

Variabilité saisonnière et spatiale de la biomasse et de la composition du phytoplancton de la Lagune Mellah (Algérie- Méditerranée)

Zidane Branes¹, Denis Sargos², Makhlouf Ounissi³ et Christian Amblard²

¹) Département de biochimie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, BP12, Annaba 23000, Algérie.
²) Laboratoire de Biologie des Protistes, UMR CNRS 6023, Université de Clermont-Ferrand, France.
³) Département de Biologie Marine, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, BP12, Annaba 23000, Algérie.

Accepté le 13/12/2009

ملخص

درست تركيبة العوالق النباتية لبحيرة الملاح من خلال عينات سطحية تم أخذها خلال الفترة الممتدة من أكتوبر 2000 إلى سبتمبر 2001. عرفت الكثافة و الكتلة الحيوية لمختلف أقسام العوالق النباتية وكذلك الخصائص الفيزيائية للوسط. الدياتومات هي الأكثر وفرة وهيمنة في عدد الأنواع. اختلفت كثافة العوالق النباتية حسب تدرج شمال جنوب متأثرة بمياه البحر، في حين لم تتبع الكتلة الحيوية نفس المنهج بسبب التوزيع غير المتجانس و وجود أنواع كبيرة الحجم من *Dinophycées*. وعموما يشكل القسمان *Diatomées* و *Dinophycées* معظم كثافة العوالق النباتية و يمثلان نسبة 55 إلى 92% من الكتلة الحيوية التي تكون عالية خلال السنة (من 4 إلى 173 ميكروغرام كاربون لتر⁻¹) مع الزيادة من كونها بسيطة إلى تضاعفها ثلاث مرات كلما ابتعدنا عن القناة التي تربط البحيرة بالبحر.

الكلمات المفتاحية: عوالق نباتية؛ كتلة حيوية؛ بحيرة الملاح؛ الجزائر؛ البحر الأبيض المتوسط.

Résumé

Le phytoplancton de la lagune Mellah (Algérie) a été étudié à partir d'échantillons de surface prélevés mensuellement d'octobre 2000 à septembre 2001. L'abondance et la biomasse des différentes classes phytoplanctoniques ont été déterminées, ainsi que des caractéristiques physiques du milieu. Les Diatomées sont les plus abondantes et dominant également en nombre d'espèces. L'abondance du phytoplancton varie selon un gradient Nord-Sud qui correspond au gradient de l'influence marine, alors que la biomasse ne suit pas ce schéma en raison de la répartition hétérogène et de la grande taille des espèces de Dinophycées. Ces dernières constituent, par ailleurs, avec les Diatomées l'essentiel de la biomasse phytoplanctonique (55 à 92 %). La biomasse phytoplanctonique est importante tout au long de l'année (4 - 173 µg C.L⁻¹) et elle augmente du simple au triple selon un gradient d'éloignement par rapport au chenal de communication avec la Méditerranée.

Mots clés: phytoplancton; biomasse; Dinophycées; Diatomées; lagune Mellah; Algérie, Méditerranée.

Abstract

The phytoplankton of Mellah lagoon (Algeria) has been studied using surface samples taken monthly between October 2000 and September 2001. The abundance and biomass of phytoplankton classes were determined, as well as physical characteristics of the environment. It is found that diatoms are most abundant and also dominate the number of present species. The phytoplankton abundance varies according to a north-south gradient which corresponds to the gradient of marine influence, whereas the biomass does not follow this pattern because of the heterogeneous distribution and the large species of dinoflagellates. Moreover, these species constitute the bulk of the diatom phytoplankton biomass (55-92%). The phytoplankton biomass is important throughout the year (4-173 mg CL⁻¹) and increases up to threefolds in a gradient, as a function of the distance from the channel of communication with the Mediterranean Sea.

Key words: Phytoplankton; Biomass; Dinophyceae; Diatoms; Lagoon Mellah; Algeria; Mediterranean Sea

Auteur correspondant: djbranes@yahoo.fr (Zidane Branes)

