

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Département : Science de la Nature et de Vie

Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Intitulé

Evaluation de la qualité physico chimique des cyanobactéries des eaux de barrage Zit-Emba (Wilaya de Skikda)

Présenté par :

Melle Chelbeb Nour El Houda

Melle Fenni Aya

Melle Reffed Aasma

Devant le membre du jury

Dr. Taleb Y (MAB)

Présidente

Université de Guelma

Dr. Athamnia M (MCA)

Examineur

Université de Guelma

Dr. Touati H (MCB)

Encadrant

Université de Guelma

Juin 2023

Remerciement

Nous remerciments vont au premier lieu au membre de jury

Docteur Taleb Y, Docteur Athamnia M, pour leur présence et leur lecture attentive de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent particulièrement au **Docteur Touati Hassen**, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.

Également des remerciements à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie 8 mai 1945 Guelma en général.

*Enfin, merci à toute personne ayant contribué de près ou de loin
à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

A mes chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez donné pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'Amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre amour m'accompagne toujours.

Ce travail soit l'exaucement de vos vœux, le fruit de vos sacrifices. Finalement j'espère que dieu vous accorde la bonne santé et une vie pleine de bonheur.

A mon cher frère, Abd El rahime et mes chères sœurs Yasmine et Mayssoune que j'aime tellement, qui sont tout donné pour que je puisse arriver à mon but que dieu les protégés pour moi.

A mon cher fiancé, ma source de bonheur pour son soutien moral que dieu le bénisse et que la vie lui donne tout ce qu'il désire

Et finalement, à tout ma famille et toute mes cher amies, Amani et Nour qui n'ont jamais cessée de me soutien.

Aya

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À mon cher père

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, que dieu te préserver et te procure santé et longue vie.

À la mémoire de ma mère

Ce travail est dédié à ma mère, décidée trop tôt, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études

Que dieu ait pitié de son âme

À mes très chers frères "Hachem" et "Riadh" et mes belles sœurs "Cheima" et "Dhoha"

Qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

À mes chers ami(e)s

Une pensée très spéciale envers nos collègues et nos amis pour leur soutien moral et leur

Esprit de groupe

Ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Aasma

Dédicace

Je dédie cette cérémonie de diplôme à ma chère mère et à mon cher père perdu, que je souhaité être présent ce jour-là ; car ma jolie serait incomplète sans lui.

A mes frères, à ma petite sœur, a toute ma famille et à mes amis et collègue.

A mes enseignants du département de biologie :

Je les remercie beaucoup pour ce qu'ils m'ont donné et ce que j'ai atteint maintenant.

Nour

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION	1
1-1- DEFINITION	3
1-2- CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	3
1-3- CLASSIFICATION DES CYANOBACTERIES	5
1-4- CYANOBACTERIES ET CYANOTOXINES : LEURS EFFETS SUR LA SANTE	7
1-4-1 LES CYANOBACTERIES PRODUCTRICES DE CYANOTOXINES	7
1-4 - 2 - LES PRINCIPAUX TYPES DE CYANOTOXINES	9
□ LES BIOTOXINES	9
□ LES HEPATOTOXINES	9
□ LES MICROCYSTINES	10
□ LA NODULARINE	10
□ LES NEUROTOXINES	11
□ LES ANATOXINES	11
1-5- LES EFFETS DES CYANOTOXINES SUR LA SANTE	16
1-5-1. INTOXICATIONS ANIMALES	16
1-5-2. INTOXICATION HUMAINE	17
2-1- DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE	20
2-2- ECHANTILLONNAGE	21
2-2-1. CHOIX DES STATIONS	21
2-2-2. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE	23

□ SUR TERRAIN	23
2-2-3. AU LABORATOIRE	24
2-3- ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU	25
2.4. DOSAGE DES SELS NUTRITIFS	25
□ DOSAGE DE L'AZOTE NITREUX (LES NITRITES NO ₂ -)	26
□ DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL TOTAL (N-NH ₃ + N-NH ₄ ⁺)	26
□ DOSAGE DE L'AZOTE NITRIQUE (LES NITRATES NO ₃ -)	27
□ DOSAGE DES ORTHO PHOSPHATES (PO ₄ ³⁻)	28
□ DOSAGE DE LA CHLOROPHYLLE A DANS L'EAU	28
□ DOSAGE DE LA MATIERE EN SUSPENSION (MES)	31
2-4- ÉTUDE DES CYANOBACTERIES DU BARRAGE ZIT-EMBA	20
2-4-1. IDENTIFICATION	20
2-4-2. DENOMBREMENT	20
3-1- RESULTATS DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DU BARRAGE DE ZIT-EMBA	34
3-1-1. TEMPERATURE	34
3-1-2. POTENTIEL HYDROGÈNE (PH)	34
3-1-3. TENEURS EN OXYGÈNE DISSOUS	35
3-1-4. CONDUCTIVITÉ DES EAUX	36
3-1-5. TENEURS EN CHLOROPHYLLE (CHL A)	37
3-1-6. TENEURS EN MATIÈRES EN SUSPENSION (MES)	37
3-1-7. TENEURS EN NITRITES (NO ₂)	38
3-1-8. TENEURS EN NITRATES (NO ₃)	39
3-1-9. TENEURS EN AZOTE AMMONIACAL (NH ₄ ⁺)	39
3-1-10. TENEURS EN ORTHOPHOSPHATES (PO ₄)	40
3-2- ÉTUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES CYANOBACTÉRIES RÉCOLTÉES DANS LE BARRAGE DE ZIT-EMBA	41
3-2-1. IDENTIFICATIONS GÉNÉRIQUES DES CYANOBACTÉRIES	41
3-2-2. DENSITÉ MOYENNE DES GENRES DE CYANOBACTÉRIES RECENSÉS	42
3-2-3. DISTRIBUTION SPATIALE DES PEUPEMENTS CYANOBACTÉRIENS	43
3-2-4. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES PEUPEMENTS CYANOBACTÉRIENS	44

3-2-5. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DU GENRE <i>MICROCYSTIS</i>	45
3-2-6. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DU GENRE <i>WORONICHINIA</i>	46
3-2-7. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DU GENRE <i>OSCILLATORIA</i>	46
3-2-8. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DU GENRE <i>PLANKTHOTRIX</i>	47
4-1- DISCUSSION	48
CONCLUSION	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53
ANNEXES	

Résumé

Ce mémoire étudie la qualité de l'eau du barrage de Zit-Emba (W. Skikda) en termes de paramètres physico-chimiques et de la présence de cyanobactéries. L'échantillonnage a été réalisé sur une période de deux mois (février et mars 2023) et sur quatre stations dans le barrage.

Les résultats montrent que la température est le facteur déterminant dans les variations des paramètres biotiques et abiotiques. L'étude qualitative des cyanobactéries présentes dans le barrage a révélé la présence de quatre genres toxiques, à savoir *Microcystis*, *Woronichinia*, *Plankthotrix* et *Oscillatoria*, avec une prédominance du genre *Microcystis*. Les eaux traitées présentent une très faible présence de ces cyanobactéries

Cependant, les densités de cyanobactéries détectées classent les eaux au niveau d'alerte 1, ce qui représente un risque élevé pour les consommateurs. Les activités humaines comme l'agriculture et l'industrie pourraient être responsables de cette contamination.

L'évaluation de la qualité de l'eau du barrage de Zit-Emba souligne la présence de cyanobactéries toxiques et le risque qu'elles représentent pour la santé des consommateurs. Il est recommandé d'instaurer une surveillance régulière et de prendre des mesures de traitement pour minimiser la présence de ces organismes dans l'eau et protéger la santé des consommateurs.

Les mots clés : Qualité de l'eau, cyanobactéries, paramètres physico-chimiques, surveillance, traitement, Barrage Zit-Emba.

Abstract

This dissertation studies the water quality of the Zit-Emba dam (W. Skikda) in terms of physicochemical parameters and the presence of cyanobacteria. The sampling was carried out over a period of two months (February and March 2023) and on four stations in the dam.

The results show that temperature is the determining factor in the variations of biotic and abiotic parameters. The qualitative study of cyanobacteria presents in the dam revealed the presence of four toxic genera, namely *Microcystis*, *Woronichinia*, *Plankthotrix* and *Oscillatoria*, with a predominance of the genus *Microcystis*. Treated waters show a very low presence of these cyanobacteria

However, the densities of cyanobacteria detected classify the waters at Alert Level 1, which represents a high risk for consumers. Human activities such as agriculture and industry could be responsible for this contamination.

The water quality assessment of the Zit-Emba dam highlights the presence of toxic cyanobacteria and the risk they pose to consumer health. Regular monitoring and treatment measures are recommended to minimize the presence of these organisms in the water and protect consumer health.

Key words: water quality, cyanobacteria, physico-chemical parameters, monitoring, treatment, Zit-Emba Dam.

الملخص

تدرس هذه الرسالة نوعية المياه في سد زيت العمبة (و. سكيكدة) من حيث المعايير الفيزيائية والكيميائية ووجود البكتيريا الزرقاء. تم أخذ العينات على مدار شهرين (فبراير ومارس 2023) وفي أربع محطات في السد.

أوضحت النتائج أن درجة الحرارة هي العامل الحاسم في تغيرات العوامل الحيوية وغير الحيوية. كشفت الدراسة النوعية للبكتيريا الزرقاء الموجودة في السد عن وجود أربعة أجناس سامة هي *Microcystis* و *Woronichinia* و *Plankthotrix* و *Oscillatoria* مع غلبة جنس *Microcystis* تحتوي المياه المعالجة على نسبة منخفضة جداً من هذه البكتيريا الزرقاء

ومع ذلك ، فإن كثافات البكتيريا الزرقاء التي تم اكتشافها تصنف المياه عند مستوى التنبيه 1 ، وهو ما يمثل مخاطرة كبيرة للمستهلكين. يمكن أن تكون الأنشطة البشرية مثل الزراعة والصناعة مسؤولة عن هذا التلوث.

يسلط تقييم جودة المياه في سد زيت-العمبة الضوء على وجود البكتيريا الزرقاء السامة والمخاطر التي تمثلها على صحة المستهلكين. يوصى بإجراءات المراقبة والمعالجة المنتظمة لتقليل وجود هذه الكائنات في الماء وحماية صحة المستهلكين.

الكلمات المفتاحية:

جودة المياه ، البكتيريا الزرقاء ، المعلمات الفيزيائية والكيميائية ، المراقبة ، المعالجة ، سد زيت العمبة.

Liste des figures

Figure 01	Diversité morphologique des Cyanobactéries.	04
Figure 02	Structure générale des Microcystines.	10
Figure 03	Structure générale de nodularine.	10
Figure04	Structure générale de l'anatoxine a.	11
Figure05	Structure de l'homoanatoxine-a.	12
Figure 06	Structure de l'anatoxine-a(s).	12
Figure 07	Structure générale des saxitoxines.	13
Figure08	Structure de la BMAA.	14
Figure 09	Structure générale de la cylindrospermopsine.	15
Figure10	Les structures des dermatotoxines : Lyngbyatoxine (A), Aplysiatoxines (B), et Debromoaplysiatoxine (C).	16
Figure 11	Localisation des points de prélèvements	22
Figure 12	Photographie du multi paramètre	24
Figure 13	Photographie du dispositif de filtration sous vide. (Labo 10 ;2023) photo prise par Aya	25
Figure 14	Photographie d'une centrifugeuse. (Labo .10 ;2023) prise par Nor Elhouda	30
Figure15	Photographie du spectrophotomètre. (Labo 10, 2023) prise par Aasma	30
Figure 16	Image d'une cellule Nageotte.	32
Figure17	Variations spatio-temporelles de la température des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	34
Figure18	Variations spatio-temporelles de pH des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	35
Figure19	Variations spatio-temporelles d'oxygène des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	36
Figure20	Variations spatio-temporelles de la conductivité des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	36
Figure21	Variations spatio-temporelles de la chlorophylle des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	37
Figure22	Variations spatio-temporelles de la teneur en matières en	38

	suspension des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	
Figure23	des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	38
Figure24	Variations spatio-temporelles de la teneur en nitrates des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	39
Figure25	Variations spatio-temporelles de la teneur en azote ammoniacale des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	40
Figure26	Variations spatio-temporelles de la teneur en orthophosphate des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)	40
Figure 27	Distribution des densités globales des genres recensés dans les eaux du barrage Zit-Emba (Février-Mars 2023).	43
Figure 28	Distribution spatiale des cyanobactéries dans les eaux du barrage Zit-Emba (Février-Mars 2023).	44
Figure 29	Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactéries. (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)	45
Figure 30	Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre <i>Microcystis</i> (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)	45
Figure31	Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre <i>wornichinia</i> (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)	46
Figure 32	Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre <i>oxilatoria</i> (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)	46
Figure33	Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre <i>plancthotrix</i> (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)	47

Liste des tableaux

Tableau 01	Classification des Cyanobactéries selon les systèmes bactériologiques et botaniques.	06
Tableau 02	Principales cyanotoxines et genres producteurs associés.	08
Tableau 03	Exemples d'empoisonnements d'animaux associés aux cyanobactéries.	17
Tableau04	Exemples d'empoisonnements des humains associés aux cyanobactéries.	19
Tableau 05	Caractéristiques techniques du barrage Zit-Emba	20
Tableau 06	Présentation des points de prélèvement (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023).	21
Tableau07	Inventaire des cyanobactéries dans les eaux de barrage de Zit-Emba	41
Tableau08	Les caractéristiques des genres identifiés	42

Liste des abréviations

°C : degré Celsius.

Cell/ml : Cellule par millilitre.

Cm : centimètre.

Fig : Figure.

Ind/ml : Individus par millilitre.

Labo : Laboratoire.

mg : milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

ml : millilitre.

N : Azote.

nm : nanomètre.

OMS : organisation Mondiale de la Santé.

P : Phosphate.

pH : potentiel d'Hydrogène.

St : Station.

T° : Température.

W : Wilaya.

µm : micro mètre.

µl : microlitre.

Mes : matière en suspension.

Chl: chlorophyll.

No₂: nitrite.

No₃: nitrate.

Nh₄ : azote ammoniacal.

Po₄ : ortho phosphates

Introduction

Introduction

Ces dernières années, la qualité de l'eau dans le monde s'est considérablement dégradée en raison de rejets industriels, agricoles et urbains incontrôlés, entraînant l'eutrophisation de nombreux écosystèmes aquatiques et la prolifération d'algues, en particulier de cyanobactéries. Ce phénomène rend l'utilisation de l'eau plus vulnérable, surtout lorsqu'elle est réservée à la consommation humaine et/ou à l'irrigation (**Briand et al., 2003**).

L'accroissement des populations de cyanobactéries a attiré l'attention des agences gouvernementales et des organisations de santé humaine et animale au cours des dernières années. La principale raison de cet intérêt est la dangerosité de leurs toxines. Les toxines s'accumulent au point d'être potentiellement mortelles pour l'homme ou l'animal (**Codd, 1998**).

Des cas d'intoxication dus à l'ingestion d'eau de réservoir contenant des proliférations de cyanobactéries ont également été signalés. Il s'agit notamment de l'intoxication mortelle par la microcystine de 76 patients sous dialyse au Brésil (**Carmichael et al., 2001**) et de l'hospitalisation de 139 enfants et de 10 adultes ayant consommé de l'eau provenant d'un barrage contenant du *Cylindrospermopsis raciborskii* en Australie (**Metcalf et Codd, 2004**). Des symptômes gastro-intestinaux graves touchant environ 2000 personnes, dont 88 sont décédées, ont suivi l'inondation par des toxines cyanobactériennes d'un réservoir de barrage nouvellement construit au Brésil (**Teixeira et al., 1993 ; Metcalf et Codd, 2004**).

Dans le Nord-Est algérien, l'intérêt porté à ces micros algues remonte à la fin des années 90 où des études ont surtout été entreprises dans les plans d'eau du complexe de zones humides du PNEK. C'est suite à leur fréquente apparition et leur bloom dans ces plans d'eau qu'est né un regain d'intérêt pour leur présence dans les barrages destinés à l'approvisionnement en eau potable tel que Cheffia (**Nasri et al., 2008**), Mexa (**Saoudi et al., 2008 et 2015**), Bouhamdane (**Guellati et al., 2017**), Zit-Emba (**Touati et al., 2019**), Ain-Zad (**Charafi et al., 2019**), Guenitra (**Boufligha et al., 2021**) et lac Oubeira (**Arif et al., 2023**).

Dans la présente étude nous nous sommes intéressés au barrage de Zit Emba ; pourquoi cet intérêt pour ce plan d'eau ? Parce que le barrage de Zit-Emba, connaît une pollution multiple engendrée par les rejets industriels de la conserverie de Bouati, et les rejets du complexe thermal Hammam Ouled Ali ainsi que les eaux usées de l'agglomération de Bouati.

Les objectifs visés dans le cadre de ce travail sont

- ❖ Le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau du barrage.

Après une introduction générale, ce manuscrit s'articulera autour de 3 chapitres

Chapitre 1 intitulé synthèse bibliographique

Dans ce chapitre nous présenterons l'état des connaissances, dans lequel, nous rappelons les caractéristiques des cyanobactéries, les avancées de la recherche afin d'apporter des éléments explicatifs permettant de mieux comprendre l'occurrence des cyanobactéries, et les mesures recommandées.

Chapitre 2 nommé Matériel et méthodes

Ce chapitre comporte une présentation de la zone d'étude ; Dans ce chapitre seront consignées les données relatives à la stratégie d'échantillonnage et le matériel ainsi que les différentes méthodes et techniques utilisées pour la caractérisation des physico chimique des eaux, l'identification des cyanobactéries, leur dénombrement.

