

INVENTAIRE DES CYANOBACTERIES POTENTIELLEMENT TOXIQUES DANS LA TOURBIERE DU LAC NOIR « PARC NATIONAL D'EL-KALA » (ALGERIE)

Sandra AMRI ^a, Zidane Branes ^a et Brahim Oudra ^{b*}✉

^a Laboratoire de microbiologie appliquée. Faculté des Sciences, Université de Badji Mokhtar. Annaba (Algérie). E-mail : amri.sandra@live.fr. E-mail : djbranes@yahoo.fr

^b Laboratoire de Biologie et Biotechnologie des Micro-organismes, Equipe de recherche Microbiologie et Toxicologie Environnementales, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Département de Biologie B.P 2390, Marrakech, 40 000 Maroc. E-mail : oudra@ucam.ac.ma

- Auteur pour correspondance : Pr Brahim Oudra (oudra@ucam.ac.ma)

RESUME :

Cette étude, a pour but de réaliser l'inventaire du phytoplancton et en particulier, la prolifération des cyanobactéries potentiellement toxiques, dans la tourbière du lac Noir « Parc National d'El-Kala » (Algérie). Pour cela des campagnes mensuelles de prospection ont été réalisées durant une période de 6 mois (Janvier à Juin 2007). Lors de la prospection, nous avons suivi les propriétés physico-chimiques et le statut trophique de l'eau (la température, le pH et la conductivité électrique), des paramètres chimiques (les ortho-phosphates et les matières en suspension) et des paramètres biologiques (l'abondance de la communauté phytoplanctonique et les teneurs en chlorophylle *a*) caractérisant la qualité de l'eau, afin de mieux comprendre le fonctionnement écologique de ce site d'étude particulier. En se basant sur les observations microscopiques et la description morpho-cytologique des micro-organismes phytoplanctoniques, nous avons pu déterminer la composition taxinomique

de la communauté micro-algale, qui se révèle assez hétérogène, avec la présence de 7 classes taxinomiques (*Chlorophycées*, *Chrysophycées*, *Euglénophycées*, *Cryptophycées*, *Cyanophycées*, *Diatomophycées* et *Dinophycées*). Une attention particulière a été accordée à la classe des *cyanophycées* (*Cyanobactéries*), en raison de leur toxicité potentielle.

Au niveau de ce plan d'eau, 7 genres de cyanobactéries ont été identifiés, dont l'espèce *Microcystis aeruginosa* est la plus importante, en raison de sa fréquence d'apparition et son taux d'abondance. En vue d'appréhender le déterminisme occasionnant la prolifération de cette espèce d'intérêt, une analyse statistique est réalisée, afin de comprendre l'influence du pH sur la biodiversité taxinomique de la communauté phytoplanctonique. Au terme, les résultats révèlent que cet écosystème aquatique, est propice à une éventuelle prolifération massive de *Microcystis* et la possibilité d'apparition des blooms potentiellement toxiques à cyanobactéries, ce qui nous pousse à être vigilants, quant aux éventuels risques écologiques et sanitaires encourues par les utilisateurs de cette eau.

Mots clés : Tourbière du lac Noir, cyanobactéries, cyanotoxines, *Microcystis aeruginosa*, Algérie.

SUMMARY

Inventory of potentially toxic Cyanobacteria in the tourbiere of lake Noir "National park of El-Kala" (Algeria)

The major purpose of this work is to make the global inventory of phytoplankton and particularly the potentially toxic *cyanobacteria*, in the peat bog of the black lake (called in french, Tourbière du Lac Noir), located in the National Park of El-Kala (Algeria). For that, both phytoplankton and water monthly sampling have been realized during a period of 6 months (from January to June 2007). The ecosystem

water quality was determined according to the biological (phytoplankton density and Chlorophyll a concentration...) and physico-chemical (temperature, pH, electrical conductivity, orthophosphates and suspension matter) samples proprieties. These studied parameters will allow us to better understand the ecological functioning of this particular ecological site.

Related to the microalgae taxonomic composition, the phytoplankton inventory show heterogeneity, with the identification of 7 taxonomic classes (*Chlorophyceae* ; *Chrysophyceae* ; *Euglenophyceae*, *Cryptophyceae* ; *e*, *Diatomophyceae* et *Dinophyceae*). A particular attention has been attached to the *Cyanophyceae* class (*Cyanobacteria*) because of their potential toxicity. Among this class, 7 genera have been identified and the *Microcystis aeruginosa* seems to be the most important species because of its frequent appearance with a high abundance rate.

In order to apprehend the determinism causing the possible proliferation of this species of interest, a statistical analysis is carried out, in order to include the influence of the pH on the taxonomic biodiversity of the phytoplanktonic community. The result reveals that, this studied aquatic ecosystem, could be favourable to a possible massive proliferation of *Microcystis* and the eventual occurrence of potent toxic cyanobacteria blooms.. This lead us to be vigilant and to take into consideration the eventual ecological and medical risks incurred by the users of this water.

