AquaDocs

Impact des perturbations anthropiques sur l'évolution du phytoplancton de la lagune de Boughrara, (tunisie)

Item Type	Journal Contribution
Authors	Romdhane, M.S.; Ben Rejeb-Jenhani, A.
Citation	Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, 29, p. 65-75
Download date	09/02/2023 12:05:00
Link to Item	http://hdl.handle.net/1834/236

IMPACT DES PERTURBATIONS ANTHROPIQUES SUR l'EVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DE LA LAGUNE DE BOUGHRARA, (TUNISIE)

Amel BENREJEB - JENHANI et Mohamed Salah ROMDHANE

Laboratoire Aquaculture et milieu. Institut National Agronomique de Tunisie.
43, Avenue Charles Nicolle. 1084. El Menzeh. Tunis. Tunisie
Fax : 216 71 79 93 91 / e-mail: jenhani.amel@inat.agrinet.tn

ملخص

نتائج تدهور التاثيرات البيئية على حالة المياه في بحيرة بوغرارة : أن تدهور حالة المياه في بحيرة بوغرارة الناتج على تعدد مصادر التلوث وتبادل المياه مع البحر نتج عليه ارتفاع حاد في مستوى إغناء المياه والذي يتمثل في تفاقم نسبة الهوائم المائية.

وقد أبدت دراسة مجموعات الهوائم النباتية أن فصول التكاثر الحاد غالبا ما تنتج على نوع واحد, متمثلا في قسم الدينوفلاجليت والذي تتمثل نسبة كثافته في ارتفاع معدل الدينوفلاجيليت على معدل الدياتوميت. أما نوع جيمنوديتيوم نقازينكي (الذي بلغ كثافة قصوى بمعدل 6.10^6 خ/ل) المعروف بسميته فقد تم رصده خصوصا في فصلي الصيف والشتاء, حيث يتوزع حسب التأثيرات الجانبية للمناطق.

كلمات مفاتيح : بحيرة – إغناء-تأثيرات بيئية-هوائم نباتية-دينوفلاجيليت-دياتومايت-توزيع ميداني

RESUME

La détérioration de la qualité des eaux de la lagune de Boughrara, conséquence de divers apports polluants et d'échanges d'eaux limités avec la mer, s'est traduite par un accroissement sévère de l'eutrophisation du milieu se manifestant notamment par d'importantes proliférations microalgales.

L'analyse de l'évolution de l'ensemble des groupes phytoplanctoniques a montré que les périodes de forte biomasse algale sont caractérisées par des développements monospécifiques. L'importance relative croissante de la classe des dinoflagellés se manifestent par un net accroissement du rapport dinoflagellés / diatomées. Le très fort développement de l'espèce *Gymnodinium cf nagasakiense* , (densités maximales de l'ordre de 6.10^6 cellules par litre) espèce connue pour être toxique, est surtout observé en été et en hiver.

Le traitement spatial des données a révélé, également, la présence de zones plus affectées que d'autres par le développement *de Gymnodinium,* en relation avec leur degré de confinement.

Mots clés : Lagune, anthropisation, confinement, développement phytoplanctonique, répartition spatiale, rapport dinoflagellés / diatomées

SUMMARY

Impact of antropogenic perturbations on the evolution of the phytoplankton of Boughrara lagoon (Tunisia) : The deterioration of water quality in Boughrara lagoon, the result of various polluting factors and limited exchanges of water with the sea, severely increased the eutrophication of the environment, resultinging especially in a significant development of micro algae.

Analyzing the temporal changes in all phytoplankton groups has shown that periods of high algae biomass are characterized by monospecific development. The growing relative importance of dinoflagellates is shown by a net increase in the dinoflagellates / diatoms ratio. The high development of the *Gymnodinium* cf*_nagasakiense* species known for its toxicity is more noticeable in summer and winter (maximum density about 6.10^6 cells per liter).

Spatial data analysis also revealed that some zones were more affected than others by the growth of *Gymnodinium* in relation to their degree of confinement.

Keywords : Lagoon, anthropisation, confinment, phytoplankton development, spatial distribution, Dinoflagellates / Diatoms ratio.

INTRODUCTION

Les lagunes côtières représentent à la fois des sites caractérisés par une richesse biologique très importante ainsi que des lieux où l'exploitation de l'environnement par l'homme est intense et diversifiée, (Lacaze,1996). En effet, en plus du fait qu'elles sont le réceptacle des eaux continentales provenant de leurs bassins versants,

elles subissent les effets négatifs des actions anthropiques de plus en plus intenses et croissantes.

Ainsi, les lagunes tunisiennes, principalement au nombre de sept, à faible profondeur moyenne, à caractère semi fermé et ayant fait l'objet d'activités diverses et intenses (pêche, aquaculture, aménagement hydraulique, urbanisme,…) n'en sont pas totalement épargnées. Certaines ont subi de fortes dégradations de la qualité des eaux, engendrées par la pollution et/ou l'eutrophisation. En Tunisie ces lagunes, constituent, avec le golfe de Gabès, les zones les plus sensibles aux agressions environnementales, (Romdhane , 2001 ; Turki et Hamza, 2001)

Ces phénomènes ont conduit, dans le cas du lac de Tunis avant son aménagement en vue de sa régénération, à un accroissement accru des teneurs en nutriments et en matière organique ainsi qu'à une sélection naturelle très sévère des peuplements, particulièrement benthiques, (Belkhir 1979, Ben Charrada, 1995, 1997)

Par ailleurs, des proliférations phytoplanctoniques sont apparues , dans certaines lagunes tunisiennes (Lac de Tunis, lagunes de Ghar El Melh et de Bougrara), induisant généralement des phénomènes d'anoxie qui affectent la faune qu'elles abritent (Belkhir, 1981 ; Guelorget, 1991 ; Kéfi, 1993).

Romdhane et al.(1998) ont montré que les mortalités de poissons, au niveau de la lagune de Ghar El Melh, durant l'année 1995/1996 ont coïncidé avec des développements de dinoflagellés, notamment du genre *Alexandrium*, qui ont atteint environ $1.5*10^6$ cell./l.

Des eaux colorées à dinoflagellées Gymnodiniales ont été enregistrées dans la lagune de Boughrara en 1991 et 1994. Elles ont engendré une mortalité massive des poissons, surtout ceux d' élevage, (Turki et Hamza, 2001).