Chapitre 3 dénommé Résultats et discussion

Dans ce chapitre seront consignés les résultats, interprétation et discussion des paramètres physico-chimiques étudiés, ceux des cyanobactéries recensées et leur dynamique spatiotemporelle afin d'évaluer la qualité des eaux et l'efficacité de leur traitement de potabilisation.

L'ensemble de ces chapitres seront suivis d'une conclusion générale et les recommandations à proposer pour une gestion durable de cette ressource et la préservation de la santé de l'utilisateur de ces eaux. Et pour clôturer le tout, la partie référence bibliographique regroupera l'ensemble publications consultées pour la mise au point de ce projet de fin d'étude, sa réalisation et enfin la rédaction du manuscrit.

Chapitre 01 :

Généralité

1-1- Définition

Les cyanobactéries, ou algues bleu-vert, font partie des plus vieux organismes apparus sur terre. Cependant, la datation des premiers fossiles cyanobactéries est sujette à controverse. Selon les premières datations, les cyanobactéries seraient apparues il y a plus de 3 milliards d'années (**Fay, 1983**), tandis que des publications plus récentes indiquent que leur apparition s'est faite il y a 2,7 milliards d'années (**Lee, 2008**). Aux USA au voisinage des grands lacs, on a trouvé des cyanobactéries fossiles ressemblant à des oscillaires dans des terrains cambriens de 2 milliards d'années. On peut cependant affirmer que l'apparition massive d'oxygène (O₂) dans l'atmosphère a eu lieu il y a 2,4 milliards d'années, grâce à l'activité photo synthétique de cyanobactéries primitives (**Falkowski et Knoll, 2007**).

Le terme « cyanobactéries », le plus utilisé actuellement, désigne les microorganismes procaryotes à pigmentation généralement de couleur bleu-vert. Ces microorganismes présentent des propriétés communes à la fois aux algues et/ou aux bactéries. Comme les algues, les cyanobactéries possèdent de la chlorophylle a, et non de la bactériochlorophylle, ainsi que deux photosystèmes ; elles utilisent l'eau comme donneur d'électrons et font une photosynthèse productrice d'oxygène. Elles renferment aussi des phycobiliprotéines comme les algues rouges, les dinophycées et possèdent l'absence de membranes nucléaire et plastidiale, de mitochondries, de réticulum endoplasmique et de dyciosome, et la présence d'une paroi cellulaire caractéristique des bactéries à coloration de Gram négative avec de la muréine (**Vanbaalen, 1987; Van Den Hoek et Jahns, 1995**).

1-2- Caractéristiques morphologiques

Organisation générale

Les Cyanobactéries présentent une très grande diversité morphologique (**Fig. 01**) puisqu'elles peuvent être unicellulaires sphériques, ellipsoïdales, cylindriques, ovoïdes ou piriformes, isolées ou en colonies de formes très variées, sous forme filamenteuse pluricellulaire, unisériées (une seule série de cellules jointives) ou plurisériées (plusieurs séries de cellules jointives), avec ou sans gaine et ramifications. La paroi cellulaire peut être entourée d'un mucilage. Les Cyanobactéries possèdent des caractéristiques propres aux organismes procaryotes qui sont la présence d'une

paroi cellulaire caractéristique de celle des bactéries Gram-, l'absence de noyau, de plaste et de mitochondrie, et la présence de peptidoglycanes. Elles possèdent également des caractéristiques propres aux algues, dont la capacité à synthétiser de la chlorophylle a (et non de la bactériochlorophylle comme les autres procaryotes photosynthétiques) ainsi que des caroténoïdes (β -carotène, zéaxanthine, échinénone, canthaxanthine et myxoxanthophylle).

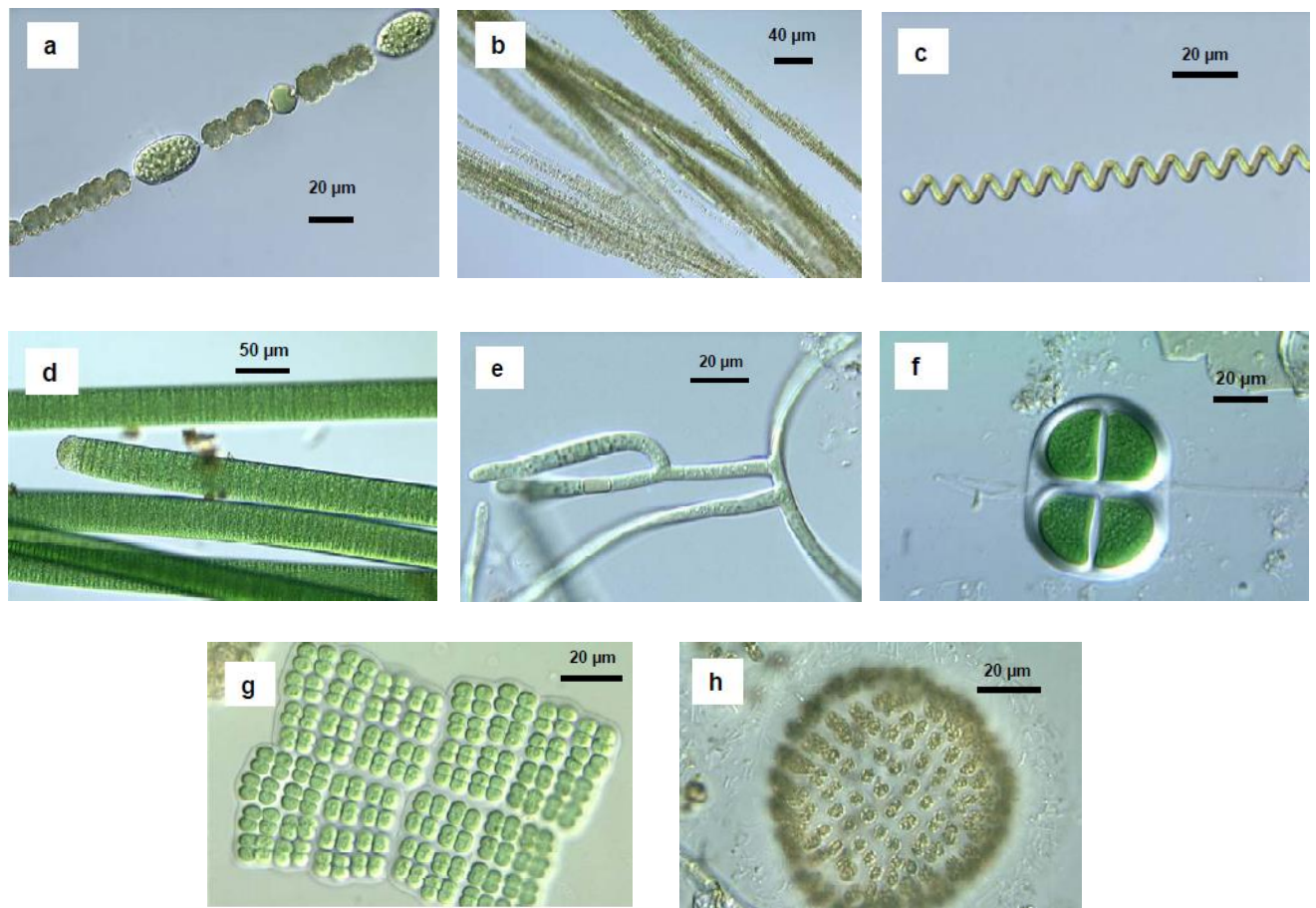


Figure 01 : Diversité morphologique des Cyanobactéries.

a: *Anabaena*, **b :** *Aphanizomenon*, **c :** *Spirulina*, **d :** *Oscillatoria*, **e :** *Hapalosiphon*, **f:** *Chroococcus*, **g:** *Merismopedia*, **h:** *Woronichinia*

1-3- Classification des cyanobactéries

A ce jour, la classification des Cyanobactéries dépend à la fois du Code International de Nomenclature Botanique (I.C.B.N) (**McNeill et al., 2006**) et du Code International de Nomenclature des Bactéries (I.C.N.B) (**Lapage et al., 1992**) (**Tab.01**).

Dans la nomenclature botanique, les Cyanobactéries appartiennent toutes à la classe des Cyanophycées qui est divisée en quatre ordres (Chroococcales, Nostocales, Oscillatoriales, Stigonématales), eux-mêmes divisés en familles regroupant environ 150 genres et 2000 espèces.

Dans la nomenclature bactériologique, les Cyanobactéries se répartissent dans 5 sous-sections (**Tab.01**).

- La sous-section I comprend les Cyanobactéries unicellulaires se divisant par fission binaire (*e.g. Gloeobacter, Gloeocapsa, Gloeotheca, Synechococcus, Synechocystis*) ou par bourgeonnement (*e.g. Chamaesiphon*).
- La sous-section II est constituée des Cyanobactéries unicellulaires qui se divisent par fission multiple (formation de baeocytes mobiles et immobiles) ou par fission binaire et multiple (*e.g. Dermocarpa, Xenococcus, Dermocarpella, Myxosarcina, Chroococciopsis*).
- La sous-section III regroupe les Cyanobactéries filamenteuses dépourvues de cellules différenciées (*e.g. Spirulina, Oscillatoria, Pseudanabaena*).
- La section IV regroupe les Cyanobactéries filamenteuses qui possèdent des cellules différenciées telles que les hétérocystes et les akinètes (*e.g. Anabaena, Nodularia, Cyndrospermum, Scytonema, Calothrix*).
- La sous-section V contient des Cyanobactéries filamenteuses hétérocystées présentant des ramifications vraies (*e.g. Chlorogloeopsis, Fischerella*).
- Les différences entre les systèmes de classification botaniques et bactériologiques

résident essentiellement aux niveaux taxonomiques les plus fins (espèces), et récemment, une tentative de faire converger ces deux approches a été proposée (**Hoffmann 2005, Hoffmann et al., 2005**).

Tableau 01. Classification des Cyanobactéries selon les systèmes bactériologiques (I.C.N.B, Lapage et *al.* 1992) et botaniques (I.C.B.N, McNeill et *al.*, 2006).

CLASSIFICATION BACTERIOLOGIQUE	CLASSIFICATION BOTANIQUE
<p>Sous-section I Unicellulaires ou coloniales, multiplication par fission binaire et/ou formation d'exospores.</p>	<p>Chroococcales Unicellulaires ou coloniales.</p>
<p>Sous-section II Unicellulaires ou coloniales, multiplication par fissions multiples (baeocytes) ou en combinaison par fission binaire.</p>	
<p>Sous-section III Filamenteuses unisériées, non hétérocystées, sans ramification, à division cellulaire perpendiculaire à l'axe du trichome.</p>	<p>Oscillatoriales Filamenteuses unisériées, non hétérocystées.</p>
<p>Sous-section IV Filamenteuses, différenciation cellulaire (hétérocystes et akinètes), à division cellulaire dans un seul plan.</p>	<p>Nostocales Filamenteuses, pas de ramification vraie, différenciation cellulaire (hétérocystes et akinètes).</p>
<p>Sous-section V Filamenteuses, différenciation cellulaire (hétérocystes et akinètes), présentant des ramifications, à division cellulaire dans plusieurs plans.</p>	<p>Stigonematales Filamenteuses, différenciation cellulaire (hétérocystes et akinètes), présentant des ramifications.</p>

1-4- Cyanobactéries et cyanotoxines : leurs effets sur la santé

L'intérêt porté aux cyanobactéries dans la cadre de la santé publique ne provient pas du fait qu'elles peuvent infecter l'humain (se ne sont pas des microorganismes infectieux) (**Lemoine, 2010**), mais parce qu'un grand nombre d'espèce est capable de synthétiser des toxines de diverses natures et qui ont des effets néfastes sur la faune, la flore aquatique, la santé humaine et animale (**afssa et afsset,2006**).

1-4-1 Les cyanobactéries productrices de cyanotoxines

A ce jour, il a été démontré qu'au moins 46 espèces de cyanobactéries ont le potentiel de produire des toxines, celui-ci dépend principalement du fait qu'elles possèdent le gène de production des toxines (**Antoine, 2009**), sachant aussi qu'une seule espèce de cyanobactérie peut produire plusieurs types de toxines (**Lemoine, 2010**).

Les principaux genres de cyanobactéries productrices de cyanotoxines sont recensés dans le tableau suivant (**Tab.02**).

Tableau 02. Principales cyanotoxines et genres producteurs associés (Sabart, 2009)

GENRES CYANOBACTERIENS PRODUCTEURS CONNUS	TOXINES
<i>Microcystis</i>	Microcystine
<i>Oscillatoria</i>	Microcystine
<i>Nostoc</i>	Microcystine
<i>Anabaena</i>	Microcystine, Anatoxine-a, Anatoxine-a(s), Saxitoxines
<i>Plankthotrix</i>	Microcystine, Anatoxine-a, Saxitoxines, Aplysiatoxines
<i>Aphanizomenon</i>	Cylindrospermopsine, Anatoxine-a, Saxitoxines
<i>Cylindrospermopsis</i>	Cylindrospermopsine, Saxitoxines
<i>Nodularia</i>	Saxitoxines, Aplysiatoxines, Lyngbyatoxine-a Nodularine

1-4 - 2 - Les principaux types de cyanotoxines

Les toxines de cyanobactéries possèdent une grande variété de structure chimique et de mécanisme de toxicité (**Antoine, 2009**). Et ces dernières peuvent être classées selon leur structure chimique en trois familles :

- les peptides cycliques
- les alcaloïdes
- les lipopolysaccharides

Mais, également selon leur mode d'action, on distingue deux principaux groupes

Les cytotoxines

Ont une activité cytotoxique. Ce type de toxines n'est pas mortel à faible dose pour les animaux et l'homme.

Les biotoxines

Dont la toxicité aigue mesurée par la mortalité induite est détectée par des tests sur animaux (souris, invertébrés aquatiques...etc.), parmi ces biotoxines et selon les symptômes présentés chez les animaux ou l'homme, on distingue : les neurotoxines et les hépatotoxines (**Dumont et al, 2006**).

- **Les biotoxines**

❖ **Les hépatotoxines**

Ce sont les cyanotoxines les plus souvent rencontrées lors de prolifération. Elles sont impliquées dans plusieurs épisodes d'intoxication chez les animaux ainsi que l'homme. L'organe cible est essentiellement le foie, où elles provoquent d'importantes lésions via l'inactivation des protéines phosphatases 1, 2A et 3. Induisant lors d'intoxications aiguës une dégénérescence du cytosquelette des hépatocytes, une lyse cellulaire et la mort des individus intoxiqués par hémorragie hépatique. Cette toxine peut également affecter d'autres organes ou tissus tels que les reins, les intestins (**Briand, 2008**). Elles sont majoritairement synthétisées par certaines espèces des genres *microcystis*, *oscillatoria*, *nodularia*, *Plankthotrix*, *anabaena*, *nostoc* (**Dumont et al, 2006**).

❖ Les microcystines

Ce sont des heptapeptides cycliques de poids moléculaires compris entre 800 et 1100daltons, leur formule générale est : cyclo-[D-alanine1-X2-D-MeAsp3-Z4-Adda5-D-glutamate6-Mdha7] (**Fig.2**). Il existe de nombreux variantes structuraux de ces molécules et l'on compte à l'heure actuelle plus de 70 variantes de microcystines. Ces toxines sont très solubles dans l'eau, elles restent actives après ébullition, et résistantes à l'hydrolyse chimique ou à l'oxydation à pH neutre. Les microcystines ont été trouvées dans des espèces des genres *Microcystis* qui renferme plus de la moitié de ces toxines, mais aussi chez *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Anabaenopsis* et *Nostoc* (**Hyppolite, Phaneuf et Levallois, 2008**).

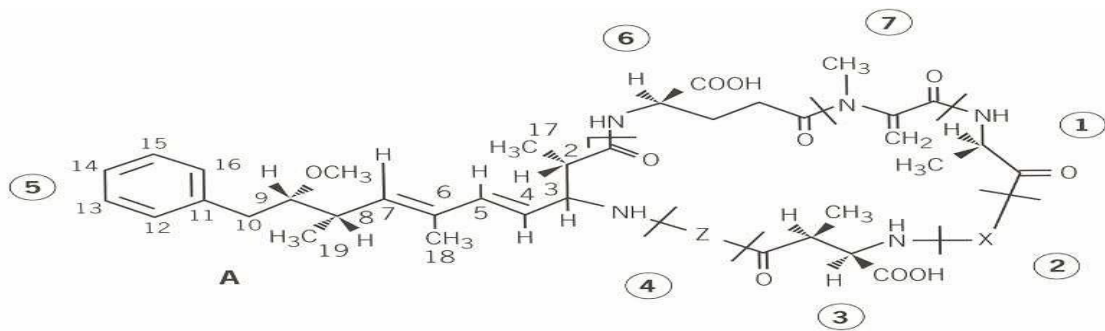


Figure02.Structure générale des microcystines (**Briand, 2008**).

❖ La nodularine

La nodularine est un pentapeptidecyclique de formule [dhBut1-D-MAsp2-L-Arg3-Adda4-D-Glu5]. (**Fig.03**). Elle contient la N-méthyldéhydrobutyrine et l'acide aminé Adda caractéristique des microcystines. Six variantes de la nodularine ont été caractérisées. Les nodularines ont été trouvées dans *Nodulariaspumige* (**Affsa et Affset, 2006**).