Key words : Algeria, Black lake, *Cyanobacteria*, Cyanotoxins, Phytoplankton, *Microcystis aeruginosa*, Peat-bog.

INTRODUCTION

L'eutrophisation rapide des lacs est un problème planétaire croissant, qui limite l'utilisation de ces eaux, ce phénomène naturel est considéré comme une conséquence de l'enrichissement excessif des eaux en sels nutritifs (essentiellement le phosphore et l'azote) Barnabé et Barnabé-Guet (1997). La disponibilité des nutriments inorganiques est l'un des principaux facteurs qui contrôle la croissance (Gobler et Sanudo-Wilhelmy, 2001), la biomasse (Caron *et al.*, 2000) et la composition taxinomique (Duarte *et al.*, 2000) du phytoplancton. Cependant, la prolifération excessive des micro-algues est considérée comme une des principales causes de la dégradation des écosystèmes aquatiques. Ces proliférations rares durant les années 1980, sont devenues un phénomène de plus en plus étendu et préoccupant compte-tenu de ses répercussions socio-économiques de plus en plus importantes (Turki, 2004), dus à la présence d'espèces toxiques qui peuvent entraîner une prohibition de l'utilisation de l'eau, suite à la libération de toxines.

En Algérie et dans d'autres pays à climat méditerranéen chaud, les écosystèmes d'eau douce subissent de plus en plus, le phénomène d'eutrophisation, qui se traduit par une efflorescence cyanobactérienne, ainsi que la production de toxines (Graziano *et al.*, 1996). La recherche en toxicologie des cyanobactéries, est encore à son début dans la plupart des pays du Nord de l'Afrique, en comparaison avec les pays d'Amérique et d'Europe. Actuellement, nous comptons peu de références relatives en Algérie, Maroc, et en Tunisie. La prolifération des cyanobactéries a été largement suspectée en Algérie, dans différents plans d'eau et les études sur la toxicité des cyanobactéries sont encore rares mises à part celles de (Souissi *et al.*, 2004).

Parmi les plans d'eau les plus étudiés pour la détermination des toxines cyanobactériennes; citons ceux qui présentent un intérêt écologique et socio-économique, tel est le cas du lac Oubeira « Parc National d'El-Kala », dont les

communautés urbaines font usage de son eau (Nasri *et al.*, 2004), en plus de la production halieutique, et l'irrigation (Boumezbeur, 2002).

Au parc National d'El-Kala « P.N.E.K », nombreux sont les lacs ayant fait l'objet d'études limnologiques visant à suivre la variation saisonnière du phénomène d'eutrophisation et la dynamique du phytoplancton. Néanmoins, l'écosystème « Tourbière du lac Noir », qui demeure un écosystème aquatique très particulier, de part son histoire de formation, n'a fait l'objet que de très rares études limnologiques qui restent préliminaires (Amri, 2007). La tourbière du lac Noir, est un ancien lac artificiel asséché accidentellement par deux actions conjuguées (réalisation d'un forage important à proximité du site, ainsi que le chemin de la wilaya N°109), Depuis, il ne reste que la tourbière sous-jacente, qui se caractérise par des eaux à pH acide. Le réseau hydrologique de la tourbière se limite à quelques ruisseaux et ruisselets à écoulement temporaire, l'alimentation en eau de l'ancien lac se faisait par écoulement en nappe en raison de la nature sableuse du sol. Actuellement la nappe est exploitée par un double forage alimentant la ville d'El-Kala en eau douce.

Notre étude, réalisée sur ce site de choix, a le mérite de suivre la composition du phytoplancton en général, et de cerner la présence des certaines espèces de cyanobactéries potentiellement toxiques et en particulier l'espèce *Microcystis aeruginosa*, reconnue et confirmé toxique dans nombreux cas et productrice d'hépatotoxines (Watanabe *et al.*, 1992 ; Sivonen, 1996). Sachant bien qu'une éventuelle exposition chronique aux microcystines (hépatotoxines) peut provoquer des cancers (Falconer, 1999). De Ce fait, la prolifération massive d'espèces toxiques pourrait induire un dysfonctionnement de l'écosystème aquatique et par la suite, elle serait à l'origine de divers risques sanitaires pour l'Homme et les animaux utilisateurs de cette eau. Ainsi, l'objectif principal de ce travail, consiste à réaliser l'inventaire des

espèces Cyanobactériennes au sein de l'ensemble de la fraction phytoplanctonique en fonction de certains paramètres physico-chimique de l'eau.