Dans le golfe de Gabès, avec lequel la lagune de Boughrara est en communication, sévissent depuis 1988, en période estivale, des phénomènes d'eaux colorées dont les espèces responsables sont selon les années des cyanobactéries, des diatomées et/ou des dinoflagellés. Ces derniers, les plus fréquents, ont induit en 1994 la mortalité d'importantes quantités de poissons, (Hamza et El Abed , 1994).

La lagune de Boughrara , milieu semi fermé présentant une communication limitée avec la mer , est considéré comme un milieu de plus en plus fragile et vulnérable en raison des contraintes naturelles ou anthropiques qui lui sont imposées. En effet, en plus des conditions hydrodynamiques et climatiques sévères (déficit notable en eau continentale, faible profondeur, circulation d'eau limitée, évaporation intense) la lagune continue à subir les nuisances des activités aquacoles, des installations portuaires, de divers rejets industriels contribuant à sa dégradation. Cette dernière s'est manifestée par des efflorescences microalgales de plus en plus intenses et fréquentes et par une nette diminution des ressources halieutiques, engendrant des retombées socio-économiques régionales négatives

Le présent travail, a pour objectif de faire un diagnostic de l'état actuel de la lagune à partir duquel des propositions d'aménagements pourront être faites en vue de l' amélioration de la qualité des eaux. L'analyse des peuplements phytoplanctoniques, a été retenue en tant qu'outil pour caractériser l'état de l'écosystème.

MATERIEL ET METHODES

1 Présentation de la lagune

La lagune de Boughrara est située dans le sud est tunisien entre les méridiens 10°45' et 10°57' est et les parallèles 33°28' et 33°45' nord. C'est une sorte de mer intérieure bordée par l'île de Jerba du côté nord et par le continent du côté sud. Son bassin versant, dont la superficie est de 2394 km^2, est drainé par six principaux oueds qui se déversent dans la lagune. Elle couvre une superficie de 50000 hectares, présente une profondeur moyenne de l'ordre de 5m et est entourée de 5 sebkhats, qui correspondent à des dépressions planes, inondables et dont les sols salés interdisent toute végétation sur la plus grande partie de leur surface. Elle est le siège d'une importante activité aquacole avec deux fermes en fonctionnement. Le système de production adopté est, du type grossissement intensif dans des bassins en béton.

Ce plan d'eau communique avec la mer par le canal Ajim-Jorf, large de 2.2 km et par une petite ouverture de 12 m de largeur, située sous le pont de la chaussée romaine dans le bassin d'El Kantara, (Fig.1). Cette lagune est sujette à des phénomènes de marée, dont la valeur maximale de marnage, 80 cm en période de vives eaux, est enregistrée au niveau du port d'Ajim. La construction de la chaussée romaine et l'ensablement actuel de la baie d'El Kantara, sont responsables de la réduction des échanges mer-lagune. En effet, l'analyse, par modélisation du fonctionnement hydrodynamique de la lagune, a montré que les échanges à travers le canal sont très faibles, de l'ordre de 0.4%, que la stagnation des eaux au niveau des zones nord et sud ouest est inévitable et que le vent reste le seul facteur d'activation de la circulation interne et d'homogéneisation des eaux de la lagune, (Anonyme, 2000)

La variation de la salinité mensuelle au cours de l'année 1999 / 2000 a montré un maximum de 48.8 en septembre et un minimum de 47 au mois de mai Un gradient croissant de salinité a été signalé depuis la zone à influence marine vers la rive sud de la lagune, (Anonyme, 2000).

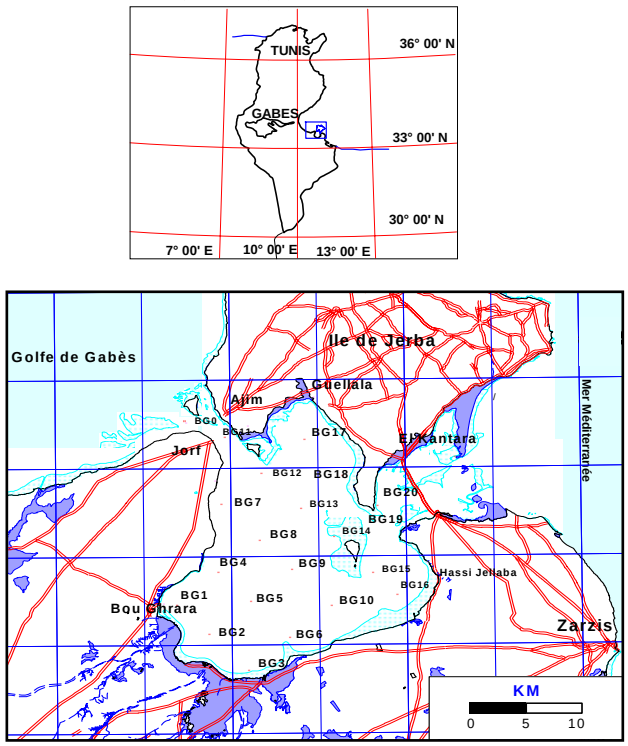

Figure 1 : Situation de la lagune de Boughrara et stations d'échantillonnage

Les températures mensuelles des eaux de surface de l'année 1999/2000 ont oscillé entre un minimum de 10.7°C en décembre et un maximum de 32.7°C en août. Les valeurs en oxygène dissous montrent des concentrations comprises entre 4.8 mg/l en septembre et 16.0 mg/l en juin (Anonyme, 2000)

Les variations des teneurs mensuelles en nutriments des eaux de surface de la lagune, durant l'année 1999/2000, ont montré d'importantes teneurs en azote ammoniacal observées en juillet 0.187 mg/l et en août 0.222 mg/l, au delà les valeurs se stabilisent autour de 0.008 mg/l. Celles des nitrates, ont présenté un maximum de 0.026 mg/l au mois de juillet. Le reste de l'année, les teneurs ont oscillé autour d'une moyenne de 0.005 mg/l. Par ailleurs, les concentrations mensuelles en orthophosphates fluctuent entre 0.01mg/l au mois de septembre et 0.07 mg/l en décembre.

2 - Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au cours de quatre campagnes durant l'année 1999/2000 selon le calendrier suivant : 27 et 28 août 1999, 10 et 11 décembre 1999, 21 et 22 février 2000, 28 et 29 mai 2000. Les prélèvements ont porté sur une vingtaine de stations, réparties sur l'ensemble du lac. Ces stations ont été fixées selon un maillage systématique , tous les cinq kilomètres, et repérées par le système de positionnement global (GPS navigator), (Fig.1).

