



HAL
open science

Evaluation du peuplement du phytoplancton dans les bassins d'une station d'épuration des eaux usées en milieu hospitalier (Centre hospitalier régional de Daloa, Côte d'Ivoire)

Yao Charles Sangne, Akoua Djinabou Kouman, Kobenan Pierre N'gouran,
Kouassi Bruno Kpangui, Yao Sadaïou Sabas Barima

► To cite this version:

Yao Charles Sangne, Akoua Djinabou Kouman, Kobenan Pierre N'gouran, Kouassi Bruno Kpangui, Yao Sadaïou Sabas Barima. Evaluation du peuplement du phytoplancton dans les bassins d'une station d'épuration des eaux usées en milieu hospitalier (Centre hospitalier régional de Daloa, Côte d'Ivoire). *Environnement, Ingénierie & Développement*, 2019, N°81 - septembre 2019, pp.43-53. 10.4267/dechets-sciences-techniques.4147 . hal-03157159

HAL Id: hal-03157159

<https://hal.science/hal-03157159>

Submitted on 11 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Evaluation du peuplement du phytoplancton dans les bassins d'une station d'épuration des eaux usées en milieu hospitalier (Côte d'Ivoire)

Assessment of phytoplankton community in the basins of a hospital wastewater treatment station (Côte d'Ivoire)

Yao Charles Sangne^{1,2,*}, Akoua Djinabou Kouman², Kobenan Pierre N'Gouran¹, Kouassi Bruno Kpangui¹, Yao Sadaïou Sabas Barima¹

(1) Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE) – UFR Environnement - Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire)

(2) UFR Environnement - Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire)

* Auteur correspondant : y_sangne@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La qualité du peuplement du phytoplancton au sein des bassins qui composent une station de type lagunage naturel à microphytes donne une indication sur son efficacité. Ainsi, la flore algale des eaux issues des trois (3) bassins de la station d'épuration des eaux usées du centre hospitalier régional de Daloa (Côte d'Ivoire), a été inventoriée grâce à des échantillons d'eau prélevés dans chaque bassin. Le phytoplancton des différents échantillons a été observé au microscope optique. De même, la composition du phytoplancton ainsi que la densité et l'indice planctonique de chacun des bassins ont été déterminés. Il ressort que la communauté phytoplanctonique des eaux issues des bassins est estimée à 63 taxons regroupés en 8 classes, 5 embranchements. Parmi ces 63 taxons, les Cyanophycées et les Chlorophycées sont plus diversifiées. L'indice planctonique a montré que les bassins sont dans un état eutrophe dû à une forte densité des Cyanobactéries au cours de la période d'étude. Par ailleurs, les résultats ont révélé une ressemblance entre la flore phytoplanctonique inventoriée dans chaque bassin, mais cette ressemblance est encore plus marquée entre le bassin anaérobie (bassin 1) et le bassin de maturation ou aérobie (bassin 3) avec un taux de 76,1 %. Ce qui est contraire au fonctionnement normal de la station.

MOTS-CLÉS : phytoplancton, diversité, lagunage naturel à microphytes, centre hospitalier régional, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

The quality of the phytoplankton community in the basins that composed a microphyte natural lagoon station gives an indication on its proper functioning. So, the algal flora of water from three (3) basins of the wastewater treatment station of the Regional Hospital Center of Daloa (Côte d'Ivoire) was inventoried, using water samples taken from each basin. The phytoplankton of the different samples were observed under an optical microscope. Similarly, the component of phytoplankton, the density and the planktonic index of each basin were determined. It's appeared that the community of phytoplankton from the basins was estimated at 63 taxa grouped into 8 classes, 5 phyla. The Cyanobacteria and Chlorophyceae are more diversified. The planktonic index showed that the basins are under an eutrophic state due to a high density of Cyanobacteria, which are indicators of pollution during the study period. In addition, the results revealed a similarity between the basins about the phytoplankton flora inventoried. But, this similarity is more marked (76.1%) between the anaerobic basin (basin 1) and the maturation or aerobic basin (basin 3). This is contrary to the normal functioning of the wastewater treatment station.

KEYWORDS: phytoplankton, diversity, Microphyte natural lagoon station, regional hospital center, Ivory Coast

Evaluation du peuplement du phytoplancton dans les bassins d'une station d'épuration des eaux usées en milieu hospitalier (Côte d'Ivoire)

Assessment of phytoplankton community in the basins of a hospital wastewater treatment station (Côte d'Ivoire)

Yao Charles Sangne, Akoua Djinabou Kouman, Kobenan Pierre N'Gouran, Kouassi Bruno Kpangui, Yao Sadaïou Sabas Barima

Introduction

Le traitement des eaux usées hospitalières avant leur rejet dans la nature constitue un véritable problème pour tous les pays. Ces eaux, en effet, concentrent d'importantes quantités de micro-organismes (dont certains sont multirésistants aux antibiotiques), de métaux lourds (en particulier le mercure et l'argent) et de produits chimiques toxiques (résidus médicamenteux, réactifs antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies, etc.). Les populations des pays en développement en sont les plus exposées du fait d'une insuffisance de traitement et d'évacuation des eaux usées en général et des eaux issues des centres de soin en particulier (El Ouali *et al.*, 2014). Les eaux usées constituent un danger croissant pour la santé humaine et le milieu naturel à cause de leurs charges en matières chimiques toxiques et en micro-organismes (bactéries, virus, parasites) pathogènes (Guiral *et al.*, 1993). Selon l'OMS (2004), 80 % des maladies qui affectent la population de la planète sont liées à la pollution des eaux. En effet, la plupart des micro-organismes qui sont à l'origine des grandes épidémies historiques sont d'origine hydrique. C'est pourquoi, le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau notamment les eaux usées sont plus qu'indispensables. En effet, les conséquences peuvent être accentuées lorsqu'il s'agit des déchets liquides provenant des formations hospitalières. Outre les eaux usées provenant des ménages, les déchets liquides issus des formations sanitaires sont plus riches en détergents, en produits chimiques et surtout en germes pathogènes et parasites (Evens *et al.*, 2001).