MATERIELS ET METHODES

1. Présentation du site d'étude et choix de la station de prélèvement

La tourbière du lac Noir est situé au Nord– Est Algérien, à une latitude $36^{\circ} 51'$ Nord, une longitude de $08^{\circ}12'$ Est, et une altitude de 15 mètres. Il est situé sur le chemin de la wilaya N°109, reliant la ville d'Annaba à El-Kala, il est situé dans le complexe des zones humides d'El-Kala. C'est un ancien lac asséché accidentellement, depuis, il ne reste que la tourbière sous-jacente, qui remplace aujourd'hui l'ancien lac. Elle présente une superficie de 5 hectares, et une faible profondeur (maximale de 1,5 mètre). En effet, ce plan d'eau peut s'assécher totalement durant les périodes chaudes (Boumezbeur, 2002). Pour le choix de la station de prélèvement, en raison des conditions d'accès difficile à la tourbière, on s'est limité à une seule station (S) au niveau du littoral de la tourbière (Figure 1).

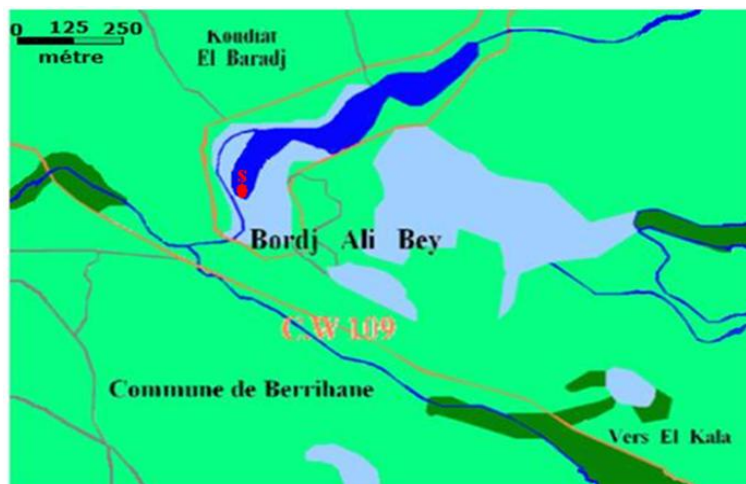


Figure 1 : Localisation de la station de prélèvement (S) dans la tourbière du lac Noir

2. Prélèvements et méthodes d'étude

Les prélèvements de l'eau et du phytoplancton sont réalisés *in situ* mensuellement, durant une période de 6 mois, s'étalant du mois de Janvier au mois de Juin 2007. Simultanément, les mesures de la température, du pH, et de la conductivité électrique ont été réalisées *in situ*, à l'aide de multi-sondes (pH mètre de terrain « PHWE », et de conductimètre « JENWAY 4071 »). Le dosage des teneurs en orthophosphates, chlorophylle *a* et en matière en suspension ont été réalisés au laboratoire, selon les méthodes décrites par les auteurs: Murphy et Riley (1962), Lorenzen (1967), et Aminot et Chaussepied (1983), respectivement.

Pour le dénombrement du phytoplancton, un litre d'eau brute est prélevée; dans lequel, quelques gouttes de lugol concentré sont ajoutées, ce qui donne à l'échantillon une légère coloration brune (Thronsen, 1978), et permettra de conserver au mieux la structure des cellules Cyanobactérienne et algales contenues dans l'échantillon (Druart *et al.*, 2005). Le dénombrement semi-quantitatif est réalisé selon la méthode décrite par (Andersen Leitao *et al.*, 1983), dont le principe consiste à l'observation au microscope photonique au grossissement (X40), d'un volume précis (50µl) de l'échantillon homogénéisé. Le comptage se fait, par le parcours horizontal de toute la longueur de la lamelle. L'identification spécifique des cellules algales en générale et cyanobactérienne en particulier est réalisée, d'une façon préliminaire à l'aide de la flore de détermination de Bourrelly (Bourrelly, 1968, 1970, 1966, 1985, et 1988).

En vue de faire un rapprochement entre les caractéristiques physico-chimique du milieu et l'abondance du phytoplancton, une analyse statistique basée sur le test **t**, en utilisant le Minitab 13 (logicielle d'analyse), a été appliquée sur les données des variables choisies pour répondre à la question posée.

RESULTATS

1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

Les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau de la tourbière du lac Noir, sont représentées dans le tableau I.

Nos résultats ont indiqué, que la tourbière du lac Noir présente des températures qui varient selon un rythme saisonnier et un pH légèrement acide. La conductivité électrique et les ortho- phosphates ont présenté des faibles teneurs, contrairement à la matière en suspension et à la chlorophylle *a*, qui ont présenté des teneurs élevées à partir de la saison printanière.