3 - Dénombrement du phytoplancton

Les échantillons destinés à la détermination et au comptage du phytoplancton ont été récolté prés de la surface. Ces prélèvements sont fixés au formol 5% (neutralisé au borax), et au réactif iodo-ioduré (lugol). Ce dernier, favorise la sédimentation et colore les cellules dont il rend l'identification plus aisée. Ces échantillons de un litre, préalablement agités, sont mis à sédimenter dans des chambres de sédimentation de contenance 25 ml.

L'observation microscopique est ensuite réalisée sur un microscope WILD M40, selon la méthode mise au point par Utermöhl (1958). Les dénombrements , sont effectués sur deux bandes orthogonales en utilisant l'objectif (x40) Le nombre de cellules comptées est rapporté à l'ensemble de la surface de la chambre. D'après Druart (1981), le nombre total N de cellules phytoplanctoniques contenues dans un litre d'échantillon est :

$N = (n \times S/s) \times (1000/V)$

n: Nombre de cellules comptées au niveau des deux bandes

S: surface totale de la chambre de sédimentation

s: surface des deux bandes

V: volume de la chambre de sédimentation

4 - Traitement des données

Le zonage des données a été possible après digitalisation de la carte lagunaire et l'utilisation du logiciel SURFER pour l'élaboration des zones d'isodensité à partir des coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage et des densités cellulaires correspondantes.

RESULTATS

1 Etude qualitative

L'analyse de la composition spécifique des échantillons

nous a permis de répertorier 66 taxons dont seuls quelques uns sont, selon la période et la station, largement dominants. La majorité des espèces rencontrées restent donc très faiblement représentées.
D'après la classification proposée par Sournia (1986), les taxons se répartissent dans les huit classes suivantes : 39 Diatomophycées, 13 Dinophycées, 6 Chlorophycées, 3 Cryptophycées, 2 Cyanobacteries, 1 Prasinophycée, 1 Euglenophycée, 1 Chrysophycée (Tableau I).

Tableau I : Liste des taxons

	Août	***Décembre***	***Février***	***Mai***
Diatomophyceae				
	+			
Achnantes sp Bory de St-vincent				
Amphiprora sp Ehrenberg 1843	+	+	+	
Amphora sp Ehrenberg	+	+	+	
Biddulphia curita Ehrenberg	+			
Bidulphia cf pulchella Gray 1821	+	+		
Chaetoceros affinis Lauder,1864	+			
Climacosphenia elongata Ehrenberg	+			
Coccinodiscus lineatus Ehrenberg 1839			+	
Coccinodiscus radiatus Ehrenberg 1841	+	+	+	
Cocconeis placentula Ehrenberg	+	+	+	+
Cocconeis scutellum Ehrenberg, 1838		+	+	+
Cyclotella ocellata Pantocksek	+	+	+	+
Cymbella sp Agardh	+	+	+	
Gomphonema sp Ehrenberg		+		
Grammatophora sp Ehrenberg	+	+	+	+
Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Clève 1894	+	+	+	
Lauderia sp Gran, 1900			+	+
Leptocylindrus danicus Clève, 1889	+	+	+	+
Licmophora sp Agardh	+	+	+	+
Navicula sp Bory de St-vincent	+	+	+	+
Nitschia linearis W. Smith	+		+	
Nitzschia acicularis W. Smith			+	
Nitzschia closterium (Ehrenberg) W.Smith,1853	+	+	+	+
Nitzschia longissima Kützing			+	+
Nitzschia palea (Kützing) W.Smith	+	+	+	+
Nitzschia sigma (Kützing) W.Smith, 1853	+		+	
Nitzschia sp Hassal		+	+	+
Pleurosigma sp W.Smith,1853	+			
Rabdomena adriaticum Kützing, 1844		+	+	
Raphoneis sp Ehrenberg			+	
Rhizosolenia fragilissima Bergon, 1903		+	+	
Rhizosolenia setigera Brightwell, 1958	+	+	+	+
Rhizosolenia storterfothii Peragallo, 1888		+		
Skeletonema costatum (Greville)Clève, 1878			+	
Stephanodiscus sp Greville		+		
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh,1830-1832	+	+	+	+
Surirella sp Ehrenberg	+			
Synedra sp Ehrenberg	+			

Dinophyceae				
Gymnodinium cf nagasakiense Adachi et Fukuyo	+	+	+	+
Gymnodinium najadum (Schiller 1928)	+	+	+	+
Gymnodinium cf splendens Stein	+			
Gymnodinium sp Stein	+	+	+	+
Scrippsiella sp Balex ex A.R.Loeblich III	+		+	
Protoperidinium sp Bergh, 1881	+	+	+	
Hermesinium sp Zacharias, 1906	+	+		+
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid				
Prorocentrum micans Ehrenberg	+	+	+	+
Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller	+			+
Ebria sp Borgert, 1891	+			
Peridinium sp Ehrenberg, 1832	+	+	+	+
Alexandrium sp Halim, 1960b			+	
Katodinium sp Fott, 1957				
Cryptophyceae				
Chroomonas sp Hansgirg, 1885	+	+	+	+
Cryptomonas sp Ehrenberg, 1831	+			
Plagioselmis sp Butgher, 1967	+			
Chlorophyceae				
Chlamydomonas sp Ehrenberg, 1833	+	+	+	+
Chlorella sp Beijerinck, 1890	+		+	
Staurastrum sp Meyen, 1829		+		
Senedesmus sp Meyen, 1829		+		
Tetraedron minimum Kützing, 1845		+		
Pediastrum sp Meyen, 1829			+	
Prasinophyceae				
Tetraselmis sp Stein, 1878	+			
Cyanobacteria				
Oscillatoria sp1 Vaucher, 1803	+	+	+	+
Oscillatoria sp2 Vaucher, 1803	+		+	
Euglenophyceae				
Euglena sp Ehrenberg, 1830	+		+	
Chrysophyceae				
Dinobryon sp Ehrenberg, (1833) 1835		+		+

La classe des Diatomophycées est essentiellement dominée par la sous classe des Pennatophycidées (plus de 65 % du total des espèces), essentiellement par les espèces *Nitzschia closterium*, *Nitzschia linearis Navicula sp,* et *Cocconeis placentula*. Cependant, ces espèces pérennes ne constituent jamais une part importante de la biomasse phytoplanctonique. Les Centrophycidées, en revanche, malgré le faible nombre de taxons observés, ont toujours été plus abondantes. Parmi les espèces qui ont le plus marqué les différents développements des diatomées, on cite :

- *Rhyzosolenia setigra* Brightwell,1858, qui, à l'exception du mois d'août, est toujours présente au sein des eaux de Bou Ghrara, mais à des densités relativement faibles. Elle s'est surtout développée pendant la campagne automnale, où elle a atteint à la station BG15 environ 30 % de la densité totale.
- *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W.Smith, 1853, qui est une espèce commune dans le plancton néritique et les milieux lagunaires. Elle s'est surtout développée en mai, avec un maximum à la station BG1, et en août à la station BG2, avec un taux ne dépassant pas 35 % de la densité totale.

