

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DE LA PARTIE SUD OUEST DE LA BAIE DE TUNIS SOUS L'INFLUENCE DES APPORTS DE L'OUED MELIANE.

Yosra BEN LAMINE¹, O. DALY YAHIA-KEFI² et N. DALY YAHIA MOHAMED¹

1-Laboratoire de "Biodiversité et Fonctionnement des Systèmes Aquatiques" - Faculté des Sciences de Bizerte, 7021
Zarzouna, Bizerte, Tunisie - UR Biologie Marine (Université d'El Mannar).

2-Laboratoire de "Biodiversité et Fonctionnement des Systèmes Aquatiques" Institut National Agronomique de Tunisie, 43
Avenue Charles Nicolle, 1082, Tunis, Tunisie - UR Biologie Marine (Université d'El Mannar).

*benlamineyosra@yahoo.fr

ملخص

يعاني الجنوب الغربي لخليج تونس الصغير من حمولات وادي مليان و هو ثاني نهر دائم بتونس. لقد تم أخذ عينات من ماء البحر بـ 22 محطة (19 في خليج تونس الصغير و 3 بوادي مليان) خلال صيف و خريف 2004 و ذلك للتعرف على الخصوصيات الفيزيائية و الكيميائية لمياه هذه الجهة من خليج تونس. كانت درجة الحرارة تتماشى مع المعايير الموسمية و كانت الملوحة منخفضة في مصب الوادي من أجل تدفقات المياه العذبة من الوادي تم تقييم النترات و الفوسفات و الامونيوم و كانت الدرجات عالية جدا فوصفت مياه الجهة الجنوبية الغربية لخليج تونس الصغير بالتنوع المتردية وفقا لإحتساب المؤشر TRIX. هذه النتائج تشير أن تدفق مياه وادي مليان الغنية بالمواد المعدنية و العضوية تؤدي إلى حالة تتراف في الجهة الجنوبية الغربية لخليج تونس الصغير.

الكلمات المفتاحية: خليج تونس الصغير، وادي مليان، TRIX، الخصوصيات الفيزيائية و الكيميائية.

RÉSUMÉ

La partie sud ouest de la baie de Tunis subit les apports de l'oued Méliane qui est le deuxième oued pérenne de la Tunisie. Afin de cerner le profil physicochimique de cette partie de la baie, des prélèvements mensuels ont été effectués au niveau de 22 stations dont 19 dans la partie Sud Ouest de la baie de Tunis et 3 en aval de l'oued Méliane pendant les deux saisons, estivale et automnale de l'année 2004. Les valeurs de la température étaient conformes aux normes saisonnières et la salinité était faible à l'embouchure de l'oued Méliane suite aux apports d'eau douce. Les teneurs en sels nutritifs (nitrates, phosphates et ammonium) étaient très élevées et ont classé la qualité des eaux de la partie sud ouest de la baie de Tunis dans la catégorie "médiocre" selon le calcul de l'indice TRIX. Ces résultats semblent indiquer que les apports de l'oued Méliane riches en matière minérale et organique favoriseraient l'eutrophisation de cette partie de la baie.

Mots clés : baie de Tunis, oued Méliane, qualité physicochimique, TRIX

ABSTRACT

Water quality of South Western part of Tunis bay depending on Meliane River : inputs. The south western part of the Tunis bay receives flows from Meliane river. A grid of 22 stations was investigated monthly (19 in the bay and 3 in the the Méliane river) during the summer and the autumn 2004. Water samples were taken in order to check the physicochemical conditions in the bay. Temperature showed a normal seasonal variation and the salinity was low in the mouth of the Méliane river due to the continental inputs. The results showed that nutrient concentrations (nitrates, phosphates and ammonia) were very high, especially in the river mouth and suggested that the area has high trophic level according to the TRIX index. This environment could be influenced by organic and mineral inputs from Méliane river that could lead to the eutrophication of the south western part of the bay.