Tableau I : Représentation des valeurs minimales, maximales, et moyennes ; des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau de la tourbière du lac Noir

<i>Paramètres mesures</i>	<i>valeurs minimales</i>	<i>valeurs maximales</i>	<i>valeurs moyennes</i>
Température (°C)	14 ± 0.1	29 ± 0.1	21 ± 0.1
pH	4,8 ± 0.1	6,4 ± 0.1	5,6 ± 0.1
Conductivité électrique (mS/cm)	0,1 ± 0.01	0,15 ± 0.01	0,12 ± 0.01
Matière en suspension (mg/L)	99,8	1004	397,63
Ortho-phosphates (mg/L)	0,045	0,68	0,35
chlorophylle a (µg/L)	21,36	1778,22	382,25

2. Composition et abondance des Cyanobactéries

2.1. Identification spécifique des Cyanobactéries

L'identification taxinomique des espèces a été effectuée sous le microscope photonique. Les cellules ont été observées, mesurées, et identifiées en utilisant en plus du manuel d'identification de (Bourrelly, 1985), plusieurs clés taxonomiques

spécialisées des Cyanobactéries (Starmach, 1999 ; Komarek et Anagnostidis, 1999 ; 2005). L'identification a été basée sur des critères morphologiques tels que la forme des cellules (largeur, longueur, filamenteuse, coloniale), leurs enveloppes mucilagineuses, coloration, pigmentation, et la présence ou non de structures cellulaires caractéristiques « akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses ».

L'observation des caractères morphologiques des Cyanobactéries récoltées dans la tourbière du lac Noir, nous a permis d'identifier 7 espèces, dont 5 sont parmi les espèces filamenteuses, appartenant à l'ordre des *Oscillatoriales* (*Pseudanabaena sp*, *Anabaena sp*, *Cylindrospermum muscicola*, *Lyngbya sp* et *Oscillatoria splendida* (Ag. ex Gom.). Les *Chroococcales* étaient représentés par 2 espèces sous forme d'amas cellulaires (*Synechococcus sp.*, *Microcystis aeruginosa* (Wittr. Elen.). Toutes les espèces identifiées sont reconnues potentiellement toxique et citées comme productrices de cyano- toxines de type (hépatotoxine, cytotoxine, neurotoxine, et de dermatotoxine (Carmichael, 1994).

Une attention particulière a été donnée à l'espèce *Microcystis aeruginosa*. Cette espèce a montré la fréquence d'apparition la plus élevée, en effet, elle est rencontrée régulièrement. L'espèce *Synechococcus sp*, apparait sous forme accessoire, alors que les espèces *Cylindrospermum muscicola*, *Lyngbya sp*, *Oscillatoria splendida*, *Anabaena sp*, et *Pseudanabaena sp*, ont été rarement rencontrées dans la tourbière du lac Noir.

2.2. Représentation des espèces Cyanobactériennes

La représentation de l'abondance relative (%) des espèces recensées, montre que 3 espèces sur 7, enregistrent des taux supérieurs 20% (Figure 2). L'espèce *Microcystis aeruginosa* a présenté le taux le plus élevé de l'ordre de 39%. Cependant, *Synechococcus sp* et *Oscillatoria splendida* ont présenté des taux 32 et 22 % respectivement. *Pseudanabaena sp*, *Anabaena sp*, *Cylindrospermum muscicola*,

Lyngbya sp ont présenté des taux inférieurs à 3%.

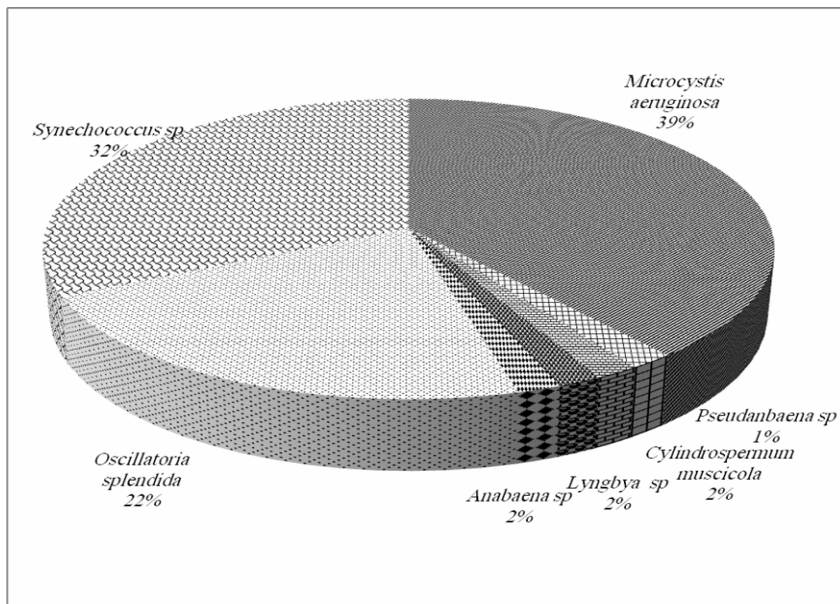


Figure 2 : Répartition des taux de Cyanobactérie récoltées dans la tourbière du lac Noir

3. Représentation des classes phytoplanctoniques

Autre que les Cyanobactéries, le peuplement algale est assez hétérogène, 7 classes sont identifiées et qui se répartissent selon l'ordre de dominances : *Chlorophycées* avec 48% ; *Chrysophycées* ; *Euglénophycées* et *Cryptophycées* ; *Cyanophycées*, *Diatomophycées* et *Dinophycées* (Figure 3). Le tableau II, représente les espèces phytoplanctoniques identifiées au niveau de la tourbière du lac Noir.