La gestion inappropriée des déchets liquides hospitaliers, pourrait constituer un risque de santé humaine à travers son infiltration dans le sol et son rejet dans les eaux de surface. Parmi les méthodes de traitement des eaux usées en général, le lagunage naturel à microphytes est utilisé depuis très longtemps dans les pays développés, puis Afrique du Nord et ces dernières années, en Afrique subsaharienne. Outre sa mise en œuvre facile et peu onéreuse (Guiral *et al.*, 1993), elle a toujours été citée comme une des plus performantes et des plus efficaces. En effet, plusieurs travaux (Zerhouni, 2003 ; El Hachemi, 2012 ; El Ouali *et al.*, 2014) ont montré que le lagunage à microphytes assure outre l'élimination des sels, les métaux lourds contenus dans les eaux usées. En Côte d'Ivoire plusieurs stations de ce type existent, dont la station de traitement et d'épuration (STEP) des eaux usées du CHR de Daloa créée depuis 1996 grâce à un financement de la BAD.

L'objectif lié à la création de cette station est de traiter naturellement les eaux usées issues du CHR de Daloa. L'exutoire de la station de Daloa est un bas-fond marécageux traversé par un cours d'eau et où se pratiquent les cultures maraîchères et la riziculture irriguée. Aujourd'hui, soit 23 ans après sa mise en service, la STEP du CHR de Daloa constituée de trois bassins, bien qu'elle continue de recevoir les eaux usées provenant des différents services semble délaissée. En effet, le réseau de collecte et de drainage des eaux usées vers la STEP composé de canaux techniques, est en mauvais état du fait d'une mauvaise utilisation (introduction d'objets non biodégradables) par les acteurs (personnel du CHR et patients). De même, le non curage régulier des canaux a occasionné l'obstruction de certains conduits aussi bien en amont qu'en aval de la station d'épuration. Enfin, un autre fait remarquable est l'envahissement notoire des bassins qui composent la station d'épuration par les végétaux supérieurs. Tous ces constats suscitent plusieurs interrogations notamment sur l'efficacité du fonctionnement des bassins de la STEP de ce centre hospitalier. En effet, le fonctionnement optimum de telles stations est fortement dépendant de l'action symbiotique entre les peuplements de bactéries et de micro-algues. Parmi ces microorganismes, les algues sont connues pour leur sensibilité et leurs exigences écologiques.

L'hypothèse que se propose de vérifier l'étude est que le peuplement algal des trois bassins de la STEP est qualitativement et quantitativement identique. Pour ce faire, la présente étude se propose d'examiner la qualité du peuplement algal des différents bassins qui constituent la STEP du CHR de Daloa. Spécifiquement, il s'agira de (1) inventorier le phytoplancton dans chaque bassin de la STEP, (2) d'évaluer la qualité du peuplement phytoplanctonique de chaque bassin.

I. Matériel et méthodes

I.1 Situation de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire dans l'enceinte du Centre Hospitalier Régional de Daloa. Elle a porté sur les eaux des bassins de la STEP de cet établissement de soins. Trois (3) bassins de forme rectangulaire composent la STEP du CHR de Daloa, à savoir : un bassin anaérobie (bassin 1) de 42 m de longueur sur 31 m de largeur pour une profondeur de 2,3 m ; un bassin facultatif (bassin 2) et un bassin de maturation (bassin 3) de mêmes dimensions (42 m de longueur sur une largeur de 29 m pour une profondeur de 1,2 m) (figure 1).