1. INTRODUCTION

La lagune Mellah, située à l'extrême nord-est de l'Algérie, constitue une partie du Parc National d'El-Kala. La lagune, localement dénommée Lac Mellah, communique avec la Méditerranée par un chenal long de 900m. Outre la liaison avec la mer, cette étendue d'eau saumâtre, unique en Algérie, est alimentée en eau douce par trois ruisseaux. Si la lagune est relativement bien étudiée sur le plan hydrologique [1,2,3], le phytoplancton n'a fait l'objet que de rares études ponctuelles [4]. Les données de Guelorget et Perthuisot [5] révèlent la présence de seulement 10 espèces phytoplanctoniques alors que le phytoplancton d'été 22-25 août 1999 [3] comprend 140 taxons. Par ailleurs la lagune fait l'objet d'une exploitation traditionnelle [6,7], de mollusques (palourde, moule méditerranéenne et huître creuse) et de poissons marins pouvant être sujets à des mortalités liées au développement de Dinoflagellés toxiques dont *Dinophysis accuminata*, *D. punctata*, *Gymnodinium merabile* [3]. De plus, cette activité traditionnelle est sévèrement menacée par l'ensablement du chenal et la dessalure, conséquence directe du mauvais renouvellement de la lagune du Mellah. Les poissons immigrants s'introduisent à partir de jeunes stades pour s'alimenter essentiellement de plancton. De même, les mollusques bivalves d'élevage bénéficient du phytoplancton apporté par les courants de marée, source principale de nourriture pour ces bivalves.

Ainsi, compte tenu, d'une part, de l'intérêt économique de cette lagune et des conditions hydrologiques particulières qui agissent sur le milieu, et d'autre part, du fait que le phytoplancton n'a fait l'objet d'aucune étude, notre objectif a été d'examiner la flore microalgale (composition et biomasse) au cours d'un cycle annuel.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 La lagune Mellah

La lagune Mellah est située à l'extrême nord-est algérien (8°20'E, 36°54'N). Cette étendue d'eau saumâtre en bordure de la méditerranée occupe une superficie d'environ 900hectares. Selon Guelorget *et* Ounissi [8,2], la profondeur maximale varie entre 0,50 et 5,20m (Fig. 1).

La salinité de la lagune varie, selon les saisons, de 30,50 à 33,50 mg.l⁻¹. La composition chimique des eaux est donnée dans le tableau 1. Ces données soulignent l'existence d'une situation d'eutrophie de la lagune durant la période d'étude.

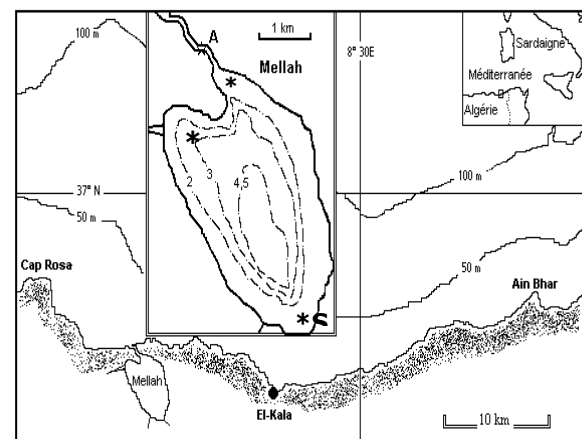


Figure 1. Situation géographique de la lagune Mellah, localisation des stations d'échantillonnage N (Nord), C (Centre), S (Sud) et position des principales isobathes de la lagune et du plateau continental d'El-Kala.

La lagune reçoit les eaux douces d'un bassin versant restreint et très peu peuplé. Elle reçoit également les apports d'eau marine au rythme d'une marée biquotidienne (Tab. 2). La lagune connaît cependant une dessalure liée au colmatage du chenal et au mauvais entretien hydraulique du lac.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de la lagune Mellah (Valeurs moyennes, novembre 1996-mai 1997) [3].

	novembre	décembre	janvier	février	Mars	Avril	Mai
T °C	18,50	-	13,40	14,00	16,00	17,20	22,00
S (psu)	33,35	-	31,80	30,50	31,00	31,50	33,40
NH ₄ (µM)	0,41	7,20	1,53	0,42	1,95	2,52	0,10
NO ₂ (µM)	0,22	2,49	0,19	0,03	0,13	0,22	0,01
NO ₃ (µM)	0,48	4,33	0,38	0,28	0,63	1,05	0,36
PO ₄ (µM)	1,00	5,80	0,38	0,25	0,41	0,63	0,14
N/P	1,11	2,07	5,53	2,92	6,61	6,02	3,36
Si(OH) ₄ (µM)	1,71	2,76	0,65	1,21	1,30	1,12	1,15
POD (µM)	4,15	30,80	24,20	21,50	19,30	25,40	2,20
NOD (µM)	27,00	36,70	31,60	32,43	34,42	37,50	29,00
COP (mg/l)	0,39	1,27	2,17	1,95	1,48	0,97	0,64
Chla (mg/m ³)	1,12	2,00	1,60	1,60	2,12	2,40	1,78

Tableau 2. Caractéristiques saisonnières des échanges hydrologiques tidaux entre la lagune Mellah et le littoral adjacent.

