple s'avère complexe et souvent mal comprise car les étapes (**Figure 1**) du continuum traversées par l'eau brute peuvent contenir des concentrations différentes les unes les autres et une diversification d'espèces d'algues dont le tropisme est propre à chaque compartiment du continuum.

A cet effet, et en vue d'une prévention précoce de toxines, de goût, d'odeur et de THM dans l'eau potable, nous proposons dans ce présent travail, une méthode de surveillance qui consiste à suivre la diversification et la concentration des algues dans chaque chambre du continuum d'eau brute.



Figure 1 : Schéma synoptique du continuum d'adduction d'eau brute de Ziga : O P1 : point d'échantillonnage, fond du barrage (chambre P1) O P2 : point d'échantillonnage, première prise d'eau (chambre P2) ; O P3 : point d'échantillonnage, deuxième prise d'eau (chambre P3) ; O P4 : point d'échantillonnage, surface de l'eau (chambre P4) ; O P5 : point d'échantillonnage, robinet de suivi d'eau brute (chambre P5) ; O P6 : point d'échantillonnage des cascades d'aération (chambre P6).

#### **MATERIEL ET METHODES**

**Description du milieu d'étude :** Le lac de barrage de Ziga est à 50 km à vol d'oiseau à l'Est de Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. Il a une superficie de 8872.5 hectares et mobilise en période de remplissage normal un volume d'eau de 208 millions de m<sup>3</sup>.

Il a été construit de mai 1998 à juillet 2000 sur un bras de Nakambé ('ex volta blanche). Il déverse à 9, 20 mètres. Il est situé à cheval entre les provinces de Oubritenga, du Ganzourgou et du Sanmatenga et constitue le plus grand barrage de ces provinces. En sus des éleveurs sédentaires de ces trois provinces, des éleveurs transhumants venant d'autres horizons comme Dori et Djibo (grandes provinces d'élevage du Burkina Faso), viennent abreuver leur bétail. Plus de deux mille hectares autour du barrage sont emblavés de spéculations de septembre à mai. Les besoins en engrais de ces spéculations et les déjections d'animaux constituent les principales sources d'eutrophisation pendant les périodes chaudes (mars à mai) où le lac est le seul barrage à contenir de l'eau propice aux différentes activités suscitées.

Quant au climat, la zone est caractérisée par un climat tropical de type Nord-soudanien avec deux saisons. Une saison pluvieuse relativement courte, de juin à septembre et une saison sèche d'octobre à mai. La température moyenne des dix dernières années de la zone d'étude est de 29, 1 °C et la pluviométrie moyenne à la même période est de 713 millimètres (mm).

L'exploitation du barrage de Ziga comme source d'eau permet de traiter 4500 m<sup>3</sup>/heure et ravitaille la ville de Ouagadougou à hauteur de 70%. Le réseau d'adduction d'eau comprend : une conduite d'eau brute et une conduite d'eau potable. Entre les deux conduites se trouve la station de traitement de l'eau potable.

Le continuum d'eau brute a été retenu pour la surveillance de l'émergence des algues. Il comprend, comme indique la figure 1, six chambres dont, deux prises d'eau (P2 et P3) installées à la source du captage pour le refoulement d'eau brute, une conduite de 1000 mm de diamètre d'amenée d'eau brute à la station, une chambre (P5) de suivi de la qualité de l'eau brute et une zone de cascade d'eau ou d'aération (P6) située à quelques centimètres des décanteurs. Chaque chambre du continuum a été initiée et installée pour optimiser la qualité de l'eau potable.

Caractérisation et rôle des points d'échantillonnage biologique : Pour évaluer le développement des algues dans chaque chambre du continuum, six points (Figure 1) ont été retenus. Chaque point représente une étape (ie chambre de stationnement d'eau brute) du trajet d'eau brute jusqu'au point d'injection des produits chimiques.

Comme rappelé ci-dessus, cette démarche est capitale car elle doit permettre de se rendre compte de la diversification et du développement algal dans chaque chambre du continuum toutes les deux semaines et ce durant les vingt-quatre mois de l'échantillonnage. Pour se faire, 288 échantillons ont été prélevés de Janvier 2014 à Décembre 2016 dans les six chambres du continuum. L'échantillonnage est effectué deux fois par mois (le 15 et le 30 de chaque mois) et ce sur l'ensemble des chambres. Les prélèvements sont effectués le même jour entre 10 heures et 11 heures, partie de la journée correspondant à un bon développement de la photosynthèse.

Parmi les six points (**Figure 1**) fixés pour l'échantillonnage, quatre points ont été installés dans les quatre chambres fixes du continuum (P2, P3, P5 et P6) et deux points (P1 et P4) appelés points libres sont installés l'un à la surface (P4) du plan d'eau et l'autre (P1) sur le sédiment. Ces points prolongent ainsi les étapes (chambres) du continuum d'eau brute depuis le fond (sédiment) du lac de barrage jusqu'à la station de traitement.

Une caractérisation et une définition du rôle des points des chambres fixes du continuum (P2, P3, P5, P6) est faite comme suit : Les chambres fixes du continuum (prises d'eau brute, cascades, zone de contrôle d'eau brute) sont des infrastructures immobiles, construites et protégées. Alors que les chambres libres du continuum sont des zones mobiles non protégées.

Les points des chambres du continuum ont été installés pour suivre tous les quinze jours l'évolution des algues dans chaque chambre. Les quinze jours correspondent à la durée maximale de développement de certaines algues jusqu'à la lyse cellulaire dans un milieu confiné. Ce suivi pas à pas par chambre du continuum permet de détecter au plutôt, les stades de développement, la diversification et la concentration des algues par chambre. Les points de prélèvement d'échantillon des chambres ci-dessous définies, sont caractérisés par les paramètres suivants :

- Le point P2 : il représente la première chambre de prélèvement d'eau et caractérisé par une profondeur variable en fonction des saisons (saisons pluvieuse et saison sèche) et des facteurs physico chimiques et biologiques variables. Il est construit à trois mètres au-dessus du point P3 ;
- Le point P3 : il représente la deuxième prise d'eau. il est aussi caractérisé par des facteurs physico chimiques et biologiques particuliers. Il est important de souligner que les prises P2 et P3 peuvent alimenter simultanément ou indépendamment en eau brute les points P5 et P6 d'où l'analyse séparée des deux points ;
- Le point P5 : il reçoit l'eau brute conduite par P2 ou P3 ou les deux à la fois. Il est aussi nécessaire de l'isoler et d'étudier le comportement algal au niveau de ce point où l'eau parcourt 2.5 km dans une conduite de 1000 mm sous une pression de 10 bars;
- Le point P6 : la particularité de ce point est que P6 constitue une chambre à ciel ouvert où l'eau est en contact avec les composants atmosphériques (dioxygène, diazote, dioxyde de carbone etc.). Dans cette chambre à ciel ouvert, l'eau coule en cascade et est continuellement renouvelée et aérée. Il semble alors exposé à un bon développement de la vie aquatique.

