

LES CYANOBACTERIES D'UN PLAN D'EAU DOUCE (LE LAC OUBEIRA- EL KALA). INVENTAIRE ET REPARTITION SPATIALE

Reçu le 15/10/2003 – Accepté le 22/11/2004

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de la dynamique spatiale des cyanobactéries peuplant le lac Oubeira durant la période s'étalant de juin 2001 à juin 2002.

Les données de l'observation des caractères morpho-anatomiques des micro-algues récoltées nous révèlent la présence de 11 genres de Cyanobactéries dont 9 sont reconnus potentiellement toxiques* : *Anabaena**, *Microcystis**, *Oscillatoria**, *Pseudanabaena**, *Merismopedia*, *Aphanizomenon**, *Gomphosphaeria**, *Cylindrospermum**, *Synechocystis**, *Lyngbya** et *Phormidium*.

Nous constatons, par ailleurs, une prédominance en densité du genre *Anabaena* ; toutefois, la fréquence d'apparition la plus élevée est enregistrée par le genre *Microcystis* ; ce dernier semble présenter de grandes capacités d'adaptation aux conditions environnementales. Le suivi de la distribution spatiale des Cyanobactéries identifiées montre que le site le plus exposé héberge les densités micro-algales les plus fortes.

Mots clés: Cyanobactéries, lac Oubeira, distribution spatiale, diversité.

Abstract

This work carries on the survey of the spatial dynamics of the Cyanobacteria populating the Oubeira Lake during the period of June 2001 to June 2002.

Data of the observation of the morpho-anatomical characters of micro-alga harvested reveal us the presence of 11 genus of Cyanobacteria of which 9 are recognized potentially poisonous*: *Anabaena**, *Microcystis**, *Oscillatoria**, *Pseudanabaena**, *Merismopedia*, *Gomphosphaeria**, *Aphanizomenon**, *Cylindrospermum**, *Synechocystis**, *Lyngbya** and *Phormidium*.

We note, otherwise, a predominance in density of the genus *Anabaena*; however, the most elevated apparition frequency is recorded for the genus *Microcystis*; this latter seems to present big capacities of adaptation to environmental conditions. The follow-up of the spatial distribution of Cyanobacteria specimens identified reveals that the site 2, the most exposed shelters the highest micro-alga densities.

Keywords: Cyanobacteria, Oubeira Lake, Spatial Distribution, Diversity.

M. SOUISSI

Centre Universitaire d'El Tarf
BP 73, 36000 El Tarf (Algérie)

R. CHAIBI

C. BOUALLAG

M. MELIZI

M. BENSOUILAH

Laboratoire d'Ecobiologie
des Milieux Marins et Littoraux
Université *Badji Mokhtar* Annaba
BP12 El-Hadjar
23000 Annaba (Algérie)

ملخص

اشتمل هذا البحث على دراسة ديناميكية الطحالب المجهرية المتواجدة في بحيرة الأبيرة خلال فترة الدراسة الممتدة من جوان 2001 إلى جوان 2002. إن ملاحظة الخصائص الشكلية للطحالب المجهرية بينت لنا تواجد 11 نوع من هذه الطحالب منها 9 سامة:

*Oscillatoria**، *Microcystis**، *Anabaena**، *Gomphosphaeria**، *Merismopedia*، *Pseudanabaena**، *Lyngbya**، *Cylindrospermum**، *Aphanizomenon**، *Phormidium* و *Synechocystis**

إن متابعة التوزيع الزمني لهذه الطحالب الزرقاء تبين لنا أن الموقع الأكثر عرضة للرياح يأوي كثافة معتبرة من هذه الطحالب المجهرية.

ومن جهة أخرى دراسة التوزيع الزمني للطحالب المجهرية بين لنا أن الكثافة العالية مسجلة في فصلي الربيع والخريف. غير أنه توجد بعض الأنواع بكثرة في فصلي الشتاء والصيف.