Key words: Tunis bay, Méliane river, physicochemical quality, TRIX

INTRODUCTION

Les milieux côtiers constituent un environnement dynamique influencé par les apports continentaux à la fois naturels et anthropiques et contrôlé par des facteurs hydrodynamiques et climatiques. Certaines baies sont, de par leur géographie et géomorphologie, un réceptacle où sont piégées des masses d'eau chargées en matières minérales et/ou organiques exogènes résultant d'activité anthropique. Le temps de séjour de ces masses d'eau est fonction des courants marins qui brassent l'eau et qui contrôlent la dilution des substances

dissoutes susceptibles de déséquilibrer l'écosystème. Afin d'apprécier l'équilibre ou le dysfonctionnement des écosystèmes du point de vue fonctionnement et structuration, des indices écologiques sont généralement utilisés; ils intègrent des données relatives à la physico-chimie, à la biologie, à la productivité ou à la diversité (Boikova *et al.*, 2008). Vollenweider *et al.* (1998) ont proposé un indice trophique (TRIX) pertinent permettant d'évaluer le statut trophique des eaux marines méditerranéennes côtières. Cet indice prend en considération les causes de l'éventuel déséquilibre (nutriments), ses effets (chlorophylle a) et les conditions environnementales

(oxygène dissous) du milieu (Karydis, 2009). Il a été appliqué dans plusieurs régions en Méditerranée : en Mer Adriatique (Artioli *et al.*, 2005), en Mer Tyrrhénienne (Giovanardi et Vollenweider, 2004), en Mer Noire (Moncheva *et al.*, 2002), en Mer Ligure et en Atlantique (Salas *et al.*, 2008). Plusieurs travaux en zone côtière tunisienne portent sur l'hydrologie tels que Belkhir et Hadj Ali (1983), El Arrim (1996), Zarrad *et al.* (2003), mais la classification de la qualité des eaux à l'aide d'indices reste très rare.

La baie de Tunis est délimitée dans sa partie Nord par la radiale Cap Carthage /Cap Fartas et est comprise entre 10°17' et 11°37' de longitude Est et 36°42' et 36°53' de latitude Nord (Figure 1). La superficie de la baie de Tunis est estimée à 361,2 km² et sa profondeur moyenne est de 15 m (Daly Yahia, 1998 ; Souissi *et al.*, 2000). La partie sud ouest de la baie de Tunis représente l'exutoire naturel de plusieurs cours d'eau dont le plus important est l'oued Méliane, pérenne, qui draine un bassin versant de 1996 km², sa

longueur est de 100 Km et sa largeur varie entre 8 et 35 m. Cet oued reçoit les eaux épurées traitées ou brutes des stations d'épuration de Mornag et de Sud Méliane ; le débit de ces affluents est de l'ordre de 0,7 m³/s (Ben Lamine, 2005 ; Anonyme 1998).

MATERIEL ET METHODES

L'étude a porté sur 22 stations, dont 19 localisées dans la partie Sud Ouest de la baie de Tunis et 3 situées en aval de l'oued Méliane. Ces stations ont été prospectées mensuellement durant la partie allant de juillet à décembre 2004 (Figure 1). Au niveau de chaque station, un prélèvement d'eau a été effectué à l'aide d'une bouteille Ruttner dans la baie et au moyen d'un seau dans l'oued. Les paramètres physiques de l'eau (température, salinité, pH et oxygène dissous) ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une multi sonde WTW du type Multi 340i/set.

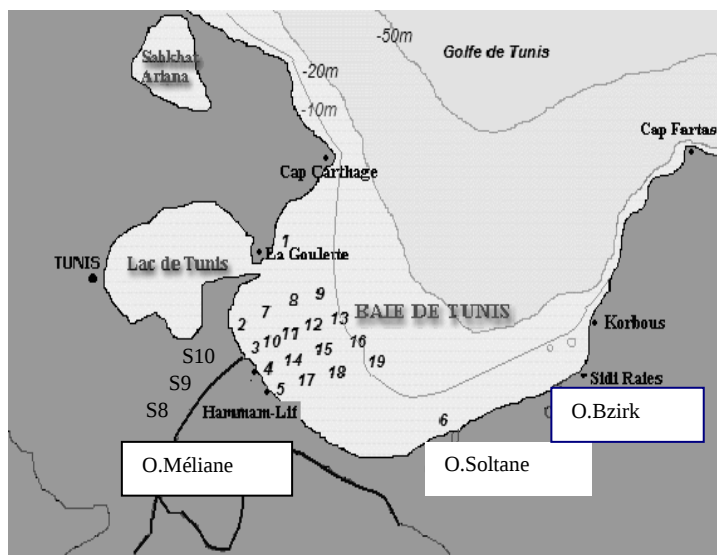


Figure. 1 : Emplacement du site d'étude et des stations d'échantillonnage dans la partie sud ouest de la baie de Tunis.