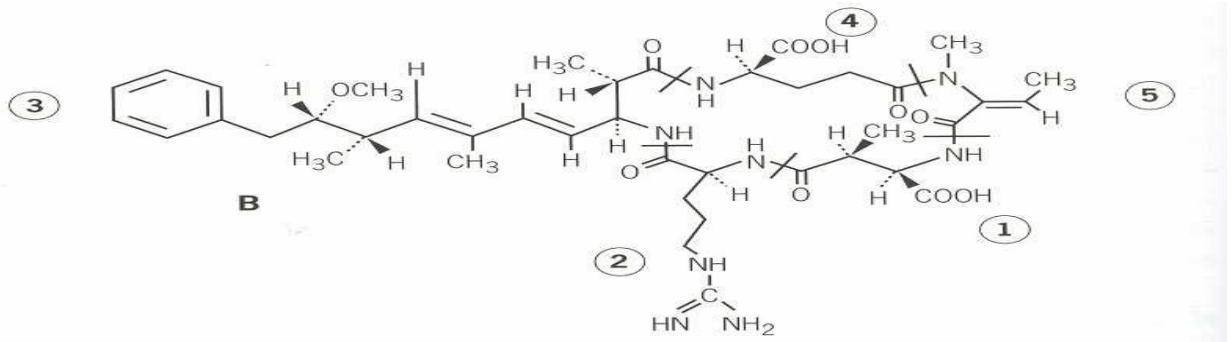


Figure 03. Structure générale de nodularine (Affsa et Affset, 2006).

❖ Les neurotoxines

Les neurotoxines produites par les cyanobactéries sont regroupées en deux familles, les **anatoxines** et les **aphantoxines**, constituées de la saxitoxine et ses dérivés. Leur cible est la jonction neuro-musculaire avec un mode d'action spécifique à chaque famille de neurotoxine (Briand, 2008).

❖ Les anatoxines

Les anatoxines sont des alcaloïdes synthétisés uniquement par des cyanobactéries planctoniques des genres *Anabaena*, *oscillatoria*, *cylindrospermum*, *aphanizomenon*, mais également le genre benthique *Phormidium* (Hyppolite et al, 2008). A se jour on connaît trois variantes de l'anatoxine :

• L'anatoxine a

Est une amine secondaire de 165 Da. C'est un agent dépolarisant, post-synaptique de la jonction neuromusculaire entraînant une paralysie musculaire menant à la mort par arrêt respiratoire chez les mammifères (Dumont, 2006) (Fig.04).

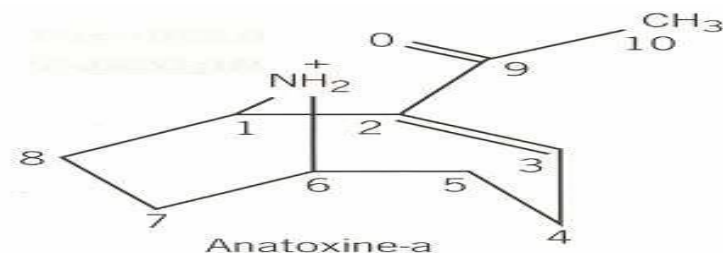


Figure04. Structure générale de l'anatoxine a (Dumont, 2006)

- **L'homoanatoxine-a**

Est un homologue de l'anatoxine a de 179 Da, elle possède des propriétés physico-chimiques et toxicologiques très voisines (**Briand, 2008**). A des pH élevés (au-delà de pH 10-11), l'anatoxine-a et l'homoanatoxine-a sont instables et se dégradent sous l'effet de la lumière solaire directe en formes non toxiques (**Dumont, 2006**) (**Fig.05**).

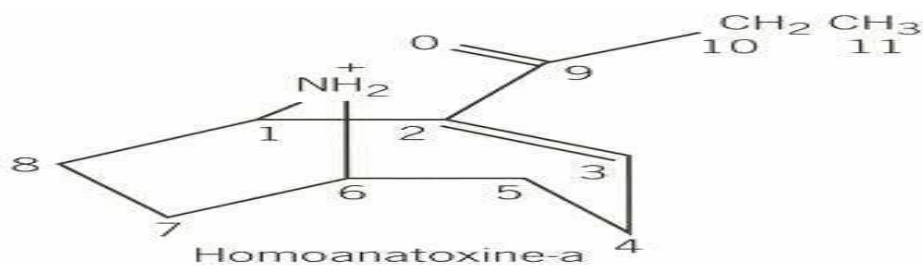


Figure05. Structure de l'homoanatoxine-a (**Briand, 2008**).

- **L'anatoxine-a(s)**

Est un ester phosphate d'une N-hydroxyguaninocyclique de 252 Da. C'est toxine inhibitrice de l'acétylcholinestérase. Elle induit une hyperactivité des neurones synaptiques et donc une paralysie musculaire conduisant à la mort par arrêt respiratoire (**Briand, 2008**). Elle a été différenciée de l'anatoxine-a car elle provoque chez la souris une salivation larmoieusement important avant l'arrêt respiratoire. L'anatoxine-a(s) est rarement rencontrées et on connaît peu de choses sur ses propriétés en raison de son instabilité chimique. L'anatoxine-a(s) a seulement été trouvée dans le genre anabaena (*Anabaenaflos-aquae*, *Anabaenalemmermannii*) (**Dumont, 2006**) (**Fig.06**).

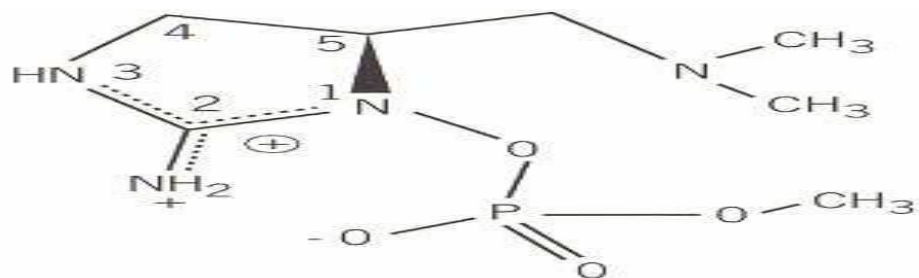


Figure06. Structure de l'anatoxine-a(s) (**Dumont, 2006**).

❖ La saxitoxine et ces dérivées

Elles appartiennent à la seconde famille des neurotoxines ou aphantoxines (première appellation de ces toxines), ces toxines ne sont pas spécifiques des cyanobactéries puisqu'elles sont également produites en milieu marin par des dinoflagellés. Elles sont plus connues sous le nom de «toxines paralysantes» (PSPs). Ce sont des alcaloïdes à un noyau tétrahydropurique, Vingt-cinq variants moléculaires de 241 à 491 Daltons sont connus ce jour. (Fig.07). Certains de ces variant sont non sulfatés comme la saxitoxine et néo-saxitoxine, mono-sulfatés (en R2, R3 ou R4) comme les gonyautoxines (GTXs) ou doublement sulfatés comme les C-toxines (en R2, R3 et R4) (Briand, 2008). Les saxitoxines et dérivés inhibent la transmission de l'influx nerveux par blocage des canaux sodiques. Les aphantoxines représentent un groupe de composés très polaires et solubles dans l'eau. Les saxitoxines et dérivés ont été trouvés dans des espèces des genres *Aphanizomenon*, *anabaena*, *Lyngbya*, et *Cylindrospermopsis* (Dumont, 2006).

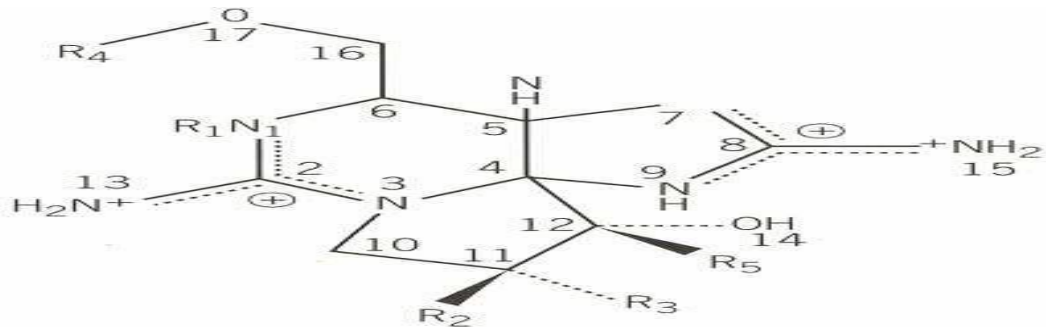


Figure07. Structure générale des saxitoxines (Briand, 2008).

La B-N-méthylamino-L-alanine ou BMAA

C'est une molécule de type acide aminé non impliquée dans la synthèse ribosomale de protéine. La BMAA est une neurotoxine qui provoque une excitation des neurones et qui serait l'origine de maladies neurodégénératives (sclérose amyotrophique latérale, Alzheimer, Parkinson).

Selon COX et al, elle est détectée chez 95 % des genres (20/21) et 97 % des souches (29/30) de cyanobactérie étudiées provenant des Etats-Unis d'Amérique, d'Europe, d'Inde ou de différents océans ou mers.

La synthèse de la BMAA et son stockage dépendent des conditions de culture. Cette molécule serait produite par toutes les cyanobactéries symbiotiques, planctoniques ou benthiques, qu'elles soient terrestres ou aquatiques (eau douce, eau saumâtre ou milieu marin) (Briand, 2008) (Fig.08).

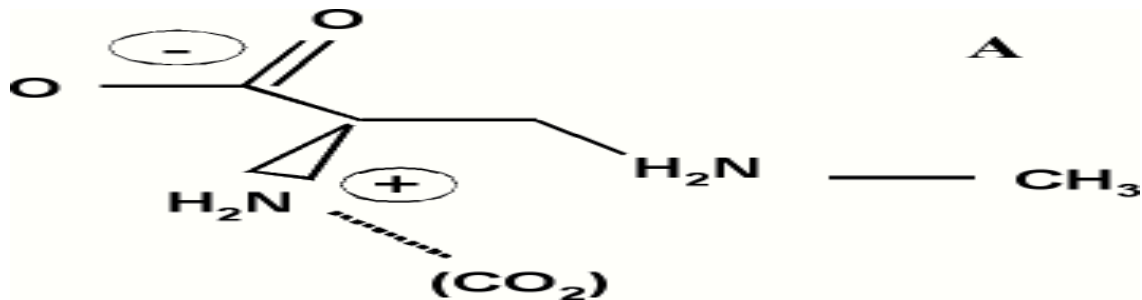


Figure08 : structure de la BMAA (Briand, 2008).

- Les cytotoxines
- ❖ La cylindrospermopsine et ses analogues

Aujourd'hui, cette toxine n'est plus considérée comme une hépatotoxine. Des études récentes montrent que la **cylindrospermopsine** possède un mode d'action différent de celui des hépatotoxines. Ainsi, qu'une structure chimique radicalement différente (Dumont, 2006) (Fig.9).

Les espèces actuellement connues comme productrices de cylindrospermopsines sont : *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Aphanizomenon ovalisporum*, *Anabelabergii*, *Umezakianatans* et *Raphidiopsis curvata*.

La cylindrospermopsine est un alcaloïde de 415 Da, agissant principalement sur le foie *via* l'inhibition de la synthèse protéique, D'autres organes sont également atteints tels que les reins, les poumons, les intestins et le thymus.

C'est une toxine très polaire et très soluble dans l'eau avec une structure de Zwitterion. À ce jour, deux variantes de la cylindrospermopsine sont répertoriées, une toxique, la 7-épicylindrospermopsine et une autre non toxique, la désoxycylindrospermopsine (Briand, 2008).

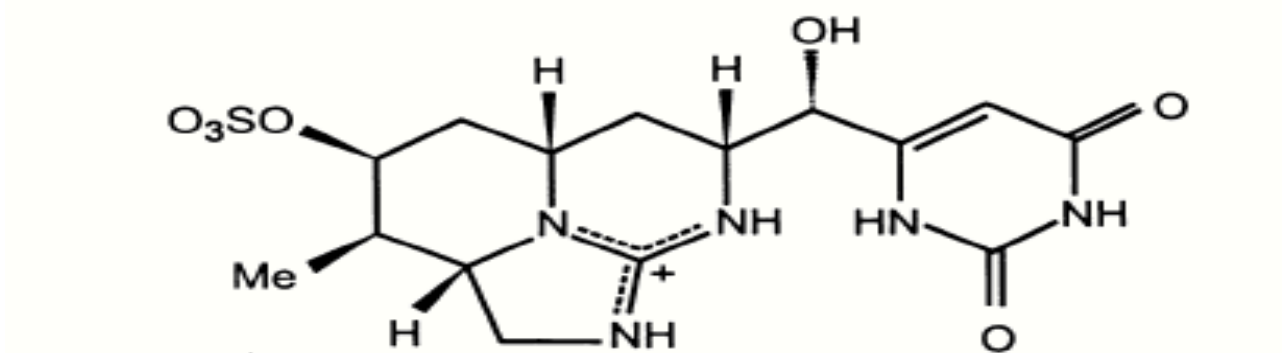


Figure 09 : structure générale de la cylindrospermopsine (Assat et affset, 2006).

❖ Les dermatotoxines

Ces cyanotoxines sont des alcaloïdes responsables de fortes irritations cutanées et d'inflammation gastro-intestinales, dont la présence n'a été démontrée à ce jour que dans les eaux de mer (Briand, 2008). Il existe :

- **Les aplysiatoxines et les debromoaplysiatoxine**

Sont des promoteurs tumoraux potentiels, des activateurs des protéines kinase C et ont une activité inflammatoire.

- **La lyngbyatoxine**

La lyngbyatoxine-a peut causer une dermatite et une inflammation orale et gastro-intestinale sévère (Dumont, 2006). Par ailleurs, elle possède une structure similaire à latéléocidine A produite par un actinomycète (*Streptomyces*) qui est un agent potentiel de promotion tumorale (Briand, 2008) (Fig.10).

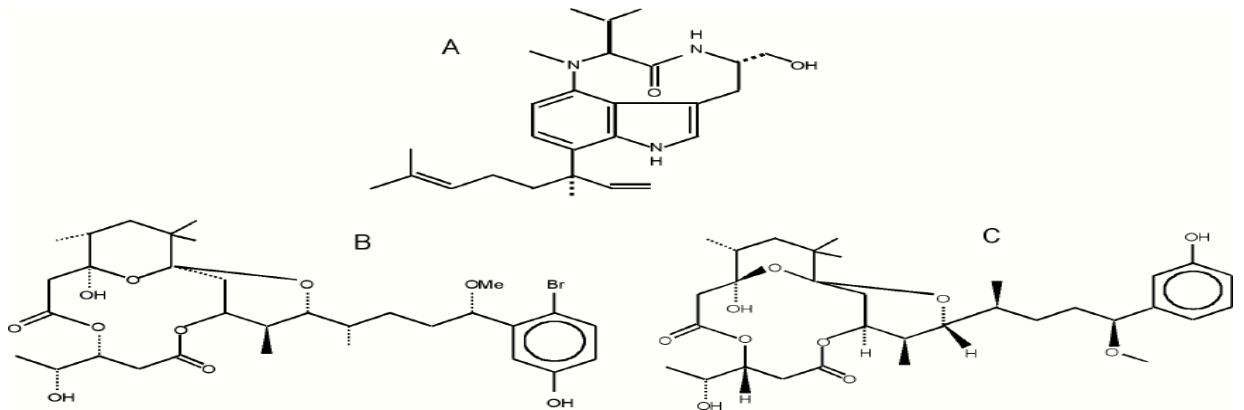


Figure 10. Les structures des dermatotoxines : Lyngbyatoxine (A), Aplysiatoxines (B), et Debromoaplysiatoxine (C) (Afssat et Afset, 2008).

❖ Les lipopolysaccharides (LPS)

Les lipopolysaccharides (LPS) sont des endotoxines constitutives de la paroi cellulaire de cyanobactéries ou d'autres bactéries Gram négatives. Elles sont constituées d'un sucre et d'un lipide. C'est ce dernier qui est responsable de réactions allergiques et toxiques chez les animaux et les humains et à l'origine d'irritations cutanées (Briand, 2008).

Ces effets seraient donc susceptibles d'être observés lors de toute prolifération de cyanobactérie dans les eaux douces (Hyppolite et al, 2008).

1-5- Les effets des cyanotoxines sur la santé

1-5-1. Intoxications animales

De nombreux cas d'empoisonnement d'animaux domestiques ou sauvages par les cyanotoxines, dont certains ont entraîné la mort, ont été relatés dans la littérature.

Le premier cas publié d'intoxication animale par les cyanotoxines remonte au XIXe siècle. Francis (1878) rapporte l'intoxication mortelle d'animaux domestiques (bovins, ovins, chevaux, porcs et chiens) par ingestion d'une écume de *Nodulariaspumigena* en Australie. Depuis, de nombreux cas d'intoxications aiguës affectant des animaux domestiques ou sauvages (poissons, canards, foulques et autres

oiseaux d'eau, rats musqués, visons, moufettes et rhinocéros) ont été décrits sur tous les continents. Dans le tableau ci-dessous (**Tab.03**) nous retrouverons les plus importantes intoxications animales recensées dans le monde (**Brient et al, 2001**).

Tableau 03. Exemples d'empoisonnements d'animaux associés aux cyanobactéries (**Brient et al, 2001**).