	T _{φj} (Heure)	T _{φf} (Heure)	S _j (P.S.U)	S _f (P.S.U)	V _{mφj} (cm s ⁻¹)	V _{mφf} (cm.s ⁻¹)	Q _{pφf} (m ³)	Q _{pφj} (m ³)	Bilan (m ³)	R _j (m ³)
2-3.10.96	18h 30	5h 30	-	-	16,60	12	15024	65586	+ 50562	80610
2-3.11.96	18h	6h	33,35	37,6	16,90	11,92	17052	70773	+ 53721	87825
18-19.5.97	10h, 7h	4h, 3h	33,35	37,35	12,26	11,5	14846	42749	+ 27903	57795
22-25.8. 99	6h30, 4h 30	6h, 4h	29,70	37,32	13,95	13,61	25163	27323	+ 2160	104972

Les données pour chaque période ont été relevées à l'échelle de la demi-heure à la station-chenal. T_{φj} : durée de l'écoulement lagune-mer ou jusant ; T_{φf} : durée de l'écoulement mer-lagune ou flot ; V_{mφj} : vitesse moyenne du jusant ; V_{mφf} : vitesse moyenne du flot ; Q_{pφf} : volume entrant ; Q_{pφj} : volume sortant ; B : bilan = (Q_{pφj} - Q_{pφf}) ; R_j : échange journalier = (Q_{pφj} + Q_{pφf}). S_j : salinité de franc jusant ; S_f : salinité de franc flot [3].

La région d'El-Kala est considérée comme la plus pluvieuse d'Algérie avec une moyenne annuelle de 900mm. La période échantillonnée correspond, cependant, à une très faible pluviosité (573 mm) ; il s'agit donc d'une année sèche comme le montre la figure 2.

2.2 Prélèvements et méthodes d'étude

Des prélèvements mensuels ont été effectués pendant la période d'étude, d'octobre 2000 à septembre 2001. Trois stations ont été choisies en fonction de

leur situation vis-à-vis des apports continentaux et marins (Fig. 1). La station nord (N) est directement soumise

Aux entrées marines, la deuxième est située au centre de la lagune (C) et la troisième qui est au sud (S) est sous l'influence des apports continentaux. Chaque échantillon correspond à trois prélèvements réalisés à une profondeur d'environ un mètre.

2.2.1 Paramètres physico-chimiques

Les mesures de pH et de température sont effectuées à l'aide d'une sonde de terrain de marque PHYWE 0713900. La conductivité est mesurée avec un conductimètre de marque JENWAY 4071.

2.2.2 Etude du phytoplancton

Trois échantillons sont prélevés au niveau de chaque station et une fraction de 100 ml est fixée au lugol concentré, stockée à l'obscurité à +4°C, puis laissée à sédimenter pendant 12 heures dans des cuves de comptage. Les espèces phytoplanctoniques sont dénombrées et identifiées à l'aide d'un microscope inversé selon la méthode d'Utermöhl [9]. L'identification est réalisée à l'aide notamment de différents ouvrages et publications traitant de la systématique du phytoplancton [10-17].

Le biovolume des différentes espèces appartenant aux principales classes phytoplanctoniques : Dinophycées, Diatomées, Chrysophycées et les autres taxons (Autres), a été estimé selon la méthode de Bratbak [18]. Le biovolume individuel est calculé à partir de la moyenne des dimensions mesurées sur une centaine de cellules. La biomasse (exprimée en $\mu\text{g.C.L}^{-1}$) a été estimée en utilisant le facteur de conversion biovolume-équivalent carbone en considérant que $10^6 \mu\text{m}^3$ est égale à $1 \mu\text{g}$ de matière fraîche, la biomasse en carbone organique représentant 12% de la matière fraîche [19].

3. RESULTATS

3.1 Environnement physico-chimique

Les paramètres physico-chimiques mesurés fluctuent d'une manière remarquablement similaire au niveau des trois stations. Sur l'ensemble de la période d'étude, le pH varie seulement de 6,5 à 8,46. L'évolution des valeurs de température reflète des conditions thermiques typiquement subtropicales. L'amplitude thermique s'élève à plus de 22°C (Fig. 2).