Les sels nutritifs et la chlorophylle a ont été dosés ultérieurement au laboratoire selon les protocoles de la F.A.O (1975), d'Aminot et Chaussepied (1983) et de Rodier *et al.* (1996). Les distributions spatiales des différents paramètres physicochimiques représentés dans la partie sud ouest de la baie de Tunis, en fonction de la latitude et de la longitude des stations d'échantillonnage ont été effectuées à l'aide du logiciel Surfer 7.

Les classifications hiérarchiques des données physicochimiques par la méthode des regroupements ont été établies à l'aide du logiciel Primer 5.

L'indice de similarité calculé sur la matrice de données est la distance euclidienne normalisée. L'évaluation de la qualité des eaux de la partie sud

ouest de la baie de Tunis a été effectuée à partir du calcul de l'indice TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998) :

$$\text{TRIX} = [\text{Log} (\text{Chl} \cdot \text{D\%O} \cdot \text{DIN} \cdot \text{PT}) + 1.5] / 1.2$$

Chl: chlorophylle a (µg/l)

D%O: pourcentage de déviation de l'oxygène dissous

DIN: azote inorganique dissous (µg/l)

PT: phosphore total (µg/l).

RESULTATS

Variations temporelles et spatiales des paramètres physicochimiques :

Selon les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques mesurés pendant la période d'étude, à

savoir de juillet à décembre 2004, la baie de Tunis présente les caractéristiques suivantes : une température maximale de 28,14 °C en août et minimale de 17,48 °C en octobre, une salinité

maximale de 38,89 psu en juillet et minimale de 35,56 psu en septembre et un pH moyen de 7,54. L'oxygène dissous était de 8,98 mg/l en moyenne (Figure 2).

