

ETAT ENVIRONNEMENTAL DE LA LAGUNE DE BOUGHRARA ET SES ALENTOURS DEUX ANS APRES LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET D'ELARGISSEMENT DU PONT D'EL KANTARA

Fatma GUETAT^a, F. SELLEM^b, F. AKROUT^b, M. BRAHIM^b, A. ATOUT^b,
M.S. BEN ROMDHANE^a et M.N. DALY YAHIA^c

^a Institut National Agronomique de Tunisie, Avenue Charles Nicole, Tunis, Tunisie

^b Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Salammbô, Tunisie

^c Faculté des Sciences de Bizerte, Tunisie

ملخص

دراسة جودة المياه و التربة ببحيرة بوغرارة و ما جاورها من المنظومات البيئية البحرية □ يهدف هذا العمل إلى دراسة جودة المياه و التربة ببحيرة بوغرارة و ما جاورها من المنظومات البيئية البحرية بعد عامين من إتمام عملية توسيع القنطرة. تحليل عنصرى المياه و الترسبات بجنوب غربي بحيرة بوغرارة ببين الوديان و غربي جربة اظهر تباينا بين المناطق المذكورة و هذا يعود لانتمائهم إلى أوساط جغرافية تخضع لتأثيرات بحرية وبيئية مختلفة. إن متابعة الخاصيات الفيزيائية و الكيميائية للمياه كشفت أن بحيرة بوغرارة تمر بمرحلة تحول تتميز بتصرف التلوث نحو البحر. بينما بين تحليل التربة أن الترسبات السطحية تتكون أساسا من الرمل المتوسط و الدقيق الغني بالمواد العضوية

RESUME

L'étude de l'état environnemental de la lagune de Boughrara a été réalisée deux ans après la mise en service du nouveau pont El Kantara. Les paramètres étudiés dans l'eau (nitrites, nitrates, ammonium, azote, phosphore total, chlorophylle a) et le sédiment (matière organique, faciès sédimentaire) ont été analysés dans trois zones de la lagune appartenants à divers contextes géographiques et environnementaux. Les résultats obtenus ont montré d'évidents signes d'amélioration des conditions générales de cet écosystème. Les distributions spatiotemporelles et saisonnières des paramètres étudiés indiquent que les teneurs trouvées atteignent le seuil d'eutrophisation pas mal de fois mais restent toujours inférieurs à ceux mentionnés par la DGPA en 2000 avant les travaux d'aménagement. L'analyse granulométrique des sédiments superficiels reflète un fond à sables moyens à fins à des proportions différentes en matière organique selon les zones.

ABSTRACT

Environmental state of the Boughrara lagoon and his surroundings two years after alteration work and of extension of the bridge of el kantara : The present study aims to characterize water quality and sediment in Boughrara lagoon and its surrounding two years after the construction of new bridge. Abiotic parameters (water and sediment) are calculated in three areas with different geographical and environmental contexts. The results have shown clear signs of improvement in terms of the ecosystem. The spatiotemporal distributions of physicochemical parameters of water indicate that the levels found below the threshold of eutrophication quite a few times but are still lower than those reported by DGPA (2000). The size analysis of surface sediments shows that the bottom of the three underwater zones explored is covered mainly by medium to fine sand rich in organic matter.

INTRODUCTION

La lagune de Boughrara ou écosystème lagunaire du sud tunisien est située au Sud de l'île de Djerba, sur la bordure méridionale du golfe de Gabès entre les longitudes 10°45' et 10°57'Est et les latitudes 32°28' et 33°45'Nord. Elle communique avec la mer (eaux du golfe de Gabès) par deux passages situés l'un dans sa partie nord-est (canal d'El Kantara: largeur 12,5m; profondeur 4m avant les aménagements) l'autre dans sa partie nord-ouest (canal d'Ajim: largeur 2,2 Km; profondeur 15m). La superficie de la lagune, estimée à 50.000ha, lui confère la première place des lagunes tunisiennes.

La lagune dont la profondeur moyenne est estimée à 4,4 m (Jedoui, 1979), présente un intérêt économique

dans la région puisque la pêche et l'élevage aquacole y sont pratiqués depuis longtemps (Zaouali, 1984). Dans cette région le climat est typiquement méditerranéen de type semi-désertique, très souvent caractérisé par de faibles précipitations et de hautes températures estivales ; le bilan hydrique est souvent fortement déficitaire (Zaouali, 1977, Guetat, 2007). La lagune est aussi sujette à des phénomènes de marées avec des processus d'eutrophisation assez fréquents, entraînant très souvent des dégâts importants (Hamza, 1991, Daly Yahia et al., 1994 ; Daly Yahia et Romdhane, 1996 ; Romdhane et al., 1998 ; DGPA, 1999 ; Ben Rejeb Jenhani et Romdhane, 2002). Ce phénomène serait dû selon l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE, 1982), à la prolifération

excessive d'algues et de plantes aquatiques d'où une surcharge en éléments nutritifs et plus particulièrement celles du phosphore dans les eaux. En conséquence à ces perturbations d'autres effets se manifestent notamment le dégagement d'odeurs désagréables, l'apparition des eaux colorées et des modifications de la composition chimique de l'eau entraînant l'altération des ressources lagunaires (DGPA, 1999, 2000a, 2003 et 2004). Ces dystrophies ont engendré de façon récurrente des dégâts écologiques désastreux qui se répercutent essentiellement sur le secteur de la pêche (avec des mortalités excessives de poissons sauvages et d'élevage induisant une réduction considérable en la production halieutique du golfe de Gabès et la fuite des professionnels de la pêche et de l'aquaculture (Ben Souissi, 1991, Hamza, 1991, Daly Yahia et Daly Yahia – Kéfi, 2003).

En vue de la réhabilitation de l'écosystème de Boughrara et de l'amélioration de la qualité de ces eaux un projet d'assainissement reposant principalement sur la maîtrise et le contrôle des sources de pollution (DGPA, 2001a et 2001c) a été achevé en 2007. Une voie d'aération au niveau de la circulation de l'eau a été créée au nord-est du côté d'El Kantara. Pour favoriser davantage les échanges d'eau avec la mer, un pont de 150 m de longueur et de 5 m de tirant d'air a été réalisé en vue d'une meilleure oxygénation de l'eau et un plus grand brassage du milieu avec l'évacuation de polluants vers le large.

Dans la présente étude l'état environnemental de la lagune de Boughrara a été étudié par la mesure de paramètres abiotiques après les travaux de réhabilitation, au niveau de trois zones de la lagune. Dans un premier temps un suivi saisonnier des paramètres physico-chimiques a été effectué avec détermination des concentrations ou teneurs en sels nutritifs permettant de rendre compte des nouveaux apports. Dans un deuxième temps une analyse des sédiments a été réalisée avec détermination de la composition granulométrique aussi bien que la matière organique sédimentaire. Enfin, par une analyse en composante principale, pour l'ensemble des paramètres mesurés nous avons essayé d'exposer la nouvelle situation environnementale dans cet écosystème lagunaire après les aménagements.