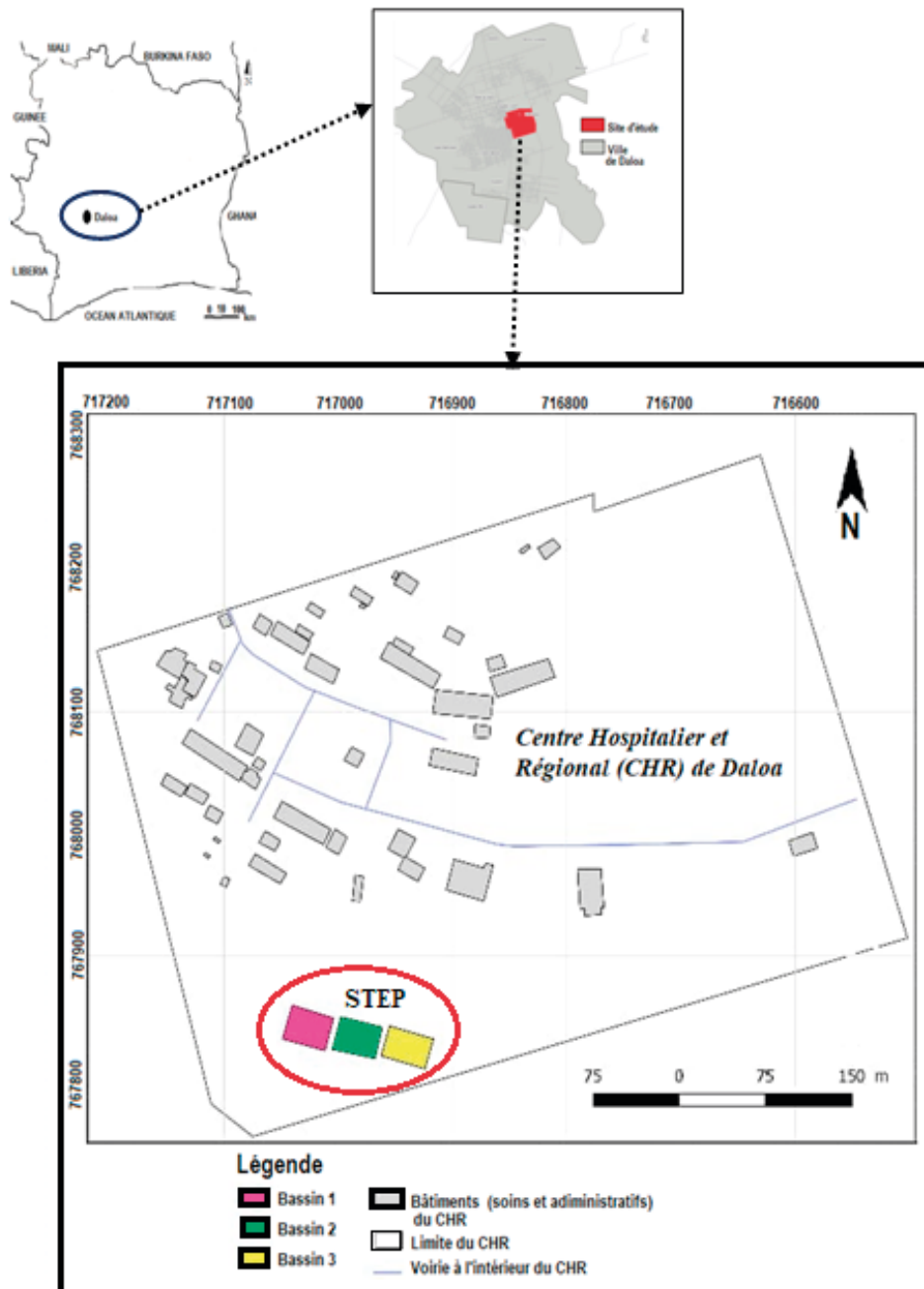


Figure 1. Localisation de la STEP du CHR de Daloa (Côte d'Ivoire)

1.2 Echantillonnage et analyse des micro-algues

1.2.1 Plan d'échantillonnage

Plusieurs campagnes d'échantillonnage ont été effectuées durant le deuxième semestre de l'année 2018. Au cours de chaque campagne, des prélèvements d'eau ont été effectués à l'aide d'une puisette (seau de 5 litres) à l'entrée et à la sortie de chaque bassin, trois fois par jour (matin, midi et soir). L'expérience est répétée 4 fois afin d'obtenir un volume d'eau de 20 litres. Les micro-algues sont recueillies

par filtration à partir d'un filet à plancton de 20 μm de vide de maille (qui permet de concentrer les organismes). Par suite, elles ont été fixées avec du formol à 5 % et conservées dans des bocaux (piluliers) étiquetés de 50 ml.

Au total, 72 échantillons d'eau ont été prélevés à raison de 24 échantillons/bassin.

Au cours des différentes campagnes d'échantillonnage, certains paramètres notamment la température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés *in-situ* grâce à un multi paramètres Hach HD40D.

1.2.2 Inventaire et dénombrement du phytoplancton

Au laboratoire, une goutte d'eau prélevée contenant du phytoplancton au fond de chaque bocal est montée entre lame et lamelle. La préparation est observée au microscope. Les différentes espèces phytoplanctoniques ainsi observées ont été photographiées à l'aide d'un appareil photo numérique. Sur la base de travaux antérieurs et de clés d'identification à savoir Bourrelly (1966, 1968), Bourrelly et Couté (1986), Komárek et Anagnostidis (1989, 1999, 2005), les différentes espèces observées ont été identifiées puis classées selon le modèle « algaebase ». La densité du phytoplancton a été calculée par dénombrement à l'aide d'une cellule de Neubauer.

1.3. Analyses du peuplement du phytoplancton issu des eaux des bassins de la STEP

1.3.1 Richesse spécifique au sein des bassins

Pour chaque bassin de la STEP, la richesse spécifique désigne le nombre total de taxons inventoriés. La richesse globale par la suite regroupe l'ensemble des listes de taxons de chaque bassin.

1.3.2 Diversité des taxons

Pour évaluer la diversité des taxons du peuplement phytoplanctonique de chaque bassin, l'indice (H') de diversité de Shannon et Weaver a été utilisé. Sa formule mathématique est la suivante :

$$H' = - \sum((n_i/N) \times \log_2(n_i/N)) \quad (1)$$

n_i = effectif de chacun des n taxons du bassin

N = effectif total des taxons d'un bassin

H' varie de 0 (un seul taxon est présent) à $\log_2 S$ (tous les taxons présents ont une même abondance).

A l'indice de diversité de Shannon et Weaver, a été couplé l'indice d'équitabilité de Pielou afin de rendre compte de la régularité de la distribution et/ou l'abondance relative de chaque taxon. Ce dernier se calcule selon l'équation :

$$E = H' / \log_2(S) \quad (2)$$

Avec S : nombre total de taxons dans un échantillon, H' : indice de Shannon et Weaver

E varie de 0 à 1. Cet indice se rapproche de 1 lorsque toutes les espèces tendent à avoir une même abondance. Il est inférieur à 0,80 lorsque quelques espèces, plus résistantes aux conditions du milieu, prédominent.

1.3.3 Indice planctonique

L'indice planctonique est estimé par la présence et l'abondance relative de différents groupes algaux. Il est calculé par la formule suivante :

$$I_{pl} = \text{moyenne} (\sum Q_i \times A_j) \quad (3)$$

Où Q_i est le coefficient attribué à chaque groupe d'algues et A_j est la classe d'abondance relative de chaque groupe d'algues. Les coefficients de chaque groupe algal sont attribués dans le tableau 1 et les classes d'abondance relative de chaque groupe d'algue dans le tableau 2.