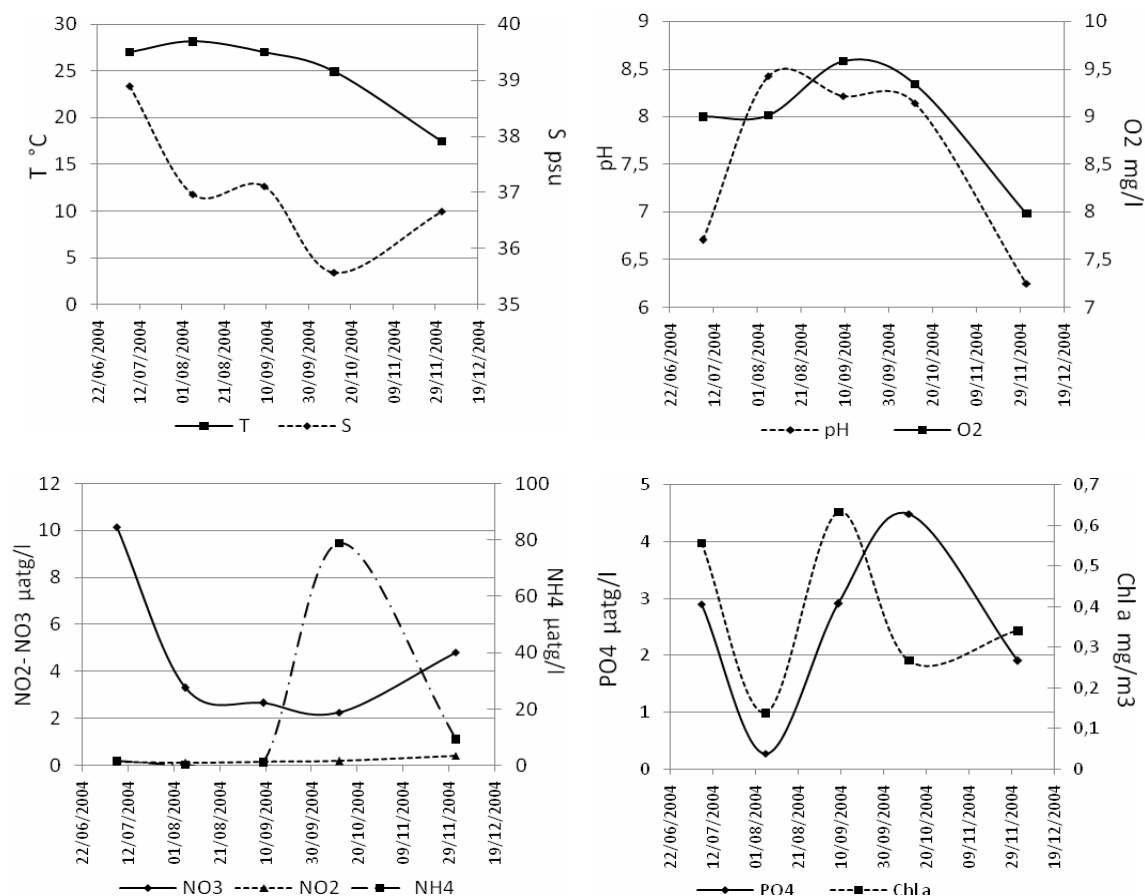


Figure. 2 : Variations temporelles des paramètres physico-chimiques et de la chlorophylle a mesurés dans la partie sud ouest de la baie de Tunis entre juillet et décembre 2004.

Les concentrations maximales des sels nutritifs étaient de 4,49 µatg/l pour les phosphates en octobre, de 0,43 µatg/l pour les nitrites en décembre, de 10,16 µatg/l pour les nitrates en juillet et 78,90 µatg/l pour l'ammonium en octobre. Les concentrations enregistrées en chlorophylle a étaient maximales en septembre (0,62mg/m³) et minimales en août (0,13 mg/m³) (Figure 2).

En aval de l'Oued Méliane, la température moyenne a été de 22,08°C, la salinité moyenne de 3,17 psu et le pH moyen de 8,28. Les concentrations moyennes en sels nutritifs ont été de 3,43 µatg/l pour les phosphates, de 1,23 µatg/l pour les nitrites, 5,77 µatg/l pour les nitrates et 242,11 µatg/l pour l'ammonium. La concentration moyenne en oxygène dissous était de 5,82 mg/l et celle de la chlorophylle a était de 0,37 mg/m³ (Figure 2).

La distribution spatiale des paramètres physicochimiques montre que, dans la baie de Tunis, la température présente un gradient décroissant Ouest-Est. La distribution de la température semble être contrôlée par la présence des turbines de refroidissement de la centrale électrique située à l'Ouest de la baie (Figure 3). La salinité présente un gradient croissant côte-large avec des valeurs minimales à l'embouchure de l'Oued. La distribution spatiale du pH est hétérogène avec des valeurs minimales au niveau de l'embouchure de l'oued Méliane. Les ions nitrates étaient concentrés au niveau de la station 3, leur distribution spatiale a montré un gradient décroissant côte-large alors que les ions nitrites étaient plus concentrés à l'ouest avec une concentration moyenne à l'embouchure de l'oued (Figure 3). Les phosphates et l'ammonium étaient

très concentrés au niveau de la station 3 et ont présenté un gradient de concentration décroissant côte-large. L'oxygène dissous a montré des valeurs minimales dans la partie Ouest du sud de la baie. La chlorophylle a était très concentrée à l'extrême ouest et était distribuée selon des gradients décroissants

côte-large et ouest-est (Figure 3). Une zone de concentration des nitrites, nitrates et chlorophylle a de moindre importance que l'embouchure de l'oued Méliane, est constatée au niveau de la station 6 (embouchure de l'oued Soltane qui semble très pollué).