Pays	Espèce tuée	Pathologie	Organisme
Allemagne	Chiens	Hépatotoxicité	<i>Nodulariaspumigena</i>
Argentine	Bétail	Hépatotoxicité	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Australie	Moutons	Hépatotoxicité	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Australie	Moutons	Neurotoxicité, PSPs*	<i>Anabaenacircinalis</i>
Canada	Bétail	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenaflos-aquae</i>
Canada	Oiseaux aquatiques	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenafloaquae</i>
Finlande	Chiens	Hépatotoxicité, nodularine	<i>Nodulariaspumigena</i>
Norvège	Bétail	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Angleterre	Chiens	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Ecosse	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Oscillatoriaspp.</i>
Ecosse	Poissons	respiratoire, microcystines	<i>Microcystis aeruginosa</i>
USA	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a(s)	<i>Anabaenaflos-aquae</i>
Canada	Oiseaux aquatiques	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenafloaquae</i>
Finlande	Chiens	Hépatotoxicité, nodularine	<i>Nodulariaspumigena</i>
Norvège	Bétail	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Angleterre	Chiens	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Ecosse	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Oscillaptoriaspp.</i>
Ecosse	Poissons	Microcystines	<i>Microcystis aeruginosa</i>
USA	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a(s)	<i>Anabaenaflos-aquae</i>

1-5-2. Intoxication humaine

Un certain nombre de cas d'allergie ou d'intoxication d'humains, et plus particulièrement d'enfants, ont été relatés dans la littérature après contacte ou ingestion d'eau contaminée par les cyanotoxines. Ces intoxications peuvent évoluer selon deux types, (**Brient et al, 2001**) on a :

- **Intoxication à court terme (dite aigue)**

Elle survient quelques heures (de 4h à 48h) après la contamination des sujets, par l'apparition des premiers symptômes qui se traduisent par des gastro-entérites, hépato-entérites, douleurs musculaires, problèmes respiratoires, irritations de la peau, fièvre, conjonctivites...etc.

Le premier signalement d'intoxications humaines par des cyanotoxines est récent puisqu'il date de 1931 aux Etats-Unis, à la suite de troubles chez des personnes ayant consommé de l'eau de deux fleuves dans lesquels s'étaient développés des blooms de *Microcystis*. Parmi les cas les plus alarmants on a les trois événements qui sont décrits dans le tableau qui suit (**Tab.04**).

Tableau 04.Exemples d'empoisonnements d'humains associés aux cyanobactéries
(Brient, 2001).

Pays	Espèce tuée	Pathologie	Organisme
Allemagne	Chiens	Hépatotoxicité	<i>Nodulariaspumigena</i>
Argentine	Bétail	Hépatotoxicité	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Australie	Moutons	Hépatotoxicité	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Australie	Moutons	Neurotoxicité, PSPs*	<i>Anabaenacircinalis</i>
Canada	Bétail	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenaflos-aquae</i>
Canada	Oiseaux aquatiques	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenafloaquae</i>
Finlande	Chiens	Hépatotoxicité, nodularine	<i>Nodulariaspumigena</i>
Norvège	Bétail	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Angleterre	Chiens	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Ecosse	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Oscillatoriaspp.</i>
Ecosse	Poissons	respiratoire, microcystines	<i>Microcystis aeruginosa</i>
USA	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a(s)	<i>Anabaenaflos-aquae</i>
Canada	Oiseaux aquatiques	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Anabaenafloaquae</i>
Finlande	Chiens	Hépatotoxicité, nodularine	<i>Nodulariaspumigena</i>
Norvège	Bétail	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Angleterre	Chiens	Hépatotoxicité, microcystine	<i>Microcystis aeruginosa</i>
Ecosse	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a	<i>Oscillaptoriaspp.</i>
Ecosse	Poissons	Microcystines	<i>Microcystis aeruginosa</i>
USA	Chiens	Neurotoxicité, anatoxine-a(s)	<i>Anabaenaflos-aquae</i>

Chapitre 02 :
Matériels
Et
Méthodes

2-1- Description du site d'étude

Le barrage de Zit-Emba est située au Nord Est algérien dans la commune de Bekkouche Lakhdar wilaya de Skikda. Cette dernière elle est délimitée :

- ✓ Au Nord par la commune de Ben-Azouz (wilaya de Skikda).
- ✓ Au Sud par la commune de Roknia et Bouati-Mahmoud (wilaya de Guelma)
- ✓ A l'Est par la commune de Berrahal et Eulma (wilaya d'Annaba)
- ✓ A l'Ouest par la commune d'Ain Charcharet Es-Sebt (wilaya de Skikda).

Le barrage a une forme compacte triangulaire et comprend la branche Est de l'oued El Hammam (2/5) de la superficie totale, et la branche Ouest de l'oued Mouguer (3/5) de la superficie totale. La digue du barrage est implantée dans la partie de la wilaya de Skikda et les majeures parties des eaux sont stockées dans la partie de la wilaya de Guelma.

Le barrage de Zit-Emba alimente actuellement le chef-lieu de la wilaya Skikda et la daïra d'Azzaba ainsi à l'irrigation des champs agricoles.

Les caractéristiques techniques du barrage Zit-Emba sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 05.Caractéristiques techniques du barrage Zit-Emba

Les oueds	Oued el Hammam et oued el Mouguer
Surface du bassin versant	485 km ²
Capacité totale de la retenue	120 Millions m ³
Profondeur maximale	41 m
Profondeur moyenne	20,5 m
Côte de la crête	91 m
Volume total du remblai	2.384.940 m ³
Année de mise en eau	2000

2-2- Echantillonnage

2-2-1. Choix des stations

Notre travail consiste à étudier l'évaluation des paramètres physico chimique des cyanobactéries dans la retenue de Zit -Amba (Willaya de Skikda) ; Pour cela nous avons procédé à des prélèvements mensuels des eaux brutes (St1, St2, St3, St4) et des eaux traitées (eau prélevée chez un consommateur St4) présentés dans le (Tab. 06) durant une période s'étalant du mois de Février 2023 jusque 'au mois de Mars 2023.

Tableau 06. Présentation des points de prélèvement (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023).

Points de prélèvement	Coordonnées GPS		Caractéristiques	Exposition en vents
	Latitude	Longitude		
Station 1	36°41'6.51"N	7°18'10.44"E	localisée sur la digue	oui
Station 2	36°40'59.69"N	7°18'16.19"E	Proximité de la tour du barrage	oui
Station 3	//	//	Eau récupéré de la station avant traitement	//
Station 4	//	//	Eau récupéré d'un consommateur après traitement	//

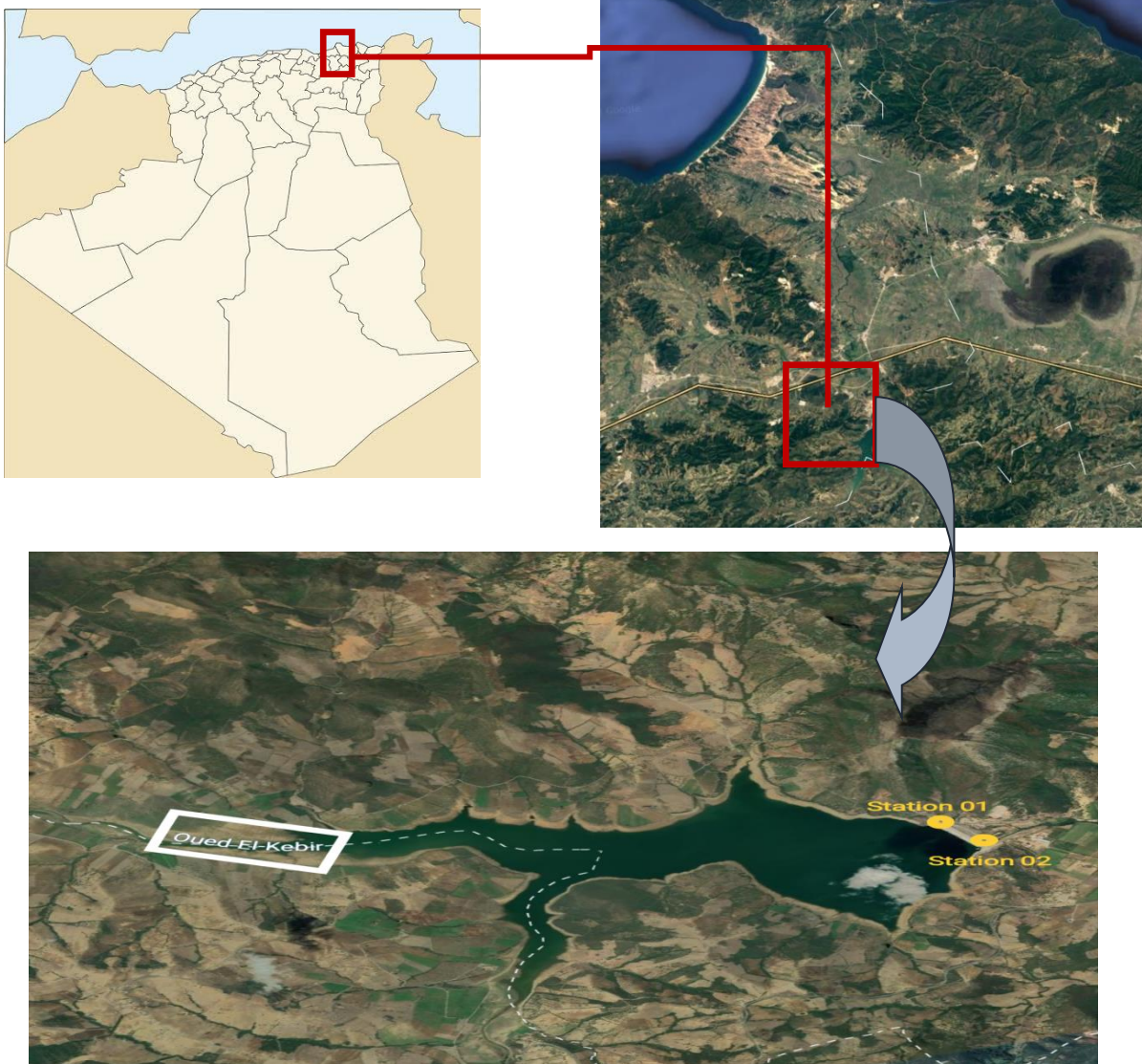


Figure 11. Localisation des points de prélèvement (Google earth, 2023)

2-2-2. Stratégie d'échantillonnage

Prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Rodier et al, 2009**), c'est la raison pour laquelle nous avons insisté sur les -points suivants :

- ❖ Utilisation des bouteilles en matière plastiques en raison des facilités qu'elles présentent pour le transport et leur faible coût.
- ❖ Sur chaque bouteille des étiquettes comportant la codification suivante, ex : Zit-Emba_ 13/02/2023 _ (numéro de station) _ ID (identification et comptage) (**Silvano ,2005**).
- ❖ Pour chaque site d'étude nous avons préparé une fiche signalétique rassemblant les renseignements utiles relevés au cours des opérations (observations météorologiques, paramètres physico-chimiques de l'eau, surveillance des fleurs d'eau, etc.)
- ❖ Les échantillons sont transportés jusqu'au laboratoire dans une glacière (ce qui permet une conservation satisfaisante).

Sur terrain

Tous les échantillons ont été traités de façon à pouvoir situer les sites par rapport aux recommandations de l'OMS. Le premier prélèvement relatif au dosage de la chlorophylle (a) et des éléments nutritifs et la MES.

Conservée à l'abri de la lumière et transportée dans une glacière jusqu'au laboratoire.

Les mesures de la température (T°C), le pH, la conductivité (us/cm2) et l'oxygène dissous (O2 en mg/l) ont été réalisées « in situ » à l'aide de multi paramètres « WTW. Multi 3420 SETG » (**fig.12**). D'effectuer les mesures, l'appareil doit être calibré ; L'utilisation de cet Appareil consiste à :

- Faire plonger la sonde dans l'eau.
- Attendre quelques secondes la stabilisation de l'affichage sur l'écran.
- Lire le résultat de la mesure sur l'écran avec son unité de mesure.



Figure 12. Photographie du multi paramètre

2-2-3. Au laboratoire

Dès l'arrivée au laboratoire :

Les prélèvements réservés au dénombrement sont conservés à 4°C jusqu'à l'analyse ultérieure.

- ❖ Le volume de 1.5l consacré au dosage des paramètres physico-chimiques et la chlorophylle à est réparti comme suit.
- ❖ 250 ml réservés au dosage de la chlorophylle a été filtrés sous vide (**fig. 12**) à travers un filtre en microfibrilles de verre Whatman GF/C (0.45 µm).
- ❖ 500 ml réservé au dosage des sels nutritifs est également filtré de la même manière, le filtre est récupéré pour le dosage des matières en suspension.



Figure 13. Photographie du dispositif de filtration sous vide. (Labo 10. 2023) photo prise par Aya

2-3- Analyse physico-chimique de l'eau

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont : la température, le pH, l'oxygène dissous, les formes azotées (nitrites, les nitrates et l'azote ammoniacal), les orthophosphates, ainsi que la matière en suspension et la chlorophylle a.

Les mesures de la température ($T^{\circ}\text{C}$), le pH, la conductivité (mV/cm^2) et l'oxygène dissous (O_2 en mg/l) ont été réalisées « in situ » à l'aide de multi paramètres (**fig.13**).

2.4. Dosage des sels nutritifs

Les sels nutritifs ont été dosés selon les méthodes suivantes : **Aminot** et **Kérouel (2004)** pour les nitrites et l'azote ammoniacal. En ce qui concerne, la chlorophylle a, les MES ainsi que les ortho phosphates selon **Aminot** et **Chaussepiéd (1983)**. Les nitrates eux suivant ISO (1994).

❖ **Dosage de l'azote nitreux (les nitrites NO₂-)**

✓ **Principe**

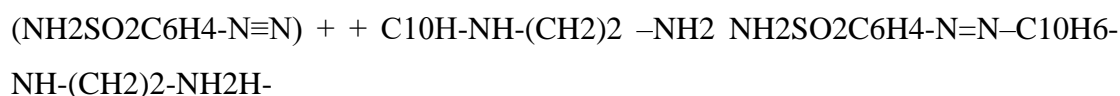
Cette technique, réalisée par **Bendschneider** et **Robinson (1952)**, est une des plus sensibles et des plus spécifiques pour l'analyse des eaux naturelles.

Elle est basée sur la formation d'un diazoïque après réaction des ions nitrites avec la sulfanilamide en milieu acide (pH<2) selon la réaction :



Sulfanilamide

Le diazoïque obtenu, réagit avec le N-naphtyl-éthylènediamine pour former le colorant :



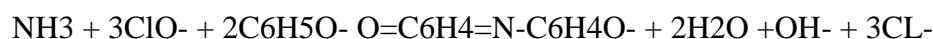
✓ **Mode opératoire**

- Rincer le récipient de dosage avec l'eau à analyser.
- Prélever 50 ml de l'échantillon, et le transférer au récipient.
- Ajouter 1ml de la solution de sulfanilamide, mélanger puis attendre 2 à 5 minutes.
- Ajouter 1ml de la solution de NES, mélanger.
- Laisser agir au moins 10 minutes, mais pas plus de 1 heure.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon A_{brut}, à $\lambda = 543 \text{ nm}$.
- La concentration des nitrites a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage.

❖ **Dosage de l'azote ammoniacal total (N-NH₃ + N-NH₄⁺)**

✓ **Principe**

Le principe de base est la réaction de Berthelot où l'ammoniac, en milieu basique, réagit tout d'abord avec l'hypochlorite pour former une monochloramine, puis successivement avec deux molécules de phénol pour former le bleu d'indophénol selon la réaction suivante :



✓ **Mode opératoire**

Le traitement décrit s'applique directement aux échantillons pré-filtrés sur terrain, ainsi qu'aux étalons.

- Rincer le récipient de dosage avec de l'eau à analyser.
- Introduire 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 5 ml de la solution de phénol- nitroprussiate, boucher et bien mélanger.
- Ajouter sans attendre 5 ml de la solution complexante au chlore, boucher et mélanger à nouveau.
- Placer le flacon immédiatement à l'abri de la lumière, à T° ambiante, pendant au moins 6 heures.
- Si les échantillons sont visiblement turbide, centrifuger l'échantillon avant la mesure colorimétrique.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon Abrut, à $\lambda = 630$ nm.
- La concentration de l'azote ammoniacal a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage.

❖ **Dosage de l'azote nitrique (les nitrates NO₃-)**

La présente norme internationale spécifie une méthode par spectrométrie pour le dosage des nitrates dans les eaux potables, brute.

✓ **Principe**

Réaction des nitrates avec le diméthyl-2.6 phénol en présence des acides sulfurique et orthophosphorique, avec production du nitro-4 diméthyl-2.6 phénol. La présente norme internationale spécifie une méthode par spectrométrie pour le dosage des nitrates dans les eaux potables, brute.

✓ **Mode opératoire**

- Dans une fiole de 50 ml introduire : 2 ml d'échantillon, 14 ml du mélange acides, 2 ml de diméthyl-2.6 phénol.
- Laisser reposer 10 à 60 mn.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon, à $\lambda = 324$ nm.
- La concentration des nitrates a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage.

❖ **Dosage des Ortho phosphates (PO₄³⁻)**

Le dosage des orthophosphates a été réalisé selon la méthode de Murphy et Riley (1962) ; cette dernière reste jusqu'à présent une des méthodes les plus rapides et les plus simples pour le dosage des orthophosphates dans l'eau.

✓ **Principe**

Cette technique est basée sur la réaction des ions phosphates avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine III ; cette réaction aboutit à la formation d'un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique ; cette réduction mène à la formation d'une solution de coloration bleue dont le maximum d'absorbance a lieu à une longueur d'onde égale à 885 nm.

✓ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml de l'échantillon, y ajouter 10 ml du mélange réactifs.
- Attendre 5 mn et lire l'absorbance à $\lambda = 885$ nm.

La concentration des orthophosphates a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage.

❖ **Dosage de la Chlorophylle a dans l'eau**

✓ **Principe**

La mesure des pigments phytoplanctoniques repose sur leurs caractéristiques spectroscopiques : absorption de lumière (spectrophotométrie) ou fluorescence (fluorimétrie).