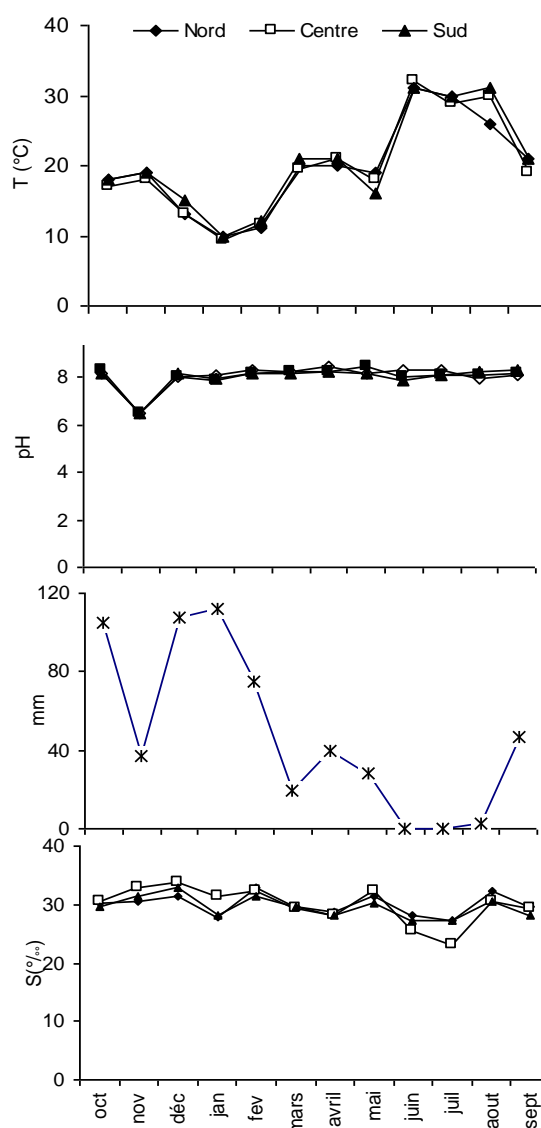


Figure 2. Fluctuations mensuelles de la température, du pH, de la pluviométrie et de la conductivité dans les trois stations de la lagune Mellah pour la période d'étude.

La température présente de faibles valeurs en hiver (10°C) et des valeurs maximales entre juin et août (30 à 32°C).

La salinité a beaucoup fluctué (26,62 à 33,82 ‰) au cours de l'année dans les trois stations étudiées en raison du rythme des marées (Fig. 2). Enfin, quel que soit le paramètre considéré, il n'existe pas de variation marquée entre les stations.

3.2 Composition, abondance et biomasse phytoplanctonique

3.2.1 Composition taxonomique

Le tableau 3 donne la liste des taxons identifiés, en termes de présence/absence aux différents points de prélèvement. On peut remarquer la présence de trois groupes principaux répartis différemment selon l'influence marine ou continentale. Le groupe des espèces qui se développent en hiver (*Euglena polymorpha*, *Mastogloia smithii* var. *lacustris*, *Mallomonas acaroides* et *Gymnodinium caudatum*) colonise les zones affectées par les apports du continent (stations S et C). Ce groupe représente la majorité des espèces observées. Le groupe lié aux apports marins est inféodé au nord et au centre de la lagune. Il est formé par des espèces régulièrement présentes dans ces aires soumises à l'influence marine (*Cocconeis* sp., *Nitzschia tryblionella*, *Nitzschia tryblionella* var. *subsalina*, *Nitzschia obtusa*, et *Carteria* sp.). Enfin, un troisième groupe (*Gymnodinium caudatum*, *Mallomonas acaroides*, *Euglena polymorpha*, *Melosira ambigua* et *Synedra ulna*) colonise le centre du lac. Certaines espèces (*Mastogloia smithii*, *Protoperdinium* sp.), fréquemment rencontrées au sud du lac, paraissent préférer ces zones peu renouvelées, en particulier en été et au début du printemps.

3.2.2 Abondance phytoplanctonique

D'une façon générale, l'abondance phytoplanctonique suit un schéma de

développement annuel identique aux trois stations avec une augmentation de l'abondance entre octobre et janvier puis une diminution de février à avril et, enfin, de nouveau, une augmentation de mai à septembre (Fig. 3).

En hiver, les densités sont relativement élevées (Fig. 3) avec un peuplement plus abondant au centre de la lagune qu'aux autres stations. C'est à l'automne que l'on observe les plus faibles densités phytoplanctoniques, à l'exception du mois de septembre 2001 où l'on note la valeur maximale annuelle (82 500 ind. L⁻¹) pour l'ensemble de la lagune.

La station nord est caractérisée par un peuplement souvent plus abondant à la fin du printemps et en été. Les espèces phytoplanctoniques dominantes sont *Cocconeis* sp., *Nitzschia tryblionella*, *Gymnodinium mirabile* et *Navicula radiosa*.

Par ailleurs, la répartition des microalgues diminue en allant du nord au sud (Fig. 3) avec des moyennes annuelles de 29 200 ind.L⁻¹ au nord, 26 420 ind.L⁻¹ au centre et 21 000 ind.L⁻¹ au sud. Cette zonation spatiale pourrait être en rapport avec les apports liés aux espèces de la côte voisine.