Les points libres du continuum sont des points qui n'appartiennent à aucune chambre fixe. Ils sont fixés l'un sur le sédiment et l'autre à la surface de l'eau. Ils vont servir à comparer le développement des algues en zones euphotique et sédimentaire avec les points fixes du continuum. On distingue deux points :

- Le point P1 : il a été installé sur le sédiment et en dessous des points P2, P3 et P4. La profondeur du point est de 10 mètres en moyenne par rapport à la surface de l'eau en période de crue. Il est caractérisé par une insuffisance de la lumière du soleil. L'analyse des échantillons de ce point permet de connaître la différence de concentration et de diversification algale entre ce point et les autres points. Elle permet également de s'informer sur une éventuelle migration verticale des algues du sédiment vers les points P2, P3 et P4. Cette surveillance a pour principal objectif l'utilisation des vidanges de fond du barrage pour évacuer à l'aval de la retenue les algues du sédiment, en cas de risque pour la qualité de l'eau.
- Le point P4 : ce point a été installé à 20 cm de la lame d'eau en dessous des points P3, P2 et P1. Il est également situé dans la zone qui reçoit un éclairage optimum du soleil, c'est-à-dire dans la zone euphotique. La position de ce point permet de recenser les informations relatives à la diversification et à la concentration algales et une possible répartition verticale des genres recensés vers les autres points.

A termes, l'objectif affiché aux points libres (P1 et P4) est de vérifier s'il existe une interdépendance entre les populations algales des points du continuum. A cet effet, il est important d'établir les relations de diversification et de concentration algales entre les points P1, P2, P3 et P4 installés dans la zone de captage et les points P5 et P6 du continuum, basés à la station de traitement. Il est noté que l'eau captée par P2 et P3 parcourt 2,5 km avec une pression de 10 bars dans une conduite à pvc de 1000 mm de diamètres pour alimenter les chambres P5 et P6 après avoir traversé plusieurs barrières. Cette condition peut-elle influencée la distribution spatiale et la concentration des algues dans les chambres? La méthode utilisée pour le traitement des données permettra de répondre à ces questions qui posent la problématique des multiples barrières installées pour l'amélioration de la qualité de l'eau.

**Méthode et traitement des données :** Un litre d'échantillon d'eau est prélevé par point d'échantillonnage tous les quinze jours et conservé à 5% de formaldéhyde pour analyse quantitative et qualitative des algues. Les prélèvements ont concerné la période de janvier 2014 à décembre 2016. Chaque litre d'échantillon est filtré sur un filet à plancton de 25  $\mu$ m vide de maille. Le filtrat est conservé dans un liquide composé de 5,41ml de formaldéhyde et 34, 59 ml d'eau (formule A). Soit un total de 40 ml concentré à 5% de formaldéhyde. Le calcul de concentration a été réalisé selon la formule usuelle suivante :

(A) 
$$Vi = \frac{Cf \times Vf}{Ci}$$

- Vi : volume initial
- vf: volume final
- cf:concentration finale
- ci: concentration initiale

Un microlitre (1  $\mu$ l) est ensuite prélevé de la solution (filtrat) et après homogénéisation, le filtrat est déposé sur une cellule de Malassez de 1  $\mu$  l (0,001ml) de volume reparti sur cent rectangles. Chaque rectangle contient un volume de 0,01  $\mu$ l. Le comptage des algues est effectué sur chaque rectangle contenant au moins une cellule jusqu'à couvrir les cent rectangles de la cellule de Malassez, d'où la formule de calcul sur la concentration algale suivante :

(B) 
$$C = \left(\frac{nca*vc\ (ml)}{vtm(ml)}\right)*f/1000$$

- C : concentration cellulaire en nombre de cellules d'algues par millilitre (ml) ;
- nca : nombre de cellules algales compté dans les 100 rectangles ;
- vc: volume de concervation des algues (40ml)
- vtm: volume des 100 rectangles (0,001ml) de la cellule de Malassez
- f: facteur de dilution
- 1000 : facteur de conversion de la concentration de litre en millilitre.

Il est noté que le comptage est fait après que la lame de Malassez est montée sur un microscope optique droit Primo Star à écran muni de camera, permettant le traitement direct des résultats de l'appareil à l'ordinateur.

# RESULTATS

Les résultats obtenus tiennent compte de l'embranchement algal et du seuil critique des concentrations de cellules algales allant de 20 000 à 100 000 cellules par millilitre, proposées par Chlorus *et al.*<sup>8</sup> en cas de dominance de la population algale par des Cyanophyta. Le présent travail tient également compte dans chaque chambre, de la concentration des algues productrices d'odeurs et des goûts, des algues colmatrices de filtres et des algues productrices de toxines.

Pour la fiabilité des résultats, nous traitons séparément les données de chaque chambre en utilisant les mêmes outils afin de permettre une comparaison, la moins déformée possible entre les résultats.

Les figures F2, F4, F6, F8, F10 et F12 ont été traitées avec le tableur Excel pour mettre en relief dans le même tableau les mois, les genres d'algue et les concentrations. Ce même tableur a été utilisé pour l'expression des résultats des facteurs physico chimiques.

Les figures 15, 16 et le tableau 2 ont fait l'objet d'expression des analyses en composantes principales des résultats à travers le logiciel STATISTICA.

Le traitement des points est effectué sur la base d'une liaison probable de migration des populations algales d'un point à l'autre comme décrit par ENORA, 2008. Ainsi, les populations algales des chambres fixes P2, P3, P5 et P6 sont analysées ensuite celles des chambres libres P4 et P1. Les résultats obtenus permettent une description logique de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité des populations des chambres du continuum d'eau brute.

#### RESULTATS DES ANALYSES DES CHAMBRES FIXES : P2, P3, P5 et P6

**Chambre P2 (Prise de refoulement d'eau n°1) :** L'analyse qualitative a permis d'identifier dans cette chambre, dix genres d'algues différents (**Figure 2**) appartenant à quatre embranchements comprenant les Chlorophyta (*Rhizoclonium, Sphaerocystis, Sphaeroplea*), les Chromophyta (*Nitzschia, Synedra, Eunotia, Melosira* et *Navicula*), les Cyanophyta (*Microcystis*) et les Pyrrophyta (*Peridinium*).