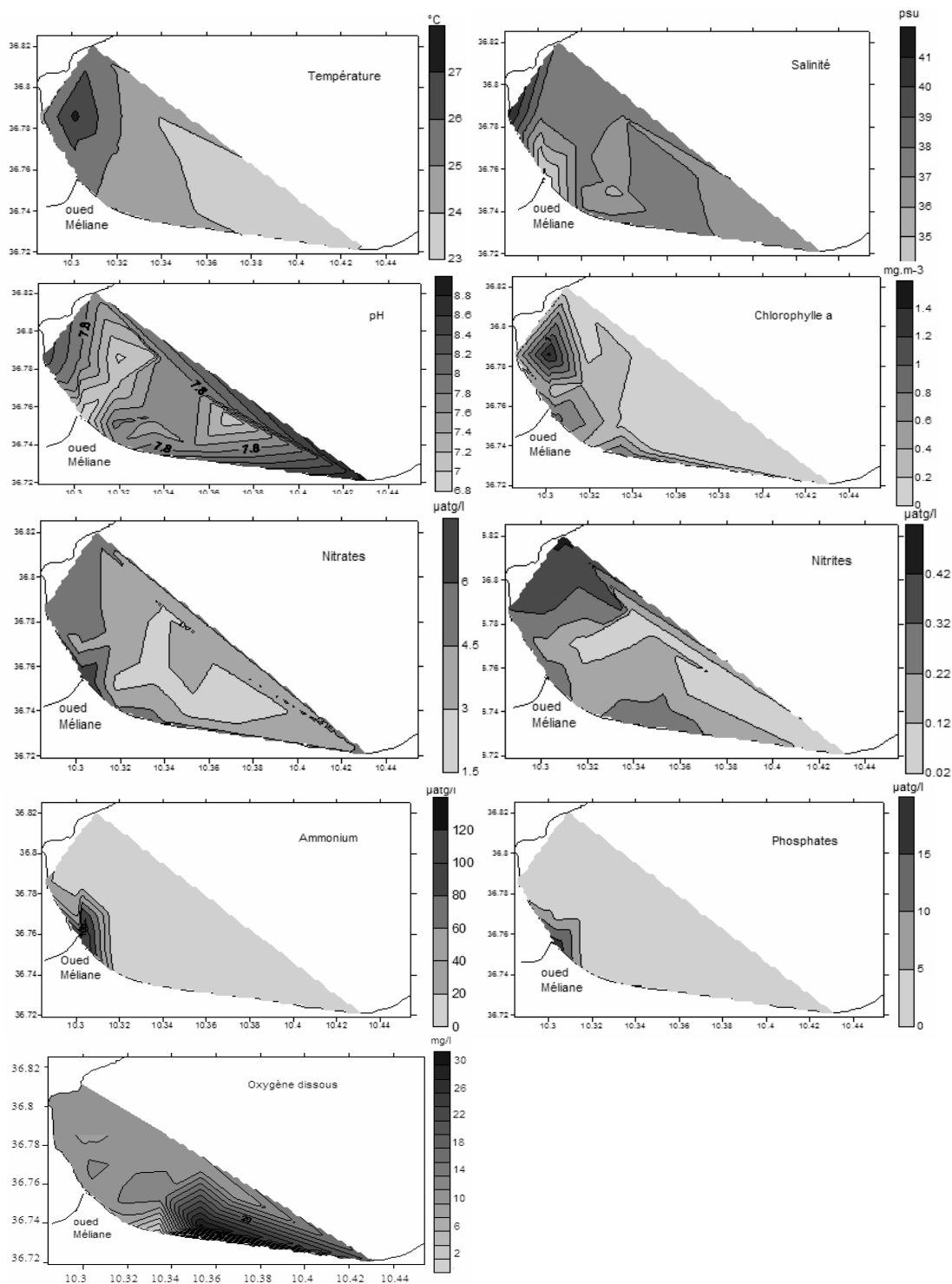


Figure. 3 : Variations spatiales des paramètres physicochimiques et de la chlorophylle a mesurés dans la partie sud ouest de la baie de Tunis entre juillet et décembre 2004 (en abscisses les longitudes et en ordonnées les latitudes).

Application de l'indice TRIX : L'indice TRIX moyen calculé pour toute la période d'étude était de 13,41 ; la plus faible valeur obtenue était de 7,40 au niveau de la station 6 en Septembre due à la faible concentration en azote total (63,43 $\mu\text{g/l}$) et en phosphore total (0,90 $\mu\text{g/l}$), la valeur maximale de l'indice TRIX était de 22,43 au niveau de la station 3 à l'embouchure de l'oued Méliane pendant le mois de Décembre obtenue à partir de concentrations maximales en azote total (6139,73 $\mu\text{g/l}$) et en phosphore total (145,62 $\mu\text{g/l}$) dénotant d'un éventuel rejet anthropique.