الكلمات المفتاحية: الطحالب المجهرية، بحيرة الأبيرة، التوزيع الزمني.

Les Cyanobactéries sont, avec les Bactéries, les êtres les plus anciens ; tous deux, forment l'embranchement des Schizophytes, ne possédant ni véritable noyau, ni plaste; ils se distinguent des Bactéries par la présence de la chlorophylle *a* et de pigments accessoires hydrosolubles [1]. Les cyanophycées regroupent environ 120 genres et 1500 espèces [1]; toutefois, seuls 22 genres comprenant 40 espèces sont à l'origine d'efflorescences toxiques. A l'échelle d'un plan d'eau, les toxines peuvent être détectées là où se développent les cyanobactéries pour former des blooms (lac, étangs, réservoirs et rivières à courant lent, écumes à espèces de phytoplancton possédant des vacuoles gazeuses et sédiments chez des espèces benthiques [2-5].

Ces efflorescences toxiques sont associées à une eutrophisation croissante de plus en plus fréquente engendrant une dégradation de la qualité des eaux et pouvant se traduire par des pertes économiques et des risques pour la santé humaine. Les risques d'intoxication deviennent importants lorsque les blooms sont concentrés à la surface de l'eau au niveau des berges où ils s'accumulent.

Selon Moore [6], l'espèce *Lyngbya majuscula* produit la lyngbyatoxine A, agent hautement inflammatoire à l'origine d'inflammation de la peau et des yeux chez de nombreux baigneurs et pêcheurs suite au bloom de *Lyngbya* survenu l'été 96 en Australie. Par ailleurs dans un plan d'eau douce, des blooms et des écumes induites par *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* ont été à l'origine d'irritation de la peau et des yeux chez des baigneurs [7]. Falconer [8], rapporte, chez des

sujets exposés à un bloom de *Lyngbya*, l'apparition de détresse respiratoire. Au Brésil, des patients hémodialysés ont développés des symptômes de neurotoxicité et d'hépatotoxicité ; l'analyse de l'eau du réservoir a permis de mettre en évidence la présence d'*Aphanizomenon*, d'*Anabaena*, d'*Oscillatoria*, de *Microcystis* et d'*Anabaenopsis* ; quant à la microcystine LR, cette dernière a été retrouvée dans un filtre à eau de la clinique et dans le sérum de l'une des victimes [9]. Certains auteurs rapportent la présence d'un gradient de concentration à travers les feuilles de laitue irriguée par une eau contenant un bloom de *Microcystis aeruginosa* et sa toxine la Microcystine LR ([10]. Parmi ces micro-algues toxiques, l'espèce *Microcystis aeruginosa* est la plus incriminée; un mammifère peut mourir s'il passe dans son sang 0.07 mg de toxine de *Microcystis* par kg de son poids [11].

Cette étude vise à recenser les genres de Cyanobactéries peuplant le lac Oubeira et à déterminer leur distribution spatiale.

MATERIEL ET METHODES

1- Présentation du milieu d'étude

Le lac Oubeira est un plan d'eau douce d'une superficie de 2200 ha qui fait partie du complexe de zones humides le plus important du Maghreb que le Parc National d'El Kala abrite [12].

Le lac Oubeira se situe à l'extrême Nord-est d'Algérie (36°50'N et 38°23'E), à une altitude de 25 m [13]. C'est un système endoréique dont l'alimentation en eau est assurée par l'oued Messida, par l'oued El-Kebir et plus particulièrement par le ruissellement des eaux sur les estuaires argilo-gréseux composant le bassin versant [14]. De ce fait, le régime hydrologique du lac Oubeira est fortement influencé par les variations climatiques.

2- Site d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé *in situ*, mensuellement à raison d'un prélèvement par site, dans 3 sites différents, pendant la période s'étalant de Juin 2001 à Juin 2002.