Parmi ces genres d'algues recensés on rencontre les algues productrices de toxine dans l'eau (*Microcystis*) ; les algues productrices d'odeur et de goût dans l'eau (*Synedra melosira et Microcystis*) et les algues colmatrices des filtres des stations de traitement comme : *Synedra, Navicula, Melosira et Peridinium*. L'analyse quantitative (Figure 2) a révélé que la concentration en termes de cellules algales par millilitre dans cette chambre, varie de 592 à 5 387 200 cellules et ce en fonction des mois et du genre d'algues.

Les fortes concentrations sont enregistrées chez le genre *microcystis* et sont identifiées en Juin (5 387 200,), septembre (3 078 400), octobre (1 998 000), août (1 154 400), Novembre (769 600) et juillet (695 600).

On a par ailleurs enregistré au mois de Janvier une concentration de 651 200 cellules de *Sphaeroplea* et 22 200 cellules de *Sphaerocystis*. Ces deux derniers genres d'algues ne sont pas pour le moment, identifiés comme une menace au niveau de la qualité de l'eau. Mais en bloom algal, ils participent à la turbidité de l'eau et augmentent le coût de traitement.

Quant aux facteurs physico chimiques (**Figure 3**) on a observé que durant les vingt-quatre mois, l'oxygène dissous a évolué de 7,61 en janvier à 8,51 mg/l en décembre. La température a connu une évolution de 23, 3 °C en décembre, atteint un pic de 28,7en juillet et redescend à 21,67 en Octobre. Le pH a évolué de 7,16 en novembre à 8,41 en mai. La conductivité a connu une oscillation de 57,6 en mars, suivi d'un pic de 89,87 en août et redescend à  $60,43 \mu$ S/cm en décembre.



Figure 2 : Concentration des cellules algales dans la chambre P2 en fonction des mois.



Figure 3 : Evolution des paramètres physico chimiques de l'eau dans la chambre P2 en fonction des mois.

**Chambre P3 (Prise de refoulement d'eau N°2) :** Le point P3 est la deuxième prise d'alimentation du réseau d'adduction d'eau brute de la station. L'analyse qualitative au microscope optique a permis de recenser huit genres d'algues (**Figure 4**) répartis en trois embranchements à savoir : l'embranchement de Cyanophyta (*Microcystis*), de Chromophyta (*Melosira, Eunotia, Synedra, Navicula, Nitzschia* et *Cyclotella*), de Pyrrophyta (*Peridinium*) et de genres non identifiés.

Parmi les huit genres d'algues recensés on rencontre les algues productrices de toxines (*Microcystis*), les algues productrices d'odeur et de goût (*Melosira, Synedra,* et *Microcystis*) *et les algues* colmatrices des filtres des stations de traitement (*Melosira, Synedra, Navicula* et Cyclotella).

Quant à L'analyse quantitative des algues (**Figure 4**), elle révèle que la concentration varie de 150 à 1 746 400 cellules/ml par mois et par genre d'algues. Les fortes concentrations sont les *Microcystis* dont la réparation est la suivante : novembre (1 746 400), janvier (1 539 200), septembre (1 332 000), février (1 110 000), avril (843 600), juillet (532 800), mars (518 000), juin (236 800) et octobre (59 200).

Les courbes (**Figure 5**) des facteurs physico chimiques indiquent une variation de la conductivité avec un minima en août de 50,75 et un maximum de 90, 50  $\mu$ S/cm au mois de mai.

La température a varié entre 19,52 en janvier à 28,85 en mai et 22,4 °C en décembre.

L'oxygène dissous a enregistré des variations de 8,25 en janvier, 6,09 en avril pour remonter à 7,88 mg/l en décembre.

Le pH a évolué de 8,78 en janvier à 7,2 en mars pour croître à 8,39 en décembre.



Figure 4: Concentration des cellules algales de P3 en fonction des mois.



Figure 5 : Evolution des paramètres physico chimiques de P3 en fonction des mois.

**Chambre P5 ou chambre de contrôle de la qualité d'eau brute :** Le point P5 est situé dans la chambre 5 du continuum. Cette chambre reçoit directement l'eau provenant de P2 ou de P3 ou des deux à la fois car les deux chambres ont pour but le refoulement de l'eau brute dans les chambres de la station de traitement.

Après l'analyse qualitative, nous avons recensé quatre genres d'algues appartenant à quatre embranchements tels : les Cyanophyta (*Microcystis*), les Chromophyta (*Nitzschia*), les Chlorophyta (Mougeotia) et les Pyrrophyta (Peridinium).

L'impact de ces algues dans la qualité de l'eau se révèle comme suit : les algues productrices de toxines, un genre (Microcystis), les algues productrices de goûts et d'odeurs, un genre (Microcystis) et les algues colmatrices des filtres, un genre (Peridinium).

L'analyse quantitative révèle que la concentration (**Figure 6**) en termes de cellules par millilitre varie entre 296 et 836 200 et ce par mois et par genre. Les fortes concentrations ont concerné le genre Microcystis et ont été enregistrées en novembre, décembre, janvier, septembre, juillet et juin avec les concentrations successives de 836 200 ; 680 800, 355 200, 185 000, 162 000 et 148 000 cellules/ml.

Quant aux valeurs physico chimiques (**Figure 7**), on constate pour la conductivité, une minéralisation de 64,06 en janvier, suivie d'un pic de 86,4 en juin, puis la valeur chute à 42,25 en août pour croître à nouveau en décembre à 60.9  $\mu$ S/cm. L'oxygène dissous a évolué de 8,4 mg/l en janvier à 5,81 en avril et croît à 8,07 en décembre.

Le pH a évolué de 8,03 en janvier à 8,6 en mars, pour atteindre les 7,4 en septembre et 7,79 en décembre. La température à évolué de 21,12 en janvier à 29,6 °C en avril pour décroître à 22, 8 °C en décembre.



Figure 6 : Concentration des cellules algales de P5 en fonction des mois



Figure 7: Evolution des paramètres physico chimiques de P5 en fonction des mois

**Chambre P6 ou cascades d'aération d'eau brute :** L'analyse qualitative des échantillons des cascades (figure 8) a permis d'identifier dix genres d'algues repartis en quatre embranchements suivants : les Cyanophyta (*Microcystis*), les Chromophyta (*Eunotia, Melosira, Cymbella, Tribonema et Synedra*), les Pyrrophyta (*peridinium*) et les Chlorophyta (*Mougeotia, Cosmarium* et volvox).