Contenue dans les cellules, la chlorophylle a est un paramètre « particulière » qui pour une

mesure précise au laboratoire nécessite la récolte du matériel en suspension par filtration,

suivie d'une extraction du filtre par un solvant et finalement la mesure de l'absorbance de

l'extrait.

✓ **Mode opératoire**

a) Filtration

- Filtrer l'échantillon d'eau brute à travers un filet ou un tamis de 200 à 250 μm de vide de maille ce qui permet l'élimination grossière du zooplancton.
- Filtrer un volume connu d'échantillon (0.5 à 5 litres) sous vide, sur membrane en fibre de verre (WHATMAN GF/C 47 μm) recouverte au préalable d'une fine couche de carbonate de magnésium pour éviter l'altération de la chlorophylle.

b) Extraction

- Introduire la membrane filtrante dans un tube à centrifuger contenant 10 ml d'acétone

à 90%.

Déchiqeter le filtre à l'aide d'une baguette ou d'un tube en verre à embout coupant. Boucher et agiter vigoureusement pour disperser les fibres.

Laisser l'extraction acétonique se poursuivre une nuit au réfrigérateur.

c) Centrifugation et transfert de l'extrait préalable à la mesure spectroscopique

- Contrôler le volume du solvant, le noter ou l'ajuster. Les tubes doivent être bouchés jusqu'à la mesure.
- Centrifuger les tubes durant une minute à 3000 - 4000 tours, faire tomber les fibres de verre qui adhèrent la paroi.
- Centrifuger à nouveau 5 à 10 mn à 3000 - 4000 tours.
- Transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve de mesure (par aspiration)



Figure 14. Photographie d'une centrifugeuse. (Labo .10 .2023) prise par Nor Elhouda

d) Mesure des absorbances selon la méthode trichromatique

- Laisser revenir à température ambiante les extraits s'ils sont froids.
- Rincer 2 fois la cuve avec un peu d'extrait à analyser.
- Transférer dans la cuve assez de volume pour faire la mesure. Veiller à ne pas entrainer des fibres.
- Vérifier la propreté des faces de la cuve et la positionner correctement sur le portoir.
- Mesurer les absorbances brutes de l'extrait à 630, 647, 664 et 750 nm : A630 brut, A647 brut, A664brut et brut.



Figure15. Photographie du spectrophotomètre. (Labo 10.2023) prise par Aasma

e) **Calculs des concentrations de pigments selon la méthode trichromatique**

- $A_{630} = (A_{630 \text{ brut}} - bc_{630}) - (B_{\text{brut}} - bc_{750})$
- $A_{647} = (A_{647 \text{ brut}} - bc_{647}) - (B_{\text{brut}} - bc_{750})$
- $A_{664} = (A_{664 \text{ brut}} - bc_{664}) - (B_{\text{brut}} - bc_{750})$

Calculer les chlorophylles **a**, **b** et **e** selon :

$$[\text{Chl a}] \mu\text{g/l} = (11,85 \times A_{664} - 1,54 \times A_{647} - 0,08 \times A_{630}) \times v / V_{xl}$$

❖ **Dosage de la matière en suspension (MES)**

La connaissance de la quantité de matières en suspension (MES) est importante pour l'étude des milieux aquatiques. Les particules réduisent la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique. Selon leur nature, Elles sont également une source nutritive non négligeable pour la faune.

✓ **Principe**

- La détermination de la matière en suspension dans l'eau a été réalisée par l'application de la méthode de pesée différentielle après filtration d'échantillon sur un filtre en fibre de verre WHATMAN GF/C 47 μm de porosité.
- Le filtre a été pesé avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître le poids sec total de la matière en suspension dans le volume filtré correspondant (Aminot et Chaussepied.1983).

l) = $\frac{P2-p1}{V}$

V

P1 = poids du filtre avant filtration (mg).

P2 = poids du filtre après filtration (mg).

V = volume d'eau filtrée (litre).

2-4- Étude des cyanobactéries du barrage Zit-Emba

2-4-1. Identification

La détermination des genres récoltés est réalisée par l'observation microscopique des caractères morpho-anatomiques selon les clés d'identification universellement acceptées (**Bourelly 1985. Bergey.1994**).

✓ Les critères retenus sont :

- ✚ La structure micro-algale (cellulaire ou filamenteuse), ainsi que la couleur.
- ✚ La forme de la colonie (trouée, aplatie, lobée, composée de sous-colonies compactes) ou du trichome,
- ✚ La taille des cellules
- ✚ La présence ou l'absence de : gaine gélatineuse (couleur, aspect et taille), akinètes, *hetérocystes*, vacuoles à gaz (pseudovacuoles).

2-4-2. Dénombrement

Le comptage des cyanobactéries est réalisé à l'aide de la cellule hématimétrique « Nageotte ». Il s'agit d'une lame spéciale formée de 40 bandes correspondant à une surface donnée et un volume de 50µl.

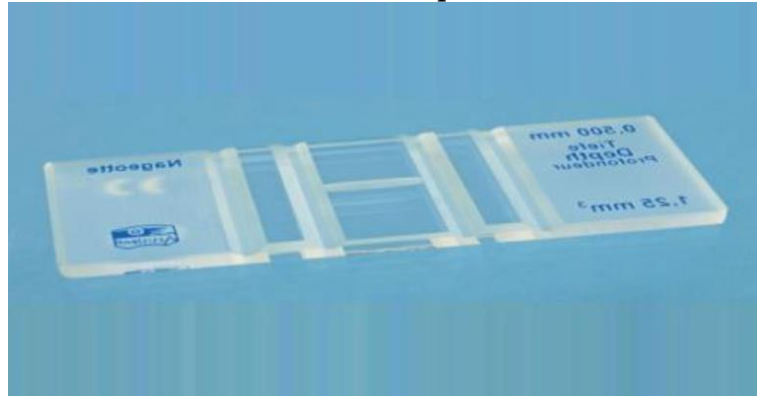


Figure 16. Image d'une cellule Nageotte (www.servilab.fr)

Le dénombrement des cellules des cyanobactéries présentes sur un certain nombre de bandes, correspond donc à un certain volume permet une estimation par millilitre (**Brient et al ;2001**).

- ✓ La méthode consiste à :
 - Prendre un sous échantillon de 1ml.
 - Prélever 50µl du sous l'échantillon à l'aide d'une micropipette.
 - Injecter l'échantillon sous la lamelle fixée préalablement sur la cellule de comptage après humidification des surfaces rodées,
 - Observation (sous les objectifs : 10x, 40x) et comptage des cyanobactéries rencontrées sur les 20 bandes horizontales de la cellule Nageotte., cette opération est répétée plusieurs fois (3 à 5 observations).

- ✓ La détermination de la densité algale de l'échantillon s'effectue selon la formule suivante :

$$\frac{[(\text{Moy des cellules dénombrées} / 20)] \times 40}{\text{Nombre de cellules} / 50\mu\text{L} = 50}$$

$$\text{Nombre de cellules} / 50\mu\text{L} = 50$$

$$\frac{\text{Nombre de cellules} / 50\mu\text{L}}{\text{Nombre de cellules} / \text{mL} = V}$$

$$\text{Nombre de cellules} / \text{mL} = V$$

Moy : la moyenne des cellules dénombrées.

20 : les 20 bandes sur lesquelles on a effectué le dénombrement.

40 : les 40 bandes qui correspondent à la grille de la cellule de comptage.

50 : volume de la cellule de Nageotte (μL).

V : volume du sous échantillon (1ml).

Chapitre 03 :

Résultats

3-1- Résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage de Zit-Emba

3-1-1. Température

La température des eaux de la retenue Zit-Emba montre une évolution similaire dans l'ensemble des stations. Les valeurs maximales sont obtenues au mois de mars (13.5 °C) dans les stations 1et2, cependant la valeur minimale (10,3 °C) est observée au niveau de la station 4 au mois de mars ; on constate aussi une baisse de température dans les 04 stations au mois de Février par rapport au mois de Mars (**Fig.17**).

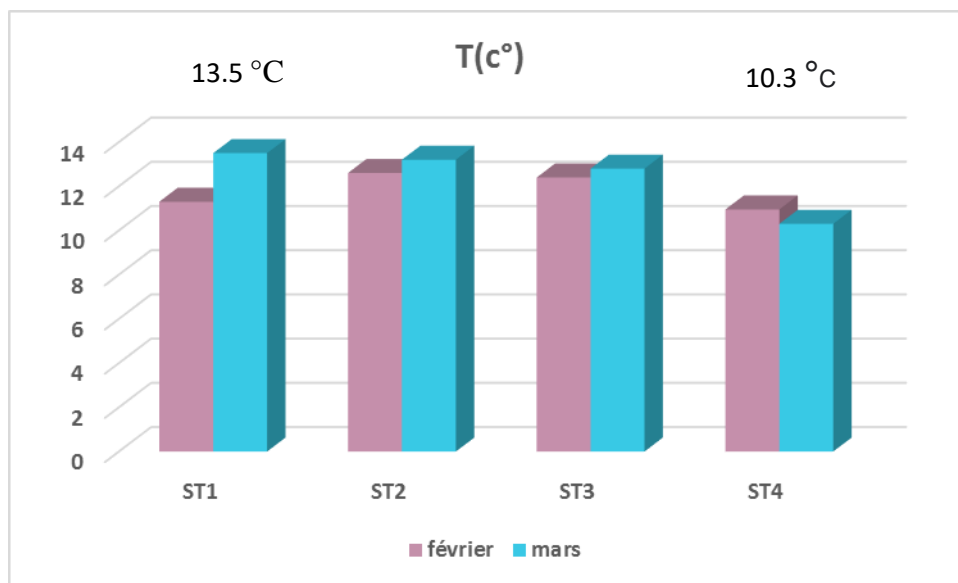
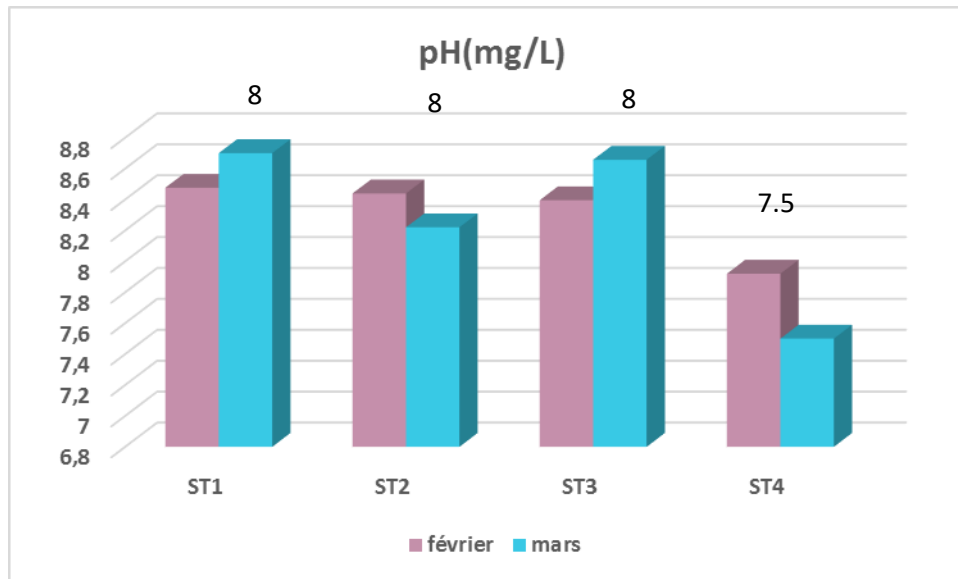


Figure17. Variations spatio-temporelles de la température des eaux du barrage Zit-Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux du barrage Zit-Emba est alcalin (le plus souvent supérieur à 8) ; Nous constatons que les valeurs du pH varient entre 7.5 et 8 dans tous les stations. Par ailleurs, la valeur la plus basse est marquée dans la station 4 (7.5) en mois de mars (**Fig.18**), cela est due au traitement opéré sur l'eau.



Féure18. Variations spatio-temporelles de pH des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-3. Teneurs en oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous des eaux du barrage Zit- Emba varient avec similitude dans l'ensemble des stations, Nous relevons des valeurs comprises entre 8,43 et 10,88 mg/l, la valeur minimale et maximales sont notée au mois de mars dans les stations 4 et 1 respectivement (**fig.19**).

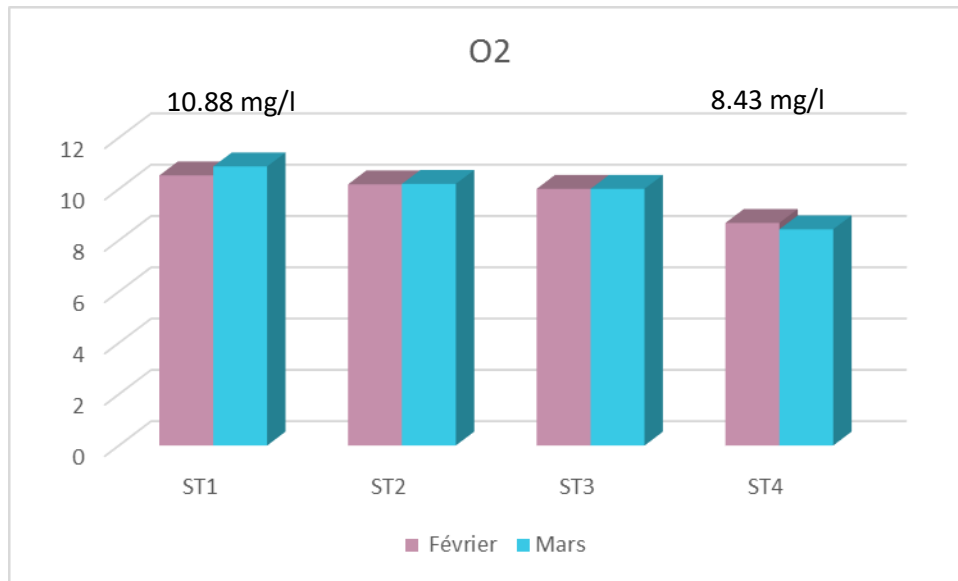


Figure19. Variations spatio-temporelles d’oxygène des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-4. Conductivité des eaux

Dans les eaux de barrage Zit Emba l’évolution de ce paramètre est similaire dans l’ensemble des stations, les valeurs de la conductivité varient de 585 à 610 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en Février puis de 590 à 618 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en Mars (**Fig.20**).

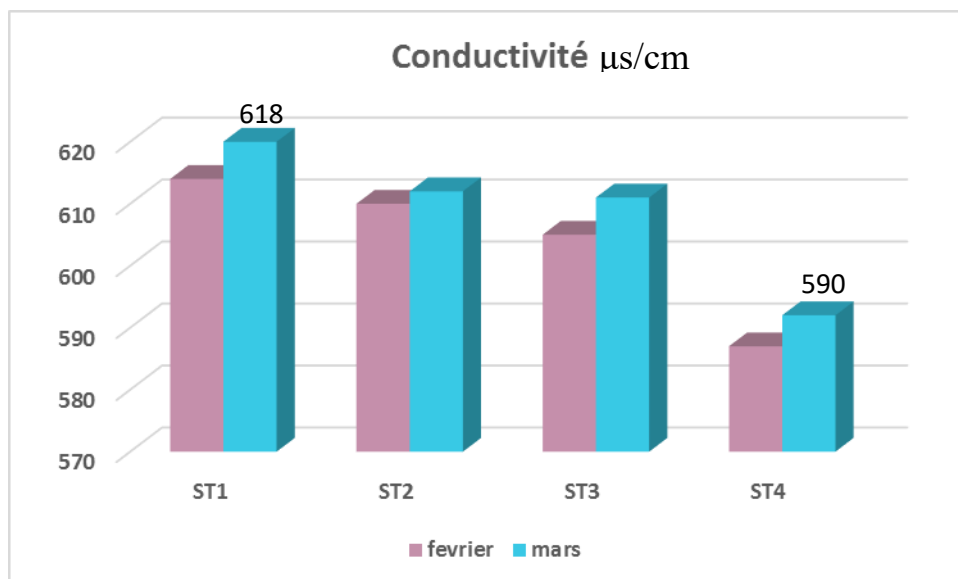


Figure20. Variations spatio-temporelles de la conductivité des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-5. Teneurs en chlorophylle (Chl a)

D'après les résultats obtenus dans les quatre stations des eaux du barrage Zit-Emba, nous réalisons que la teneur en chlorophylle (a) la plus basse (0,2 mg/l) est enregistrée en mois de Février dans la station 4, Par contre, la teneur en chlorophylle la plus élevée (6.01 mg/l) est enregistrée en mois de Mars dans la station 1 (**Fig.21**).