Les sites d'échantillonnage ont été choisis en fonction de leur exposition aux vents

-**site 1** « Euch Lahmar » : localisé sur la partie Ouest du lac ; il est considéré comme abrité ;

-**site 2** « El-Frine » : localisé au sud est du lac ; il se trouve en pleine direction des vents ;

-**site3** « Demeet errihan » : localisé dans la partie Nord-Est du lac ; ce site est considéré comme modérément exposé au vent.

3- Récolte des Cyanobactéries

La récolte des algues toxiques est réalisée à l'aide d'un filet à plancton, de 20µm de vide de mailles, muni d'un collecteur. Cette opération consiste à filtrer 50 litres d'eau de surface, à l'aide du filet, puis à récupérer dans le collecteur 100 ml contenant tous les micro-organismes dont le diamètre dépasse 20 µm. Le contenu du collecteur est ensuite versé dans un flacon ombré contenant 5 ml d'une solution de formaldéhyde à 13% ; ceci permet d'une part de fixer les structures contenues dans le filtrat et d'autre part

d'éviter toute activité bactérienne. Les flacons sont ensuite munis d'une étiquette sur laquelle sont notés la date et le site de prélèvement.

4- Identification des genres de Cyanobactéries récoltées

La détermination des genres récoltés est réalisée à partir de l'observation, sous microscope optique, des caractères morpho anatomiques représentant les clés d'identification proposées par Bourrelly [1]. Les critères retenus sont : La structure de la microalgue (cellulaire ou filamenteuse) ; La forme de la colonie ou du trichome ; La taille et la couleur ; La présence ou non : de gaine gélatineuse (couleur et aspect), d'akinètes, d'hétérocystes, de vacuoles gazeuses.

5- Dénombrement des genres recensés

Le dénombrement des Cyanobactéries a été réalisé après observation au microscope photonique (grossissement 10 X 40 et 100), d'un volume précis (0,1 ml) d'échantillon homogénéisé monté entre lame et lamelle. Les étapes d'identification et de comptage des Cyanobactéries sont réalisées, selon DaPaz *et al.* [15] : (1) par des parcours horizontaux sur toute la longueur de la lamelle ; (2) par un décalage net sur hauteur de la lamelle d'environ un champ de vision du microscope (afin d'éviter les chevauchements). Cette opération est répétée huit fois.

RESULTATS

1- Identification génériques des Cyanobactéries

L'observation des caractères morpho-anatomiques des Cyanobactéries récoltées dans le lac Oubeira nous a permis d'identifier 11 genres. Certains genres identifiés se présentent sous forme de trichomes (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*, *Cylindrospermum*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Phormidium*) et d'autres sous forme d'amas cellulaires (*Microcystis*, *Synechocystis*, *Gomphosphaeria*, *Merismopedia*).

Parmi les genres rencontrés, *Microcystis* et *Oscillatoria* présentent les fréquences d'apparitions les plus élevées; le premier étant en effet, présent dans l'ensemble des échantillons collectés, et le deuxième n'étant absent que dans seulement un échantillon.

2- Densité moyenne par genre de Cyanobactéries identifiées dans l'ensemble des sites

L'évaluation de la densité moyenne des genres de Cyanobactéries recensés montre que 6 genres sur 11 enregistrent des densités moyennes inférieures à 5000 ind/l ; ces derniers sont par ordre décroissant *Synechocystis*, *Aphanizomenon*, *Phormidium*, *Gomphosphaeria* et *Merismopedia*. En revanche, les autres genres recensés enregistrent des densités moyennes comprises dans un intervalle de 35 000 à 120 000 ind/l ; ce sont par ordre croissant *Cylindrospermum*, *Pseudanabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria* et *Anabaena*. De ce fait, c'est le genre *Anabaena* qui prédomine nettement en enregistrant une densité moyenne proche de 120 000 ind/l ; ce dernier est suivi par les genres *Oscillatoria* et *Microcystis* qui enregistrent chacun une densité moyenne équivalente au 2/3

de celle d'*Anabaena* ; ensuite vient le genre *Pseudanabaena* et *Cylindrospermum* qui enregistrent des densités moyennes respectives proches de la moitié et du 1/3 de la valeur enregistrée par *Anabaena* (Fig. 1).