La classe des Dinophycées, malgré sa faible richesse spécifique, par rapport à celle des Diatomophycées, s'est toujours manifestée comme le groupe dominant dans les eaux de la lagune. Le genre Gymnodinium, avec particulièrement, *Gymnodinium cf nagasakiense*, a été détecté dans plus de 80 % des stations d'échantillonnage, (tableau II)

Tableau II : Pourcentage de présence de *Gymnodinium* cf *nagasakiense* par campagne

Août 1999	Décembre 1999	Février 2000	Mai 2000
100 %	100 %	95 %	80 %

Toutefois, différentes espèces de dinophycées lui ont été associées, notamment:

- *Gymnodinium najadum* (Schiller, 1928) est une espèce de petite taille, qui n'est jamais très abondante mais fréquemment rencontrée dans le milieu.. Sa densité maximale (371.10^3 cell./l), enregistrée en été à la station BG6, n'a représenté que 6.6 % de la densité totale à cette station .

- *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller a été surtout observée dans les prélèvements du mois de mai où elle a atteint un taux de 32 % à la station BG3. Signalons qu'une des variétés de cette espèce a été, à plusieurs reprises, responsable d'eaux colorées toxiques (UNESCO,1995).

Signalons l'apparition, dans la lagune, de deux genres appartenant à la classe des dinophycées
qui n'étaient pas mentionnés auparavant , il s'agit de : *Hermesinium* et *Ebria*. Le genre *Hermesinium* a été observé en été dans 75 % des stations alors que le genre *Ebria* n'a été rencontré qu' au niveau de la station BG1, en été.

La classe des Cryptophycées, représentée par trois espèces, n'est jamais apparue comme une classe dominante . Cependant le genre *Chroomonas* a été présent en faible nombre, dans 75 % des prélèvements de la campagne estivale.

Les Chlorophycées, essentiellement représentées par *Chlamydomonas* ont surtout été observées dans les prélèvements du mois de décembre, de façon sporadique, et avec un taux toujours inférieur à 1%.

Les autres classes, Chrysophycées (*Dinobryon*), *Euglenophycées (Euglena,), Prasinophycées (Tetraselmis)* et *Cyanobacteries (Oscillatoria*), sont seulement représentées par une ou deux espèces et n'ont jamais constitué des valeurs élevées de densité.

2 Etude quantitative

2-1 Campagne du mois d'août

Au cours de cette période, la densité phytoplanctonique a oscillé entre un minimum de 339.10^3 cell./l, enregistrée à la station BG20 et un maximum de 6295.10^3 cell./l, observé à la station BG14, avec une densité moyenne d'environ 2604.10^3 cell./l. La densité maximale est indéniablement liée au développement de la dinophycée *Gymnodinium cf nagasakiense* qui a constitué, à elle seule, plus de 80 % de la densité totale

La variabilité spatiale de la densité des dinophycées et, notamment, de celle de l'espèce *Gymnodinium cf nagasakiense* montre que ces espèces phytoplanctoniques couvrent totalement la lagune. Toutefois, la zone littorale, représentée par les stations BG16, BG19 et BG20 qui se distinguent par une charge algale inférieure à 10^3 cell./l et constituent, ainsi, la zone la moins riche en dinophycées. Les stations BG6 ($5552\ 10^3$cell./l) et BG14 (5900.10^3 cell./l) restent les stations les plus affectées par ce développement. La deuxième espèce de cette classe qui, quantitativement vient après *Gymnodinium cf nagasakiense* est *Gymnodinium najadum* qui a atteint la densité de $371\ .10^3$ cell./l à la station BG6, (Fig. 2) .

Après les dinophycées, les diatomées n'ont jamais constitué de véritables poussées. Leur densité spatiale estivale reste uniforme et faible (inférieure à 100.10^3 cell./l) à l'exception de deux zones représentées par les stations 3 et 19 où elle a atteint des valeurs sensiblement plus élevées.

A la station BG19, les diatomées se sont développées qualitativement et quantitativement. En effet, une quinzaine d'espèces sont présentes dans le milieu avec principalement *Nitzschia linearis* (489.10^3 cell./l), *Achnantes sp* (182.10^3 cell./l), *Cymbella sp* (216.10^3 cell./l) , *Licmophora sp* (143.10^3 cell./l) , *Climacosphenia sp* (76.10^3 cell./l). Il s'agit d'une microzone favorable au développement d'une végétation très variée de phytoplancton où on y rencontre des diatomées (58 % de la densité totale), des dinophycées (30 %) et des cyanobactéries (10 %).

A la Station BG3 :C'est une prolifération du genre Navicula (402.10^3 cell./l) et de l'espèce *Nitzschia linearis* (259.10^3 cell ./l) qui est observée. Les diatomées constituent 30% de l'abondance phytoplanctonique totale à cette station.

Les autres groupes, rassemblant les Cyanobacteries, les Chlororophycées, les Cryptophycées, les Chrysophycées et les Euglenophycées ont présenté de faibles densités. Une densité maximale de 340.10^3 cell./l liée au développement de *Chroomonas*, a été observé à la station BG14, (Fig. 2).