MATERIEL & METHODES

Deux campagnes saisonnières de prélèvements d'eau de surface et de sédiments ont été effectuées dans la lagune de Boughrara au cours de l'année 2009 (janvier et juillet). A l'aide d'une embarcation trois différentes zones géographiques de la lagune et de ses environs ont été dégagées afin de se prononcer sur la nouvelle distribution de la qualité de ses eaux (figure 1).

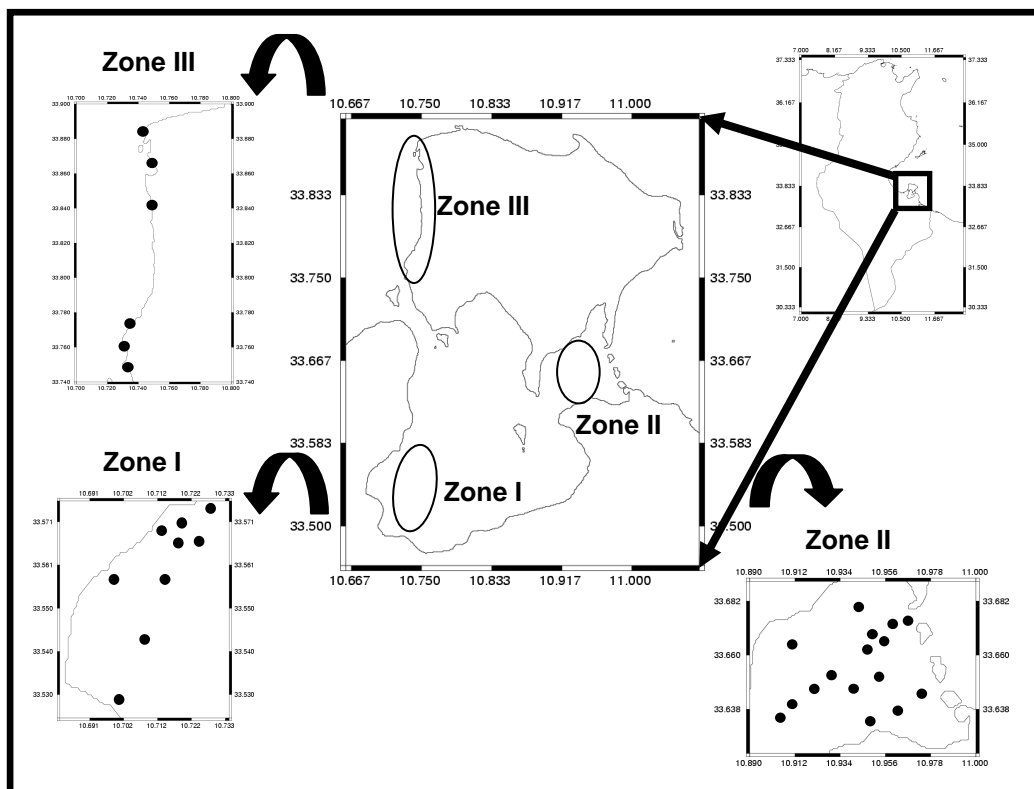


Figure 1 : Situation géographique des zones I, II et III de la lagune de Boughrara et ses environs. Les stations de prélèvement géo référencées sont représentées par •

La zone I de la lagune ou zone située au sud-ouest près du port de Boughrara. Cette partie située au niveau du secteur sud occidental de la lagune se caractérise par son éloignement des deux principales communications avec la mer ; neuf stations ont été prospectées (P1 à P9).

La zone II de la lagune ou zone de Bin El Ouidiene située dans la région est de la lagune, zone quasi fermée et caractérisée par deux chenaux parallèles (Oued El Kébir et Oued Esseghir) d'importance inégale et de même direction Nord-Est, Sud-Ouest (Basti, 2004 et Atoui, 2009). Dix sept stations de prélèvement (K1 à K17) ont matérialisé ce secteur.

La zone III située à l'extérieur de la lagune et du côté nord ouest de l'île de Jerba est sous influence marine. Six stations ont été prospectées (J1 à J6).

Analyse des eaux

Pendant les deux campagnes, des prélèvements d'eau de surface ont été effectuées en janvier et juillet 2009 au niveau des 3 zones proposées et portant sur un total de 32 stations toutes géo référencées. A bord de l'embarcation les échantillons d'eau ont fait l'objet d'abord de mesures *in situ* (transparence, température et salinité). La température de l'eau mesurée à 0,5m de la surface à l'aide d'un thermomètre à mercure, la salinité grâce à un salinomètre électronique et la transparence est estimée par le disque de Secchi (Holmes, 1970). Aussi des échantillons d'eau ont été pour des analyses chimiques. Toutes les bouteilles sont étiquetées et placés dans des glaciaires. Au laboratoire les dosages des nitrites (NO₂), nitrates (NO₃), ammonium (NH₄), azote total (N total) et le phosphore total (P total) ont été réalisés à l'aide d'un auto-analyseur. Le dosage de la chlorophylle a, a été réalisé par spectrophotométrie. La matière en suspension (MES) dans l'eau a été déterminée par double pesée avant et après passage à l'étuve à 100°C du dépôt solide après filtration.

Analyses du sédiment

Les sédiments superficiels ont été prélevés dans les 20 premiers centimètres au fond au niveau des 32 stations durant le mois de juillet 2009. La matière organique (MO) dans le sédiment a été évaluée par la méthode de Walkley et Black (1934) par dosage du carbone organique (CO). En effet, la MO contient en moyenne 58% de CO où $CO * 1,724 = \%MO$ (Pauwels *et al.*, 1992).

Les analyses granulométriques ont été effectuées en séparant la fraction fine < 63µm de la fraction grossière > 63µm par tamisage humide sur un tamis du type Afnor. La composition granulométrique grossière, a été effectuée pour chaque échantillon de sédiment. Ce dernier a été séché à 50°C puis tamisé à sec sur une série de tamis. Les portions respectives de chacune des classes de taille ont été par la suite

pesées afin de dresser une courbe cumulative de chaque fraction. Le principe de la micro granulométrie consiste à déterminer la répartition des particules argileuses et des silts (< 4µm). Pour cela nous avons eu recours à un granulomètre laser « Masterseizer » équipé d'un logiciel de traitement de données (Delaune *et al.*, 1991).

Traitement des données

Les données environnementales enregistrées au cours des deux saisons sont évaluées à partir d'une analyse en composante principale. Les paramètres (nitrites, nitrates, azote total, phosphore total, biomasse chlorophyllienne et matière en suspension) correspondant aux descripteurs sont placés en colonnes, tandis que les 32 stations correspondant aux lignes des matrices de données.