Nous notons par ailleurs, que tous les genres dominants sont reconnus potentiellement toxiques.

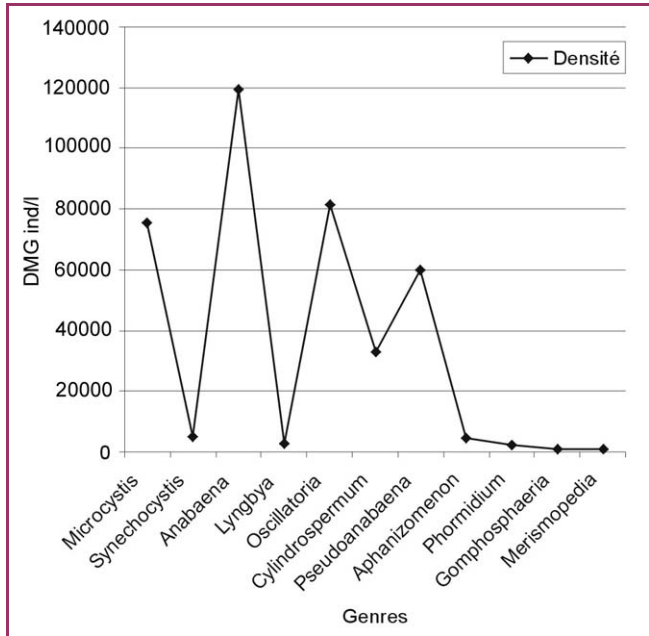


Figure 1: Densités moyennes de l'ensemble des genres de Cyanobactéries récoltées dans le lac Oubeira.

3- Distribution spatiale de l'ensemble des Cyanobactéries récoltées dans le lac Oubeira

L'évaluation de la densité moyenne de l'ensemble des microalgues récoltées révèle que la répartition des Cyanobactéries varie d'un site à l'autre. La distribution des genres recensés semble obéir à un gradient de concentration en relation avec le degré d'exposition aux vents. Nous

constatons, en effet, que c'est le site le plus exposé au vent (El Frine) qui héberge presque la moitié des peuplements répertoriés (46%) ; ensuite vient le site modérément exposé aux vents (Demeet errihan) et celui le moins exposé (Euch lahmer), abritant respectivement plus du 1/3 et moins du 1/5 de la population micro algale dénombrée (Fig. 2).

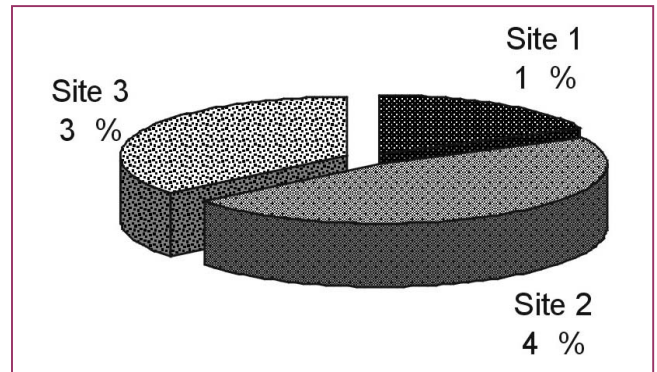


Figure 3: Densité moyenne par genre de Cyanobactéries identifiées dans chaque site.

4- Densité moyenne par genre de Cyanobactéries identifiées dans chaque site

- Dans le site 1, les densités moyennes observées sont faibles ; les genres accessoires enregistrant des valeurs inférieures à 1400 ind/l ; toutefois, les densités moyennes les plus élevées (supérieures à 20 000 ind/l) sont enregistrées par les genres *Anabaena* et *Microcystis* (Fig.3).