2-2 Campagne du mois de décembre

Les densités phytoplanctoniques beaucoup plus faibles que celles observées lors de la campagne estivale, sont situées entre deux extrêmes $151.\ 10^3$ cell./l à la station BG20 et $2010\ .10^3$ cell./l à la station 8 avec une densité moyenne de 872.10^3 cell./l. Ainsi, la densité phytoplanctonique globale est trois fois inférieure à celle de l'été. A cette période, on observe une zone, située au sud ouest, particulièrement riche, le reste étant beaucoup plus faiblement chargée en phytoplancton, (Fig.3)

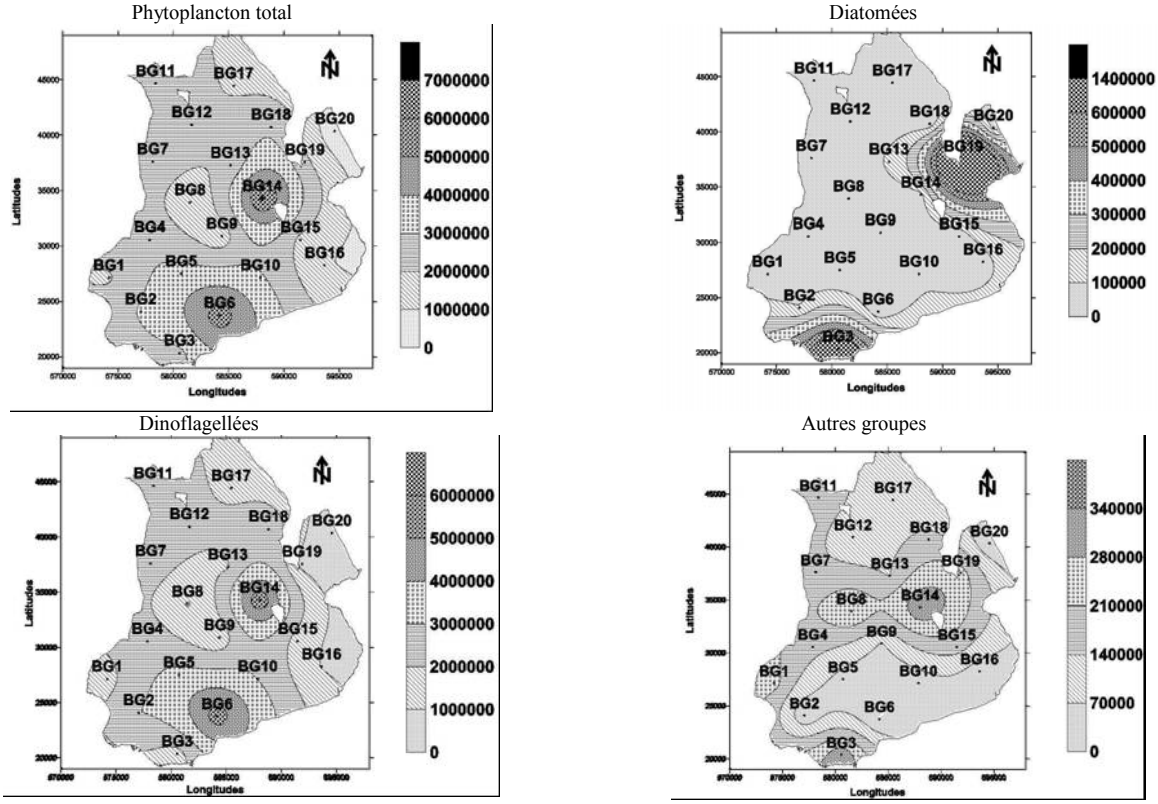

Figure 2 : Répartition spatiale de la densité phytoplanctonique (cell./l) dans la lagune de Boughrara durant la campagne d'août 1999.

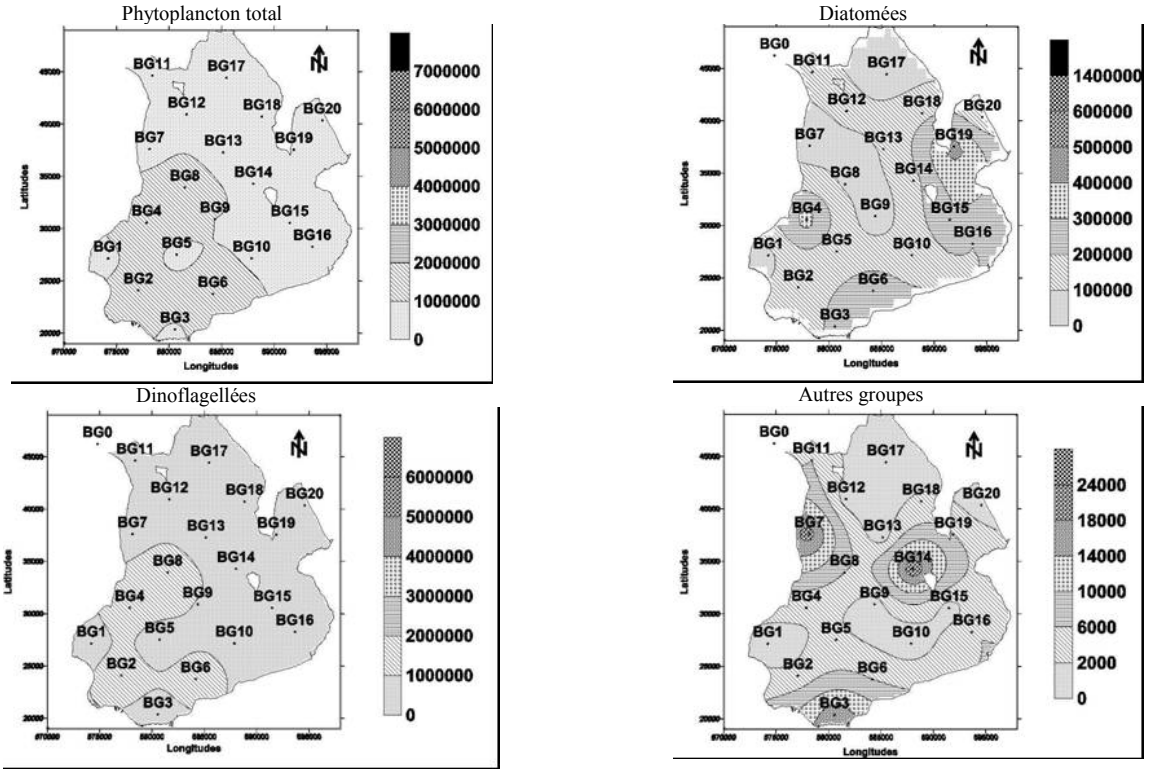

Figure 3 : Répartition spatiale de la densité phytoplanctonique (cell./l) dans la lagune de Boughrara durant la campagne de décembre 1999.

Durant cette période, les dinophycées ont continué à coloniser le milieu avec la dominance presque exclusive de l'espèce *Gymnodinium cf nagasakiense*, à l'exception des stations BG19 et BG20, qui s'individualisent par des pourcentages très faibles en *Gymnodinium cf nagasakiense*, (respectivement 6 % et 31.7 %).
Comparativement aux données de la campagne du mois d'août, les diatomées sont mieux diversifiées et représentées. Elles se développent dans toutes les zones du lac avec une présence particulière à la station BG19, où se développent surtout *Cocconeis placentula* et *Leptocylindrus danicus* , associées à d'autres espèces comme *Rhizosolenia setigra, Cymbella sp*, *Cocconeis scutellum , Navicula sp*. Grâce à *Rhizosolenia setigra* et *Navicula sp*, les diatomées réapparaissent à la station BG4 et atteignent 18%, un taux qui reste largement inférieur à celui des dinophycées (80%), (fig. 3 **)**.