Tableau 1. Valeur du coefficient attribué (indice planctonique) à chaque groupe algal

| Groupe algal | Q_i |
|---------------------------------|-------|
| Desmidiées | 1 |
| Diatomées | 3 |
| Chrysophycées | 5 |
| Dinophycées et Cryptophycées | 9 |
| Chlorophycées (sauf Desmidiées) | 12 |
| Cyanophycées | 16 |
| Eugléniens | 20 |

Tableau 2. Classes d'abondance relative de chaque groupe algal

| Abondance relative | A_j |
|--------------------|-------|
| 0 à ≤ 10 | 0 |
| 10 à ≤ 30 | 1 |
| 30 à ≤ 50 | 2 |
| 50 à ≤ 70 | 3 |
| 70 à ≤ 90 | 4 |
| 90 à ≤ 100 | 5 |

Il est interprété selon la grille suivante :

- Indice planctonique entre 0 et 20 : niveau trophique oligotrophe
- Indice planctonique entre 21 et 50 : niveau trophique mésotrophe
- Indice planctonique entre 51 et 100 : niveau trophique eutrophe.

1.3.4 Ressemblance de la flore algale des différents bassins

L'indice de similarité a permis d'évaluer la ressemblance de la flore algale entre les différents bassins de la STEP à l'aide du coefficient de similarité de Sørensen (C_s) dont l'expression mathématique est :

$$C_s = 100 \times 2C/a + b \quad (4)$$

Avec C_s : coefficient de similitude ; a : nombre d'espèces du bassin A ; b : nombre d'espèces du bassin B ; c : nombre d'espèces communes aux bassins A et B.

Les valeurs de C_s varient entre 0 et 100 %. Plus les listes issues de chaque bassin ont des espèces en commun, plus C_s tend vers 100 %. Plus les deux listes sont différentes, plus la valeur de C_s tend vers 0.

2. Résultats et discussion

2.1 Résultats

2.1.1 Variation des paramètres physico-chimiques dans les bassins

Les paramètres physico-chimiques tels que la température et le pH ont peu varié d'un bassin à un autre ($p > 0,05$). Seule la conductivité électrique a significativement varié de 336,57 $\mu\text{S/cm}$ (bassin 1) à 455,16 $\mu\text{S/cm}$ (bassin 2) avec une moyenne plus élevée dans le bassin 2 qu'au niveau des deux autres bassins (tableau 3).

Tableau 3. Valeurs moyennes de Température, pH et Conductivité des bassins de la STEP du CHR de Daloa

| | Température (°C) | pH | Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) |
|-----------------|------------------|-------|-----------------------------------|
| Bassin 1 | 28,83 | 9,36 | 336,57 |
| Bassin 2 | 28,76 | 10,23 | 455,16 |
| Bassin 3 | 29,55 | 9,62 | 398,67 |

2.1.2 Composition taxonomique

Les observations des différents échantillons prélevés dans les bassins de traitement des déchets liquides du CHR de Daloa, ont permis de mettre en évidence 63 taxons de phytoplancton. Ces taxons se répartissent en 5 embranchements, 8 classes, 14 ordres, et 34 genres (tableau 4). L'embranchement des Cyanoprocaryota avec 37 taxons (58,73 %) est le plus diversifié, suivi de celui des Chlorophyta composé de 20 taxons (31,75 %) et des Bacillariophyta constitué de 3 taxons (4,76 %). Les Euglenozoa avec 2 taxons soit (3,17 %) et les Miozoa avec 1 seul taxon soit (1,59 %) sont les moins représentés.

Parmi les Cyanoprocaryota, les ordres des Synechococcales (14 taxons) et Nostocales (10 taxons) sont les plus diversifiés. L'ordre des Synechococcales et des Nostocales est composé de 6 genres chacun. L'ordre des Synechococcales est dominé par les genres *Romeria* et *Merismopedia* avec respectivement 4 et 3 taxons. Quant à l'ordre des Nostocales, c'est le genre *Anabaenopsis* qui est le plus abondant avec 3 taxons.

Des 20 taxons de l'embranchement des Chlorophyta, 9 appartiennent à l'ordre des Sphaeropleales. Cet ordre est composé seulement du genre *Scenedesmus* avec 9 taxons. Quatre (4) taxons appartiennent à l'ordre des Desmidiiales, il en est de même pour l'ordre des Chlamydomonales. Enfin, l'ordre des Chlorellales comporte 3 taxons.

L'embranchement des Bacillariophyta quant à lui est constitué de 3 taxons appartenant aux ordres des Naviculales (2 taxons) et Rhizosoleniales (1 taxon).

Le nombre de taxons des Miozoa et des Euglenozoa est faible comparativement aux 3 premiers groupes. Ces embranchements sont représentés respectivement par les ordres des Peridinales et des Euglenales avec respectivement un (1) et deux (2) taxons.

Les taxons inventoriés dans les bassins se répartissent comme suit : 47 taxons ont été récoltés dans le bassin 1 contre 37 taxons collectés dans le bassin 2 et 44 taxons récoltés dans le bassin 3 (tableau 4).

Parmi les 63 taxons inventoriés, *Anabaena* sp, *Microcystis aeruginosa*, *Nodularia spumigena*, *Nostoc* sp1, *Nostoc* sp2, *Oscillatoria* sp et *Oscillatoria tenuis* peuvent sécréter des toxines mortelles pour l'homme.

2.1.3 Densité des communautés des micro-algues dans les bassins de la STEP de CHR de Daloa

Les valeurs de la densité totale du phytoplancton enregistrées dans les bassins oscillent entre 1340 10^{10} et 2371,5 10^{10} Cell/L (figure 2). La densité maximale a été enregistrée dans le bassin 3 (2372,5 10^{10} Cell/L). La plus faible valeur a été obtenue dans le bassin 1 (1340 10^{10} Cell/L). Dans les trois bassins, on observe une forte contribution des Cyanobacteria et des Chlorophyta.