- Dans le site 2, les genres dominants enregistrent des densités comprises dans l'intervalle 15 000 et 52 000 ind/l ; ces derniers sont par ordre décroissant les genres *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Pseudanabaena* et *Cylindrospermum* ; Quant aux genres accessoires, seuls *Aphanizomenon* et *Synechocystis* présentent des valeurs comprises entre 1 500 et 2 200 ind/l, le reste des genres appartenant à cet ensemble ne dépasse pas 500 ind/l (Fig. 3).

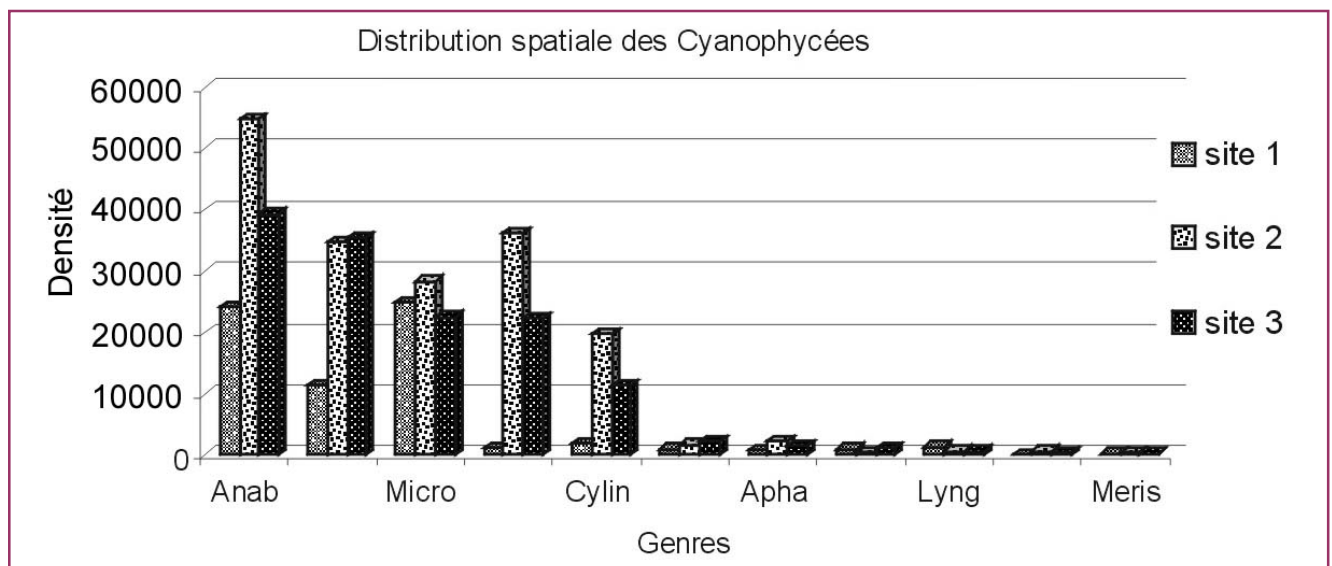


Figure 2: Distribution spatiale de l'ensemble des Cyanobactéries récoltées dans le lac Oubeira.

▪ Dans le site 3, nous observons les mêmes genres dominants que ceux décrits dans le site 2 ; toutefois, les densités enregistrées sont comprises dans l'intervalle 9 000 et 38 000 ind/l. Les genres accessoires enregistrent des densités comprises dans l'intervalle 100 et 2200 ind/l ; par ailleurs ce sont les genres *Synechocystis* et *Aphanizomenon* qui enregistrent des densités supérieures à 1000 ind/l (Fig.3).

▪ Parmi les genres dominants, *Anabaena* et *Oscillatoria* semblent préférer les sites 2 et 3 ou respectivement 4/5 et 9/10^{ème} des spécimens rattachés à ces 2 genres sont présents. Quant aux genres *Pseudanabaena* et *Cylindrospermum*, ils sont surtout présents dans le site 2 ; en revanche, le genre *Microcystis* présente la même répartition dans les 3 sites.