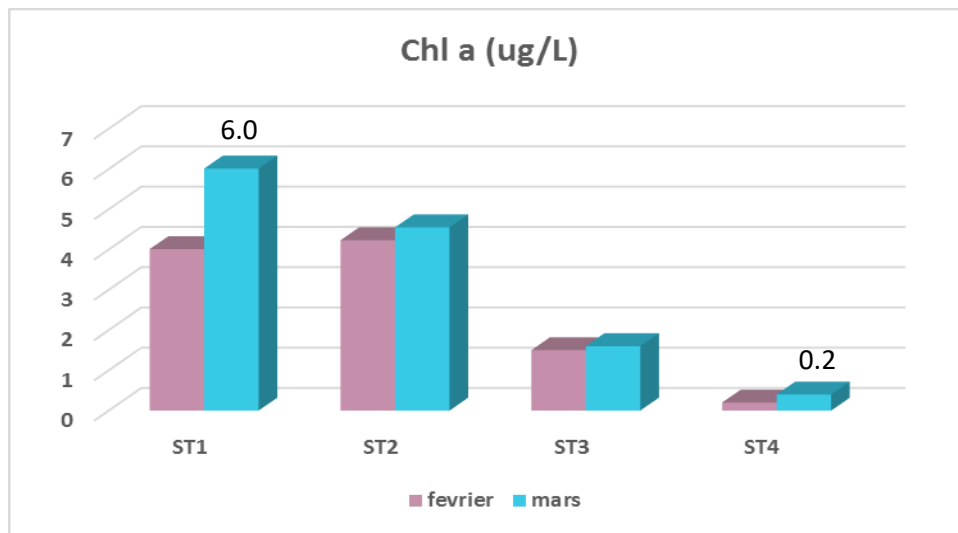


Figure21. Variations spatio-temporelles de la chlorophylle des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-6. Teneurs en matières en suspension (MES)

Les eaux de barrage Zit Emba montrent des teneurs en MES comprises entre 2 et 14 mg/l. l'évolution des teneurs en MES est similaire dans l'ensemble des stations ; Elles sont minimales en Février puis augmentent en Mars. (**Fig.22**).

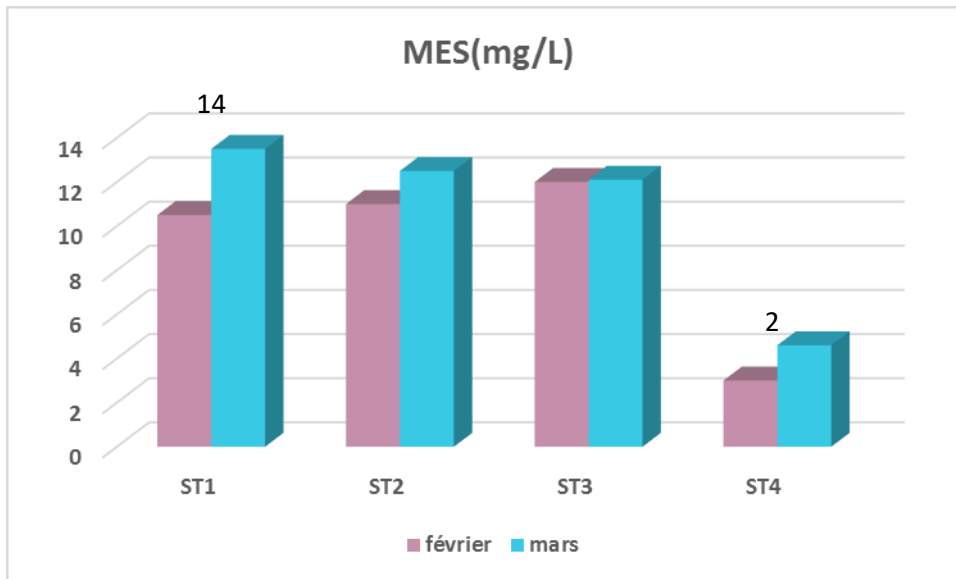


Figure22. Variations spatio-temporelles de la teneur en matières en suspension des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-7. Teneurs en nitrites (NO₂)

La lecture des résultats obtenus dans les quatre stations des eaux du barrage Zit-Emba montre que la teneur en nitrite la plus basse (0,0034mg/l) est enregistrée au mois de Mars dans la station 4, Par contre, la teneur la plus élevée (0,03 mg/l) est enregistrée au mois de Février dans la station 3 (**Fig.23.**).

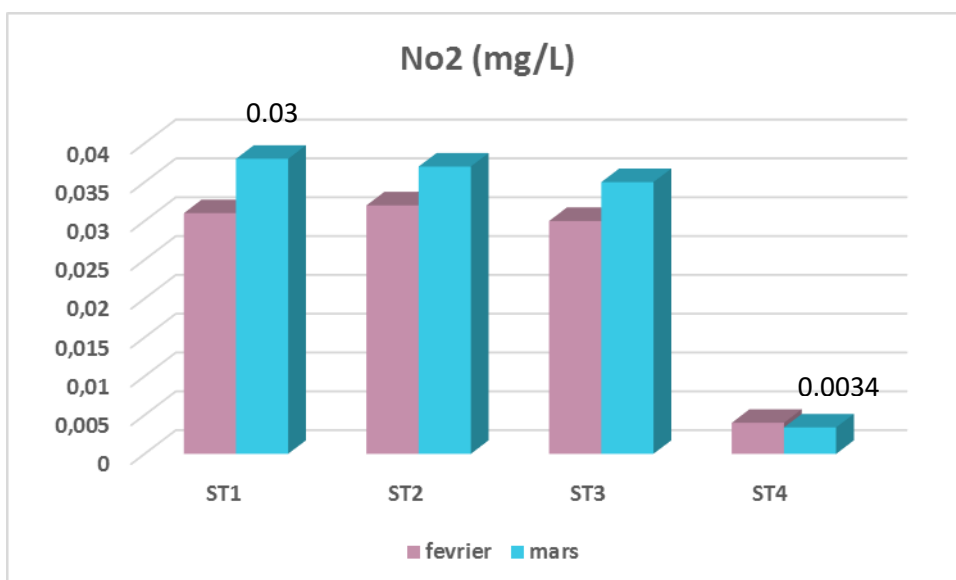


Figure23. Variations spatio-temporelles de la teneur en nitrites des eaux du barrage Zit-Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-8. Teneurs en nitrates (NO₃)

Les concentrations en nitrates sont similaires dans l'ensemble des stations, la valeur minimale est notée en Février dans la station 4, par contre la valeur maximale est notée en Mars dans la station 1 (Fig.24).

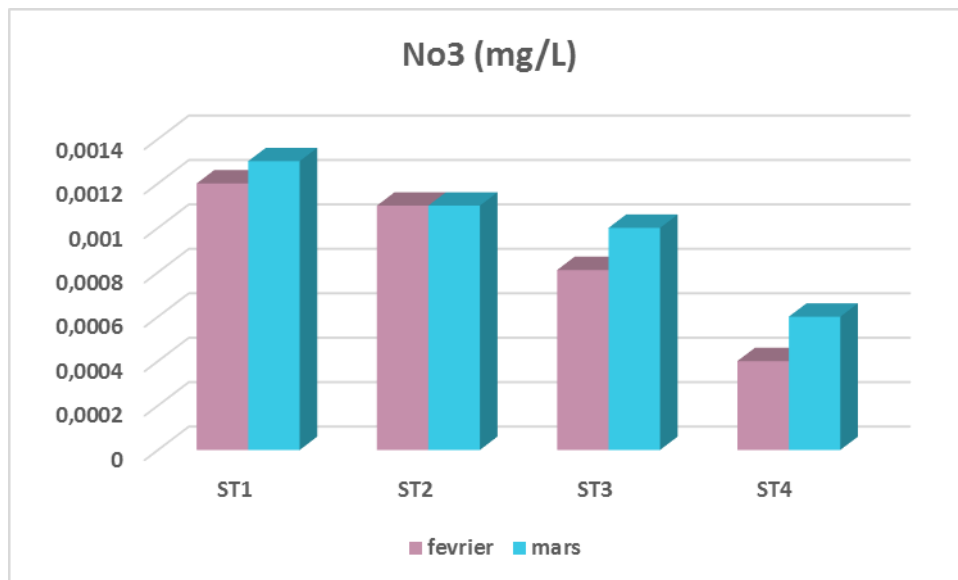


Figure24. Variations spatio-temporelles de la teneur en nitrates des eaux du barrage Zit-Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-9. Teneurs en Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Les teneurs en azote ammoniacal sont basses en février puis augmentent en mars, les valeurs les plus élevées sont observées dans les stations 1 et 2. Par contre dans les eaux traitées (ST4) nous avons enregistré des valeurs nulles (Fig.25).

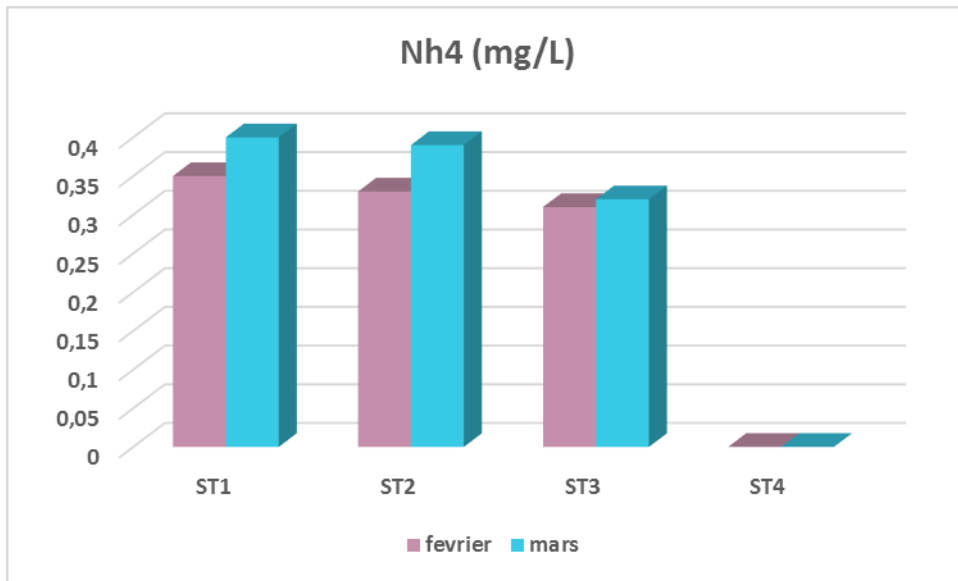


Figure25. Variations spatio-temporelles de la teneur en azote ammoniacale des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-1-10. Teneurs en orthophosphates (PO4)

Les résultats obtenus dans les quatre stations des eaux du barrage Zit-Emba montrent que la teneur en orthophosphates la plus basse (0,01 mg/l) est enregistrée en mois de Mars dans la station 4. Par contre, la teneur la plus élevée (0,17 mg/l) est enregistrée en même mois dans la station 1 (Fig.26).

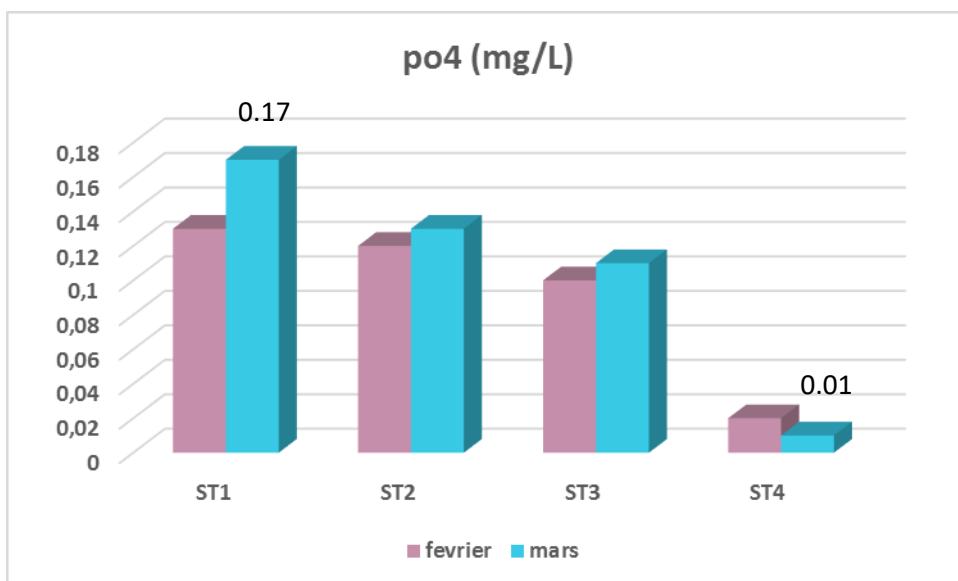


Figure26. Variations spatio-temporelles de la teneur en orthophosphate des eaux du barrage Zit- Emba. (Février-Mars 2023)

3-2- Étude qualitative et quantitative des cyanobactéries récoltées dans le barrage de Zit- Emba

3-2-1. Identifications génériques des cyanobactéries

L'observation des caractères morfo- anatomiques des cyanobactéries récoltées dans le barrage de Zit-Emba nous a permis d'identifier quatre genres de cyanobactéries. Tous les genres recensés sont potentiellement toxiques. Les 2 genres *Microcystis* et *Woronichinia* sont de forme cellulaire et se présentent en colonies (ou en amas). Les 3 autres genres *Oscillatoria*, *Plankthotrix*, sont de formes filamenteuses ou trichomes.

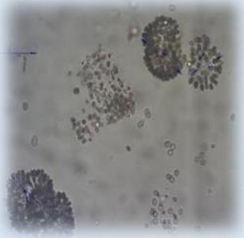
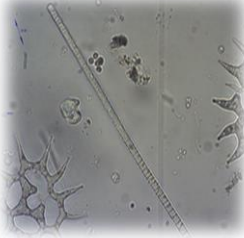
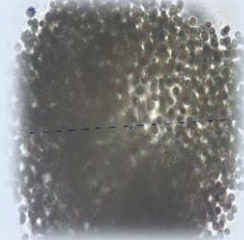

Tableau.07. Inventaire des cyanobactéries dans les eaux de barrage de Zit-Emba.

Mois	Février	Mars
Stations		
Station 01	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix</i>	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix</i>
Station 02	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix, Oscillatoria, Anabaena</i>	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix</i>
Station 03	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix, Oscillatoria,</i>	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix, Oscillatoria</i>
Station 04	<i>Microcystis, Woronichinia, Oscillatoria</i>	<i>Microcystis, Woronichinia, Plankthotrix, Oscillatoria</i>

L'identification a été basée sur des critères morphologiques tels que :

- La forme des cellules (largeur, longueur, filamenteuse, coloniale).
- Leurs enveloppes mucilagineuses.
- Coloration, pigmentation.
- La présence ou non de structures cellulaires caractéristiques « Akinètes, Hétérocystes et Vacuoles gazeuses ».

Tableau08. Les caractéristiques des genres identifiés.

Genre	Caractéristique
 <p><i>Wornichinia</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Organisme colonial de forme irrégulière. - Cellules ovales à piriformes (L : 1.4-7 μm x l : 1-5 μm, pôle large vers l'extérieur de la colonie), d'une longueur maximale de 6 à 7 μm, disposées à la périphérie, maintenues en place par des tractus mucilagineux seulement visibles après coloration. - Mucilage incolore. - Cellules très serrées les unes contre les autres dans les colonies âgées, parfois agglomérats de deux à trois sub-colonies associées. - Présence éventuelle de pseudo- vacuoles.
 <p><i>Oxillatoria</i></p>	<p>Organisme filamenteux, unisériel, non ramifié et sans gaine mucilagineuse. - Trichomes généralement droits mais capables de mouvements d'ondulation (d'où le nom), faits exclusivement de cellules végétatives. Cellules discoïdes à cylindriques sans pseudovacuoles, courtes dans la plupart des espèces (L : 0.8-26 μm x l : 0.6-60 μm).</p>
 <p><i>Microcystis</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colonies de formes variées, à mucilage incolore. - Cellules sphériques (diamètre : 0.8-10μm) munies pseudo- vacuoles, sans disposition particulière au sein de la colonie
 <p><i>Plankthotrix</i></p>	<p>Organisme filamenteux, unisériel, non ramifié, constitué exclusivement de cellules végétatives et dépourvu de gaine mucilagineuse. - Trichomes en général rectilignes, solitaires munis de nombreuses pseudovacuoles. - Cellules de forme cylindrique et plutôt courtes ; diamètre en général compris entre 3.5 et 10 μm (limites du genre L : 2-6 μm x l : 2.2-11.5 μm). Distinction des espèces parfois difficile, en fonction de la couleur, du diamètre, du degré de constriction entre les cellules, de la forme de la cellule apicale et de son apex.</p>

3-2-2. Densité moyenne des genres de cyanobactéries recensés

Les densités globales des genres recensés dans les eaux du barrage de Zit-Emba diffèrent d'un genre à l'autre. Nous notons une forte présence des genres *Woronichinia*, avec une densité de 934 cell/ml. Les genres *Plankthotrix* et *microcystis* enregistrent des densités de

115 et 356 cell/ml respectivement, en ce qui concerne le genre *oscillatoria* il est présent avec une densité de 70 cell/ml (Fig.27).

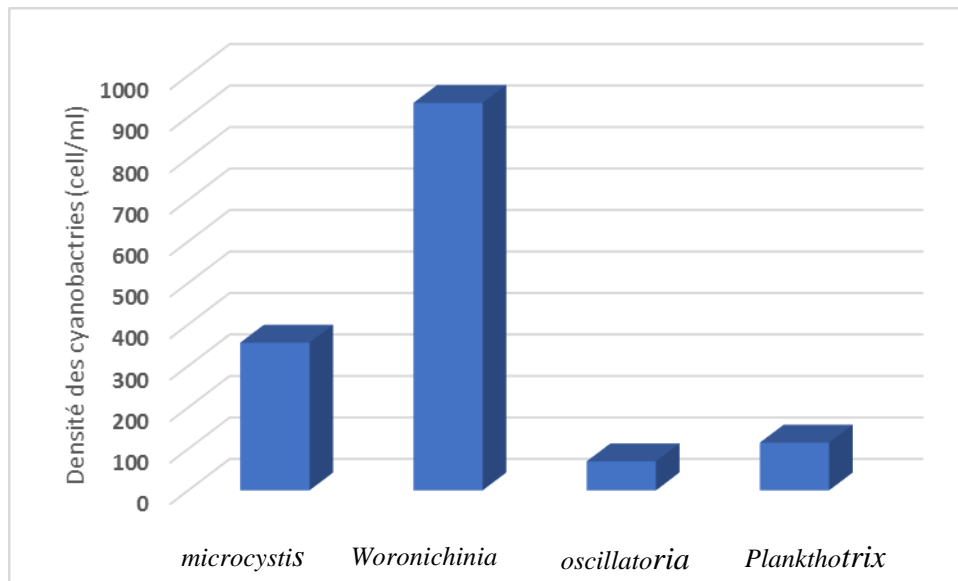


Figure 27. Distribution des densités globales des genres recensés dans les eaux du barrage Zit-Emba (Février-Mars 2023).