Le graphe de l'abondance relative des différents groupes d'algues indique une nette prédominance des Cyanobacteria avec des proportions allant de 54,73 à 76,11 % dans les 3 bassins (figure 3). Elles sont suivies des Chlorophyta (16,73 à 42,78 %). Les Bacillariophyta, les Miozoa et les Euglenozoa ont été moins représentés avec des proportions respectives de 0,21 à 3,36 % ; 0,33 à 0,74 % ; 1,26 à 3 %.

Tableau 4. Liste taxonomique du phytoplancton inventorié dans les bassins 1, 2 et 3. (x) : présence du taxon

| CYANOPROCARYOTA | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|
| CYANOBACTERIA | | | |
| Chroococcales | Bassin 1 | Bassin2 | Bassin3 |
| <i>Chroococcus giganteus</i> G.M.Smith | x | | |
| <i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli | | x | |
| <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli | x | | x |
| <i>Gloeocapsa rupestris</i> Kützing | x | x | x |
| Pleurocapsales | | | |
| <i>Pseudocapsa dubia</i> Ercegović | x | x | x |
| Synechococcales | | | |
| <i>Merismopedia punctata</i> Meyen | x | x | x |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann | x | | |
| <i>Merismopedia warmingiana</i> (Lagerheim) Forti | x | | x |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing.) Kützing. | x | x | x |
| <i>Microcystis robusta</i> (Clark) Nygaard | x | x | x |
| <i>Planktolyngbya circumcreta</i> (G.S.West) Anagn. | x | | x |
| <i>Planktolyngboya microspira</i> Komarek & Cronberg | x | | x |
| <i>Pseudanabaena raphidioides</i> Geitler | x | x | x |
| <i>Pseudanabaena acicularis</i> (Nygaard) | x | x | |
| <i>Romeria chlorina</i> Böcher | x | | |
| <i>Romeria leopoliensis</i> (Raciborski) Komárek | | | x |
| <i>Romeria</i> sp 1 | x | x | x |
| <i>Romeria</i> sp2 | | | x |
| <i>Synechocystis</i> C. Sauvageau & Rippka | x | x | |
| Oscillatoriales | | | |
| <i>Borzia</i> sp. | x | x | x |
| <i>Phormidium</i> sp. | x | x | |
| <i>Phormidium puteale</i> (Montagne ex Gomont) | x | x | |
| Spirulinales | | | |
| <i>Glaucospira</i> sp 1 | | | x |
| <i>Glaucospira</i> sp2 | | | x |
| <i>Glaucospira</i> sp3 | x | | x |
| <i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont | x | | x |
| <i>Spirulina tenerrima</i> Kützing ex Gomont | x | | x |
| Nostocales | | | |
| <i>Anabaena</i> sp. | x | | x |
| <i>Anabaenopsis arnoldii</i> Aptekar | x | | x |
| <i>Anabaenopsis circinalis</i> (G.S.West) | x | | x |
| <i>Anabaenopsis</i> sp. | | | x |
| <i>Nostoc</i> sp.1 | | x | x |
| <i>Nostoc</i> sp.2 | | x | x |
| <i>Nodularia spumigena</i> (Mertens ex Bornet) | x | | x |
| <i>Raphidiopsis</i> sp. | x | x | x |
| <i>Oscillatoria</i> sp. | | x | |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont | x | | |

| CHLOROPHYTA | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------|
| CHLOROHYCEAE | | | |
| Sphaeropleales | Bassin 1 | Bassin2 | Bassin3 |
| <i>Scenedesmus acunae</i> Comas | x | x | x |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagreh) Chodat | x | x | x |
| <i>Scenedesmus acutus</i> Meyen | x | x | x |
| <i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott | x | x | x |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat | | x | x |
| <i>Scenedesmus obtutus</i> f. <i>alternans</i> Meyen emend. | | x | x |
| <i>Scenedesmus</i> sp.1 | x | x | x |
| <i>Scenedesmus</i> sp.2 | x | x | x |
| <i>Scenedesmus</i> sp.3 | x | x | x |
| Chlamydomonadales | | | |
| <i>Pandorina morum</i> (O.F.Mull.) Bory | | x | |
| <i>Pandorina</i> sp. | | x | |
| <i>Tetraspora</i> sp. | x | x | x |
| <i>Tetrasporidium</i> sp. | x | x | x |
| TREBOUXIAPHYCEAE | | | |
| Chlorellales | | | |
| <i>Chlorella minutissima</i> Beijerinck | x | x | x |
| <i>Oocystis</i> sp. | x | x | |
| <i>Saturnella cortiola</i> (Skuja) Fott | x | x | x |
| CONJUGATOPHYCEAE (ZYGNEMATOPHYCEAE) | | | |
| Desmidiiales | | | |
| <i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs | x | | |
| <i>Closterium</i> sp. | | x | |
| <i>Cosmarium depressum</i> Bailey | x | | |
| <i>Cosmarium</i> sp. | | x | |
| BACILLARIOPHYTA | | | |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | |
| Naviculales | | | |
| <i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenh. | x | | |
| <i>Navicula</i> sp. | x | x | x |
| COSCINODISCOPHYCEAE | | | |
| Rhizosoleniales | | | |
| <i>Guinardia</i> sp. | x | | x |
| MIOZOA | | | |
| DINOPHYCEAE | | | |
| Peridinales | | | |
| <i>Peridinium</i> sp. | x | | x |
| EUGLENOZOA | | | |
| EUGLENOPHYCEAE | | | |
| Euglenales | | | |
| <i>Phacus</i> sp. | x | | x |
| <i>Strombomonas ovalis</i> (Playfair) Deflandre | | x | |
| TOTAL DES TAXONS | 47 | 37 | 44 |