▪ Parmi les genres accessoires, c'est dans le site 2 et 3 que, *Synechocystis*, *Gomphosphaeria* et *Aphanizomenon* sont rencontrés le plus; quant aux genres *Merismopedia*, *Lyngbya* et *Phormidium*, leur présence est un peu plus marquée dans le site 1.

DISCUSSION

L'observation des caractères morphologiques des genres récoltés dans le lac Oubeira nous a permis d'identifier 11 genres de Cyanobactéries (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*, *Cylindrospermum*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Merismopedia*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*, *Synechocystis*) parmi lesquelles, la majorité est considérée comme potentiellement toxique. Les genres toxiques sont au nombre de 9 : *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*, *Cylindrospermum*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*, *Synechocystis*

Nos données montrent que le peuplement de Cyanobactéries recensé dans le Lac Oubeira est surtout présent en zone exposée aux vents ; cette distribution est en relation avec la présence chez ces algues de pseudovacuelles qui leur permettent de flotter à la surface de l'eau et être ainsi poussées par le vent. Cette flottabilité ajoutée à la présence de nutriments permet aux Cyanobactéries de se mouvoir pour aller en zone euphotique durant la période de stratification terminale intense assurant ainsi leur prédominance [16]. Nos résultats révèlent par ailleurs une prédominance des genres *Anabaena*, *Oscillatoria* et *Microcystis*. Murphy *et al.* [17] ont montré que les espèces des genres *Anabaena* et *Microcystis* peuvent être dominantes du fait qu'elles secrètent un chélateur qui augmente leur croissance ou empêche directement la croissance d'algues en compétition ou bien les deux effets en même temps. Par ailleurs, Robarts et Zohary [16] rapportent que les effets directs de la température sont secondaires par rapport aux effets indirects et les nutriments sur la détermination des blooms de Cyanobactéries dans le lac ; de ce fait, lors de changement des facteurs environnementaux, les espèces favorisées seront celles qui répondront le mieux à la combinaison particulière de ces facteurs.

Nos données font apparaître que les genres dominants, de par leur fréquence d'apparition dans les sites et de par leur densité élevée, sont tous reconnus potentiellement toxiques ; de ce fait, le lac Oubeira représenterait un danger aussi bien pour l'animal que pour l'homme qui en fait

usage. Kotak *et al.* [18] trouvent une forte corrélation entre la concentration de Microcystine LR phytoplanctonique et l'abondance de Cyanobactérie *Microcystis aeruginosa* et la concentration de microcystine dans l'eau. Ces mêmes auteurs signalent une corrélation entre les concentrations de *Microcystine* zooplanctonique et phytoplanctonique ; Ils suggèrent que la bioconcentration de *Microcystine* dans les réseaux trophiques aquatiques semblent survenir au niveau des consommateurs primaires et il y aurait probablement transfert de la toxine aux niveaux trophiques plus élevés. Par ailleurs, Rodger *et al.*, [19] associent la mort de truite, *Salmo trutta*, à des blooms de Cyanobactéries car les spécimens examinés présentent des lésions hépatiques. Selon Lacaze [11] un mammifère peut mourir s'il passe dans son sang 0.07 mg de toxine de *Microcystis* par kg de son poids.

CONCLUSION

Devant le danger que représente la forte présence, dans le Lac Oubeira, de cyanobactéries productrices de toxines, il est actuellement nécessaire :

* de procéder à la mise en place d'un programme de surveillance du lac afin de déterminer son profil microalgale.

* d'évaluer les risques que pourraient engendrer les toxines produites.

