

## Caractérisation physico-chimique de la lagune de Nador

Abderrahmane ABOUHALA<sup>1</sup>✧, Rabah BOUKABOUS<sup>1</sup>,  
Jamal Eddine DAFIR<sup>2</sup> & El Mostapha TALBAOUI<sup>1</sup>

(Reçu le 10/03/1994 ; Accepté le 20/04/1995)

### خصائص فيزيا - كيميائية لبحيرة الناظور

أجريت الدراسة من يونيو 1991 إلى ماي 1992 و تم أخذ عينات الماء مرتين في الشهر من 5 محطات. و تمت متابعة و مقارنة، داخل هذه المحطات، للعناصر الفيزيا - كيميائية (درجة الحرارة، ملوحة، أكسجين ذائب، مواد عالقة، كلوروفيل (أ) نترات، أمونياك، أمونيوم و فسفاط). كما أجري تحليل رسابي و جيو كيميائي على عينات الرساب من البحيرة. تبين النتائج المحصل عليها على المحطات (اتصال بحر - بحيرة) و التالين (منطقة التريبة) تستفيد من جودة الماء و تظهران تأثير المياه البحرية. المحطات "قرية" و بني انصار تعرف تخام نسبي للمياه. هذا التخام راجع للبعد بالنسبة للاتصال البحر - البحيرة و ضعف الأعماق و التيارات. أما محطة الشعلة تكشف حالة خاصة نظرا لوجود محطة تصفية المياه الحضرية. يبين التحليل الرسابي على أن مجموع البحيرة موحد. كما أن حماية التوازن البيئي يتطلب إعداد الاتصال بحر- بحيرة.

**الكلمات المفتاحية :** نظام بيئي - بحيرة - تخم.

### Caractérisation physico-chimique de la lagune de Nador

L'étude a été entreprise de juin 91 à mai 92. Des prélèvements bimensuels d'eau ont été effectués sur cinq stations. Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, oxygène dissous, pH, matières en suspension, chlorophylle(a), phéopigment, nitrite, nitrate, ammoniac, ammonium et phosphate) ont été suivis et comparés à l'intérieur des différentes stations. Des sédiments ont été prélevés sur l'ensemble de la lagune et ont fait l'objet d'analyse sédimentologique et géochimique. Les résultats obtenus montrent que les stations "Passe" (communication mer-lagune) et "Atalayoun" (zone d'élevage) bénéficient des meilleures qualités relatives d'eau et mettent en évidence l'influence des eaux marines. Les stations "Kariat" et "Béni-Ensar" accusent un confinement relatif des eaux, lié à la fois à l'éloignement par rapport à la communication mer-lagune et à la faiblesse des profondeurs et des courants. Enfin la station "Châala" décrit un état tout particulier lié à la présence de la station d'épuration des eaux urbaines. L'analyse sédimentologique a montré que l'ensemble de la lagune est essentiellement vaseux, mis à part la "passe" à fond sablonneux. Ces résultats montrent la présence de zones à haut risque d'eutrophisation. La sauvegarde de l'équilibre de cet environnement, nécessite l'aménagement de la communication mer-lagune.

**Mots clés :** Ecosystème - Lagune - Confinement

### Physico-chemical caraterization of the lagoon of Nador

The study of the lagoon of Nador was undertaken during the period June 91 - May 92. Sampling was made twice a month from five sites to study the seasonal variation of different environmental parameters at each site temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, suspended matter, chlorophyll (a) and pheophipgment, nitrite, nitrate, ammonia, ammoniac and phosphate). Sediment samples were taken at different parts of the lagoon floor for sedimentological and geochemical analysis. The results showed that the station "Inlet" ( sea-lagoon communication) and "Atalayoun" (culture site) had good quality of water and showed signs of influence of sea water. However, the water quality in the station "Kariat" and "Béni-Ensar" showed a relative confinement due to distant location from the inlet and their low depth and water current. Finally the station "Châala" showed a particular situation as it is placed near the waste water treatment plant of the city. The sedimentological analysis showed that the sediments are made of mud in the whole lagoon with the exception in the "Passe" where the bottom is typically made of sand. These results underline the presence of zones where high risks of eutrophication occur. The preservation of this environment, requires the management of its inlet.

**Key words :** Ecosystem - Lagoon - Confinement

<sup>1</sup> Société Marocaine d'Ostréiculture et de Pisciculture Marost, Nador (Maroc)

<sup>2</sup> Laboratoire de Sédimentologie et de l'Environnement, Faculté des Sciences I, Casablanca

✧ Auteur correspondant

## INTRODUCTION

Il existe au Maghreb un grand nombre de sites abrités ayant de fortes potentialités aquacoles et pouvant jouer un rôle important dans l'économie et le développement de la région. Cependant, tout projet de mise en valeur nécessite au préalable la caractérisation des écosystèmes par la description des paramètres écologiques et de leur évolution et ainsi que l'évaluation de leur sensibilité vis-à-vis des aménagements prévus.

Cette étude constitue une contribution à la caractérisation d'un milieu lagunaire par une évaluation spatio-temporelle des variations physico-chimiques de la lagune de Nador.