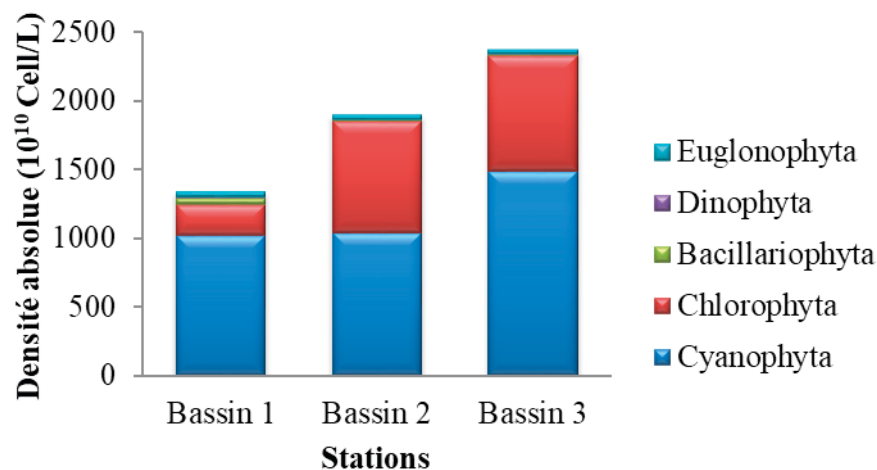


Figure 2. Densité absolue du phytoplancton dans les bassins 1,2 et 3

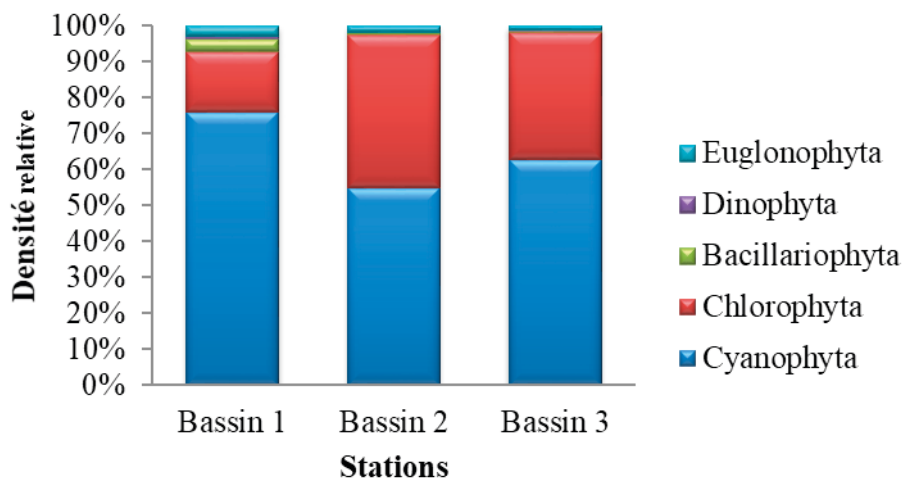


Figure 3. Densité relative du phytoplancton dans les bassins 1,2 et 3

2.1.4 Diversité du peuplement algal des bassins de la STEP du CHR de Daloa

Les valeurs des indices de diversité de Shannon (H') et d'Équitabilité (E) sont consignées dans le tableau 5. Les valeurs des indices de Shannon-Weaver oscillent entre 4,91 et 5,33. La valeur la plus faible (soit 4,91) a été enregistrée dans le bassin 2 et la plus élevée (5,33) dans le bassin 1. Les bassins sont moins diversifiés dans l'ensemble. Cependant, le bassin 1 est plus diversifié que les 2 autres.

En ce qui concerne l'équitabilité, elle varie de 0,93 à 0,97. Ces valeurs ont été respectivement observées dans le bassin 3 et le bassin 1.

Tableau 5. Valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver (H') et d'équitabilité (E) enregistrées dans les différents bassins

| | Bassin 1 | Bassin 2 | Bassin 3 |
|-----------|----------|----------|----------|
| H' | 5,33 | 4,91 | 5,17 |
| E | 0,97 | 0,94 | 0,93 |

2.1.5 Indices planctoniques des bassins de la STEP du CHR de Daloa

Le tableau 6 nous présente les valeurs de l'indice planctonique de chaque bassin de la station d'épuration du CHR de Daloa. Ces valeurs sont toutes supérieures à 50 et sont dans l'ensemble similaires dans tous les trois bassins.

Tableau 6. Valeur de l'indice planctonique calculé pour chaque bassin

| Bassin | Valeur de l'indice |
|-----------------|--------------------|
| Bassin 1 | 54,09 |
| Bassin 2 | 52,56 |
| Bassin 3 | 55,93 |

2.1.6 Similarité entre les bassins de la STEP du CHR de Daloa

Le tableau 7 présente les valeurs indiquant le degré de ressemblance entre les différents bassins. Ces valeurs sont toutes supérieures à 50 %. La valeur la plus élevée (76,1 %) a été obtenue entre les bassins 1 et 3 et la moins élevée (61,9 %) a été obtenue entre les bassins 1 et 2. On peut donc dire que dans l'ensemble, la composition spécifique du phytoplancton dans les trois bassins (1, 2 et 3) est sensiblement la même. Cependant, cette similarité est plus forte entre les bassins 1 et 3 (76,1 %).

Tableau 7. Coefficients de similitude de Sørensen (%) calculés entre les différents bassins

| | Bassin 1 | Bassin 2 | Bassin 3 |
|----------|----------|----------|----------|
| Bassin 1 | 1 | | |
| Bassin 2 | 61,9 | 1 | |
| Bassin 3 | 76,1 | 63,4 | 1 |

2.2 Discussion

Les paramètres physico-chimiques mesurés (température, pH et conductivité) dans les trois bassins (1, 2 et 3) sont élevés dans l'ensemble. Pour la conductivité électrique, les valeurs enregistrées variant entre 336,57 et 455,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indiquent que les eaux des bassins ont une minéralisation importante. Ce qui pourrait se justifier par les températures relativement élevées (28,76°C à 29,55°C) dans les différents bassins, accompagnées de pH alcalins (9,36 à 10,23) (Merghem *et al.*, 2016). Cependant, des valeurs de conductivité supérieures à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (conductivité de l'eau douce) peuvent être attribuées à la présence d'éléments dissouts (Laniel M., 2013) dans le milieu notamment les nutriments qui seraient contenus dans les eaux usées provenant des différents services des centres hospitaliers (Guiral *et al.*, 1993 ; Adjahouinou *et al.*, 2012).