Les genres rencontrés dans cette chambre et ayant un impact négatif sur la qualité de l'eau sont essentiellement les algues productrices de toxines, un genre (*Microcystis*), les algues responsables des odeurs et des goûts, trois genres (*Microcystis*, *Melosira* et *Synedra*) et *les* genres colmateurs de filtres, trois genres (*Melosira, Synedra* et *peridinium*). Une particularité constatée dans cette chambre et incompatible à la qualité de l'eau est la présence des œufs d'helminthes.

L'analyse quantitative indique que la concentration algale varie par mois et par genre de 296 à 2 308 800 cellules/ml. Les plus fortes concentrations en termes de cellules par millilitre sont observées chez les genres et les mois suivants : Volvox en Septembre (2 308 800), Microcystis en janvier (2 160 800), *Cosmarium* en avril (1 346 800), *Cosmarium* en septembre (1 089 280), *Microcystis* en décembre (1 095 200), *Peridinium* en avril (1 040 440), *Microcystis* en mai (976 800), *Microcystis* en août (976 800), *Microcystis* en septembre (563 880), *Cosmarium* en juillet (562 400), *Cosmarium* en mars (384 800), *Microcystis* en juin (162 800), *Cosmarium* en octobre (112 480), *Cosmarium* en novembre (112 480). *Microcystis* en juillet (37 000), *Microcystis* en février (37 000). Par ailleurs, les œufs d'helminthes identifiés en avril et en juillet sont des œufs d'ascaris avec une concentration de 296 œufs/ml.

La figure 9 indique que durant les vingt-quatre mois, la conductivité a évolué de 64,5  $\mu$ S/cm en Janvier, atteignant un pic de 90,78 au mois de juin puis chute à 43,03 en août pour remonter à 61, 1  $\mu$ S/cm en décembre.

L'oxygène dissous selon la figure 9, a évolué de 6,42 en juillet à 8,42 mg/l en janvier.

Le pH a évolué de 7,48 en août pour atteindre un pic de 8,23 en février.

Quant à la température, elle a évolué de 20,74 °C en janvier, atteint un pic de 29,9 en mars avant de redescendre à 22,8 en décembre.



Figure 8 : Concentration des cellules algales de P6 en fonction des mois.



Figure 9 : Evolution des paramètres physico chimiques de P6 en fonction des mois.

## Résultats des analyses des points libres du continuum (P1 et P4)

**Chambre P1 ou point du sédiment :** Le point P1 est installé au fond du barrage sur le dépôt sédimentaire verticalement au-dessus des points P2, P3 et P4.

Cette position permet d'effectuer un lien de similitudes des populations algales entre P1 et les points suscités.

A cet effet, une analyse qualitative effectuée a permis d'identifier quatorze genres appartenant à quatre embranchements qui sont : les Cyanophyta (*Microcystis*), les Chlorophyta (*Pinnularia, Sphaeroplea, Ulothrix* et *Eudorina*), les Chromophyta (*Eunotia, Melosira, Nitzschia, Navicula, Synedra, Cymbella, Tribonema, Diatoma*), les Pyrrophyta (*Peridinium*) et des indéterminés. Dans cette chambre, on a identifié un genre producteur de toxines (*Microcystis*), Trois genres responsables de goûts et odeurs (*Melosira, Synedra et Microcystis*) et cinq genres colmateurs des filtres (*Peridinium, Melosira, Navicula, Synedra et Diatoma*).

Quant à L'analyse quantitative (**Figure 10**), elle indique que la concentration varie de 296 à 3 922 000 cellules/ml. Les plus fortes concentrations (en cellules par millilitre) ont été recensées dans les mois suivants : février, *Microcystis* (3 922 000) ; novembre, *Microcystis* (3 048 800) ; septembre, *Microcystis* (1 619 120) ; avril, *Microcystis* (1 509 600) ; janvier, *Microcystis*, (1 480 000) ; mai, *Nitzschia* (962 000) ; juillet, *Microcystis* (740 000) ; octobre, *Microcytis* (592 000) ; décembre, *Microcystis* (355 200) ; février, *Sphaeroplea* (296 000) ; janvier, *Sphaeroplea* (236 800) ; juin, *microcystis* (236 800) et décembre, *Melosira* (29 6 00).

Les facteurs physico chimiques (**Figure 11**) précisent l'évolution des paramètres suivants : la conductivité atteint un pic de 110,5  $\mu$ S/cm en mai puis chute à 54,6 en août et remonte progressivement jusqu'à la valeur 69,7  $\mu$ S/cm en décembre puis à 72,38 en janvier.

L'oxygène dissous (O<sub>2)</sub> commence en janvier avec une valeur de 9,4 mg/l, chute à 3,13 en avril et remonte progressivement à 8,61  $\mu$ S/cm en décembre.Le pH commence en janvier à 9,6, chute à 7,15 en avril pour remonter à 8,84 en décembre. La température commence en janvier à 20,1 °C, chute à 20,03 en octobre et remonte à 22,4 en décembre.



Figure 10 : Concentration des cellules algales de P1 en fonction des mois.



Figure 11: Evolution des paramètres physico chimiques de P1 en fonction des mois.

**Chambre P4 :** En rappel, le point P4 est située à 20 cm à la surface de l'eau communément appelée zone euphotique. Il est placé perpendiculairement aux points P3, P2 et P1. Ce type de positionnement permet un prélèvement par stratification qui tienne compte du changement réel des facteurs physico chimique et biologique dans un écosystème donné.

Au microscope photonique l'analyse qualitative des algues a permis d'identifier huit genres issus de quatre embranchements tels : les Chlorophyta (*Sphaeroplea, Sphaerocystis*) ; les Cyanophyta (*Microcystis*) ; les Chromophyta (*Nitzschia, Eunotia, Melosira, Synedra*) et les Pyrrophyta (*Peridinium*). Parmi ces genres, on a identifié, un genre producteur de toxines (*Microcystis*), trois genres producteurs de goûts et d'odeurs (*Melosira, Synedra et Microcystis*) et trois genres colmateurs des filtres (Melosira, Synedra et Peridinium). L'analyse quantitative a révélé que les concentrations dans cette chambre varient de 592 à 1 998 000 cellules par millilitre.