RESULTATS

Transparence et matière en suspension

Nous avons relevé dans la lagune de Boughrara de légères variations saisonnières de la transparence des eaux entre les trois zones de prélèvement. Toutefois, les zones II et III montrent une certaine similarité entre elles. En effet ces deux zones présentent une faible opacité de leurs eaux qui est même parfois nulle puisque dans presque la totalité des stations échantillonnées le fond est visible. En revanche, la plus forte turbidité a été observée dans la zone I (station P9) où la visibilité moyenne est de 65%.

Les concentrations saisonnières de la matière en suspension montrent également de faibles variations entre les deux périodes d'étude ainsi qu'entre les trois zones. En été les eaux sont peu chargées en matières en suspension puisque les concentrations moyennes sont inférieures respectivement de 52 mg/l pour la zone I, 38 mg/l pour la zone II et 29 mg/l pour la zone III. En hiver les teneurs enregistrées présentent peu de modifications selon les zones et les stations, la concentration maximale obtenue atteint seulement 63mg/l pour la zone I.

Température

Nous avons aussi noté dans la lagune de Boughrara un faible changement saisonnier de la température de l'eau. Dans la zone I, la température la plus élevée (26°C) a été notée au cours du mois de juillet 2009 en revanche en janvier la température basse atteint uniquement 20°C. Les zones II et III montrent des températures estivales maximales atteignant respectivement 25°C et 23°C. Les températures hivernales et minimales enregistrées successivement dans ces deux dernières zones sont de 19°C (Bin El Ouidiene) et de 18°C (Djerba). Notons qu'au niveau de la zone II les températures les plus basses ont été enregistrées au niveau de stations situées le long

d'oued El Kébir et de l'oued Sghir ou à proximité des chenaux secondaires.

Salinité

De faibles variations de salinité ont été observées entre l'hiver et l'été dans la lagune de Boughrara. La répartition spatiale de la salinité révèle également la même distribution zonale que celle de la température. En effet, la salinité moyenne des eaux est relativement plus importante dans la zone I, la concentration atteint 44,5 psu comparativement aux deux autres zones II et III où les moyennes sont respectivement de 40,75 psu et de 38 psu.

Matière organique totale

Les teneurs moyennes en la matière organique totale enregistrée dans les sédiments de la lagune de Boughrara varient selon les zones. Dans la zone I (région de Boughrara) la teneur calculée est de 9,38%, dans la zone II (région de Bin El Ouidiene) la teneur enregistrée est de 15,21% et enfin dans la zone III région de Djerba la teneur évaluée est de 3,67%.

Nitrites

Les variations saisonnières en teneurs des nitrates, nitrites, ammonium, azote total, phosphore total et chlorophylle *a*) dans la lagune de Boughrara sont représentées par des courbes d'isovaleurs (planche 1 et 2).

La distribution spatiale en teneurs des nitrites (NO₂) montre très peu de variations saisonnières entre les zones. Les écarts entre les minima et maxima enregistrés sont en général faibles sauf au niveau de la zone I. En effet, en été la zone I montre la teneur la plus élevée en nitrites qui atteint 5,6 µg/l, en revanche dans la zone II la concentration maximale notée est de 4,5 µg/l alors que dans la zone III elle atteint uniquement 3,5 µg/l.

Nitrates

Les concentrations des nitrates (NO₃) enregistrées montrent quelques variations aussi bien saisonnières que zonales. Les teneurs les plus élevées sont notées en été notamment dans la zone I où elles varient entre 22 et 35 µg/l. Au niveau des zones II et III les concentrations max n'atteignent pas 22 µg/l. En hiver on observe toujours les proportions en nitrates les plus importantes au niveau de la zone I, la moyenne en nitrates est de 17 µg/l et les écarts sont très faibles. Les zones II et III montrent au contraire durant la saison hivernale des concentrations moyennes relativement plus faibles qui se maintiennent respectivement à 14 et 12 µg/l mais avec des écarts plus grands.

Ammonium

De même les teneurs moyennes en ammonium (NH₄) enregistrées dévoilent certaines variations

saisonniers et zonales. Les concentrations les plus importantes sont relevées toujours en été au niveau de la zone I où elles oscillent entre 75 et 95 µg/l. En hiver et dans cette même zone les teneurs observées varient peu par rapport à la saison estivale, elles sont comprises entre 70 et 85 µg/l. En revanche au niveau des zones II et III on observe des variations relativement plus importantes au niveau des saisons. Les teneurs minimales enregistrées en hiver sont respectivement de 53 et 50 µg/l inférieures relativement à celles notées dans la zone I.

Azote total

Les teneurs relevés en azote total (N total) dans les différentes stations de la lagune de Boughrara montrent que cet élément présente des variations saisonnières plus marquées que les autres composés azotés et ceci au niveau des trois zones. En effet, les concentrations enregistrées en hiver dans les zones I, II et III doubles approximativement avec celles relevés en été. On observe toutefois toujours les concentrations en N total les plus élevés dans la zone I en été où elles varient entre 370 et 420 µg/l. Les zones II et III montrent généralement des teneurs en azote total relativement plus proches entre elles. Elles sont comprises entre 315 et 380 µg/l dans la zone II et entre 320 et 368 µg/l au niveau de la zone III.

Phosphore total

Les teneurs en phosphore total (Ptotal) enregistrées dans la lagune montrent peu de variations entre les saisons et les zones. Les concentrations maximales notées en été variant entre 140 et 165 µg/l sont observées dans la zone III de Jerba. En hiver les teneurs minimales en phosphore total sont relevées dans la zone II, elles sont comprises entre 53 et 90 µg/l.

Chlorophylle a

La répartition spatiale et saisonnière de la chlorophylle *a* ne relèvent pas de grandes variations. La zone I (région de Boughrara) se caractérise par des concentrations les plus importantes allant de (8-13mg/l). Les teneurs les plus faibles sont enregistrées respectivement dans la zone III (région de Djerba) et dans la zone II (région de Bin El Ouidiene). Les moyennes calculées varient respectivement de (2-6 mg/l) à (5-8mg/l).

Faciès sédimentaire

La répartition en faciès sédimentaires montre que les sédiments de surface sont essentiellement sableux (fraction > à 63µm) et dépasse 75% dans les trois zones prospectées I, II et III (figures 2, 3 et 4). Le sable est classé fin à très fin dans la zone I. Pour la zone II, le sable est plutôt moyen à fin tandis que dans la zone III il est plutôt grossier moyen à fin.