3.2.3 Biomasse phytoplanctonique

La biomasse totale du phytoplancton a beaucoup fluctué tout au long de la période d'étude (Fig. 4). Les valeurs ont, en effet, varié entre 4 et 173 µg C. L⁻¹, selon la station et la période considérées. Cette forte variabilité est sans doute liée au caractère très fluctuant des conditions environnementales des milieux lagunaires.

A l'échelle temporelle, le printemps et l'automne sont caractérisés par des valeurs de biomasse supérieures à celles observées en été et en hiver (Fig. 4).

La figure 5 donne l'évolution de la biomasse pour les différentes classes phytoplanctoniques. Les Diatomées et les Dinophycées constituent l'essentiel de la biomasse phytoplanctonique, quelque

Tableau 3. Liste présence-absence des taxons phytoplanctoniques récoltés dans les trois stations (N : Nord, C : centre, S : sud) de la lagune Mellah pour la période octobre 2000-septembre 2001.

Taxons	Oct.	Nov.	Déc.	jan.	fév.	Ma rs	Avril	Mai	Juin	Juil	Aoû t	Sept
<i>Carteria micronucleolata</i> Korch.	N	N	-	-	C	NC	NC	NC	NC	N	N	N
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg.	NC	N	N	N	N	NC	NC	NC	NC	NC	C	C
<i>Gymnodinium caudatum</i> Prescott.	NCS	NCS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	NC
<i>Navicula radiosa</i> Kutz	N	-	-	NC S	NC S	-	S	-	NC S	NC S	N	NC
<i>Nitzschi</i> sp.	-	-	-	CS	CS	NC S	NCS	NC S	NC S	NC S	N S	N
<i>Nitzschia palea</i> Kutz	-	C	C	C	CS	NC S	NCS	NC S	NS	N	N	-
<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch	N	NC	C	C	C	C	C	N	N	N	N	N
<i>Nitzschia obtusa</i> W.Smith	NC	-	-	-	-	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
<i>Nitzschia romana</i> Grun	N	N	-	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Nitzschia tryb .var. subsalina</i> Grun	NC	-	-	N	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
<i>Mastogloia smithii var. Lacustris</i> Grunow	S	S	CS	CS	CS	CS	CS	CS	S	S	S	S
<i>Protoperidinium</i> Sp.	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	-
<i>Peridiniopsis borgei</i> Limmerman.	NS	NS	NS	S	S	S	S	-	-	N	N	N
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty.	S	S	-	C	CS	NC S	NCS	NS	NC S	NC S	NC S	S
<i>Euglena polymorpha</i> Dangeard.	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	S	-	-	-	-
<i>Aulacoseira ambigua</i> O. muller.	NCS	NCS	NS	-	-	CS	NCS	NC S	C	-	-	CS
<i>Synedra ulna</i> Ehrenberg.	NCS	NS	-	-	NC S	NC S	NCS	NC S	S	-	-	NCS
Diatomées indéterminées	S	S	S	NC S	NC S	NC S	NC	NC	NC	NC	NC	NC

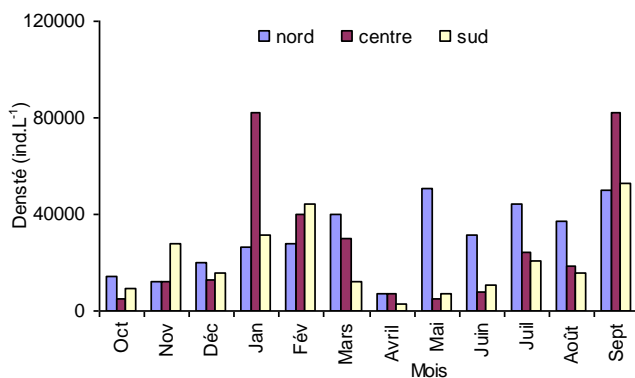


Figure 3. Variations mensuelles de l'abondance (ind. L⁻¹) du phytoplancton récolté dans la lagune Mellah au cours d'un cycle annuel, octobre 2000-septembre 2001 (N: Nord, C: Centre, S: Sud).