REFERENCES

- [1]- Bourrelly P., "Les algues d'eau douce", Vol III: Les algues bleues et rouges, Boubée éd. Rev. (1985), 606 p.
- [2]- Codd G.A., "Cyanobacterial toxins : occurrence, properties and biological significance", *Water Sci. Technol.*, 32, (1995), pp. 149-156.
- [3]- Yoo R.S. , Carmichael W.W., Hoehn R.C & Hruday S.E., "Cyanobacterial (Blue-Green Alga) Toxins: A Resource Guide", American Waterworks Association Research Foundation, Denver, (1995).
- [4]- Carmichael, W.W., "The Cyanotoxins". In: *Advances in Botanical Research*, vol. 27 (Callow, J.A., editor) , Academic Press, London, (1997), pp. 211-256.
- [5]- Reguera B., Blanco J., Fernandez M.L & Wyatt T. (eds), "Harmful Algae", *Proceedings of the VIII International Conference on Harmful Algae, Vigo, Spain, 1997*. Xunta de Galicia and intergovernmental Oceanographic commission of UNESCO, Grafisant, Santiago de Compostela, Spain), (1998).
- [6]- Moore R.E., "Cyclic peptides and decapeptides from Cyanobacteria. A review", *J. Ind. Microbiol.* , 16, (1996), pp.134-143.
- [7]- Bell S.G. & Codd G.A., "Cyanobacterial toxins and human health", *Rev. Med. Microbiol.*, 5, (1994), pp. 256-264.
- [8]- Falconer I.R., "Algal toxins and human health", In: *The handbook of Environmental chemistry*, vol. 5, part C, *Quality and treatment of Drinking Water II* (hrubec, J., editor), Springer, Berlin., (1998), pp. 53-82.
- [9]- Pouria S., De Andrade A., Barbosa J., Cavalcanti R.L., Barreto V.T.S., Ward C.J., Preiser W., Poon G.H & Codd G.A., "Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru", *Brazil, Lancet*, 352, (1998), pp. 21-26.
- [10]- Codd G.A., Metcalf J.S & Beattie K.A., "Retention of *Microcystis aeruginosa* and microcystin by salad lettuce (*Lactuca sativa*) after spray irrigation with water containing cyanobacteria". *Toxicon*, in press., (1999).

- [11]- Lacaze J.C., "L'eutrophisation des eaux marines et continentales", Eds.Ellipses., (1996), 181 p.
- [12]- Miri Y., "Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (PNEK). Approche physico-écologique et analyse de l'organisation partielle", Thèse de Magister, INA Alger, (1996), 83 p.
- [13]- Marre A., "Etude géomorphologique du tell oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne", Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II. UER de géographie, (1987), 559 p.
- [14]- Bouguessa S., "Contribution à l'étude bactériologique des anisoptères (Odonata) du lac Oubeira (PNEK)", Thèse de Magister. Université d'Annaba, (1993), 70 p.
- [15]- Da Paz M., Leitao A., Lassus P., Maggy, Le Baut C., Chauvin J. et Truquet P., "Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et Intoxication par les coquillages", *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 46 (3), (1983), pp. 233- 266.
- [16]- Robarts R.D. et Zohary T., "The temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria", *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 21, (1987), pp. 391-399.
- [17]- Murphy T.P., Lean D.R.S. et Nalalewajko C., "'Blue-Green Algae': Their Excretion of Iron-Selective Chelators Enables them to Dominate Other Algae", *Science*, 192, (1976), pp. 900-902.
- [18]- Kotak B.G., Zurawell R.W., Prepas E.E. et Holmes C.F.B., "Microcystin LR concentration in aquatic food web compartments from lakes of varying trophic status", *Can. J. Fish aquat. Sci.*, 53, (1996), pp. 1974 -1985.
- [19]- Rodger H.D., Turnbull T., Edwards C. et Codd G.A., "Cyanobacterial (Blue green algal) bloom associated pathology in brown trout (*Salmo trutta L.*) in Loch Leven Scotland", *J. Fish Diseases*, 17, (1994), pp. 177-181. □