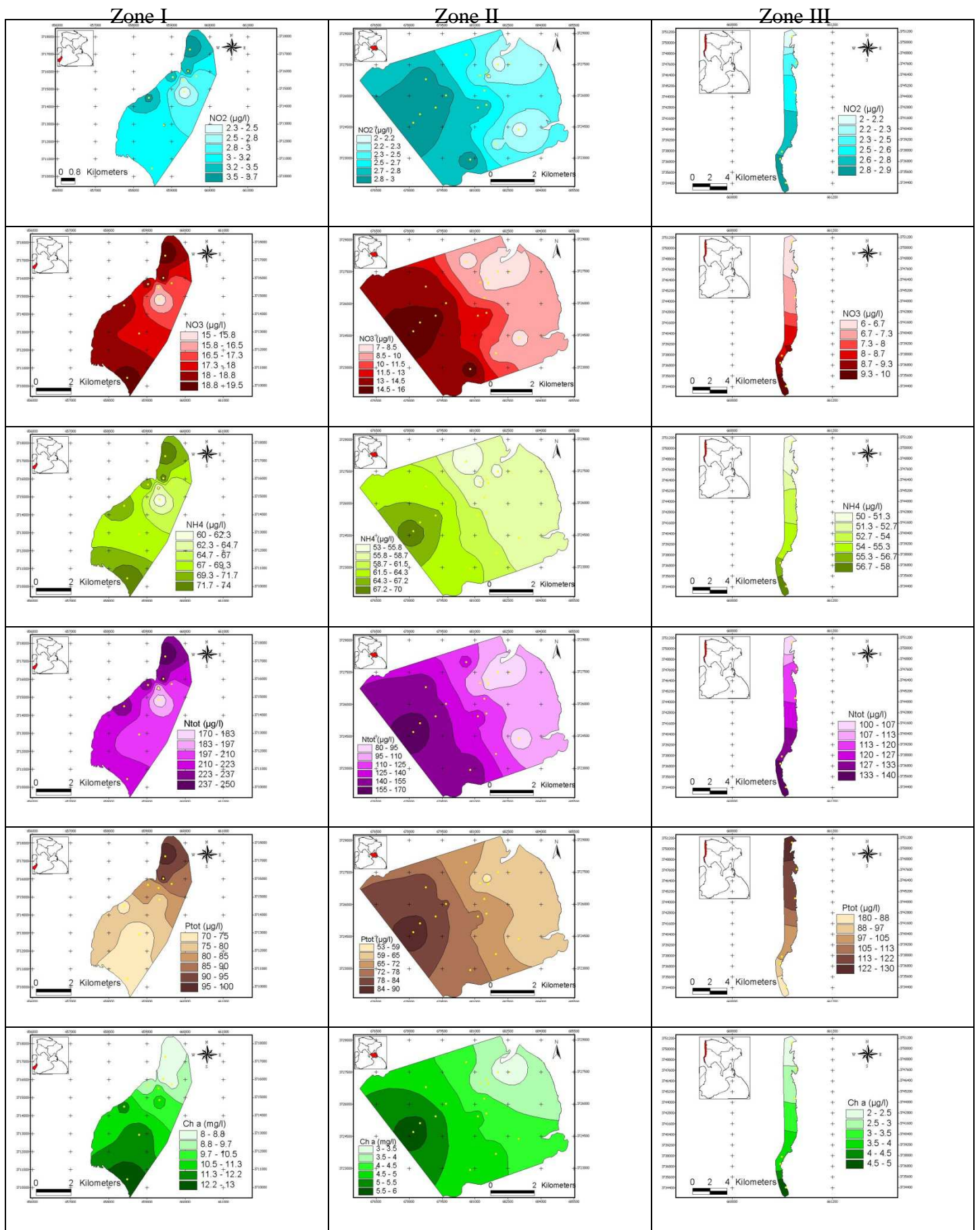


Planche 1 : Cartes de répartition des paramètres abiotiques dans la lagune de Boughrara et ses environs (hiver 2009)

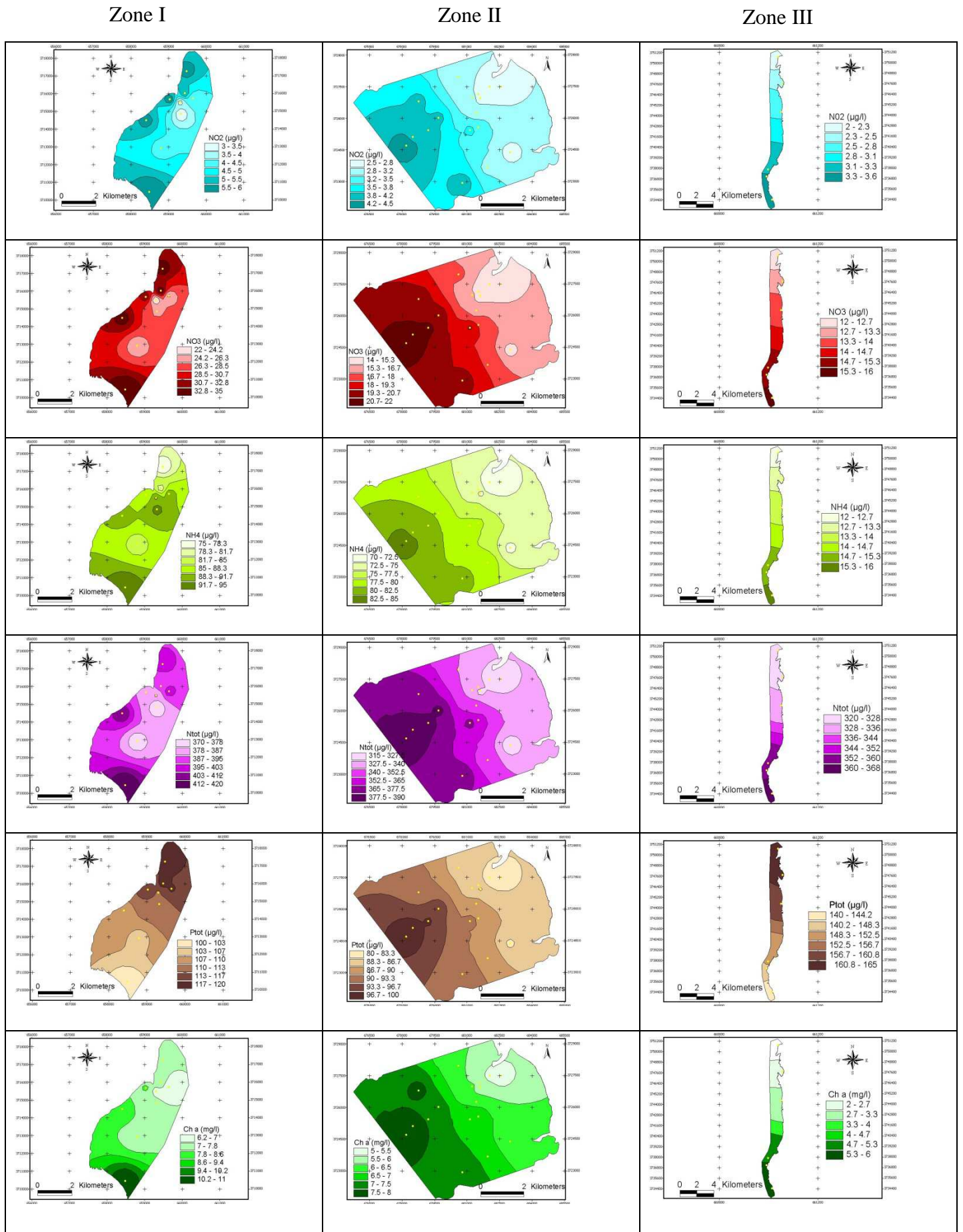


Planche2 : Cartes de répartition des paramètres abiotiques dans la lagune de Boughrara et ses environs (été 2009)