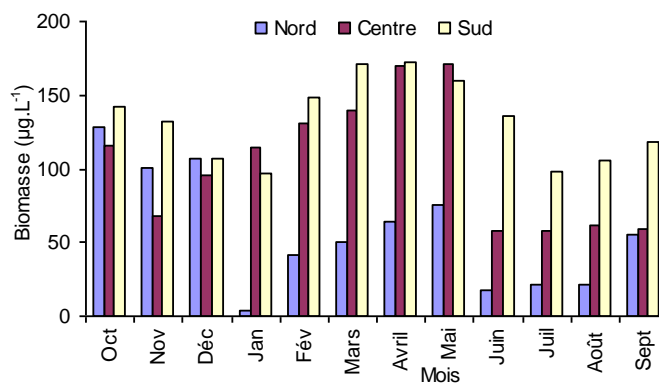


Figure 4. Variations mensuelles de la biomasse totale ($\mu\text{g C. L}^{-1}$) dans les trois stations de la lagune Mellah pour la période octobre 2000-septembre 2001 (N: Nord, C: Centre, S: Sud).

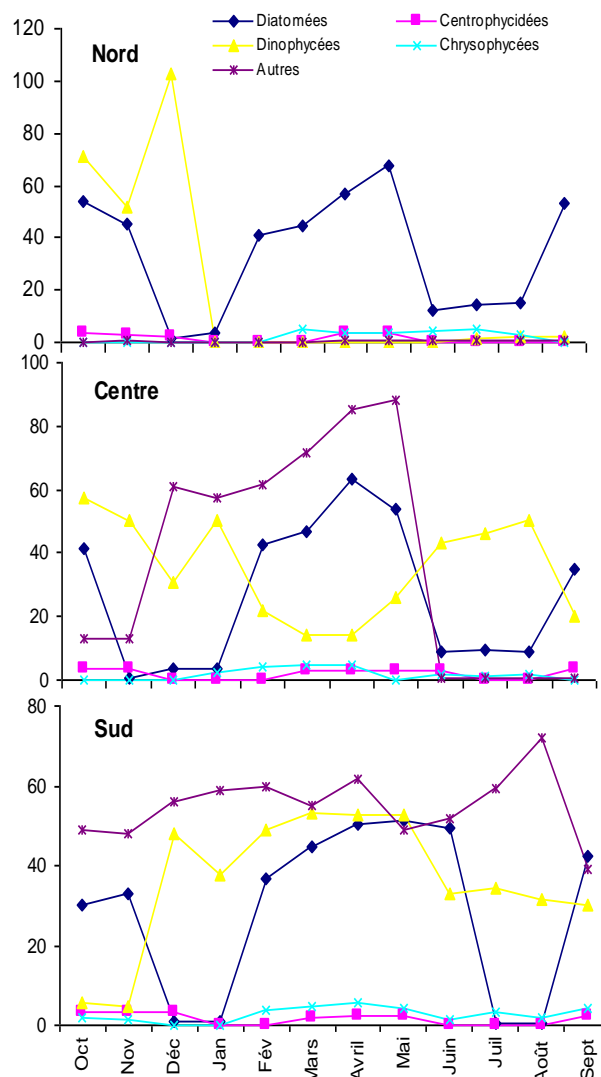


Figure 5. Variations mensuelles de la biomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$) des différentes classes phytoplanktoniques dans les trois stations de la lagune Mellah pour la période octobre 2000-septembre 2001 (N: Nord, C: Centre, S: Sud).

soient la saison et la station considérées. Ces deux classes représentent, en effet, entre 55 et 92 % de la biomasse totale, ce qui correspond à une variation de 45 à 72 $\mu\text{g C. L}^{-1}$ (Figs 4 & 5). Les Chrysophycées et les Diatomées Centrophycidées constituent de faibles biomasses variant de 3 à 7 $\mu\text{g C. L}^{-1}$ selon la station.

Sur un plan spatial, la biomasse augmente régulièrement de la station nord (49 $\mu\text{g C. L}^{-1}$) à la station sud (132 $\mu\text{g C. L}^{-1}$) (Figs 4 & 5).

C'est au niveau de la station sud que sont observées de fortes biomasses en été et en automne en raison de la présence d'espèces de forte taille comme *Protoperdinium* sp, *Gymnodinium caudatum* et *Peridiniopsis borgei*. Les stations Nord et Centre sont plus riches en biomasse phytoplanctonique, en hiver et au printemps, que la station Sud.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Zone humide d'importance internationale faisant partie intégrante du Parc national d'El-Kala, la lagune Mellah est l'unique lagune d'Algérie. D'une faible étendue mais relativement profonde, la lagune reçoit, au rythme de la marée, l'eau marine via un chenal restreint et des apports continentaux par le biais de petits ruisseaux. C'est le mélange de ces deux eaux contrastées qui conditionne l'hydrologie et la biologie des organismes.