3-2-3 Campagne du mois de février

La densité a oscillé entre 61.10^3 cell./l à la station BG19 et 6931.10^3 cell./l à la station BG3, avec une densité moyenne de 1179.10^3 cell./l. Ces valeurs mettent en évidence une reprise du développement phytoplanctonique par rapport à la précédente situation. La zone sud ouest demeure la zone la plus riche en cellules microalgales avec des densités atteignant les valeurs les plus fortes. Inversement, les valeurs les plus faibles sont observées à l'est. La station BG17 se distingue des autres par sa forte densité, (Fig.4).
Les dinophycées, constituées presque exclusivement par *Gymnodinium cf nagasakiense*_ont, à l'image de la répartition spatiale du phytoplancton total, occupé massivement la zone sud ouest, avec un gradient décroissant allant du sud ouest vers le nord est, (Fig. 4). Par ailleurs, la station 17 se distingue, par rapport aux stations voisines, par une forte concentration en *Gymnodinium cf nagasakiense.*
La densité des diatomées demeure très faible (inférieure à 100.10^3 cell./l) dans l'ensemble de la lagune, à l'exception des stations BG1, BG2 et BG4 qui se sont enrichies grâce au développement de *Rhizosolenia setigra.*
Les autres groupes sont très faiblement représentés. C'est au niveau des zones littorales est et sud que certains genres comme *Chroomonas* et *Chlamydomonas* se développent faiblement, (fig. 4).

2-4 Campagne du mois de mai

L'analyse de la variation spatiale au cours de la cette campagne laisse apparaître une densité minimale de 49.10^3 cell./l, enregistré à la station BG20 et une valeur maximale de 3701.10^3 cell./l, observé à la station 1, avec une densité moyenne de 532.10^3 cell./l. Cette densité moyenne est la plus faible de ltoutes les campagnes. La zone sud ouest apparaît comme une zone privilégiée pour le développement phytoplanctonique. Remarquons également qu'au niveau de la station BG19, le peuplement est très diversifié et l'abondance phytoplanctonique est relativement importante.
Les dinophycées sont très présentes dans la zone sud ouest et particulièrement au niveau des stations BG1 (94.7 %), BG2 (92.7 %) et BG5 (76.7 %) et constituent l'essentiel de la biomasse. Aux côtés de *Gymnodinium cf nagasakiense* , se développent *Prorocentrum minutum* et *Gymnodinium najadum*, à des densités nettement moins élevées, (Fig. 5).
A cette période , les diatomées se sont plus ou moins développées, surtout au niveau du secteur sud ouest (stations BG1, BG2 , BG4 et BG5) où l'on rencontre *Rhizosolenia setigra* et *Nitzschia closterium* . La station BG19, moins riche en diatomées (13 %) que les précédentes stations, a été surtout colonisée par *Cocconeis placentula* et *Grammatophora sp.*
Les autres groupes phytoplanctoniques, et plus particulièrement les Cryptophycées (*Chroomonas*) et les Chrysophycées (*Dinobryon*) se sont développés à l'est de la lagune. En effet, ils ont constitué 49.6 % de l'abondance phytoplanctonique totale à la station BG19, 57 % à la station BG18, 42.9 % à la station BG17 et 40 % à la station BG15, (fig. 5) .

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude qualitative des peuplements phytoplanctoniques a montré une faible diversité spécifique qui reste très inférieure à celle de la baie de Tunis qui se présente comme un milieu beaucoup plus favorable au développement d'une micro-végétation très variée. En effet, plus de 150 péridiniens et 130 diatomées ont été inventoriés au niveau de cette baie, (Kéfi Daly Yahia, 1998).
Par rapport aux travaux antérieurs réalisés dans la lagune de Boughrara, des modifications d'ordre qualitative, quantitative et spatiale ont été mises en évidence, parmi lesquelles nous citons :
- Une augmentation de l'abondance phytoplanctonique. En effet, les densités cellulaires obtenues lors des campagnes d'étude, bien que ponctuelles dans le temps, sont très supérieures à celles trouvées par Kéfi (1993) dont les valeurs maximales de densité ont atteint en août 160.10^3 cell./l pour les dinophycées et 380.10^3 cell./l en janvier pour les diatomées. Ainsi, la charge microalgale du milieu est passée de l'ordre des milliers à celui des millions de cellules par litre. Ces densités restent très supérieures à celles des lagunes du nord, notamment, Ghar El Melh (Romdhane et al., 1998) et de l'Ichkeul (Benrejeb Jenhani et al., 1991) mais inférieures à celles du lac sud de Tunis, milieu extrêmement dégradé en raison des émissaires, hautement pollués qui s'y déversent, où des efflorescences diatomiques de plusieurs centaines de millions ont été observées, (Anonyme, 1997).