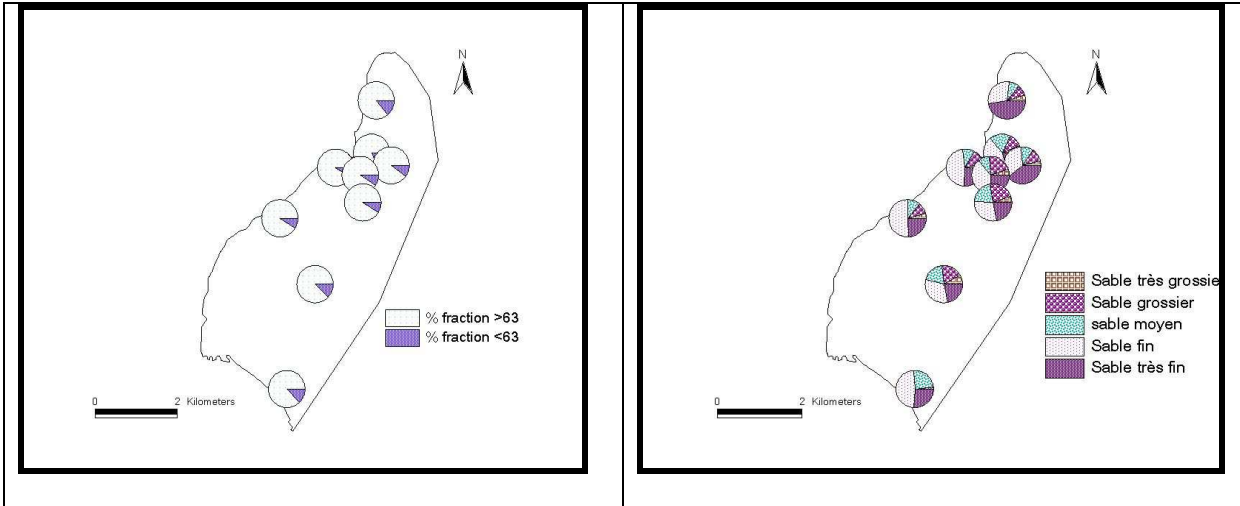


Figure 2 : Structure de sable avec les fractions inférieur et supérieur à 63µm dans la zone

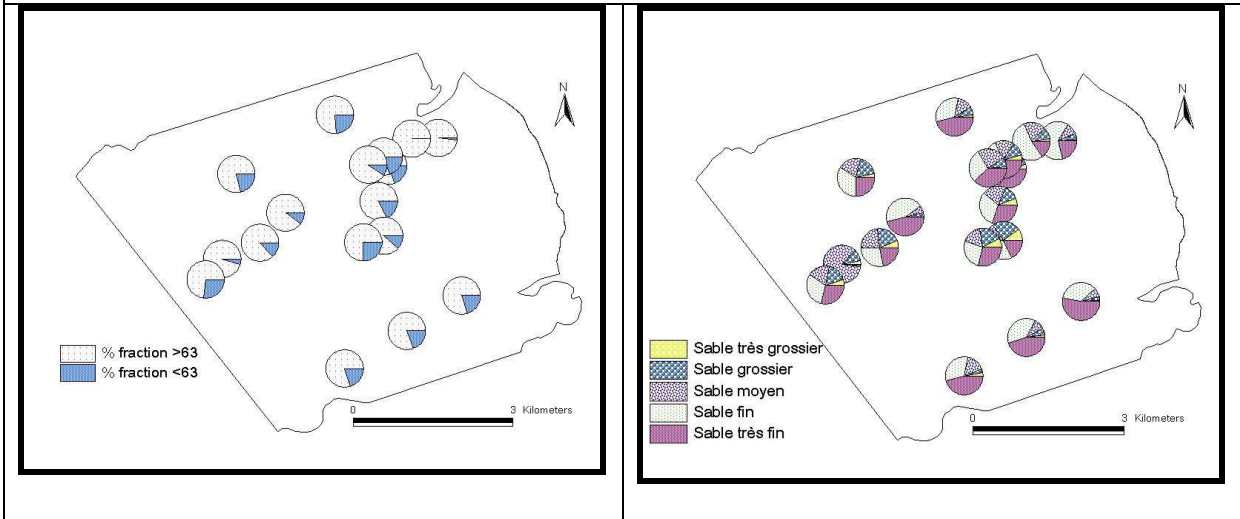


Figure 3 : Structure de sable avec les fractions inférieur et supérieur à 63µm dans la zone II

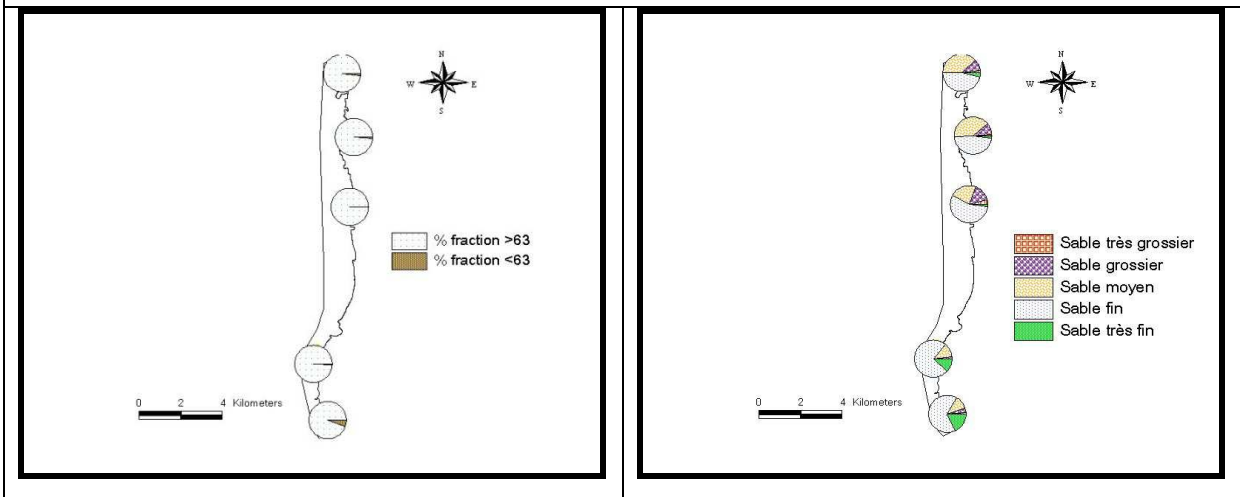


Figure 4 : Structure de sable avec les fractions inférieur et supérieur à 63µm dans la zone III

Pour la fraction fine correspondant au diamètre $< 63\mu\text{m}$ les résultats montrent que le pourcentage varie selon les zones. La fraction fine la moins importante est enregistrée dans la zone III où elle varie entre (0,2 à 6,3%). Dans la zone I les pourcentages fluctuent entre 8,5 et 17,7% et enfin dans la zone II les proportions varient entre 0 et 26,5%.