Plusieurs tentatives de diagnose du Mellah en vue de sa mise en valeur pour la pêche et pour l'aquaculture [1, 6, 7, 20] ont abouti à de résultats ponctuels, en dépit de leur qualité. Plus récemment, des projets nationaux [3] ont été consacrés à l'évaluation écologique du Mellah et ont clairement démontré que l'exploitation biologique et les conditions environnementales du Mellah sont conditionnées par son fonctionnement hydrologique, qui est fortement perturbé par le colmatage du chenal de communication avec la mer.

L'objectif principal de cette étude était l'évaluation de l'abondance et de la biomasse du phytoplancton en différents points de la lagune, au cours d'un cycle annuel. Il est difficile de situer nos résultats en raison de la rareté d'études comparables. Rétima [21] rapporte des biomasses (pour la période de novembre 1996 à mai 1997) variant de 1,12 à 2,60 mg.m^{-3} Chla, ce qui correspond à, environ, 34 à 182 $\mu\text{g C.L}^{-1}$ si l'on considère un rapport C/Chla = 50 [22-24]. Ces valeurs sont comparables aux biomasses estimées dans cette étude (49 à 132 $\mu\text{g C.L}^{-1}$). Il s'agit de fortes valeurs de biomasse habituellement rencontrées dans les milieux lagunaires. Cela confirme également l'évolution de cette lagune vers un stade eutrophe, caractère eutrophe qui n'est cependant pas marqué en période estivale [3,25].

Par ailleurs, la distribution spatiale de la biomasse phytoplanctonique montre un fort gradient nord-sud puisqu'elle varie, en moyenne, de 49 $\mu\text{g C. L}^{-1}$ à la station Nord à 132 $\mu\text{g C. L}^{-1}$ à la station Sud.

Au sein du phytoplancton, les Diatomées constituent la classe phytoplanctonique la mieux représentée en termes d'espèces et forment également une fraction importante de la biomasse microalgale. L'essentiel de la biomasse est, en effet, constitué par les Diatomées et les Dinophycées (Fig. 5). En fait, les Diatomées sont toujours dominantes en nombre d'espèces et en abondance dans la lagune comme le soulignent différents auteurs [3, 21]. Ces auteurs précisent que l'on peut y rencontrer jusqu'à 140 taxons dominés, en effectifs, par le genre *Pseudo-nitzschia*.

D'un point de vue temporel, la densité du phytoplancton est toujours plus élevée au printemps et en été à la station Nord qui est directement soumise aux apports d'espèces marines. C'est en effet à ces époques de l'année que l'on note une accentuation de l'influence marine. En fait, l'abondance du phytoplancton peut fluctuer beaucoup à l'échelle même de

l'heure en raison des courants de marée créant des mouvements turbulents de la masse d'eau générant ainsi des phénomènes de dissémination, de concentration ou de transport advectif d'espèces marines ou lagunaires en présence [3].

En outre, les inventaires antérieurs du phytoplancton de cette lagune [21] se limitent aux taxons dont la taille est supérieure à 20 µm, notre étude ajoute la fraction inférieure à 20 µm et permet ainsi de compléter l'inventaire pour y inclure des espèces de *Nitzschia* (*Nitzschia palea*, *Nitzschia obtusa* et *Nitzschia romana*) de faible taille, la Diatomée *Navicula radiosa* et la chlorophycée *Carteria micronucleolata*.

Enfin, sur un plan écologique, la prépondérance numérique des Diatomées dans le Mellah tend à souligner, le faible impact des activités anthropiques. En effet, les travaux de Bétoux *et al.* [26] montrent que les eaux méditerranéennes sont dominées par les Dinophycées en raison de l'augmentation du rapport N/P sous l'effet d'influences anthropiques. Les Diatomées, exigeantes vis-à-vis du silicium, chutent en fréquence corrélativement à la diminution du rapport Si/N. Il s'ensuit, de ce point de vue, que le phytoplancton du Mellah peut constituer un état de référence pour l'évolution de la composition des peuplements phytoplanctoniques méditerranéens.