Les plus fortes concentrations (**Figure 12**) ont été enregistrées selon les mois et les genres suivants : novembre, *Microcystis* (1 998 000) ; février, *Microcystis* (1 243 200) ; mai, *Microcystis* (1 188 144) ; décembre, *Microcystis* (888 000) ; avril, *Microcystis*, (843 600) ; mai, Nitzschia (710 400) ; juillet, *Microcystis* (651 200) ; juin, *Microcystis* (592 000) ; février *Sphaeroplea* (592 000) ; septembre, *Microcystis* (488 400) ; mars, *Microcystis* (444 000) ; août, *Microcystis* (355 200) ; janvier, *Microcystis* (296 000) et octobre *Microcystis* (74 000).

Quant aux facteurs physico chimiques (**Figure 13**), ils ont évolué en moyenne durant les vingt-quatre mois de la façon suivante : La conductivité était de 66,9 en janvier remonte et atteint un pic à 93,83 en mai puis chute à 42,9  $\mu$ S/cm en août et remonte à 61  $\mu$ S/cm en décembre.

L'oxygène dissous  $(O_2)$  a varié de 8,62 en janvier, chute à 6,5 mg/l en juillet et remonte pour atteindre la valeur de 8,55 mg/l en décembre.

Quant au pH, il a fluctué de 8,02 en janvier, chute à 7,14 en septembre et remonte à 8,99 en décembre.



Figure 12 : Concentration des cellules algales de P4 en fonction des mois.



Figure 13 : Evolution des paramètres physico chimiques de P4 en fonction des mois.

Diversification des genres et concentration des cellules algales par chambre du continuum : L'objectif est de rechercher statistiquement les périodes de faibles concentrations d'algues polluantes pour optimiser les prises d'eau de la zone de captage. Cette stratégie est d'améliorer la qualité de l'eau potable en minimisant l'utilisation optimum des produits chimiques dans la chaîne de traitement qui ne sont pas sans risque sur la santé humaine, Mills *et al.*<sup>6</sup> and OMS7.

En effet, la synthèse des figures F2, F4, F6 F8, F10, et F12 a permis de recenser 19 genres d'algues et des œufs d'helminthes dans les six chambres du continuum.

Parmi ce nombre, on a identifié un genre producteur de toxines (microcystis), trois genres responsables des goûts et d'odeurs (*Synedra, Melosira et Microcystis*), six genres colmateurs des filtres (Navicula, Synedra, *Melosira, Peridinium, Diatoma, Cyclotella*) et douze genres (*Pinnularia, Sphaeroplea, Ulothrix, Eudorina, Eunotia, Nitzschia, Cymbella Tribonema, Rhizoclonium, Mougeotia, Cosmarium et Sphaerocystis*) dont leur impact dans l'eau n'a pas encore été clarifié. Néanmoins, la littérature nous renseigne qu'une efflorescence algale (étant de la matière organique) de ces algues favorise la turbidité de l'eau, augmente la demande en produits chimiques et surtout réagit toujours avec le chlore pour donner naissance à des THM qui sont connus nuisibles pour la santé des êtres vivants <sup>12,6</sup>. Quant à la concentration cellulaire, le genre Microcystis de P2 prend la première place avec une concentration de 5 387 200 cellules/ ml, suivi du même genre dans la chambre P1 avec une concentration de 3 922 000 cellules/ml.

Le tableau 1 basé sur la synthèse des figures ci-dessus citées, présente les sept genres d'algues de plus grandes concentrations reparties sur l'ensemble des six chambres d'adduction d'eau brute de la station de Ziga. Il s'agit des genres : *Microcysti, Sphaeroplea, Volvox, Cosmarium, Peridinium, Nitzschia et Sphaerocystis.* 

Dans ce tableau, ont été présentés uniquement les genres d'algues dont la concentration est supérieure à 20 000 cellules/ml, c'est-à-dire susceptible de dégrader la qualité de l'eau potable. Il s'agit des concentrations situées sur l'alerte N°2 des recommandations émises par J. Chlorus *et al.*<sup>8</sup> au compte de l'OMS et basées sur une population à dominance de cyanophyta. Dans le présent tableau, nous avons tenu compte de la production des sous-produits (SPD) de la chloration quand la biomasse algale est importante au regard du chlore qui est utilisé pour la désinfection finale de l'eau filtrée.

Parmi les genres identifiés, *Microcystis* (genre producteur de toxine, de goût et d'odeur) est le genre commun à toutes les chambres avec une concentration supérieure aux autres genres.

Le tableau 1 montre également des chambres dépourvues d'algues durant les vingt-quatre mois de suivi. Il s'agit de la chambre P2 dépourvue d'algues pendant les mois de février, mars, avril, mai et décembre ; la chambre P3 exempte d'algues durant les périodes de mois de mai, août et décembre ; la chambre P5 dépourvue d'algues pour les mois de février, mars, avril, mai, août et octobre. Le même constat a été effectué durant les vingt-quatre mois pour la chambre P1 au mois d'août. Ce tableau, comme rappelé précédemment, résume en effet, l'ampleur des concentrations des algues nuisibles à la qualité de l'eau, présentes dans chaque chambre et les périodes de concentrations mineures susceptibles d'être exploitées pour l'amélioration de la qualité de l'eau.

## Situation de la qualité de l'eau par chambre du continuum du lac du barrage de Ziga :

La figure 14 donne une situation exhaustive de la qualité de l'eau par chambre du continuum.

Les algues productrices de goûts et d'odeurs se retrouvent dans toutes les chambres et occupent la première place dans la chambre P2 avec un taux de 30,63 %, suivie de la chambre P3 avec un taux de 20, 56%. De même, les algues productrices de toxines sont présentes dans toutes les chambres avec un fort taux de 34,84% dans la chambre P2 et 21,59 % dans la chambre P1. Les algues colmatrices des filtres sont également dans toutes les chambres avec un taux très élevé de 90,25 % dans la chambre P6 et un taux de 3,32 % dans la chambre P1. La chambre P6 a la particularité de contenir des œufs d'helminthes en l'occurrence les œufs d'ascaris à un taux de 100 %. La chambre P5 représente le faible taux d'algues nuisibles de l'ensemble du trajet d'eau brute du continuum : 1,60 % pour les algues colmatrices des filtres, 7,96 % pour les algues productrices de goûts et d'odeurs et 5,44 % pour les algues productrices de toxines. Ce traitement statistique vient confirmer les résultats de la chambre p5 du tableau 1, qui indique que cette chambre est dépourvue de charges algales durant la moitié des mois de l'année. D'une manière générale, la figure 14 indique qu'on retrouve dans toutes les chambres du continuum d'eau brute du barrage de Ziga, comme partout ailleurs, dans les eaux de surface, des algues de divers genres avec des proportions de concentrations variables contribuant à la détérioration de la qualité de l'eau. Elle résume également la fréquence de chaque genre d'algues nuisibles par chambre du continuum.