Analyse en composante principale

L'analyse en composante principale des paramètres environnementaux étudiés ordonne les stations et les paramètres sur deux principaux axes qui expliquent respectivement, 78,5% et 17,06% de la variabilité en hiver, et 51,8% et 45,4% de la variabilité estivale. En hiver et en été 2009 les facteurs discriminants de l'analyse selon l'axe 1 sont le phosphore total et l'azote total (figure 5 et 6). L'axe 1 de l'ACP serait un axe d'eutrophisation, la partie positive de l'axe se caractérise par des apports en phosphore (provenant probablement du complexe chimique de Ghannouch) tandis que la partie négative reflète des apports organiques plutôt azotés. Aussi par rapport à cet axe, les stations les plus anthropisées sont dans la partie positive de l'axe : zone III stations de Jerba (J1 à J6) et à moindre importance ceux du secteur sud occidentale de la lagune zone I essentiellement les stations (P1, P2 et P3). La partie négative renferme les stations les moins eutrophisées de la zone II de Bin El Ouidiene (K1 à K17) plus précisément les stations P5 à P9 de la zone I.

Le deuxième axe 2 pourrait être qualifié d'axe de confinement partiel. Sa partie positive correspond à un confinement de plus en plus fort pour les stations de la zone I du secteur sud occidental de la lagune (P1 à P9). La partie négative de ce même axe, regroupe les stations de la zone III de Djerba (J1 à J6) et ceux de la zone II (K1 à K6, K9 et K10) les plus proches des courants de marées. Ce regroupement de station est donc essentiellement en relation avec la proximité et l'influence de la mer correspondant ainsi à une «marinisation» de plus en plus forte qui se fait ressentir dans cette partie de la lagune.

La classification hiérarchique ascendante (figure 6) met en évidence trois types de regroupements: Les stations à droite et au centre sont les plus typiquement à caractère lagunaire (zone I), les stations à gauche et en haut correspondent à la zone III purement marine et les stations à gauche et en bas matérialisent la zone II de Bin El Ouidiene. Ce même groupement apparaît dans les dendrogrammes de la classification ascendante hiérarchique (CAH) et correspondent respectivement aux groupes 3 (zone I), 1 (zone III) et 2 (zone II).

DISCUSSION

La lagune de Boughrara a supporté durant plusieurs années une importante pollution chimique provenant

principalement des rejets des industries du complexe chimique de Ghannouch implantés sur les rives du golfe de Gabès. Ces rejets lui sont déversés par sa principale communication avec la mer située au nord et aux abords de l'île de Jerba à travers le canal de Ajim Jorf. D'autres rejets sont directement déversés dans la lagune provenant des ports de pêche d'Ajim, de Boughrara et de celui de Hessi Jallaba, de la station de dessalement de Djerba, et enfin des fermes aquacoles (DGPA, 2000 a et b ; SCET-ERI, 2000). Par une autre communication avec la mer du côté Est au niveau d'El Kantara la lagune acquiert un renouvellement et échange en eaux. Le draguage et l'élargissement de la passe au niveau d'El Kantara au cours de l'année 2007 ont contribué à l'amélioration en conditions environnementales de l'écosystème lagunaire avec des teneurs en sels nutritifs nettement meilleur que ceux des années précédentes (Tableau 1).

Les salinités les plus importantes sont enregistrées à proximité des stations littorales et qui subissent par conséquent une forte évaporation. En revanche les S% les plus faibles sont notés essentiellement près de Djerba ainsi qu'au niveau des stations de la lagune situées en bordures des chenaux de marée. Les fluctuations saisonnières de la salinité sont essentiellement régies par la pluviosité comme le soulignent plusieurs auteurs (Zaouali, 1977, DGPA, 2000a., Guetat, 2007).

La répartition spatiale de la matière en suspension souligne un gradient de dilution de l'eau au fur et à mesure que l'on s'éloigne des stations qu'on qualifie lagunaires (zone I) vers le large pour la zone II et III. Par ailleurs, les valeurs les plus élevées en la matière en suspension correspondent à la période hivernale et ceci pour les trois zones. Ce résultat pourrait être corroboré par la présence de vents violents qui soufflent et remettent en suspension le matériel particulaire en voie de décantation à cette époque de l'année accompagné d'une action anthropique. Les teneurs enregistrées en nitrites (NO_2) dans les eaux de surface en 2009 sont inférieurs aussi bien au seuil d'eutrophisation fixé par STIRN in Kéfi 1993 que celles relevées par la DGPA il y a 9 ans et Guetat en 2007.

Les teneurs en nitrate (NO_3) dans les zones (II et III) montrent un gradient de concentration au fur et à mesure qu'on se rapproche des stations lagunaires indiquant ainsi une eutrophisation surtout du secteur lagunaire (zone I). La comparaison des résultats avec celles de la DGPA 2000b et Guetat 2007 montre que les teneurs sont en régression.

Les teneurs en ammonium (NH_4) trouvées témoignent l'eutrophisation surtout pour la zone I. La subdivision que reflète ce paramètre peut être expliquée par la biodégradation de la matière organique.

Les teneurs en phosphore total (P total) notés dans la région de Djerba (zone III) et la zone I (la lagune)