Regroupement des stations :

Les classifications hiérarchiques des données par la méthode des regroupements ont été établies sur la base des sels nutritifs et de la chlorophylle a dans la partie sud ouest de la baie de Tunis. En juillet, les stations 3 et 5 se sont distinguées des autres stations

par des fortes valeurs de chlorophylle a (qui étaient respectivement de 1,0 et 4,1 mg/m^3) et de phosphates (13,7 et 4,1 $\mu\text{atg/l}$) qui y ont été enregistrées (Figure 4). En août, les stations 3 et 1 se sont rapprochées du point de vue qualité physicochimique puisqu'elles avaient les deux plus fortes concentrations en nitrates dans toute la partie sud ouest de la baie de Tunis qui étaient respectivement de 7,6 et 7,4 $\mu\text{atg/l}$. En septembre, les deux stations côtières 3 et 5 ont connu des concentrations très élevées de phosphates qui étaient de 33,4 et de 11,3 $\mu\text{atg/l}$ alors que toutes les autres stations réunies avaient une concentration moyenne de 0,6 $\mu\text{atg/l}$. En octobre, la station 3 s'est associée aux deux stations 10 et 11 qui sont plus au large mais toujours sur la radiale de l'oued Méliane, ceci est dû aux concentrations de phosphates enregistrées pendant ce mois et qui étaient respectivement de 29,6, 20,0 et 15,7 $\mu\text{atg/l}$ (Figure 4).

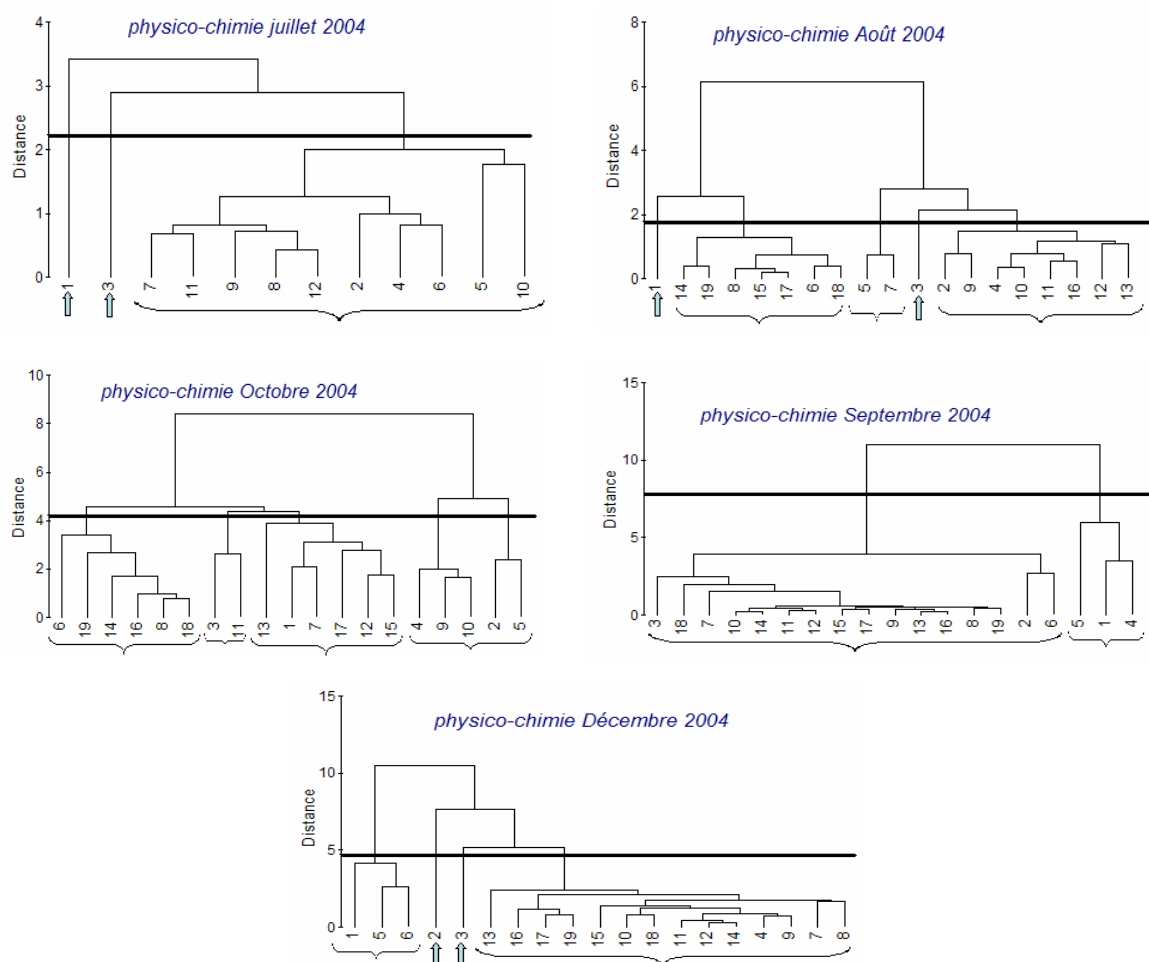


Figure 4 : Dendrogrammes représentant les regroupements de stations selon les teneurs en sels nutritifs dans la partie sud ouest de la baie de Tunis.