3-2-3. Distribution spatiale des peuplements Cyanobactériens

Les résultats du comptage des genres recensés dans les eaux de la retenue de Zit-Emba au cours de la période d'étude révèlent que la station 1 présente la densité la plus élevée avec 45% et ce par rapport aux stations : 2 et 3, avec 31%, 21% respectivement, et la densité la plus faible est relevée dans la station 4 (eau traitée) avec un pourcentage égal à 3%.

La figure 28 suivante, donne un aperçu graphique de la distribution des taux relatifs aux densités des Cyanobactéries relevées dans chacune des quatre stations de prélèvement du Barrage de Zit-Emba.

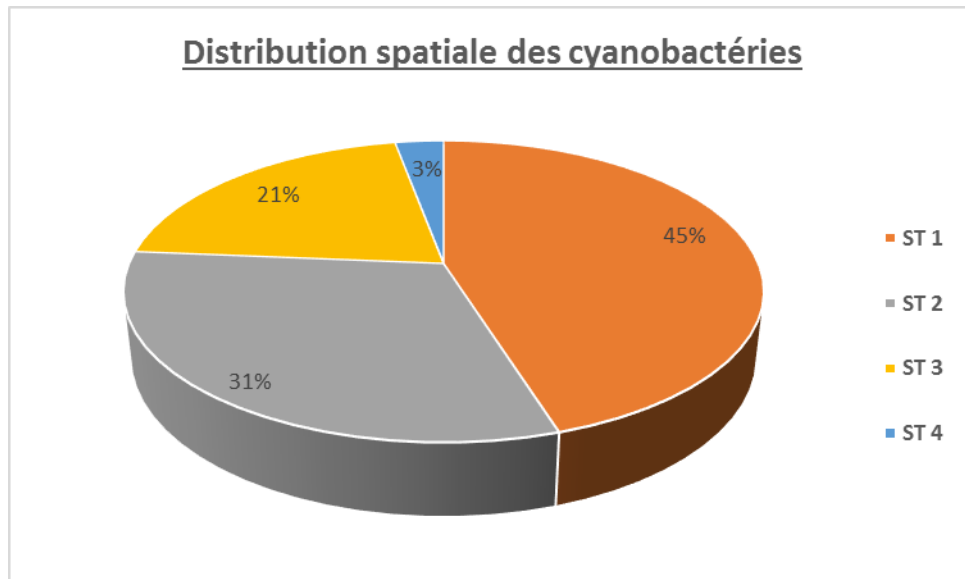


Figure 28. Distribution spatiale des cyanobactéries dans les eaux du barrage Zit-Emba (Février-Mars 2023).

3-2-4. Distribution spatio-temporelle des peuplements Cyanobactériens

Le suivi spatio-temporel des densités globales des cyanobactéries recensées au niveau du barrage Zit-Emba montre une variation de la distribution de ces dernières au cours de la période d'étude ; les densités les plus élevées sont observées au mois de Mars avec une concentration de 3164 cell/ml, 2399 cell/ml au niveau de la station 01 et 2 respectivement (**Fig.29**).

Nous constatons que c'est au niveau de la station 01 la densité la plus élevée est observée en mois de Février avec une concentration de 2156 cell/ml. Le suivi spatio-temporel de ces micro-algues fait apparaître leur présence même dans les eaux traitées (Station 04) en mois de Février avec une densité de 177 cell/ml et de 168 cell/ml, respectivement (**Fig.29**).

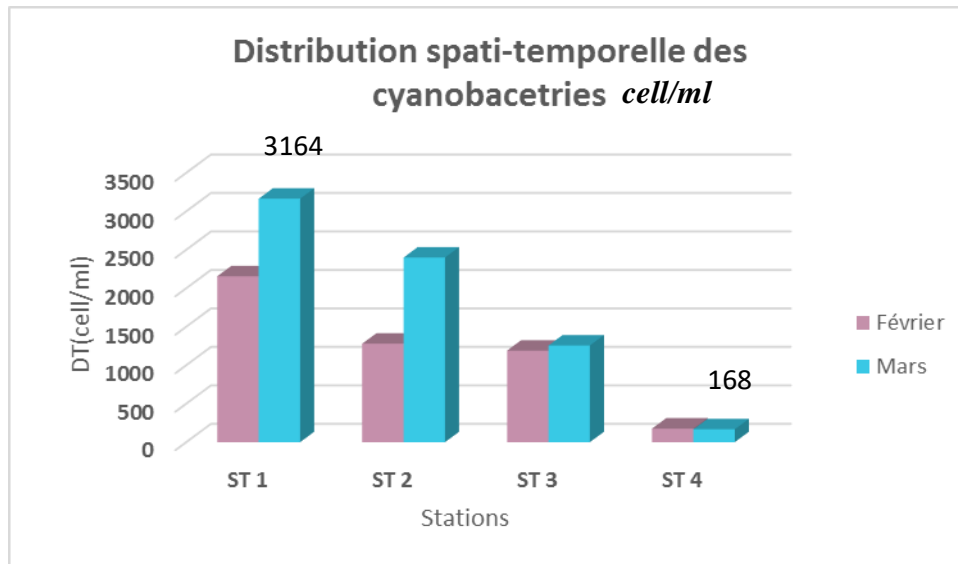


Figure 29. Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactéries. (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)

3-2-5. Distribution spatio-temporelle du genre *Microcystis*

Les densités globales du genre *Microcystis* peuplant le Barrage de Zit-Emba montrent une variation spatio-temporelle au cours de la période d'étude variant de 51 à 1234 cell/ml, les densités les plus élevées (1234 et 879 cell/ml) sont enregistrées dans les stations 1 et 2 pour les prélèvements du mois de Mars par contre les densités les plus basses (51, 60,80 cell/ml) sont enregistrées dans les stations 03, et 04. La figure suivante, donne un aperçu graphique de cette distribution (fig.30).

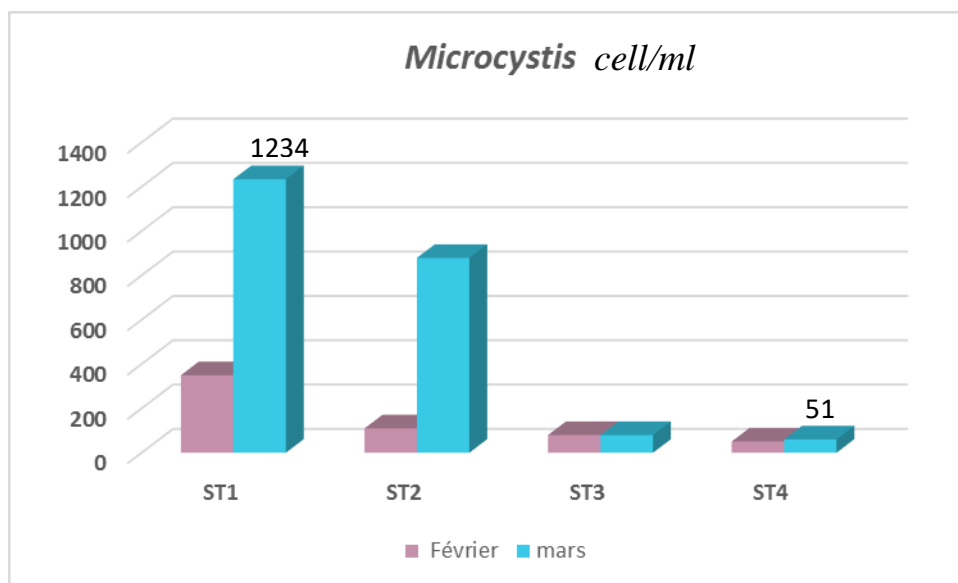


Figure 30. Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre *Microcystis* (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)

3-2-6. Distribution spatio-temporelle du genre *Woronichinia*

La densité la plus élevée du genre *woronichnia* (1530 cell/ml) est observée au mois de Février au niveau de la station 01, en revanche la densité la plus faible (88 Cell/ml) est enregistrée au niveau de la station 04 en mois de Mars. Par ailleurs, nous constatons que la station 03 durant le mois de Février et le mois Mars est caractérisée par la même valeur (1066 Cell/ml) (**Fig.31**).

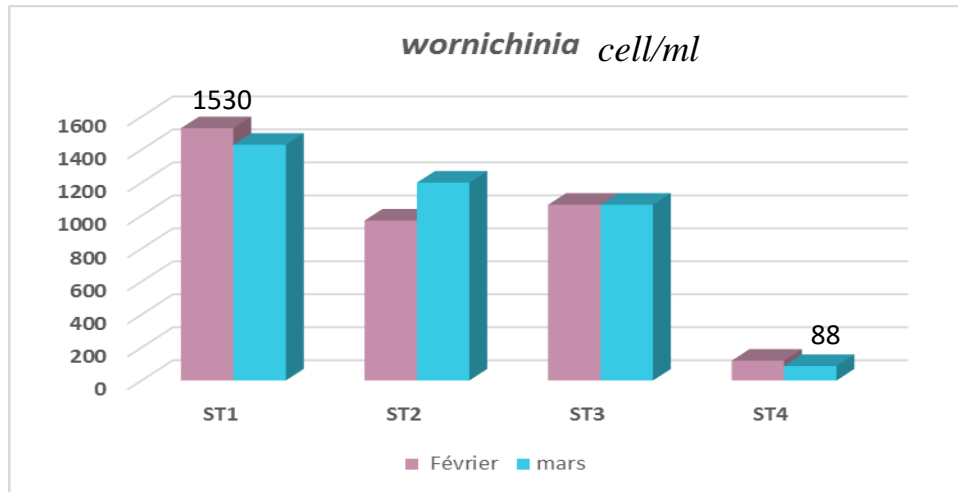


Figure31. Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre *wornichinia* (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)

3-2-7. Distribution spatio-temporelle du genre *Oscillatoria*

Le genre *Oscillatoria* montre des faibles densités dans l'ensemble des stations, qui varient entre (6 et 100 cell/ml), excepté au mois de Mars au niveau de la station 02 avec une densité de 200 cell/ml (**Fig.32**).

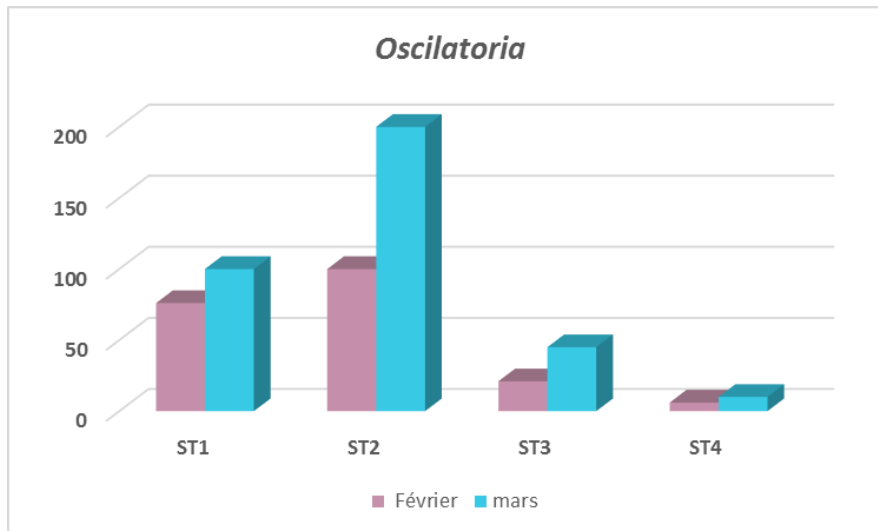


Figure 32. Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre *Oscillatoria* (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)

3-2-8. Distribution spatio-temporelle du genre *Plancthotrix*

La densité la plus élevée est relevée dans la station 1 du mois de mars avec une densité de 400 cell/ml, en revanche le genre *Plancthotrix* il n'est pas signalé dans l'eau traitée en mois de février. Par contre en mois de mars elle est présente avec une densité de 10 cell/ml.(Fig.33)

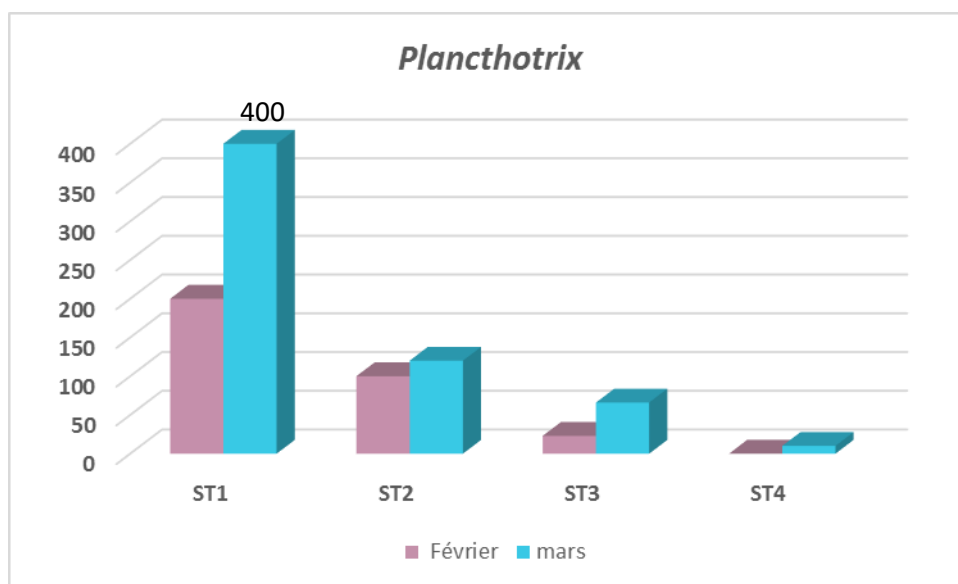


Figure33. Distribution spatio-temporelle des peuplements de Cyanobactérie du genre *Plancthotrix* (Barrage Zit-Emba, Février-Mars 2023)

Chapitre 04 :

Discussion

4-1- Discussion

La température de l'eau est un élément clé de l'environnement, car elle exerce une influence importante sur l'activité biotique et abiotique, en particulier sur l'activité bactérienne (**Belhadj .2006**). Les variations de ce paramètre physique dans les eaux de notre barrage sont liées aux conditions climatiques locales, et plus précisément à la température de l'air. Des observations similaires ont été signalées par plusieurs auteurs en ce qui concerne le réservoir Bouhamdane(W.Guelma) (**Guellati.2018. Zeghaba.2018**), le réservoir Zit-Emba (W. Skikda) (**Touati.2019**).

Les eaux du barrage Zit Emba sont alcalines, Selon (**Pick&Lean. 1987**) cette alcalinités du milieu est probablement liée à l'activité photosynthétique du phytoplancton dont font partie les cyanobactéries, et peut être également expliquée par la ventilation du milieu comme cela a été suggéré par **Hamaidi et al., (2009) Saoudi, (2015)** et **Touati, (2019)** lors de leurs études sur les barrages Ghrib (W.Ain Defla), Mexa (W. EL-TARF) et Zit-Emba (W. Skikda) respectivement.

La quantité d'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre crucial pour la vie aquatique et sert de bon indicateur de la pollution et, par conséquent, du degré d'auto-épuration d'un cours d'eau (**Mekaoussi, 2014**). La concentration en oxygène dissous est influencée par plusieurs facteurs environnementaux qui varient dans l'espace et le temps, tels que la température, la photosynthèse, l'échange avec l'atmosphère et la charge en matière organique des eaux (**Gaagai, 2017**). Les eaux de ce barrage sont bien oxygénées grâce à leur faible température et au brassage des vents (**Millet.1989.Schlumberger. 2002**).

Les résultats de la mesure de la conductivité obtenus en février sont légèrement inférieurs à ceux enregistrés en mars. Il est probable que l'augmentation de cette mesure lors du deuxième prélèvement (en mars) soit due à la hausse de température, qui a un effet sur la mobilité des sels et donc sur la conductivité électrique (**Dussart.1992**).

Les teneurs en chlorophylle (a) sont considérées comme des indicateurs de la biomasse algale globale et sont influencées par les températures élevées et les fortes intensités lumineuses (**Izaguirre. 2001**).

Les faibles teneurs en chlorophylle (a) observées dans les eaux brutes du barrage Zit-Emba pendant notre période d'étude sont probablement liées à la faible densité de phytoplancton enregistrée dans cette retenue. Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (**OCDE. 1982**), les eaux du réservoir Zit-Emba sont classées comme mésotrophes. De plus, les concentrations observées sont presque nulles dans les eaux traitées (ST4), ce qui explique l'efficacité du traitement.

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se dissolvent pas dans l'eau, telles que les argiles, les sables, les limons, les petites matières organiques et minérales, le plancton et les autres micro-organismes présents dans l'eau. La quantité de matières en suspension enregistrée dans les eaux de notre barrage peut s'expliquer par le facteur de charriage des matériaux et des matières en suspension transportés par les oueds, ainsi que par la nature des terrains traversés, la pluviosité et les rejets liquides (**Bouzi&Chelhi.2017**). Les concentrations de matières en suspension sont faibles dans les eaux traitées, ce qui explique l'efficacité du traitement et le bon rendement du processus.