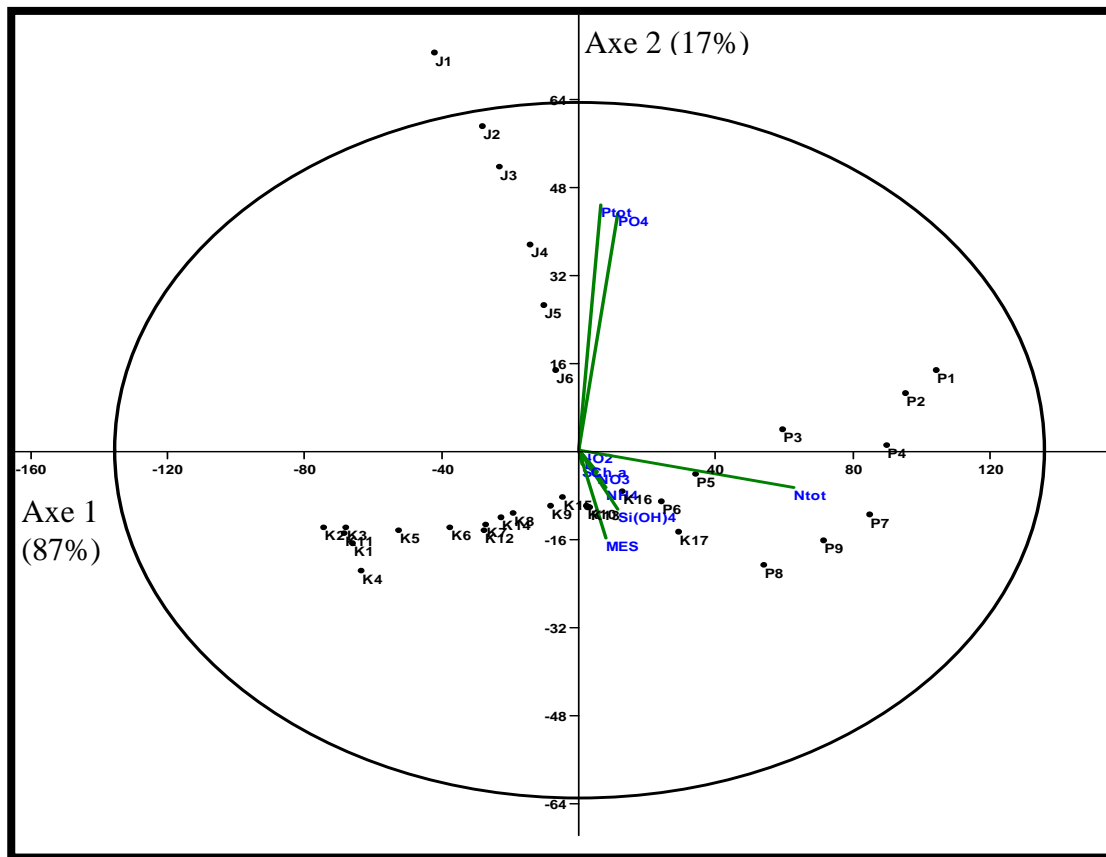


Figure 5: Résultats de l'ACP montrant l'ordination des stations d'échantillonnage et des différentes variables physico-chimiques en hiver 2009

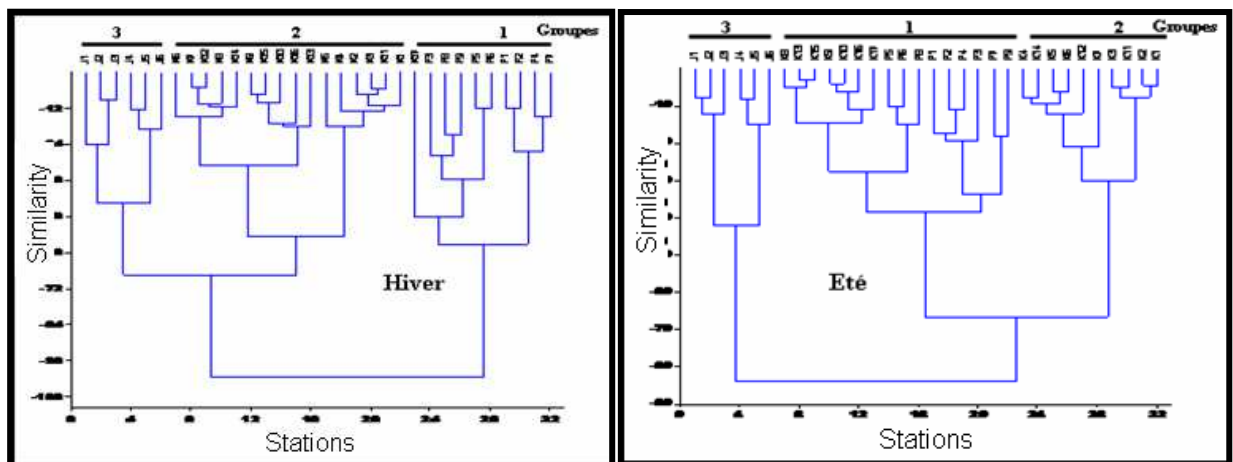


Figure 6: Classification hiérarchique ascendante (CHA) établie sur les paramètres du milieu et des stations prospectées de la lagune de Boughrara et ses environs.

montrent que ces dernières sont les plus riches. Ce qui met en évidence l'influence du golfe de Gabès comme origine de pollution pour la lagune de Boughrara (Ben Aoun, 2004 ; Fezaï, 2006). La comparaison avec les travaux antérieurs (DGPA 2000c, et Guetat 2007) indique que les teneurs sont moins importantes.

Les résultats de la répartition spatiale de la chlorophylle *a* mettent en évidence un gradient de concentration important au fur et à mesure que l'on pénètre dans la lagune et inversement un gradient de dilution du côté marin (Guetat, 2007).

L'analyse granulométrique grossière des sédiments superficiels révèle des sables moyens à fins issus des

Tableau I : Evolution temporelle et comparaison de quelques paramètres déterminants pour le contrôle de la qualité des eaux de la lagune de Boughrara

Paramètres	Température (°C)		Salinité (psu)		Nitrates N-NO3 (µmol/l)		Ammonium N-NH4+ (µmol/l)		Phosphore total (µmol/l)		Chlorophylle a (mg/l)	
	moyenne	min Max	moyenne	min Max	moyenne	min Max	moyenne	min Max	moyenne	min Max	Moyenne	min Max
Daly Yahia, 1993	21.9°C	13.1 °C (janvier) 31.8°C (août)	43psu	41psu (décembre) 44.9psu (septembre)								
Kéfi, 1993					7.74µg/l	4.03 (août) 42.5 (avril)			56.77µg/l	16.12 (juillet) 211.61 (octobre)		
Anonyme, 2000 SCET ERI	20°C	26°C (été) 14°C (hiver)	44psu	45psu (automne) 50psu (été)	5.64µg/l	4.83 (hiver) 6.46 (été)	47µg/l	35 (hiver) 60 (été)	1.6µg/l	0.49 (juillet) 6.56 (octobre)	5.6 mg/l	0,59 (hiver) 10,68 printemps)
Présent travail 2009	21°C	26° (juillet) 18° (janvier)	43psu	36psu (janvier) 50psu (juillet)	16µg/l	6 (janvier) 24.2 (juillet)	64µg/l	50 (janvier) 78 (juillet)	100µg/l	53 (janvier) 144 (juillet)	8.5mg/l	2 (janvier) 15 (juillet)

apports continentaux ou des déversements des crues qui seraient déposés soit en excès de charge ou par décantation. L'analyse granulométrique fine montre que la majorité des échantillons analysés présentent des proportions d'argiles nettement inférieures à celles des silts comme le signalé Atoui en 2009.

Dans la lagune et ses environs, l'accumulation de la MO dans le sédiment est due certainement aux impacts conjoints des cages en mer qui ont été mises par l'entreprise d'aquaculture (AST) en 1992 ainsi que par la présence du port de Boughrara (secteur purement lagunaire ou zone I. L'enrichissement du milieu en MO est plutôt en relation avec les rejets de l'ONAS d'Aghir (côté Djerba).