#### NEYA Bapiyan Augustin et al.

**Tableau 1 :** Grille de choix des prises d'eau par mois et par chambre du continuum en fonction de la concentration algale (à partir de 20 000 cellules/ml)A : absence d'algue ; A/P2 : absence d'algue, utilisation de la prise P2; A/P3, absence d'algue, utilisation de la prise P3 ; A/P2 et A/P3: absence d'algue,<br/>utilisation possible des deux prises (p2 et P3), UA: utilisation après analyse de la microcystine.

							Mois					
Points de suivi	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P1	Microcystis (1 480 000)	Micrcystis (3 922 000)		Microcystis (1 509 600)	Nitzschia (962 000)	Microcystis (236 800)	Microcystis (740 000)		Microcystis (1 619 120)	Microcytis (592 000)	Microcystis (3 048 800)	Microcystis (355 200)
	Sphaeroplea (236 800)	Sphaeroplea (296 000)										
P2	Sphaeroplea (651600)	A/P2	A/P2	A/P2	A/P2 et P3	Microcystis (5 387 200)	Microcystis (695 600)	Microcystis (1 154 400)	Microcystis (3 078 400)	Microcystis (1 998 000)	Microcystis (769 600)	A/P2 et A/P3
	Sphaerocystis (22 200)											
Р3	Microcystis (1 539 200)	<i>Microcystis</i> (1 110 000)	Microcystis (518000)	Microcystis (843 600)	A/P2 et P3	Microcystis (236800)	Microcystis (532 800)	А/РЗ	Microcystis (1 332 000)	Microcystis (59 200) UA	Microcystis (1 746 400)	A/P2 et A/ P3
P4	Microcystis (296 000)	Microcystis (1 998 000)	Microcystis (444 000)	Microcystis (843 600)	Microcystis (1 998 000)	Microcystis (592 000)	Microcystis (651 200)	Microcystis (355 200)	Microcystis (488 400)	Microcystis (74 000)	Microcystis (1 998 000)	Microcystis (888 000)
					Nitzschia (710 400)	Sphaeroplea (592 000)						
P5	Microcystis (355200)	A	A	A	A	Microcystis (148 000)	Microcystis (162 800)	A	Microcystis (185 000)	A	Microcystis (836 200)	Microcystis (680 800)
P6	Microcystis (2 160 800)	Microcystis (37 000)	Cosmarium (384 800)	Cosmarium (1 346 800)	Microcystis (976 800)	Microcystis (162 800)	Cosmarium (562 400)	Microcystis (976 800)	Cosmarium (1 089 280)	Cosmarium (112 480)	Cosmarium (112 480)	Microcystis (1 095 200)
				Peridinium (1040 440)			Microcystis (37 000)		Microcystis (563 880)			
									Volvox (2 308 800)			





Figure 14: Concentration moyenne de cellules algales (en pourcentage) par chambre du continuum, contribuant à la dégradation de la qualité de l'eau brute du barrage de Ziga.

**Résultats en analyse des composantes principales (ACP) de l'effet des algues par chambre du continuum et de leurs relations interspécifiques :** La figure 15 est une analyse en composante principale (ACP) du taux d'algues par chambre du continuum participant à la dégradation de la qualité de l'eau de la station de traitement de Ziga.

La qualité de la représentation est bonne car les deux premières valeurs propres totalisent 97,85 % de la variance totale.

Le premier facteur porte 63,10 % de l'information et le deuxième facteur porte 34,75 % de l'information.

La position des points sur la figure 15 explicite statistiquement les chiffres de la figure 14 en indiquant par ordre, les chambres les plus polluantes aux chambres les moins polluantes. En effet, l'interprétation en ACP du tableau 15, indique que les chambres (P5, P4, P3, P1) situées au-dessus du facteur 1 sont les chambres les moins polluantes et les chambres (P6 et P2) situées en-dessous du facteur 1 sont les chambres les plus polluantes. Partant du plus polluant au moins polluant, La chambre P6 vient en tête, suivie des chambres P2, P1, P3, P4 et P5.

L'ACP de la figure 16 explique l'ampleur des algues polluantes dans le continuum. Tous les genres d'algues se trouvant à la lisière du cercle, indiquent qu'ils sont tous des genres nuisibles à la qualité de l'eau y compris les œufs d'helminthes.

On constate par ailleurs sur cette figure une opposition entre deux groupes. Le groupe des algues productrices de goûts de toxine et d'odeurs d'une part, et d'autre part, le groupe des algues colmatrices de filtres et des œufs d'helminthes. Cette répartition de groupes de pollueurs fait appel également à un partage commun d'habitat à l'intérieur d'une même chambre. En effet, les algues se regroupent par communauté en fonction du type d'habitat qu'elles occupent. Dans le cas présent, le premier groupe appartiendrait au phytoplancton qui est une communauté d'algues qui flotte et qui nage dans l'eau au gré du vent. Le groupe composé des genres d'algues colmateurs de filtre relèverait des algues dites épipéliques car le substrat sur lequel elles vivent est constitué de la vase ou du sable. Elles appartiennent alors à la communauté des algues du périphyton qui vit, attachée à des substrats (vase, sable, pierre etc..). Ce dernier groupe d'algues partage comme habitat, la vase des eaux des cascades avec les œufs d'helminthes.

L'ACP du tableau 2 précise le degré de relation entre les différents groupes d'algues. La corrélation entre les algues productrices de toxines et les algues productrices de goût et d'odeurs est de 0.903606. Ce même tableau présente un coefficient de corrélation positif de 0.999515 entre les œufs d'helminthes et les algues colmatrices de filtres.

Ces corrélations viennent préciser l'étroit rapport entre les groupes d'individus dans un biotope, auquel il faut absolument tenir compte dans un système de surveillance car les chambres du continuum n'ont pas le même substrat et les êtres qui y vivent peuvent ou non partager des niches écologiques ou des habitats différents.



Figure 15: Représentation par une analyse en ACP des chambres du continuum par répartition du taux de concentration d'algues (à partir de 20 000 cellules /ml) ayant un impact sur la dégradation de la qualité de l'eau.



Figure 16 : Analyse par ACP du regroupement des œufs d'helminthes et des trois groupes d'algues productrices de toxines, de goûts, d'odeurs et colmatrices de filtres.