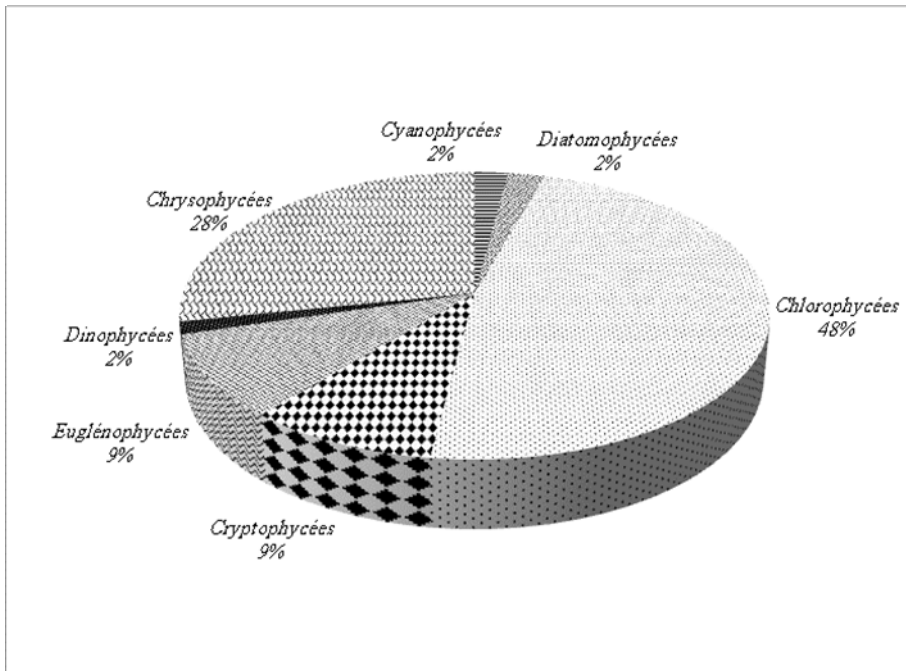


Figure 3: Répartition de l'abondance relative (%) du phytoplancton au niveau de la tourbière du lac Noir

Tableau II : Listes des espèces identifiées du phytoplancton dans la tourbière du lac Noir

Cyanophycées	<i>Anabaena sp</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> <i>Lyngbya sp</i> <i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Oscillatoria splendida</i> <i>Pseudanabaena sp</i> <i>Synechococcus sp</i>
Chlorophycées	<i>Ankistrodesmus sp</i> <i>Botryococcus braunii</i> <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> <i>Closterium sp</i> <i>Cosmarium sp</i> <i>Cosmarium tinclum</i> <i>Chlamydomonas sp</i> <i>Monoraphidium intermedium</i> <i>Monoraphidium sp</i> <i>Oocystis sp</i> <i>Scenedesmus .sp</i> <i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Scenedesmus ellipticus</i> <i>Scenedesmus flescuosus</i> <i>Scenedesmus ecornis</i> <i>Scenedesmus quadricauda</i> <i>Staurastrum tetracerum</i> <i>Selenastrum sp</i> <i>Tetraedron sp</i> <i>Tetraedron minimum</i> <i>Tetrastrum glabrum</i> <i>Ulothrix sp</i> <i>Ulothrix variabilis</i>
Diatomophycées	<i>Achnanthes lanceolata ssp rostrate</i> <i>Achnanthes minutissima var.jachii</i> <i>Coscinodiscus sp</i> <i>Cyclotella sp</i> <i>Cymbella microcephala</i> <i>Cymbella sp</i> <i>Eunotia sp</i> <i>Eunotia lunaris</i> <i>Fragilaria sp</i> <i>Melosira sp</i>	<i>Navicula sp</i> <i>Nitzschia sp</i> <i>Nitzschia linearis</i> <i>Synedra sp</i> <i>Pinnularia sp</i> <i>Pinnularia viridis</i> <i>Pinnularia gibba</i> <i>Pinnularia mesolepta</i> <i>Pinnularia mesolepta</i>
	<i>Colacium sp</i> <i>Colacium cyclopicola</i> <i>Euglena sp</i> <i>Euglena cf.allorgeii</i>	<i>Phacus pleuronectes</i> <i>Phacus orbicularis</i> <i>Strombomonas sp</i> <i>Strombomonas ensifera</i>