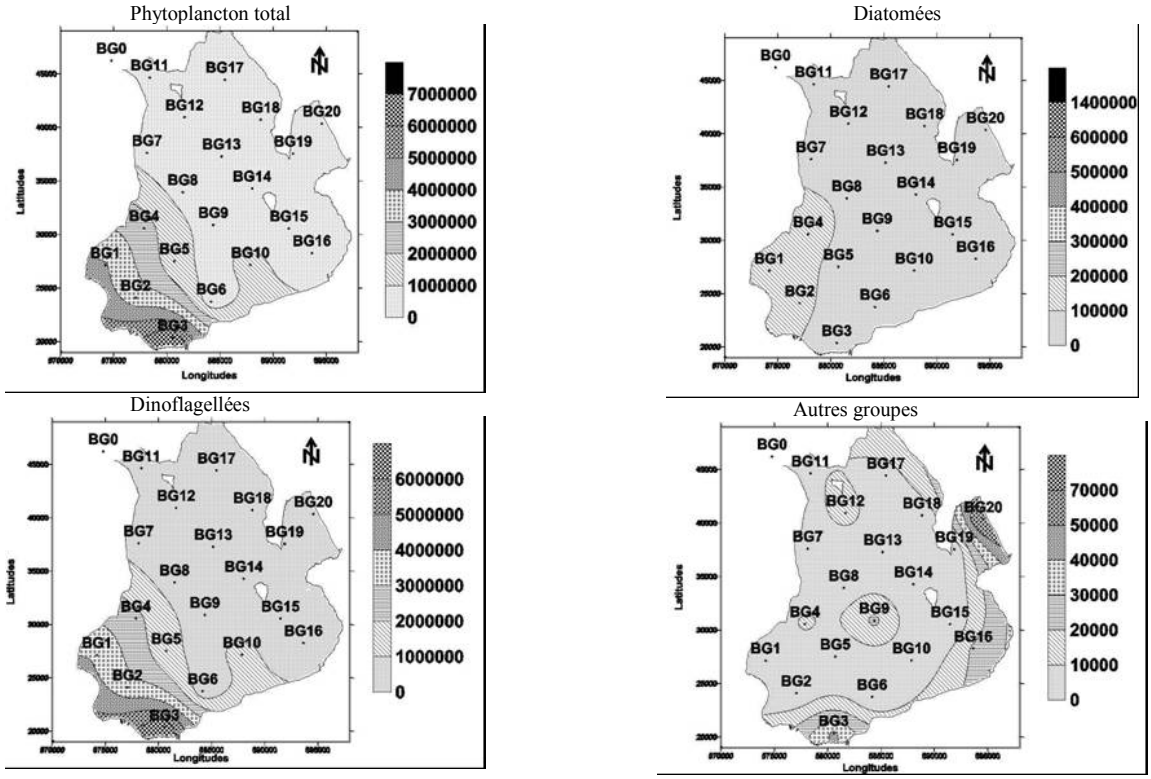

Fig.4 : Répartition spatiale de la densité phytoplanctonique (cell./l) dans la lagune de Boughrara durant la campagne de février 2000.

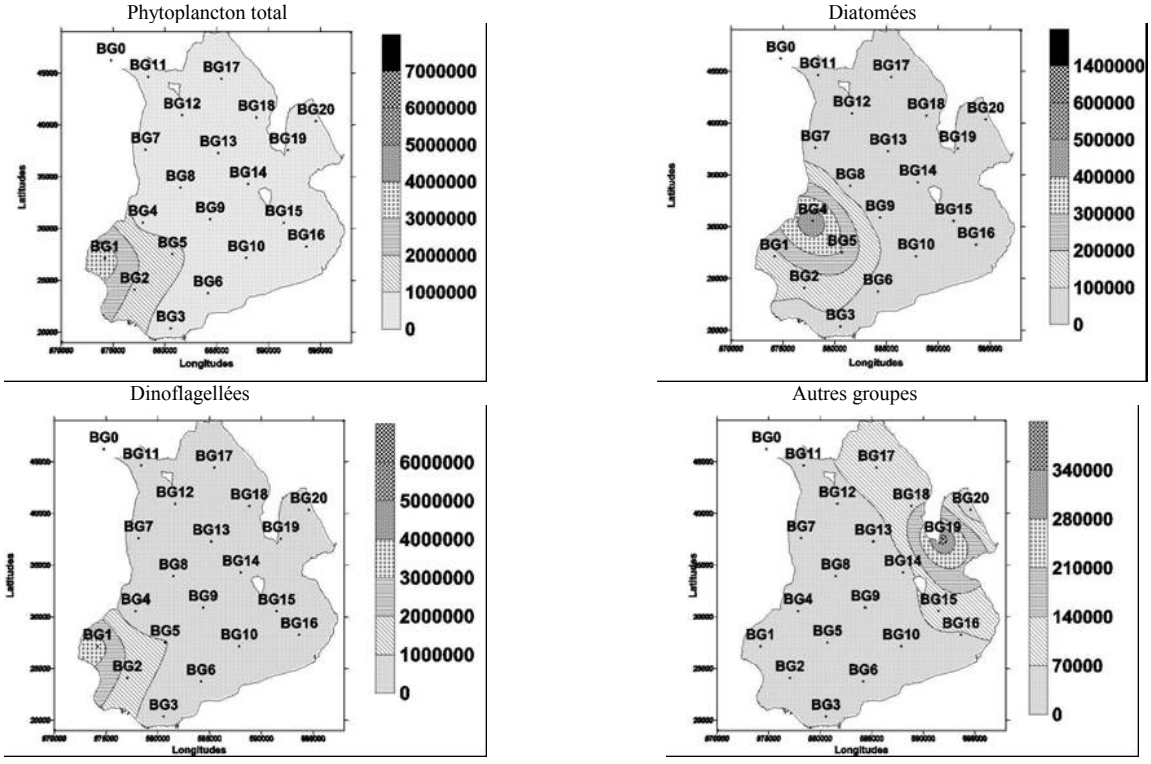

Fig. 5 : : Répartition spatiale de la densité phytoplanctonique (cell./l) dans la lagune de Boughrara durant la campagne

- La permanence et la dominance de la classe des dinophycées. En effet, les autres groupes apparaissent secondaires, voire insignifiants, même si à certaines périodes et stations, ils peuvent prendre un peu d'importance. Si nous considérons, les densités moyennes par classe et par campagne, l'effectif des dinophycées est largement plus élevé que celui des diatomées, classe qui a caractérisé auparavant, particulièrement en période hivernale, l'hydrosystème de la lagune. En conséquence, le rapport moyen Abondance des dinoflagellés / Abondance des diatomées s'est considérablement élevé depuis les travaux de Kéfi (1993). Ce rapport prend en période estivale, de très fortes valeurs traduisant la très forte dominance de la classe des dinoflagellés (Tableau III).

Tableau III : Rapport dinoflagellées / diatomées.

Période d'échantillonnage	Kéfi (1993)	Présent travail
Août	25	82.4
Décembre	0.2	5.7
Février	1.7	24.2
Mai	0.9	3.2

D'après Wyatt (1973, in Lassus 1988), certains facteurs tels que la stabilité de la colonne d'eau, par temps calme et vent très faible, entraînent une sédimentation des diatomées et avantage la multiplication des espèces à croissance lente comme les dinoflagellés dont certaines espèces sont toxiques et constituent un danger non seulement pour la faune aquatique mais aussi pour l'homme, après concentration par les coquillages ou les poissons. Remarquons que les forts développements de cette espèce, au cours de ce présent travail, n'ont engendré aucun effet toxique vis à vis de la faune ichtyque de la lagune.