# **Tableau 2:** Analyse en ACP des coefficients de corrélation entre les groupes d'algues détériorant la qualité de l'eau

	CORRELATION ACP TOXINES GOUTS COLMATAGE OEUFS D'HELMINTHES								
	Algues productrices de toxines	algues productrices d'odeurs et goûts	Algues colmatrices de filtres	Œuf d'helminthe					
Variable									
Algues productrices de toxines	1,000000	0,903606	-0,207504	-0,221749					
algues productrices d'odeurs et goûts	0,903606	1,000000	-0,350534	-0,352547					
Algues colmatrices de filtres	-0,207504	-0,350534	1,000000	0,999515					
Œuf d'helminthe	-0,221749	-0,352547	0,999515	1,000000					

## DISCUSSION

Suite à l'analyse qualitative des algues dans les six points du continuum, il ressort que la chambre P1 représente la plus grande colonie d'algues, suivie des chambres P6, P2, P3 et P4. La chambre P5 représente la plus faible population algale.

Quant à l'analyse quantitative, P2 enregistre la plus forte concentration suivie de P1, P6, P4 et P3. La plus faible concentration est enregistrée à la chambre P5 (**Figure 14**).

Quant au regroupement des algues en fonction de leurs impacts sur la qualité de l'eau, le tableau 14 nous a permis d'identifier les chambres du continuum qui pourraient participer à la dégradation de la qualité de l'eau potable.

En effet la chambre P6 occupe la plus grande pollution avec les quatre groupes pollueurs du barrage en l'occurrence les œufs d'helminthes, les algues productrices de Goûts et d'odeurs, les algues productrices de toxines et les algues colmatrices de filtres.

La chambre P2 est la seconde chambre qui enregistre les algues dégradant la qualité de l'eau, suivie des chambres P1, P3 et P4. Les figures 14, 15 et 16 indiquent également que la chambre P5 est la chambre la moins polluante du continuum. Elle totalise les plus faibles concentrations de groupe dégradant la qualité de l'eau.

**Selon NEYA** *et al.*<sup>2</sup>, l'abondance de présence des groupes d'algues détériorant la qualité de l'eau dans le lac de Ziga, est due en grande partie aux actions anthropiques menées en général dans le bassin versant et en particulier dans la zone de servitude du lac du barrage de Ziga.

La surveillance par chambre du continuum a par ailleurs, permis de détecter des périodes (**Tableau 1**) sans charges algales et d'établir une grille de prélèvement d'eau de bonne qualité par prise. Cette grille a pour avantage, la prévention du relargage des goûts, d'odeurs et de toxines dans l'eau potable.

En effet, le tableau1, relatif aux concentrations algales a permis de détecter au niveau des prises d'eau (chambre P2 et P3) des périodes sans colonisation algale susceptible de détériorer la qualité de l'eau distribuée. Ces périodes dépourvues d'algues, observées durant les vingt-quatre mois d'échantillonnage, peuvent être utilisées pour ravitailler la station de traitement en eau brute sans risque. Cette opération d'optimisation de prises a pour avantages : fournir de l'eau dépourvue de goûts, d'odeurs, de toxines de THM et des œufs d'helminthes, car il n'y aura pas de lyse cellulaires susceptibles de causer la libération des éléments nuisibles<sup>12</sup>. Ce tableau intègre également les recommandations faites par J. Chlorus *et al.*<sup>8</sup>, à l'OMS, relatives aux normes de distribution d'eau potable en cas de présence majoritaire de Cyanophyta dans la population algale présente. Les résultats du tableau sont essentiellement issus des analyses obtenues des 288 échantillons récoltés de janvier 2014 à février 2016.

L'interprétation du tableau 1 offre quatre possibilités de prise d'eau brute de bonne qualité pour alimenter la station de traitement de Ziga. La prise d'eau de la chambre P2 peut alimenter la station durant les mois de février, mars, avril, mai et décembre car pendant ces périodes aucune charge algale n'a été détectée dans les échantillons.

La chambre P3 est dépourvue d'algues pour les mois de mai, août et décembre. Ces périodes sont sans risque car dépourvues d'algues et aucune lyse cellulaire n'est possible en vue de libérer des goûts, d'odeur et de toxines pour détériorer la qualité de l'eau. Le mois d'octobre de la chambre P3 a une charge algale de 59 200 cellules/ml. Elle peut être utilisée durant tout ce mois pour le ravitaillement de la station à condition d'effectuer des analyses de recherche de microcystine pour sécuriser la qualité de l'eau. Car la concentration de la chambre est située à l'alerte niveau 2 des travaux de Chlorus *et al.*<sup>8</sup>, et le genre d'algues est composé uniquement de *Microcystis* appartenant à l'embranchement des Cynophyta.

Les mêmes scenarii indiquent que les deux prises P2 et P3, peuvent alimenter de façon simultanée en eau brute la station pendant les mois de mai et décembre car ces périodes sont dépourvues de concentration algale dans les deux chambres.

La chambre P6 est celle dont les concentrations algales sont très élevées et composées majoritairement de cyanophyta. Elle regorge également des œufs d'helminthes que les autres chambres ne contiennent pas. Elle est aussi la dernière chambre avant l'injection des produits chimiques notamment le chlore.

À cet égard, les lyses cellulaires provoquées par les produits de désinfection en l'occurrence le chlore peuvent libérer des toxines et des flaveurs dans l'eau potable. La possibilité de libérer également des THM ou des acides halogénés (AHA) en fonction de la matière organique qu'elle héberge n'est pas négligeable. Cependant ces sous-produits de la chloration à des doses importantes sont incompatibles à la santé animale <sup>6,9,12</sup> voire à la santé humaine<sup>14-17</sup>.

Au regard de ces risques, la surveillance de cette chambre doit être continue. A défaut d'une surveillance soutenue de celle-ci, il serait souhaitable de reléguer au second plan les objectifs pour lesquels elle a été créée (oxydation naturelle des métaux) en bipassant la quantité d'eau qui la traverse.

A travers les résultats croisés de la chambre P6 avec les autres chambres, il est prétentieux de croire à la continuité d'une même population algale à surveiller depuis la zone de captage et tout au long du réseau d'adduction d'eau. La surveillance par chambre du continuum d'eau brute montre (**Figure 8**) que le développement algal d'une chambre du continuum peut se faire indépendamment de la population algale issue du réservoir de captage. Ces cas atypiques peuvent rapidement dégrader la qualité de l'eau potable et exposer les consommateurs en cas ou la fiabilité du suivi du réseau est

uniquement basée sur les barrières, les analyses de l'eau du captage et de ses environs (surveillance de la zone de servitude). Le cas de la présence du genre *Volvox* et de sa forte concentration dans la chambre P6 du continuum en est un exemple illustratif. Ce genre est totalement absent dans les chambres P1, P2, P3 et P4. Il n'est rencontré uniquement que dans la chambre P6. On a également constaté que des genres d'algues comme *Mougeotia, Cosmarium* et des œufs d'helminthes étaient présents dans la chambre P6 mais absents dans les cinq autres chambres.