<i>Euglénophycées</i>	<i>Euglena ehrenbergii</i> <i>Lepocinclis sp</i> <i>Lepocinclis ovata</i> <i>Phacus sp</i> <i>Phacus longicauda</i> <i>Phacus orbiculaire</i>	<i>Trachelomonas sp</i> <i>Trachelomonas volvocina</i> <i>Trachelomonas hispida</i> <i>Trachelomonas volvocina</i> <i>Tracheomonas euchlora</i>
<i>Cryptophycées</i>	<i>Cryptomonas sp</i> <i>Cryptomonas cf rostratiformis</i> <i>Cryptomonas ovata</i>	<i>Cryptomonas curvata</i> <i>Cryptomonas platyuris</i> <i>Cryptomonas marsonii</i>
<i>Chrysophycées</i>	<i>Chromulina sp</i> <i>Ochromonas sp</i>	<i>Mallomonas sp</i>
<i>Dinophycées</i>	<i>Alexandrium sp</i> <i>Peridinium sp</i>	<i>Glenodinium sp</i>

DISCUSSION

L'études des paramètres physico-chimiques et la richesses phytoplanctoniques de l'eau de la tourbière du lac Noir entre janvier 2009 et juin 2009, a permis de dégager les points suivants :

- L'acidité de l'eau de la tourbière, est liée à la tourbe, car d'après Boumezbeur (2002), la tourbe présente un pH acide autour de 5 et dont la structure fibreuse est riche en minéraux. Selon les normes proposées in Franck (2002), en plus des valeurs obtenues de la conductivité électrique de l'eau, la tourbière du lac Noir a montré une faible minéralisation lors de la période d'étude. En plus ce plan d'eau est pauvre en orthophosphates, la raréfaction de cet élément, pourrait être le fait que le temps de résidence, n'est que de quelques minutes, en raison d'une assimilation rapide par les bactéries et le phytoplancton (Van-Den-Broeck et Moutin, 2002). Selon l'Agence Algérienne des bassins versants (1999), l'eau de la tourbière peut être classée en catégorie « bonne ».

-
- Les teneurs en chlorophylle a, ont permis de classer ce plan d'eau en état d'hyper-eutrophie selon l'Organisation économique de la coopération et du développement (1982).
 - La tourbière du lac Noir, n'ayant jamais fait l'objet de récolte phytoplanctonique, elle présente grâce à cette étude, 77 espèces qui se répartissent en 7 classes. Sur le plan qualitatif, quelques taxons seulement semblent jouer un rôle déterminant, en particulier les cyanobactéries avec l'espèce *Microcystis aeruginosa*.
 - Cet inventaire est caractérisé, par la dominance des Chlorophycées, l'abondance de cette classe est due au pH acide qui favorise leur croissance (Reyssac, 1970), de plus ils sont plus compétitifs que les autres microalgues, lorsque le milieu est pauvre en éléments nutritifs (Sakka et al., 2003). Des genres caractéristiques des tourbières (*Closterium*, *Staurastrum*, *Cosmarium*, et *Staurastrum*) (Gayral, 1975) sont rencontrés au niveau de ce plan d'eau. Le taxon *Scenedesmus* est le plus diversifié avec 6 espèces, ceci reflète la capacité d'adaptions de ce genre. En effet, d'après Sevrin-Reyssac et al. (1995), *Scenedesmus* est capable de stocker le phosphate, lorsqu'il est en abondance et de l'utiliser, lorsqu'il devient limitant dans le milieu.
 - Les *Chrysophycées* ont présenté une prédominance dans ce plan d'eau. Ceci est lié aux conditions favorables, car ces micro algues ne tolèrent pas, des hautes teneurs en matières minérales et encore moins en matières organiques. En effet, ils ont une préférence pour les lacs oligotrophes, dont les eaux sont pures (Nicholls, 1995). Les Diatomées ont présenté un faible taux d'abondance de 2%. Selon Carlsson et Granéli (1999) les *Diatomophycées* dominant dans les eaux à pH basiques.
 - Les Cyanobactéries ont présenté un pourcentage d'abondance de 2%, et toutes les espèces identifiées sont reconnues potentiellement toxiques. D'après Brock (1973), un pH inférieur à 5, peut inhiber la croissance des Cyanobactéries. Cependant, l'analyse statistique (test de corrélation), a montré que le développement des cyanobactéries et

des autres classes identifiées est indépendant du pH acide de la tourbière, avec des probabilités de l'ordre de (*Cyanophycées*, $p = 0,437$), (*Microcystis aeruginosa*, $p = 0,505$) (*Diatomophycées*, $p = 0,865$), (*Chlorophycées*, $p = 0,251$), (*Cryptophycées*, $p = 0,098$), (*Euglénophycées*, $p = 0,870$), (*Dinophycées*, $p = 0,934$), (*Chrysophycées*, $p = 0,684$). De ce fait l'hypothèse posée quant à l'influence du pH sur l'abondance des micro-algues reste à vérifier sur un échantillon de grande taille. Il reste comme même, une nouvelle question à poser : serait-il possible que dans le cas du lac Noir, ces micro-algues ont acquis un nouveau caractère d'acido-tolérance, survenues lors des périodes d'assèchement du lac et l'apparition de la tourbière ?