Par ailleurs, de telles valeurs enregistrées au niveau des paramètres abiotiques (températures et pH) sont favorables au développement des micro-algues appartenant aux embranchements des Cyanoprocaryota et des Chlorophyta, dont une diversité élevée de la richesse taxonomique a été observée au cours de la période d'étude. Ces embranchements ayant une forte affinité pour les milieux à pH et température élevés (Assougnon *et al.*, 2017).

Ainsi, la densité des Cyanoprocaryota est élevée dans les trois bassins avec une contribution forte des espèces telles que,

Microcystis aeruginosa, *Microcystis robusta*, *Spirulina major* et *Gloeocapsa rupestris*. Cette densité élevée coïncide avec les valeurs élevées de température qui sont comprises entre 28,76 et 29,55°C au niveau des eaux des bassins durant la période de l'étude. Selon plusieurs travaux dont Robart *et al.* (1996), Imai *et al.* (2009), El Hachemi *et al.* (2012) et Adon *et al.* (2017), les Cyanoprocaryota possèdent un optimum de croissance situé entre 28°C et 32°C bien qu'elles soient capables de tolérer et de survivre à des températures moins élevées. Toutefois, cette prédominance des Cyanoprocaryota dans les bassins n'est pas le fait d'un grand nombre de taxons recensés dans cet embranchement mais plutôt, est due au plus grand nombre de cellules qui possèdent les genres filamenteux et coloniaux tels que *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Nodularia* et *Microcystis*, ainsi qu'aux genres *Merismopedia* et *pseudocapsa*. En outre, ces taxons peuvent s'adapter à des conditions environnementales extrêmes pour proliférer (Codd, 1998)

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon calculées (4,91 à 5,33), permettent d'affirmer que les eaux des différents bassins de la STEP du CHR, pendant la période de l'étude, sont diversifiées en phytoplancton. Or, selon les travaux de Frontier (1983), dans les milieux exceptionnellement diversifiés, l'indice de Shannon ne dépasse guère 4,5. En réalité, les valeurs élevées de cet indice dans la présente étude se justifient par le fait que la population n'est pas soumise à l'influence d'une seule espèce qui se développe, mais plutôt, à un fort développement de plusieurs individus différents comme l'ont montré les travaux de Dibong et Ndjouondo (2014).

Les valeurs d'indice d'équitabilité de 0,93 à 0,97 (sensiblement proches de 1), conséquence d'une répartition de manière équitable des taxons dans les différents bassins confirment que ceux-ci y trouvent les conditions favorables à leur développement. Le développement d'un taxon dans le milieu ne semble donc pas avoir d'effet négatif sur celui d'un autre. Par ailleurs, les valeurs de l'indice planctonique supérieures à 50 permettent de déduire que les bassins de la station d'épuration (STEP) du CHR sont eutrophes. En effet, bien qu'ils n'ont pas été dosés dans cette étude, il n'est pas exclu que les eaux provenant des différents services du CHR soient riches en nutriments. A cela, il faut associer la profondeur relativement faible des différents bassins (1,2 m de profondeur pour la valeur inférieure dans les bassins 2 et 3 à 2,3 m pour la valeur supérieure dans le bassin 1), lesquels n'ont jamais été curés depuis la mise place de la STEP. Ces facteurs traduisent indubitablement l'eutrophie des bassins. Cet état de fait a été signalé par les travaux de Komárek et Anagnostidis (2005), qui stipulent que les Cyanobactéries sont généralement rencontrées dans les réservoirs peu profonds riches en nutriments. Par ailleurs, il faut rappeler que les eaux étudiées sont celles issues d'une station d'épuration à microphytes. Le principe de telles stations qui est la stagnation prolongée des eaux pourrait justifier la forte prolifération des Cyanobactéries dans les bassins étudiés.

L'analyse des coefficients de similitude entre les différents bassins a mis en évidence de grandes ressemblances entre les compositions phytoplanctoniques des bassins comparés 2 à 2. La ressemblance est plus grande (76,1 %) entre le bassin 1 (situé en amont) et le bassin 3 (situé en aval). Ce qui est contraire au fonctionnement normal de la STEP du CHR. En effet, dans le fonctionnement normal de la STEP, les eaux issues du dernier bassin 3 devraient présenter un caractère relativement plus « potable », leur épuration étant assurée par des algues eucaryotes dont la population y est supposée être plus importante. Les eaux ainsi épurées peuvent être rejetées dans le milieu récepteur (dans le milieu environnant) sans toutefois présenter de danger. Dès lors, l'eutrophisation favorisée par la présence de Cyanoprocaryota notamment *Microcystis aeruginosa*, *Nodularia spumigena*, dont les toxines sont potentiellement hépatotoxiques et/ou neurotoxiques (Carmichael, 1994) dans le bassin 3 constitue donc un danger. Les eaux de ce dernier bassin rejetées dans le milieu récepteur (zone de bas-fond permanemment occupée par des agriculteurs urbains), en effet, sont réutilisées par les agriculteurs urbains pour irriguer ou arroser leurs cultures. La qualité du peuplement du bassin 3 permet de conclure que la STEP ne semble pas jouer normalement son rôle d'assurer l'épuration des eaux usées issues des différents services du CHR de Daloa, avant leur rejet.