CONCLUSION

Dans la présente étude l'aspect environnemental de la lagune de Boughrara a été abordé en prospectant trois zones principales présentant des divergences en apports et en activités anthropiques telles que les activités portuaires aquacoles et industrielles. Les teneurs des différents paramètres étudiées dans la lagune ont atteint un seuil d'eutrophisation avec par ordre décroissant le secteur sud occidental de la lagune (zone I) passant par la zone de Djerba (zone III) vers la zone de Bin El Ouidiene (zone II). Néanmoins et en se référant principalement aux apports en phosphore la zone de Djerba (zone III) semble la plus affectée par ces derniers apports que le secteur sud occidental de la lagune (zone I) et que la zone de Bin El Ouidiene (zone II). Ces résultats nous permettent d'affirmer que la zone I est en phase de transition et que la pollution serait probablement en train de s'évacuer vers le large.

BIBLIOGRAPHIE

- Atoui A., 2009- Etude de la dynamique sédimentaire dans la frange littorale de Jerba Ras Taguermess-Ras Marmour. *Mémoire de Mastère, Institut Nationale d'Ingénieurs de Tunis*, Tunisie (INIT) : 1-95.
- Basti L., 2004- Caractérisation écobioécologique de la zone de Bin El Ouediane : Etude de la macrofaune benthique et évaluation des potentialités conchylicoles. *Projet de Fin d'Etudes (PFE), Institut Nationale Agronomique de Tunis*, Tunisie (INAT) : 1-133.
- Ben Aoun, Z., 2004- Contribution à l'étude de la pollution de la lagune de Boughrara par les rejets de l'industrie des phosphates. *Mémoire de mastère, Institut Nationale Agronomique de Tunis*, Tunisie (INAT) : 1-69.
- Ben Rejeb Jenhani A. et Romdhane M.S., 2002- Impacts des perturbations anthropiques sur l'évolution de phytoplancton de la lagune de Boughrara, (Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Mer de Salammbô*, 29 : 65-75.
- Ben Souissi J., 1991- Mortalité des poissons survenue dans les sites aquacoles de la mer de Boughrara : Rapport C.G.P: 1-6.
- Daly-Yahia M. N., 1993- Contribution à l'étude du milieu et du zooplancton de la lagune de BouGhrara : systématique, biomasse et relations trophiques. *D.E.A, Univ.Tunis II, Fac. Sc.de Tunis* : 1- 215.
- Daly Yahia M. N., Kefi Daly Yahia O. et Romdhane M. S., 1994- Les phosphates dans la lagune de Bou Ghrara .*Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Mer de Salammbô* : 42-45.
- Daly Yahia M. N., Romdhane M. S., 1996- Contribution à la connaissance des cycles saisonnières du zooplancton de la mer de Boughrara (Ensemble de la communauté zooplanctonique). *Revue de l'I.N.A.T.*, vol 11, n°1 : 7-27.
- Daly Yahia M. N. et Daly Yahia - Kéfi O., 2003. Distribution spatio-temporelle et dynamique du zooplankton de la lagune de Bou Grara (Année 1999 – 2000). *Revue de la F.S.B.* 2 : 74 – 91.
- Delaune M., Reiffsteck M. et Feller C, 1991. L'analyse des sols et des sédiments à l'aide du microgranulomètre Sedigraph 5000 et comparaison avec la méthode pipette Robinson. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. 26, 2 : 183-189.
- DGPA, 1999- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase I - partie II : collecte et synthèse des études antérieures. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1-105.
- DGPA, 2000 a- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara, Phase I partie II : Diagnostic de la situation actuelle (Tome 2 : Annexes) version définitive. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1-136.
- DGPA, 2000 b- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara, Phase I – partie II : Diagnostic de la situation actuelle. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1-147.
- DGPA, 2000 c- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara, Phase I – partie II : Diagnostic de la situation actuelle (hydrologie de la lagune et propositions d'aménagement). Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1- 46.
- DGPA, 2001 a- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase II – partie I : Etude d'impact sur l'environnement. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1-75.

- DGPA, 2001 b- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase II – partie I : Etude approfondie de la solution retenue. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture: 1-18.
- DGPA, 2001 c- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase I- partie III : Proposition de scénarios d'aménagement avec coûts estimatifs et impacts pour l'environnement (version définitive). Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture : 1-58.
- DGPA, 2003- Etude de l'amélioration de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase II Partie III : Etude d'Impact sur l'Environnement.
- DGPA, 2004- Construction d'un ouvrage de communication au niveau de la chaussée romaine entre la lagune de Boughrara et la mer Phase II- Avant projet détaillé: 1-62.
- Fezaï M., 2006 – Modélisation hydrodynamique de la lagune de Bou Ghrara. *Projet de Fin d'Etudes (PFE), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie (ENIT)* : 1-60.
- Guétat F., 2007- Projet El Kantara : état initial et impacts environnemental sur la lagune de Boughrara (Tunisie méridionale). *Projet de Fin d'Etudes, Institut Nationale Agronomique de Tunis, Tunisie (INAT)* : 1-77
- Hamza A., 1991- Etude de phénomène « d'eau colorée » apparue à la mer Bougrara en été 1991 :1-10.
- Holmes R.W., 1970- The secchi disk in turbid coastal water. *Limn. and Oceanogr.*, 15, 688-694.
- Jedoui Y., 1979- Etude hydrologique et sédimentologique d'une lagune en domaine Méditerranéen : la bahiret El Bou Grara. *Thèse 3 ème cycle. Université Bordeaux* : 1-190.
- JORT, 1998. Décret n° 98-2092 du 28 octobre 1998, fixant la liste des grandes agglomérations urbaines et des zones sensibles qui nécessitent l'élaboration de schémas directeurs d'aménagement. JORT n°88 du 3 novembre 1998.
- Kéfi O., 1993- Contribution à l'étude du et du phytoplancton de la lagune de Boughrara, Diatomées, Dinoflagellés et eaux colorées. *Diplôme des études approfondies de Biologie et d'Ecologie Littorales. Fac. Sci. Tunis* : 1-197.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo R. et Mvondo Z.E.A., 1992. Manuel de laboratoire de pédologie : méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipements de gestion des stocks de verreries et des produits chimiques, 265 p.
- Romdhane M.S., Daly Yahia-Kéfi O., Jenhani Ben Rejeb A. et Daly Yahia M.N., 1998-Ressources piscicoles et proliférations phytoplanctoniques dans les lagunes Tunisiennes (cas de Bou Ghrara et de Ghar El Melh). *Revue INAT, Numéro spécial centenaire de l'INAT, Séminaire « Ressources naturelles », INAT* : 511-526.
- SCET-ERI., 2000- Etude de l'alimentation de la qualité de l'eau de la lagune de Bou Ghrara. Phase I partie II : diagnostic de la situation actuelle
- Zaouali J., 1984. La pêche dans les lagunes tunisiennes: le lac de Bizerte et la mer de Boughrara. En aménagement des pêches dans les lagunes côtières.FAO/CGPM pp 297-346.
- Zaouali J., 1977. La mer de Boughrara : facteurs climatiques, physico-chimiques et édaphiques. *Bull. Off. Nat. Pêche, Tunisie*, (1) 2: 193-205.
- Walkley A. and Black C. A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method, *Soil Science*, Volume 37, pp 29-38.