- L'observation des caractères morphologiques a montré, l'existence de 7 genres de cyanobactéries, reconnues potentiellement toxiques, avec la dominance de l'espèce *Microcystis aeruginosa*. De plus, c'est l'espèce la plus incriminée dans les blooms toxiques à cyanobactéries dans le monde (Watanabe *et al.*, 1992). Car l'animal peut succomber lors de l'abreuvement en eau chargée en microcystines (Briand *et al.*, 2005). La présence de cette espèce pourrait être due au fait qu'elles peuvent proliférer dans les conditions les plus variées (Duy *et al.*, 2000). De ce fait, la tourbière du lac noir représente un danger aussi bien pour l'animal que pour l'Homme qui en fait, usage de son eau. Vu que les microcystines sont solubles dans l'eau et très stables. Dans les milieux naturels, ces toxines peuvent persister plusieurs mois voir des années (Sivonen et Jones, 1999).

Toutes ces précisions montrent l'intérêt systématique des algues d'eau douce et donnent un aperçu malheureusement fort incomplet de la richesse algologique de la région, malgré leur caractère fragmentaire et incomplet, car de nombreuses espèces (notamment les flagellés) qui ne supportent pas la conservation, n'ont pas pu être déterminées. Ainsi que la fraction benthique et périphtyque n'ont pas pu être examinées. Ces observations ont donc abouti à :

- dresser un premier inventaire taxinomique d'espèces phytoplanctoniques de cet écosystème écologiquement particulier (trame d'une base de données algologique).
- signaler la présence de 7 espèces de Cyanobactéries potentiellement toxiques dont l'espèce *Microsytis aeruginosa* est éventuellement capable, lorsque les conditions sont favorables, d'occasionner des blooms à cyabobactéries.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence Algérienne des bassins versant. (1999)** : Le cahier de l'agence : bassin hydrologique constantinois - Seybousse- Mellegue. Le bassin du Kebir Rhumel n: 2. Pp : 100.
- Aminot A., et Chaussepied M. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. Édition Ifremer. Brest. Pp : 335.
- Amri S. 2007.** Dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et la Tourbière du lac Noir (Parc National EL-Kala). Mémoire de magister en microbiologie moléculaire. Université de Badji Mokhttar. Annaba. Algérie. Pp: 80.
- Andresen-Leitao MP, Lassus P, Maggi P, La Baut C, Chauvin J., et Truquet P. 1983.** Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de vilaines et intoxication par les coquillages. *Rev. Trav. Inst. Péc. mari.* 46 (3) : 233-266.
- Barnabé G. et Barnabé-Quet R. 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. 2^{ème} édition. Paris. Pp : 391.
- Boumezbeur A. 2002.** Atlas: des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale 2002. 3^{ème} Edition. Annaba. Pp : 120.
- Bourrelly P. 1966.** Les algues d'eau douce. 1. Les algues vertes. Edition M. Boubée et Cie. Paris. Pp : 572.
- Bourrelly P. 1968.** Les algues d'eau douce. 2. Les algues jaunes et brunes. Edition M. Boubée et Cie. Paris. Pp : 438.

- Bourrelly P. 1970.** Les algues d'eau douce. 3. Les algues bleues et rouges, les Euglénien, Périidiniens, et Cryptomonadines. Edition M. Boubée et Cie. Paris. Pp : 512.
- Bourrelly P. 1985.** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. Edition M. Boubée et Cie Paris. Pp : 606.
- Bourrelly P. 1988.** Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : algues vertes. Compléments à la 1^{ème} édition. 2^{ème} et 3^{ème} éd. Paris. Edition Boubée et Cie Pp : 182.
- Briand JF, Jacquet S, Flinois C, Avois-Jacquet C, Maissonette C, Leberre B., et Humbert JF. 2005.** Variations in the microcystin production of *Planktothrix rubescens* (Cyanobacteria) assessed from a four-year survey of Lac du Bourget (France) and from laboratory experiments. *Mic. Eco.* 50 (3) : 418-428.
- Brock TD. 1973.** Lower pH limit for the existence of blue green algae: evolutionary and ecological implication. *Jou. Sci. Aqu.* 179: 480-483.
- Carmichael WW. 1994.** The toxins of Cyanobacteria. *Sci. Amer.* 270 (1): 64-72.
- Carlsson P., et Granéli E. 1999.** Effects of N: P: Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea II : Phytoplakton species composition. *Aqu. Mic. Eco.* 18 : 55-65.
- Caron DA, Lim EL, Sanders RW, Dennett MR., et Berninger UG. 2000.** Response of bacterioplankton and phytoplankton to organic carbon and inorganic nutrient additions in contrasting oceanic ecosystems. *Aqu. Mic. Eco.* 22 : 175-184.
- Duarte CM, Agusti S., et Agawin SR. 2000.** Response of the Mediterranean phytoplankton community to increased nutrient inputs . *Mar. Eco. Pro. Ser.* 195 : 61-70.
- Druart JC, Robert M., et Tadonleke R. 2005.** The phytoplankton of lake Geneva. *Rap. Com. Int. pro. Eaux Léman contre pollution.* Pp : 89-100.
- Duy TN, Lam PKS, Shaw GR., et Connel DW. 2000.** Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algae) toxins in water. *Rev. Env. Con. Tox.* 163 : 113-186.
- Falconer IR. 1999.** An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Env. Tox.* 14 : 5-12.