En décembre, la station 3 s'est isolée complètement du reste des stations de la baie en présentant des concentrations maximales en sels nutritifs : nitrates

(1,0 $\mu\text{atg/l}$), nitrates (11,4 $\mu\text{atg/l}$) et phosphates (13,8 $\mu\text{atg/l}$) (Figure 4).

Ce regroupement a permis de distinguer des zones différentes sur le plan hydrologique dans la partie sud ouest de la baie de Tunis et de regrouper des zones à fonctionnement homogène.

Ainsi, les stations côtières se sont distinguées des autres stations, et surtout celle située au niveau de l'embouchure de l'oued Méliane (station 3), durant toute la période d'étude. En effet, la station 3 a présenté la plus faible valeur de la salinité (22,9 psu) enregistrée en septembre, due aux apports importants en eau douce par l'oued Méliane avec une salinité moyenne de 1,7 psu. Elle a aussi été particulière du point de vue concentration en sels nutritifs avec les plus fortes teneurs enregistrées (phosphates : 19,4 $\mu\text{atg/l}$ en septembre et azote total : 126,69 $\mu\text{atg/l}$ en décembre) ce qui correspond à un apport en phosphates de 6,93 $\mu\text{atg/l}$ en septembre et en azote total de 240,85 $\mu\text{atg/l}$ en décembre, teneurs enregistrées au niveau des stations en aval de l'oued Méliane.

DISCUSSION

Pendant la période d'étude, la température moyenne était de 24,92 °C, la salinité moyenne de 37,03 psu, le pH moyen de 7,54 et l'oxygène dissous de 8,84 mg/l. Les concentrations moyennes en sels nutritifs étaient de 2,49 $\mu\text{atg/l}$ pour les phosphates, de 0,21 $\mu\text{atg/l}$ pour les nitrites, 4,64 $\mu\text{atg/l}$ pour les nitrates et de 18,27 $\mu\text{atg/l}$ pour l'ammonium. La concentration moyenne en chlorophylle a était de 0,38 mg/m³. La distribution de la plupart des paramètres abiotiques était intimement liée à l'oued Méliane, ceci met en évidence la forte dilution des eaux de la partie sud ouest de la baie de Tunis par les apports d'eau douce et l'importante pollution minérale qui rejoint la baie par le biais de cet oued. Certains paramètres abiotiques peuvent être utilisés comme indicateurs d'eutrophisation. D'après Beupoil et Bornens (1997) et Guillaud et Souchu (2001), une teneur en oxygène > 5 mg/l, qualifierait un milieu estuarien de qualité excellente à acceptable. Selon Simboursa *et al.* (2005) et Karydis (2009), une concentration en chlorophylle a comprise entre 0,1 et 0,4 mg/m³ dénoterait d'une bonne qualité de l'eau. Cependant, les teneurs en sels nutritifs placent les eaux de la partie sud ouest de la baie de Tunis dans une situation d'eutrophisation sévère d'après les valeurs moyennes caractérisant la qualité des eaux décrite par Karydis (2009), qui sont de 0,34 $\mu\text{atg/l}$ de PO₄, 0,53 $\mu\text{atg/l}$ de NO₃+NO₂ et de 1,15 $\mu\text{atg/l}$ de NH₄. L'application de l'indice TRIX, qui prend en considération tous les paramètres physicochimiques étudiés a permis de déterminer le statut trophique des eaux de la partie sud ouest de la baie de Tunis, les qualifiant de médiocre. En effet, les eaux étaient très riches en ions phosphates, nitrites, nitrates et ammonium, ce qui classe le milieu dans un état de forte dégradation par l'eutrophisation accrue

par des activités anthropiques. Les stations côtières se sont distinguées particulièrement par cette dégradation dans cette partie de la baie de Tunis et surtout la station estuarienne située au niveau de l'embouchure de l'oued Méliane.