- L'envahissement, très alarmant, du milieu par la dinophycée *Gymnodinium cf nagasakiense*, durant toutes les campagnes, et de façon plus marquée en périodes estivale et hivernale. En effet, il s'agit d'une espèce eurytherme, qui a été détectée à partir de 10°C, euryphotique, et s'adaptant à des situations déficitaires en nutriments (lassus, 1988) ainsi qu'à des conditions hydrologiques fluctuantes et contrastées . De point de vue toxicité, elle est considérée comme une espèce responsable de mortalités d'organismes marins invertébrés et vertébrés, (Nezan et al.,1996). Par ailleurs, cette espèce est capable d'inhiber la multiplication des autres espèces en produisant des métabolites toxiques, ce qui explique sa très forte dominance quand elle se trouve à de fortes densités (Partensky et al., 1991) . D'après cet auteur, une eau de mer prélevée au moment d' une efflorescence de *G. cf nagasakiense*, limite la croissance des diatomées.

- L'examen des données du zonage du phytoplancton total, dont les variations sont surtout régies par celles des dinophycées, met en évidence l'existence d'une hétérogénéité spatiale marquée essentiellement, par l'apparition d'une zone sud ouest ainsi que de tâches centrales où la biomasse phytoplanctonique est très importante et par une zone littorale beaucoup plus faiblement peuplée. Ces zones de prolifération microalgale correspondent parfaitement aux zones de stagnation des eaux, (Anonyme, 2000). En effet, la réduction des échanges mer / lagune sous l'effet d'une importante sédimentation du côté de la zone d'El Kantara, a profondément marqué l'hydrodynamisme de la lagune, surtout au niveau de la zone sud ouest , et que, dans ce cas, le vent reste le seul facteur d'activation de la circulation interne et d'homogénéisation de ces eaux, (Anonyme, 2000).

La lagune de Boughrara constitue une étendue d'eau relativement fermée où les apports polluants sont importants et où le renouvellement des eaux semble insuffisant pour éviter la formation de zones de confinement. Le diagnostic de l'état actuel du milieu, qui met en évidence la fragilité de celui ci, impose la mise en place d' une stratégie d'amélioration de la qualité des eaux. En effet, l'élimination et le traitement des rejets industriels (aquacoles et autres) couplés à une amélioration de la dynamique des eaux par élargissement des passes actuelles et création de nouvelles passes d'eau permettraient d'une part, d'éviter la formation des zones de confinement, considérées comme principaux précurseurs des développements phytoplanctoniques et d'autre part, de sauvegarder la pérennité de l'hydrosystème .

Remerciements

Nos vifs remerciements s'adresseront à l'équipe Eco Ressources International pour sa participation et son soutien à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme. 1997. Etude d'observation de la qualité des eaux du complexe Lac Sud- Port de Tunis- Canal de navigation. Rapport trimestriel N°4, Tome 1. Groupement Concept. Fresenius Consult, 155p.

Anonyme. 2000. Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bougrara . Rapport Ministère de l'Agriculture. SCET - Tunisie. Eco-Ressources International, 180p.

Belkhir M. 1979. Eutrophisation du lac nord de Tunis. Etudes physico-chimiques et biomasses phytoplanctonique et macroalgale. Thèse 3ème cycle Fac. Scien. Tunis, 194p.

Belkhir M. 1981. Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunis. Evolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 9 : 71-88.

Ben Charrada R. 1995. Impact des aménagements de restauration sur la qualité des eaux et des

peuplements benthiques du lac de Tunis. *Mar. Life* 5 (1) : 51-64.

Ben Charrada R. 1997. Etude hydrodynamique et écologique du complexe du petit golfe – lac de Tunis. Contribution à la modélisation de l'écosystème pélagique des eaux côtières – petit golfe. Doctorat en génie hydraulique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, 339p.

Benrejeb Jenhani A., Kartas F., Lemoalle J. and Amblard C. 1991. Phytoplancton du lac Ichkeul (Tunisie): composition, structure et activité photosynthétique. *Int. Revue ges. Hydrobiol*. 76, 2 : 241-256.

Druart J.C. 1981. Déplacements verticaux des populations phytoplanctoniques au cours de cycles diurnes, dans le lac Leman. D.E.S.S., Univ. Claude Bernard Lyon I, 33 p.

Guelorget O. 1991. Etude de la crise survenue en mer de Bougrara au cours de l'été 1991. Rapport C.G.P., 7p.

Hamza A. et EL Abed A. 1994. Les eaux colorées dans le golfe de Gabès : bilan de sept ans de surveillance. *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 21 : 66 - 77

Kefi O. 1993. Contribution à l'étude du milieu et du phytoplancton de la lagune de Bougrara : Diatomées, Dinoflagellés et eaux colorées. DEA Biologie Marine et Océanographie. Fac.Scien.Tunis, 197p.

Kéfi Daly Yahia O. 1998. Le phytoplancton de la baie de Tunis (analyse systématique, biogéographique, quantitative et synécologique des diatomées et des dinoflagellées). Thèse de doctorat . Fac Scien Tunis, 332 p.

Lacaze J.C. 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Ellipse, Paris, 191p.

Lassus P. 1988. Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes. IFREMER, 111p.

Nezan E. et Piclet G. 1996. - Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton.1ère partie :Dinophycées. IFREMER, 57p.

Partensky F., Gentien P. et Sournia A.1991. Gymnodinium cf nagasakiense = Gyrodinium cf aureolum (Dinophycées). In: Le phytoplancton nuisible des côtes de France. IFREMER. CNRS: 63-82.

Romdhane M.S., Eilertsen. H. C., Kefi Daly Yahia O. and Daly Yahia M.N.1998. Toxic Dinoflagellate blooms in Tunisia lagoons : Causes, and consequences for aquaculture. *Harmful Algae*.: 80-83.

Romdhane M.S. 2001. Les îles et les lagunes de Tunisie entre l'aménagement et la protection. Effets des changements globaux sur les écosystèmes marins et les habitats côtiers. Colloque PRICAT 6 RIGEDMER, Sousse, mars 2001.

Sournia A. 1986. - Atlas du phytoplancton marin. Volume I : Cyanophycées, Dictyophycées, Dinophycées, Raphidophycées.C.N.R.S. 219p.

Turki S. et Hamza A. 2001. Le phytoplancton toxique. Effets des changements globaux sur les écosystèmes marins et les habitats côtiers. Colloque PRICAT 6 RIGEDMER, Sousse, mars 2001.

Unesco 1995. - Manuel on harmful marine microalgae.Intergovernmental Oceanographic Commission.Manuels and guides, 549p.

Utermöl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton. Methodik. *Mitt.Intern. Ver. Limnol*. 9: 1-38.