- Franck R. 2002.** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Collection biologie technique. Collection biologie technique et environnement. Bordeaux. Pp : 360.
- Graziano LM, Geider RJ, Li WKW., et Olaizola M. 1996.** Nitrogen limitation of North Atlantic phytoplankton: Analysis of physiological condition in nutrient enrichment experiments. *Aqu. Mic. Eco.* 11 : 53-64.
- Gayral P. 1975.** Les Algues : morphologie, cytologie, reproduction et écologie. Édition Doin. Paris. Pp: 162.
- Gobler CJ., et Sanudo-Wilhelmy SA. 2001.** Effect of organic carbon, organic nitrogen, and iron additions on the growth of phytoplankton and bacteria during a browntide bloom. *Mar. Eco. Pro. Ser.*209 : 19-34.
- Komarek JK., et Anagnostidis K. 2005.** Cyanoprokaryota: Oscillatoriales. Budel B. Krienitz L. Gartner G., et Schagerl M (Editeurs), *Susswasser flora von Mitteleuropa*, 19/2. Pp : 759.
- Komarek J K., et Anagnostidis K. 1999.** Cyanoprokaryota: Chroococcales. Ettl H. Gärtner G. Heynig H, et Mollenhauer D (Editeurs). *Sübwasser flora von Mitteleuropa*. 19/1. Pp : 548.
- Lorenzen CJ. 1967.** Determination of chlorophyll and pheo-pigments: Spectrophotometric equations. *Lim. Ocea*, 12 : 343- 346.
- Murphy J., et Riley JP. 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chi. Act.* 27: 31-36.
- Nasri AB, Bouaicha N., et Fastner J. 2004.** First report of a microcystin-containing bloom of the cyanobacteria *Microcystis* spp. in Lake Oubeira, eastern Algeria. *Arc. Env. Cont. Tox.* 46: 197–202.
- Nicholls K H. 1995.** Chrysophytes bloom in the plankton and neuston of marine and freshwater systems. Pp: 181-216, *In: Sandgren C.D., Smol J.P. et Kristiansen J. (eds). Chrysophytes algae: Ecology, phylogeny and development.* Cambridge University Press.

Organisation économique de la coopération et du développement. 1982. Eutrophisation of waters : monitoring and control. Environment Directorate. O.E.C.D. Paris. Pp : 156.

Reyssac O. 1970. Phytoplankton et production primaire au large de la Côte-d'Ivoire. Bul. *IFAN, Sér. Arch.* 32 (4): 869-981.

Sakka Hlaili A, Chikhaoui MA, El Grami B., et Hadj Mabrouk H. 2003. Variation hivernale de la communauté phytoplanctonique de la lagune de Bizerte en milieux naturel et fertilise en nutriments. *Revue F.S.B.* 2: 37-49.

Sevrin –Reyssac J, La Noüe J., et Proulx D. 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. 1ère édition. Lavoisier. Paris. Pp: 160.

Sivonen K. 1966. Cyanobacterial toxins and toxin production. *J. Phy.*, 35 : 12-24.

Sivonen K., et Jones G. 1999. Cyanobacterial toxins. Pp : 41-111. *In Toxic Cyanobacteria in Water : a guide to their public health consequences. monitoring and management.* Chorus I. et Bartram J. (eds). London et New-York.

Souissi M, Chaibi R, Melizi M., et Bensouilah M. 2004. Les Cyanobactéries d'un plan d'eau douce (lac Oubeira –EL-KALA), inventaire et répartition spatiale. *Sci & Tec C-N° 22:* 38-42.

Starmach K. 1999. Cyanophyta- Since Glaucophyta- glaukofity- Flora Slodkow. Polski. PWN. Warszawa, 2, Pp. 807.

Throndsen J. 1978. Preservation and storage. Pp: 67-74, In: Sournia A (ed). *Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology.* UNESCO.

Turki S. 2004. Suivi des micro-algues planctoniques toxiques dans les zones de production, d'élevage des moules bivalves et d'exploitation dans les oursins du nord de la Tunisie. *Bull. Inst. Nat. Scie. Tech. Mer de Salammbô.,* 31 : 83- 96.

Van Den Brock N et Moutin T. 2002. Phosphate in the sediments of the Gulf of Lion (N. W. Mediterranean sea) relations hip with input by the rive Rhone. *Hyd.* 472 : 85-94.

Watanabe MF. Kaya K., et Takamura N. 1992. Fate of toxic cyclic heptapeptides, the microcystins from blooms of *Microcystis aeruginosa* in a hypertrophic lake. *Jou. Phy.* 28: 761-767.