CONCLUSION

A l'issue de cette étude, les eaux de la partie sud ouest de la baie de Tunis se sont révélées dans une situation d'eutrophisation sévère. Cependant, pour mieux cerner l'état de l'écosystème, il est indispensable de prospecter toute la baie de Tunis sur une longue période. L'indice TRIX a été développé pour des régions méditerranéennes mais il faudrait l'adapter aux conditions locales pour qu'il soit pertinent et plus fiable et représentatif vu l'aspect hétérogène des zones côtières méditerranéennes.

BIBLIOGRAPHIE

- Aminot A. & Chaussepied M., 1983. - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans. 295p.
- Anonyme, 1998. - Etude d'exécution pour l'extension/ réhabilitation de la station d'épuration sud Méliane. Agence Nationale de la Protection de l'Environnement. 107p.
- Artioli Y., Bendoricchio G. & Palmer, L., 2005. - Defining and modelling the coastal zone affected by the Po river (Italy). *Ecol Model*, **184** : 55–68.
- Beupoil C. & Bormens P., 1997. - Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. Station de Biologie Marine (Concarneau). Ed. Agence de l'Eau Loire-Bretagne. 48 p.
- Belkhir M. & Hadj Ali M. S., 1983. - Notions d'hydrologie comparée dans le Lac de Tunis et le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salammbô*, **10** : 5-26.
- Ben Lamine Y., 2005. - Impacts des apports de l'Oued Méliane sur les communautés mésozooplanctoniques de la partie sud ouest de la baie de Tunis. Mémoire de Mastère Faculté des sciences de Tunis. 114 p.
- Boikova E., Botva, U. & Licite V., 2008. - Implementation of trophic status index in brackish water quality assessment of Baltic coastal waters. *Proceedings of the Latvian academy of sciences*, **62** (3): 115–119.
- Daly Yahia M. N., 1998. - Dynamique saisonnière du zooplancton de la baie de Tunis (Systématique, écologie numérique et biogéographie méditerranéenne). Th. Doc. Biologie. Faculté des sciences de Tunis. 242p.
- El Arrim A., 1996. - Etude d'impact de la dynamique sédimentaire et des aménagements sur la

- stabilité du littoral du golfe de Tunis. Th. Doc. Géologie. Faculté des sciences de Tunis. 223 p.
- F.A.O., 1975. - Manual of methods in aquatic environment research. Part 1-Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution, FAO Fisheries Technical Paper. FIRI/T 137. 238p.
- Giovanardi F. & Vollenweider R. A., 2004. - Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. *J. Limnol*, **63** (2): 199-218.
- Guillaud J. F. & Souchu, P., 2001. - Les indicateurs de l'eutrophisation, leurs valeurs-seuils éventuelles. Teneur en oxygène. In « *L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France* », Rapport IFREMER pour la commission européenne- DG. ENV.B1 : 32-35.
- Karydis M., 2009. - Eutrophication assessment of coastal waters based on indicators: a literature review. *Global NEST J*, **11**(4): 373-390.
- Moncheva S., Dontecheva V., Shtereva G., Kamburska L., Malej A. & Gorinstein S., 2002. - Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. *Water Sci Technol*, **46** (8): 19-28.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996. - L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris : Dunod, 8^e éd, 383 p.
- Salas F., Teixeira H., Marcos C., Carlos Marques J. & Perez-Ruzafa A., 2008. - Applicability of the trophic index TRIX in two transitional ecosystems: the Mar Menor lagoon (Spain) and the Mondego estuary (Portugal). International Council for the Exploration of the Sea. Published by Oxford Journals. Disponible sur icesjms.oxfordjournals.org. 1442-1448.
- Simboura N., Panayotidis P. & Papathanassiou E., 2005. - A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol Indic*, **5**: 253-266.
- Souissi S., Daly Yahia-Kéfi O. & Daly Yahia M. N., 2000. - Spatial characterization of nutrient dynamics in the bay of Tunis (south-western Mediterranean) using multivariate analyses: consequences for phyto- and zooplankton distribution. *J. Plankton Res*, **11** (22): 2039-2059.
- Vollenweider R. A, Giovanardi F., Montanari G. & Rinaldi A., 1998. - Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic Scale, Turbidity and generalised Water Quality Index. *Environmetrics*, **9**: 329-357.
- Zarrad R., El Abed A., M'rabet R., Missaoui H. & Romdhane M. S., 2003. - Distribution spatiale de l'ichthyoplancton en été et en automne et conditions environnementales dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salammbô*, **30** : 39-48.