Conclusion

L'inventaire des différents bassins qui composent la station de traitement et d'épuration des eaux usées (STEP) du CHR de Daloa a permis de dénombrer au total 63 taxons répartis dans 5 embranchements dont l'embranchement des Cyanoprocaryota est le plus abondant dans les trois bassins. La prédominance des Cyanoprocaryota dans les bassins et dans le bassin aérobie (bassin 3) en particulier laisse supposer que la STEP du CHR de Daloa n'est plus efficace. Dans un tel contexte, le rejet des eaux par-dessus bord (les conduits en aval étant obstrués) après de fortes pluies et leur réutilisation par les agriculteurs urbains pourraient être sources de graves problèmes de santé publique. A ce jour, la prise en compte de ces risques exige d'une part une réhabilitation de la STEP, accompagnée de la mise en place d'une véritable équipe de veille afin de garantir dans la durabilité son bon fonctionnement.

Cette étude n'aurait pas été possible sans la collaboration du Centre Hospitalier Régional de Daloa, à travers son service technique.

Références bibliographiques

- Adjahouinou D.C., Liady N.D., Fiogbe E.D. (2012). Diversité phytoplanctonique et niveau de pollution des eaux du collecteur de Dantokpa (Cotonou-Bénin). International Journal of Biological Chemical Sciences, 6(5), pp. 1938-1949. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.4>
- Adon M.P., Niamien-Ebrotte J.E., Konan K.F., Azah C.N., Ouattara A., Gourene G. (2017). Qualité des eaux du Bandama-Blanc (Cote d'Ivoire) et de ses affluents soumis à de fortes activités anthropiques à partir de la microflore algale. Agronomie Africaine, 29(2), pp.159-175. <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/164705>
- Assougnon D.L., Agadjihouédé H., Kokou K., Lalèyè A.P. (2017). Caractérisation physico-chimique et diversité du peuplement phytoplanctonique des mares au sud de la réserve de faune de Togodo (Sud-Togo). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(4), pp. 1920-1936. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.40>
- Bourrelly P. (1966). Les algues d'eau douce, Initiation à la systématique Tome I, Les algues vertes. Editions N. Boubée & Cie, Paris (France), 511 p.
- Bourrelly P. (1968). Les algues d'eau douce, Initiation à la systématique. Tome II : Les algues jaunes et brunes (Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées). Editions. N. Boubée & Cie, Paris (France), 517 p.
- Bourrelly P., Couté A. (1986). Algues d'eau douce de l'île Maurice (Diatomées exclues). Revue d'hydrobiologie tropicale, 19(2), pp. 131-158.
- Carmichael W.W. (1994). The Toxins of Cyanobacteria. Scientific American, 270(1), pp. 78-86. <https://www.jstor.org/stable/24942554>
- Codd G.A. (1998). Cyanobacterial blooms and toxins in fresh, brackish and marine waters. In Harmful Algal News, 16 : 13-17.
- Dibong S.D., Ndjouondo G.P. (2014). Inventaire floristique et écologie des algues des rivières Kambo et Longmayagui de la zone humide de Douala (Cameroun). International journal of biological and chemical sciences, 8(6), pp. 2560-2577. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.18>
- El Hachemi O., El Halouan H., Mieziene M., Torrens A., Salgot M., Sbaa M. (2012). Étude des performances épuratrices dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique (Oasis de Figuig-Maroc) : aspect bactérien et organique. Revue de Microbiologie Industrielle, Sanitaire et Environnementale, 6(2), pp. 84-97.
- El Ouali Lalami A., Zanibou A., Bekhti K., Zerrouq F., Merzouki M. (2014). Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc. Journal of Material and Environmental Science, 5(51): 2325-2332.
- Evens E., Blanchard J.M., Keck G., Perrodin Y. (2001). Caractérisation chimique, biologique et écotoxicologique des effluents hospitaliers. Déchets sciences et techniques, 22, pp : 31-33. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.1359>
- Frontier S. (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. Editions Masson, les Presses de l'Université de Laval, 494 p.
- Guiral D., Bouvy M., Arfi R., Bambara S. (1993). Ecologie de bassins de lagunage pour le traitement d'effluents domestiques en milieu tropical (Côte d'Ivoire).

Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie, 2(1), pp. 19-41. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:42261>

Imai H., Chang K.H., Kusaba M., Nakano S.I. (2009). Temperature-dependent dominance of *Microcystis* (Cyanophyceae) species : *M. aeruginosa* and *M. wesenbergii*. *Journal of Plankton Research.*, 31(2), pp. 171-178. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbn110>

Komárek J., Anagnostidis K. (1989). Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4. Nostocales. *Algological Studies*, 56, pp: 247-345.

Komarek J., Anagnostidis K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. Teil : Chroococcales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 19(3), pp. 1-548.

Komarek J., Anagnostidis K. (2005). Cyanoprokaryota 2. Teil : Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 19(2), pp : 1-759.

Laniel M. (2013). Guide d'information. Suivi complémentaire de la qualité de l'eau 2005-2012. CRE Laurentides, 28 p. https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/guides/Guide_Multisonde.pdf

Merghem K.A., El Halouani H., Alnedhary A.A., Dssouli K., Gharibi E., Alansi R.Q., al-Nahmi F. (2016). Etude de l'impact des rejets d'eaux usées brutes et épurées sur la qualité de l'Oued Bani Houat (Bassin de Sanaa): Etude spatio-temporelle. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(5), pp. 1516-1530.

OMS (2004). Guidelines for drinking-water quality. Third edition. Volume 1. Recommendations. Ed. WHO, Geneva, 515 p. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf

Robarts R., Zohary T., Pais-Madeira A., Hambright K. (1996). Interannual phytoplankton dynamics of a hypertrophic African lake. *Archiv für Hydrobiologie*, 136, pp. 105-126.

Zerhouni R.A. (2003). Flore algale des eaux usées de la ville de Fès et étude de la capacité de certaines espèces à éliminer la charge azotée, phosphatée et quelques métaux lourds (Chrome et Cadmium). Thèse de doctorat. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc. 153 p.