Il est courant d'inclure l'évaluation des concentrations de NH_4 , NO_3 et NO_2 dans les programmes de surveillance de la qualité des eaux (**Aminot&Kerouel. 2004**) car ces éléments, ainsi que le phosphore sous forme d'orthophosphate (PO_4^{3-}), sont des facteurs clés de l'eutrophisation des eaux (**Howarth&Marino.2006**) et ont un impact significatif sur la croissance des algues (**Seyni.2006**).

Les eaux superficielles de Zit Emba abritent des teneurs en nitrites le plus souvent inférieures à 0,1mg/L. Les faibles teneurs en nitrites relevées à Zit Emba seraient en rapport avec les fortes teneurs en oxygène dissous et le pH alcalin de ses eaux (**Touati.2019**)

Les nitrates sont considérés comme la forme finale oxydée de l'azote et leur présence dans l'eau est un indicateur de la capacité de récupération en cas de pollution organique (**Gueroui.2015**). Les concentrations de nitrates dans les échantillons d'eau brute et traitée sont très faibles, avec une variation de 0,37 à 1,48 mg/l, ce qui est conforme aux normes de

potabilité et des eaux superficielles. Cependant, leur présence dans l'eau est un indicateur positif de la capacité de récupération de l'eau en cas de pollution organique (J.O.R.A, 2014, 2011).

D'après Dajoz (1985), les concentrations faibles observées dans les eaux du barrage de Zit-Emba peuvent s'expliquer de deux manières. Tout d'abord, il peut s'agir d'une réaction de nitrification causée par l'action bactérienne des "Nitrosomonas et Nitrobacter". D'autre part, ces faibles teneurs peuvent être dues à l'assimilation préférentielle des algues pendant leur période de croissance.

L'observation des caractères morpho-anatomiques des cyanobactéries récoltées dans l'eau de Barrage Zit-Emba nous a permis d'identifier 4 genres communs au plan d'eau : *Microcystis*, *Woronichinia*, *Plankthotrix* et *Oscillatoria*, elles sont considérées comme potentiellement toxique.

Nos données sont confortées par celles Guellati et al. (2017), Saoudi et al., (2015, 2017), Touati., et al., (2019) qui signalent la dominance de *Microcystis* dans les barrages Bouhamdane (W. Guelma), Mexa (W. El teref), Ain-Zada (W. Borj Bou Arreridj) et Zit-Emba (W. Skikda).

En été, les cyanobactéries présentent une forte densité et une grande capacité d'adaptation aux conditions environnementales saisonnières. Leur abondance est influencée par divers facteurs, tels que la stabilité hydrodynamique de la colonne d'eau, les nutriments et la compétition avec d'autres organismes. Plusieurs études (Weyhenmeyer.2001 ; Blenckner et al., 2002 ; Hunter.2003) ont montré que le réchauffement climatique, en augmentant la stabilité de la colonne d'eau, la teneur en nutriments et l'anoxie, pourrait favoriser la croissance des cyanobactéries et entraîner une augmentation de la fréquence de leurs floraisons. En revanche, pendant les périodes froides, la croissance des micro-algues est ralentie en raison de facteurs tels que les basses températures, le faible ensoleillement, les précipitations et l'agitation de l'eau par le vent.

Chapitre 04 : Discussion

Les augmentations de densité observées en mars sont étroitement liées à l'augmentation de la température, car celle-ci est considérée comme l'un des facteurs les plus importants pour contrôler la dominance des cyanobactéries. En effet, la température permet à une espèce donnée de se développer et d'atteindre son maximum avant de disparaître à des moments précis de l'année (**Gayral.1975**).

Selon les normes de l'OMS (**Chorus et Bartram.1999**), les densités de cyanobactéries enregistrées dans les eaux de la retenue Zit-Emba pendant notre période d'étude dépassent largement le niveau de vigilance. Cette situation a également été signalée par **Touati et al. (2017)** dans le même réservoir, où les auteurs ont noté des densités dépassant le niveau de vigilance.

Conclusion

Conclusion

Les résultats obtenus durant notre investigation s'appuient sur des données collectées durant deux mois (février et mars 2023), au niveau de quatre stations dans le barrage de Zit-Emba (W. Skikda).

Il ressort de cette étude que l'analyse des résultats relatifs aux conditions du milieu a montré que :

- La température est le facteur déterminant dans les variations des paramètres biotiques et abiotiques.
- L'étude qualitative des cyanobactéries peuplant le barrage Zit-Emba a révélé l'existence de 04 genres toxiques *Microcystis*, *Woronichinia*, *Plankthotrix* et *Oscillatoria*, avec une prédominance du genre *Microcystis*.
- Une très faible présence des cyanobactéries dans les eaux traitées
- Les eaux du barrage présentent un risque élevé pour les consommateurs, car les densités de cyanobactéries détectées au cours des deux mois ont conduit à classer les eaux au niveau d'alerte Perspectives

Suite à toutes ces observations, il serait utile d'élaborer un programme de surveillance de ce plan d'eau, basé sur :

- L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau de façon continue,
- L'étude des peuplements de cyanobactéries durant plusieurs cycles à différentes profondeurs.
- La réalisation de cultures mono spécifiques des cyanobactéries recensées afin d'identifier les souches toxiques et éventuellement doser les toxines par des techniques élaborées telles que l'ELISA, HPLC.
- Compléter l'étude morphologique par une identification moléculaire qui est plus fiable pour déterminer l'espèce.
- Contrôler le risque lié à la présence de cyanobactéries et cyanotoxines dans l'eau potable est tout à fait possible en utilisant des procédés de traitements adéquats.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Aminot, A., &Chaussepied, M. (1983). Dosage de l'azote ammoniacal. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*, 107-118.

Aminot, A., &Kérouel, R. (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*. Editions Quae

Amrani, A., Zaidi, H., Boumendjel, M., &Nasri, H. (2020). Cyanobactéries toxiques et leur impact sur la santé publique. *Environnement, Risques & Santé*, 19(5), 320-326.

Belin, C., &Soudant, D. (2018). Trente années d'observation des micro-algues et des toxines d'algues sur le littoral (p. 258). Éditions Quae.

Belmars, D. (2015). Contribution à l'identification des cyanobacteries du barrage Zit El-Emba (Skikda).

Bendschneider, K., & Robinson, R. J. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water.

Blais, S. (2008). Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries. Comment les distinguer des végétaux observés dans nos lacs et nos rivières.

Blenckner, T., & Hillebrand, H. (2002). North Atlantic Oscillation signatures in aquatic and terrestrial ecosystems—a meta-analysis. *Global Change Biology*, 8(3), 203-212.

Bouffligha, K., Saoudi, A., Boutarfa, K., Belhaouas, S., Touati, H., &Bensouilah, M. (2021). Dynamic of microcystin-LR-producing cyanobacteria in a drinking water supply: Guenitra dam (North-East of Algeria). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(6), 377-395.

Bouzidi S &Chelihi (2017). Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Guelma. *Mémoire de master en Microbiologie de l'environnement*. Université 8 Mai 1945 Guelma.

Références bibliographiques

BRIAND, E. (2008). Discipline: Ecologie Microbienne (Doctoral dissertation, Université de Montpellier II).

Briand, J. F., Jacquet, S., Bernard, C., & Humbert, J. F. (2003). Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Veterinary research*, 34(4), 361-377.

Carmichael, W.W., Azevedo, S.M.F.O., An, J., Molica, R.J.R., Jochimsen, E.M., Lau, S., Rinehart, K.L., Shaw, G.R., Eaglesham, G.K. (2001). Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. *Environ. Health. Perspect.* 109, 663–668.

Charifi, S., Merad, T., Guellati, F. Z., Touati, H., & Bensouilah, M. (2019). Dynamic of Filamentous Cyanobacteria in the Dam Ain Zada (North of Algeria). *Journal of Ecological Engineering*, 20(5), 97-110.

Chorus, I., & Bartram, J. (1999). *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.* CRC Press

Codd, G.A. (1998). Cyanobacterial blooms and toxin in fresh-, brackish and marine waters. Intergovernmental commission of UNESCO, Santiago de Compostela, pp. 13-17.

Coutu s . Republique algerienne democratique et populaire ministere de l'enseignement superieur et de la recherche scientifique.

Dajoz, R. (1975). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 549p.

Dussart, B. (1992). *Limnologie-l'étude des eaux continentales.* 2^{ed} édition. Ed. Boubée et C^{ie} : 670p.

Gaagai 1. (2017). Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement. *Mémoire de doctorat en hydraulique.* Université Mostefa Benboulaïd -Batna.

Gayral P. (1975). Les algues : Morphologies, Cytologie, Reproduction, *Ecologie-ed* : DOIN, Paris, p.12, 49, 52

Références bibliographiques

Guellati, F. Z., Touati, H., Tambosco, K., Quiblier, C., Humbert, J. F., & Bensouilah, M. (2017). Unusual cohabitation and competition between *Planktothrix rubescens* and *Microcystis* sp.(cyanobacteria) in a subtropical reservoir (Hammam Debagh) located in Algeria. *PloS one*, 12(8), e0183540.

Gueroui, Y., (2015). Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Université 8 Mai 1945, p200. GUELMA.

Hamaidi MS, Hamaidi F, Zoubiri A, Benouaklil F, Dhan Y. (2009). Etude de la dynamique des populations phytoplanctoniques et résultats préliminaires sur les blooms toxiques a cyanobacteries dans le barrage de Ghrib (Ain Defla-Algérie). *European Journal of Scientific Research*, 32 (3): 369-380.

Howarth R.W., & Marino R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnol. Oceanogr.* 51: 364-376.

Izaguirre, I., O'Farrell, I., & Tell, G. (2001). Variation in phytoplankton composition and limnological features in a water–water ecotone of the Lower Paraná Basin (Argentina). *FreshwaterBiology*, 46(1), 63-74.

J.O.R.A (Journal Officiel de la République Algérienne). (2011). Décret exécutif n°14-96 du 04 mars 2014, modifiant et complétant le décret exécutif N° 11-125 du 22 mars 2011, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

J.O.R.A (Journal Officiel de la République Algérienne). (2014). Décret exécutif n° 11-220 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les modalités de la concession d'utilisation des ressources en eau pour l'Établissement d'installations de dessalement d'eau de mer ou de déminéralisation d'eaux saumâtres pour cause d'utilités publique ou pour la satisfaction de besoins propres.

Références bibliographiques

Ledreux, A. (2010). Contribution à l'évaluation du risque pour l'homme lors de l'apparition de neurotoxines émergentes : analyse de réponses cellulaires et sélection de modèles expérimentaux de criblage (Doctoral dissertation, AgroParisTech).

Mekaoussi N. (2014). Comportement des Eléments Chimiques dans les Eaux de Surface de Hammam Debagh (Est Algérien). Mémoire de magister en Hydraulique. Université Hadj Lakhdar-Batna

Metcalf, J.S., Codd, G.A., (2004). Cyanobacterial Toxins in the Water Environment. A

Millet, B. (1989). Fonctionnement hydrodynamique du I 'bassin de Thau. Validation écologique d'un modèle. *Oceanol. Acta*, 12(1), 37-46.

Nasri, H., El Herry, S., & Bouaïcha, N. (2008). First reported case of turtle deaths during a toxic *Microcystis* spp. bloom in Lake Oubeira, Algeria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2), 535-544

Review of Current Knowledge. Foundation for Water Research.

Rodier, F. (2009). Borne sur le degré des polynômes presque parfaitement non-linéaires. *Contemporary Mathematics*, 487, 169.

Saoudi, A. (2008). Isolement, culture et évaluation de la toxicité des efflorescences à *Microcystis* spp., du barrage Mexa (El-Taref). (Mémoire de magistère). Université Badji Mokhtar. Annaba.

Saoudi, A., Barour, C., Brient, L., Ouzrout, R., & Bensouilah, M. (2015). Environmental parameters and spatio-temporal dynamics of Cyanobacteria in the reservoir of Mexa (Extreme North-East of Algeria). *Adv Environ Biol*, 9, 109-121.

Saoudi, A., Brient, L., Boucetta, S., Ouzrout, R., Bormans, M., & Bensouilah, M. (2017). Management of toxic cyanobacteria for drinking water production of Ain Zada Dam. *Environmental monitoring and assessment*, 189(7), 361.

Schlumberger, O. (2002). *Mémento de pisciculture d'étang*. Éditions Quæ.

Références bibliographiques

Seyni S. (2006). *Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal.* (Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Biologie Végétale). Univ Cheik Anta Diop

Silvano, J. (2005). *Toxicité des cyanobactéries d'eau douce vis-à-vis des animaux domestiques et sauvages* (Doctoral dissertation).

Teixeira, M.R., Rosa, M.J., (2007). Comparing dissolved air flotation and conventional sedimentation to remove cyanobacterial cells of *Microcystis aeruginosa*. Part II. The effect of water background organics. *Sep. Purif. Technol.* 53, 126–134.

Touati, H., Guellati, F. Z., Arif, S., & Bensouilah, M. (2019). Cyanobacteria dynamics in a Mediterranean reservoir of the north east of Algeria: vertical and seasonal variability. *Journal of Ecological Engineering*, 20(1).

Weyhenmeyer, G. A. (2001). Warmer winters: are planktonic algal populations in Sweden's largest lakes affected?. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(8), 565-571.

Zeghaba, N., Laraba, A., & Mahia, M. (2018). Qualité des eaux brutes du barrage Hammam Debagh, Wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 37, 113-121.

Annexes

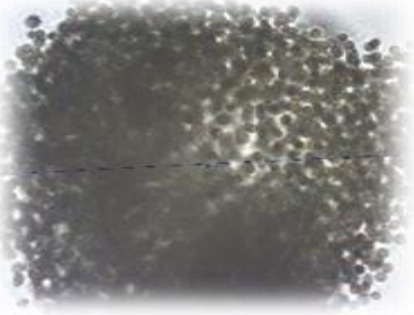
Tableau. 1 Valeurs guides retenues par (J.O.R.A, 2014, 2011 ; l'OMS, 1999) pour la qualité

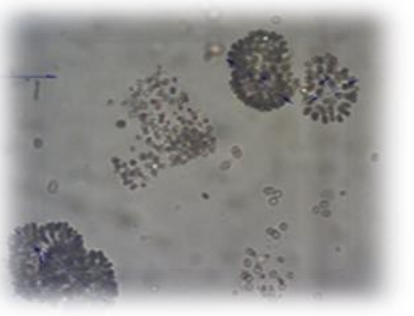
	Valeur limite Eaux superficielles	Valeur limite Eau potable	Référence
T (°C)	25	25	(J.O.R.A, 2014, 2011)
pH	9	9	(J.O.R.A, 2014, 2011)
DO (mg/L)	8	8	(J.O.R.A, 2014, 2011)
Cond (µS/cm)	3000	3000	(J.O.R.A, 2014, 2011)
NH₄-N (mg/L)	4	0,5	(J.O.R.A, 2014, 2011)
NO₂-N (mg/L)	0,2	0,2	(J.O.R.A, 2014, 2011)
NO₃-N (mg/L)	50	50	(J.O.R.A, 2014, 2011)
PO₄-P (mg/L)	10	5	(J.O.R.A, 2014, 2011)
MES (mg/L)	25	25	(J.O.R.A, 2014, 2011)
Chl-a (µg/L)	50	10	(L'OMS, 1999)
DC (cells/mL)	200-20000-100000	200- 2000	(L'OMS, 1999)
Mc-LR (ug/L)	1	0,1	(L'OMS, 1999)


des eaux

Tableau. 1 Valeurs guides retenues par (J.O.R.A, 2014, 2011 ; l'OMS, 1999) pour la qualité
des eaux

Degré de trophie	P total µg/ L	Chlorophylle a moy (µg/L)	Chlorophylle a max (µg/L)	Secchi moy (m)	Secchi min (m)
Ultra- oligotrophe	< 4	< 1	< 2.5	> 12	> 6
Oligotrophe	< 10	< 2.5	2.5 - 8	> 6	> 3
Mésotrophe	10 - 35	2.5 - 8	8 - 25	6 - 3	3 – 1.5
Eutrophe	35 - 100	8 - 25	25 - 75	3 – 1.5	1.5 – 0.7
Hypereutrophe	> 100	> 25	> 75	< 1.5	< 0.7

 <p>1. Le genre <i>Mycosystis</i> (Algabase ,2014)</p>	<p>Clasification :</p> <p>EmpireProkaryota KingdomEubacteria SubkingdomNegibacteria PhylumCyanobacteria ClassCyanophyceae SubclassOscillatoriophycid OrderChroococcales FamilyMicrocystaceae</p>
--	--

 <p>2. Le genre <i>Woronichinia</i> (Algabase ,2014)</p>	<p>Clasification :</p> <p>Empireprokaryota Kingdom Eubacteria Subkingdom Negibacteria Phylum Cyanobacteria Class Cyanophyceae SubclassSynechococcophycidae OrderSynechococcales FamilyMerismopediaceae</p>
---	--

 <p>3.Le genre <i>Oscillatoria</i> (Algabase ,2014)</p>	<p>Clasification :</p> <p>Empire prokaryota Kingdom Eubacteria Subkingdom Negibacteria Phylum Cyanobacteria Class Cyanophyceae Subclass Oscillatoriophycidae Order Oscillatonaes Family Oscillatoriaceae</p>
---	--



**4. Le genre *Plankthotrix*
(Algabase, 2014)**

Classification :

Empire prokaryota

Kingdom Eubacteria

Subkingdom Negibacteria

Phylum Cyanobacteria

Class Cyanophyceae

Subclass Oscillatoriophycidae

Order Oscillatoriales

Family Microcoleaceae