Références

- [1] FAO. *Lac Mellah : mise en valeur au titre de la pêche et de l'aquaculture*. 1982, Rapport FAO/ MEDRAP N°79/033, RV/DEC.
- [2] M. Ounissi, H. Haridi, A. Retima, *Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997*, J. Rech. Océanog, 2002, Vol. 27, Issue 1, p. 1-13.
- [3] M. Ounissi, H. Haridi, M. Khelifi-Touhami, A. Retima, O-R. Ziouch, *Le phytoplancton de la lagune Mellah (Méditerranée Sud Occidentale). Influence de la marée et des apports d'eaux continentales*. Bulletin de l'institut national des sciences et des technologies de la mer. Actes des 6èmes Journées Tunisiennes des sciences de la mer, Tunis, N° special. 8, 2003, p. 81-85.
- [4] F.L. Samson-Kechacha, T. Touahria, *Populations phytoplanctoniques et successions écologiques dans une lagune saumâtre, Le Lac Mellah (Algérie)*, Rapp.Comm. Int. Mer. Médit, Vol. 33, 1992, p. 103.
- [5] O. Guelorget, J.P. Perthuisot, *Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement*, Travaux du laboratoire de géologie, 16, presse de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, 1983, p. 136.
- [6] J-P. Gimazane, *L'exploitation conchylicole du lac Mellah, Algérie*, Rapport de mission FAO (MEDRAP), 1982.
- [7] S. Cataudella, *Rapport de la mission effectuée du 19 au 29 octobre en Algérie (lac Mellah et lac Oubeira)*, FAO / MEDRAP, 1982, 37 p.
- [8] O. Guelorget, M.C. Ximenes, G.F. Frisoni, J.P. Perthuisot, *Expression biologique du confinement dans une lagune méditerranéenne : le lac El Mellah (Algérie)*, 1989, Rev. Hydrobiol. Trop, Vol.225, Issue 2, p.87-99.
- [9] H. Utermöhl, *Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton-Methoik*. Mitt. Intern. Ver. Limnol., 1958, Vol.9, p.1-38.
- [10] P. Bourrelly, *Les algues d'eau douce, Algues vertes*, 1966, Ed. N. Boubée et Cie, Paris.

- [11] P. Bourrelly, *Les algues d'eaux douces Algues bleues et rouges*, Ed. N. Boubée, Paris, 1970.
- [12] H. Germain, *Flore des Diatomées, eau douce et saumâtre*, Ed. N. Boubée Cie, Paris, 1981.
- [13] G.W. Prescott, *Algae of the Western Great Lake area with illustrated key to the genera of Desmids and freshwater Diatoms*, W.M.C. Brown Company Publishers Dubuque, Iowa, 1978.
- [14] C.R. Jonas, *Identifying marine phytoplankton* Academic press, California, 1997, p. 858.
- [15] M. Ricard, *Atlas du phytoplancton marin*, Diatomophycées, CNRS, Paris, Vol. 2, 1987, p. 297.
- [16] J. Larsen, Ø. Moestrup, *Guide to toxic and potentially toxic marine algae*, The fish inspection service, Ministry of Fisheries, Denmark, 1989, p. 61.
- [17] A. Sournia, *Atlas du phytoplancton marin. Cyanophycées, Dictyocophycées, Dinophycées et Raphidophycées*, CNRS, Paris, Vol. 1, 1986.
- [18] G. Bratbak, *Bacterial biovolume and biomass estimations*, App. Environ. Microbiol., Vol.495, Issu.6, 1985, p. 1448-1493.
- [19] C. Amblard, J-F Carrias, G.bourdier, N. MAURIN, *The microbial loop in a humic lake: seasonal and vertical variation in the structure of the different communities*, Hydrobiologia, 300/301, 1995, p. 71-84.
- [20] O. Guelorget, M.C. Ximenes, G.F. Frisoni, J.P. Perthuisot, *Diagnose écologique du lac Mellah (Algérie), pour l'évaluation de ses potentialités halieutiques et aquacole*, Rapport de la mission F.A.O (ONUD /MEDRAP), 1982, 130 p.
- [21] A. Retima, *Incidences des changes hydrologiques, chimiques et phytoplanctoniques sur la fertilité de la lagune Mellah et du littoral voisin (El-Kala, Algérie) selon le régime de marée dix ans après l'aménagement du chenal de communication*, Th. de Magister, Univ. Annaba, Algérie, 1999, 87 p.
- [22] P. Bougis, *Ecologie du plancton marin*, Tome 1. Le phytoplancton. Masson, Paris, 1974, 200 p.
- [23] V.N. De Jonge, *Fluctuation in the organic carbon to chlorophyll: a ratio for estuarine benthic diatom populations*, Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol.2, 1980, p. 345-353.
- [24] P. Chardy, *Modèle de simulation du système benthique des sédiments grossiers du Golf normand-breton (Manche)*, Oceanologica Acta, Vol. 10, Issue 4, 1987, p. 421-433.
- [25] R. Semroud, *Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens : le lac Mellah, El-Kala, Algérie*, Th. 3ème cycle, USTHB, Alger, 1983.
- [26] J.P. Béthoux, N. Morin, D.P. Rinzpino, *Temporal trends in nutrients rations: chemical evidence of Mediterranean Ecosystem changes driven by human activity*, Deep-sea Research Vol. 2, Issue 49, 2002, p. 2007-2016.