Ce développement spécifique dans cette chambre peut s'expliquer par le contact air- eau. En effet, la P6 étant à ciel ouvert, il existe un échange entre sa surface et les éléments naturels de l'air, favorisant ainsi le développement d'un micro- écosystème différent de celui de la zone du réservoir de captage et des autres chambres.

Cette analyse des résultats mettant en relief l'émergence et la diversification des genres algaux par chambre, montre l'impérieuse nécessité d'effectuer une surveillance dans le continuum d'un réseau d'adduction d'eau potable malgré les barrières multiples installées tout au long de celui-ci.

## CONCLUSION

Le suivi des chambres du continuum a permis de déceler que les facteurs physico chimiques du barrage de Ziga durant les vingt-quatre mois n'ont pas évolué négativement par rapport aux normes d'exploitation de l'eau potable. Cependant, Il a permis de constater qu'il y a une différence importante de concentration de cellules algales par chambre et une diversification de genres d'algues. Durant le suivi, il a surtout été constaté des mois de l'année sans charge algale permettant une utilisation sans risque des prises de refoulement d'eau. Il a été également constaté des périodes où les deux prises de refoulement d'eau brute peuvent être utilisées de façon simultanée sans risque d'apport d'algues dans la station de traitement.

Le résultat innovant de cette surveillance est la connaissance continue de la carte de risque de refoulement d'eau brute dans la station, la maîtrise de la gestion des concentrations algales, la prévention de la qualité de l'eau traitée contre les toxines, les goûts, les odeurs, les THM et les œufs d'helminthes. En effet, Ce travail aura le mérite de détecter le plus tôt possible les différents types d'algues et leur concentration dans chaque étape du continuum. Ceci permet une prise en charge précoce des efflorescences algales et minimisera le relargage des métabolites algaux dans l'eau potable.

Il permet également de proposer durant toute l'année les prises à utiliser pour capter l'eau de bonne qualité, qui sans nul doute aura un effet positif sur le coût de traitement et améliorera la qualité de l'eau au bénéfice des consommateurs. En somme, les risques endogènes et exogènes sont connus et permanemment suivis. Cette méthode de surveillance par chambre du continuum d'eau brute, fait de ce travail un élément nouveau dans la gestion des algues des eaux de surface à multi usage.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1. Pierre BOURRELLY, Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les algues vertes. Edition N. BOUBEE & Cie, 1996, 3, Paris VI<sup>e</sup> 511 P.
- NEYA Bapiyan Augustin, KABRE Tinkoudou André Jean, SAWADOGO Moumouni, Première mise en évidence de l'émergence des algues dans le continuum d'adduction d'eau brute des stations de traitement pour la surveillance de la qualité de l'eau potable: cas du lac de barrage de ziga. Journal of chemical, biological and physical science;

section D: environnement et science;2017, DOI: <u>https://doi.org/</u> 10.24214/ jcbps. D.7.3.53958.

- PROULX, F., M.J. RODRIGUEZ, J.B. SÉRODES et L.F. MIRANDA, Factors influencing public perception and water use of municipal drinking water. Water Sci. Technol. Water Supp., 2010, 10, 472-485.
- 4. W.W. Carmichael, 2001; Health effects of toxin-producing cyanobacteria: "The CyanoHABs". Human and Ecological Risk Assessment, 2001,7, 5, 1393-1407.
- 5. J.Milot, M.J. Rodriguez, et J.B.Sérodes, J. B., 2000. Modeling the susceptibility of drinking water utilities to form high concentrations of trihalomethanes, Journal of Environmental Management, 2000, 60, 155-171.
- C.J.Mills, R.J. Bull, K.P. Cantor, J. Reif, S.E. Hrudey, et P.Huston, Workshop report. Health risks of drinking water chlorination by-products: report of an expert working group, Chronic Dis Can, 1998, 19, 91-102.
- 7. OMS, Recommandations, additif au Volume 1. *Dans* Directives de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition. OMS, Genève, Suisse, 1998.
- J. Chlorus et J. Bartran, Toxic Cyanobacteria in water. A guide to the public health consequences, monitoring and management" Publié au nom de l'OMS en 1999 par J. Chlorus et J. Bartran (E et FN Spon).
- 9. OMS, Trihalométhanes, In Directives de qualité pour l'eau de boisson; Volume 2 Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, 2000, 913-939.
- OMS, Algae and cyanobacteria in fresh water, p. 136-158. *In* Guidelines for safe recreational water environments. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2003.
- 11. OMS, Recommendations, Volume 1. *In* Guidelines for drinking-water quality. Third edition. World Health Organization, Geneva, Switzerland. Monitoring and Management, 2004, (p.41-111). London, E & FN Spon.
- 12. G.A.Boorman, Drinking water disinfection byproducts: review and approach to toxicity evaluation, Environ Health Perspect, 1999,107 Suppl 1, 207-217.
- 13. P. E. Perrson, Off-flavours in aquatic ecosystem-an introduction. Water Science &Technology, 1983, 15: 1-11
- 14. P.Levallois, Qualité de l'eau potable et trihalométhanes, Bulletin d'information en santé environnementale, 1997, 8(6), 1-4
- S.Pouria, A. de Andrade, J.Barbosa, R.L. Cavalcanti, V.T.S. Barreto, C.J. Ward, *et al.*, 1998. Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. 352: 21-26.
- 16. W.D.King, Epidemiological studies of disinfection by-products and cancer risk, In Microbial pathogens and disinfection by-products in drinking water: Health effects and management of risks (Eds, G.F. Craun, Hauchman, F.S. and Robinson, D.E.) ILSI Press, Washington, D.C., 2001, pp. 243-254.

17. S.M.F.O. Azevedo, W.W. Carmichael, E.M. Jochimsen, K.L.Rinehart, S. Lau, G.R. Shaw, *et al.*, Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. Toxicology, 2002, 181-182: 441-446.

#### \* Corresponding author: NEYA Bapiyan Augustin

\*Laboratoire de Surveillance Environnementale de l'ONEA ; \*Laboratoire de formation et de recherche en pêche et faune (LaRFPF) de l'Université de Bobo-Dioulasso. ONEA

01 BP 170 Ouagadougou 01 - Burkina Faso Tel. : (226) 25 43 19 00 à 08 Fax : (226) 25 43 19 22 On line publication Date: 31.07.2017