## • Situation géographique et traits généraux

La lagune de Nador, appelée aussi Sebkhha Bou Areg ou encore Mar Chica, est située dans la partie nord-est du Maroc sur la façade méditerranéenne (Figure 1). Constituée d'un vaste plan d'eau (11 500 ha) au débouché du bassin versant du Gourougou, elle est séparée de la mer à l'aide d'un cordon dunaire datant du pléistocène. Une passe, en son milieu, permet les échanges d'eau entre la lagune et la mer au moment des marées (40 cm de marnage en moyenne). La profondeur maximale est de 7,40 m (Levée effectuée par le S.H.M.R, juillet 1992; Travaux non publiés)

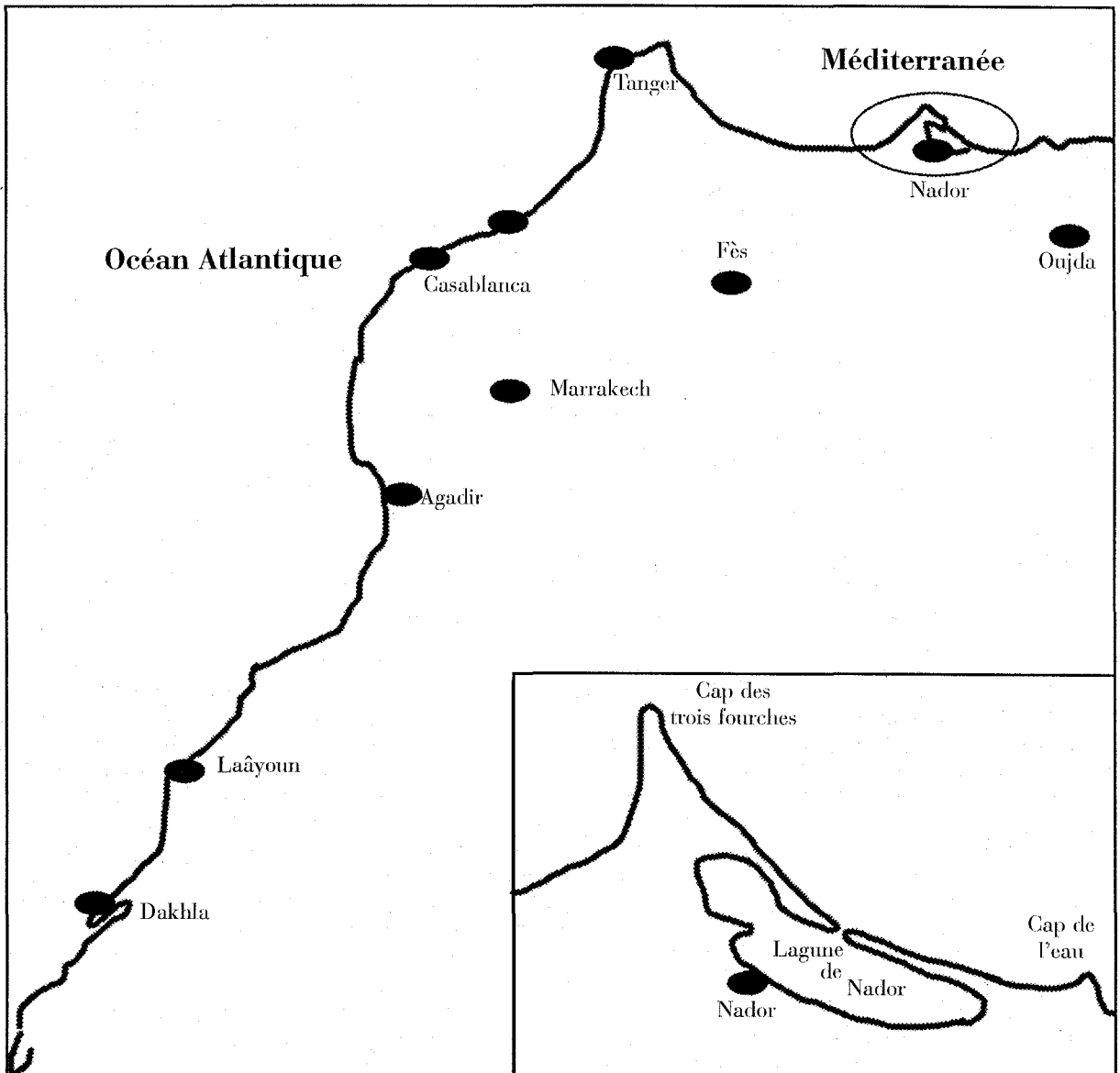


Figure 1. Situation géographique de la lagune de Nador

Les sédiments sont des sables le long du cordon et leur distribution est fonction des différentes places occupées par la passe. Le reste du bassin est constitué principalement de vase. La bordure sud-ouest est couverte de sables plus ou moins enrichis en éléments terrigènes provenant du réseau des tributaires.

L'hydrologie de la lagune a fait l'objet de plusieurs campagnes (Erimesco, 1961; Tesson 1977; Brethes, 1978; Guelorget *et al.* 1982).

La figure 2 montre le schéma général de la courantologie à l'intérieur de la lagune.

En ce qui concerne le régime hydrologique de la lagune, selon Tesson (1977) et Guelorget *et al.* (1982), le solde se situerait aux environs de 30 millions de m<sup>3</sup> d'eau qui se déchargeraient dans la lagune. Cependant, cette approche reste soumise à plusieurs hypothèses en raison de la dynamique continue du cycle d'ouverture et de fermeture de la communication mer-lagune.

Bien que le climat soit de type méditerranéen, la pluviométrie annuelle est caractérisée par une forte variabilité et oscille entre 116 mm et 430 mm avec une période humide (novembre - avril) et une période sèche (juin - septembre).

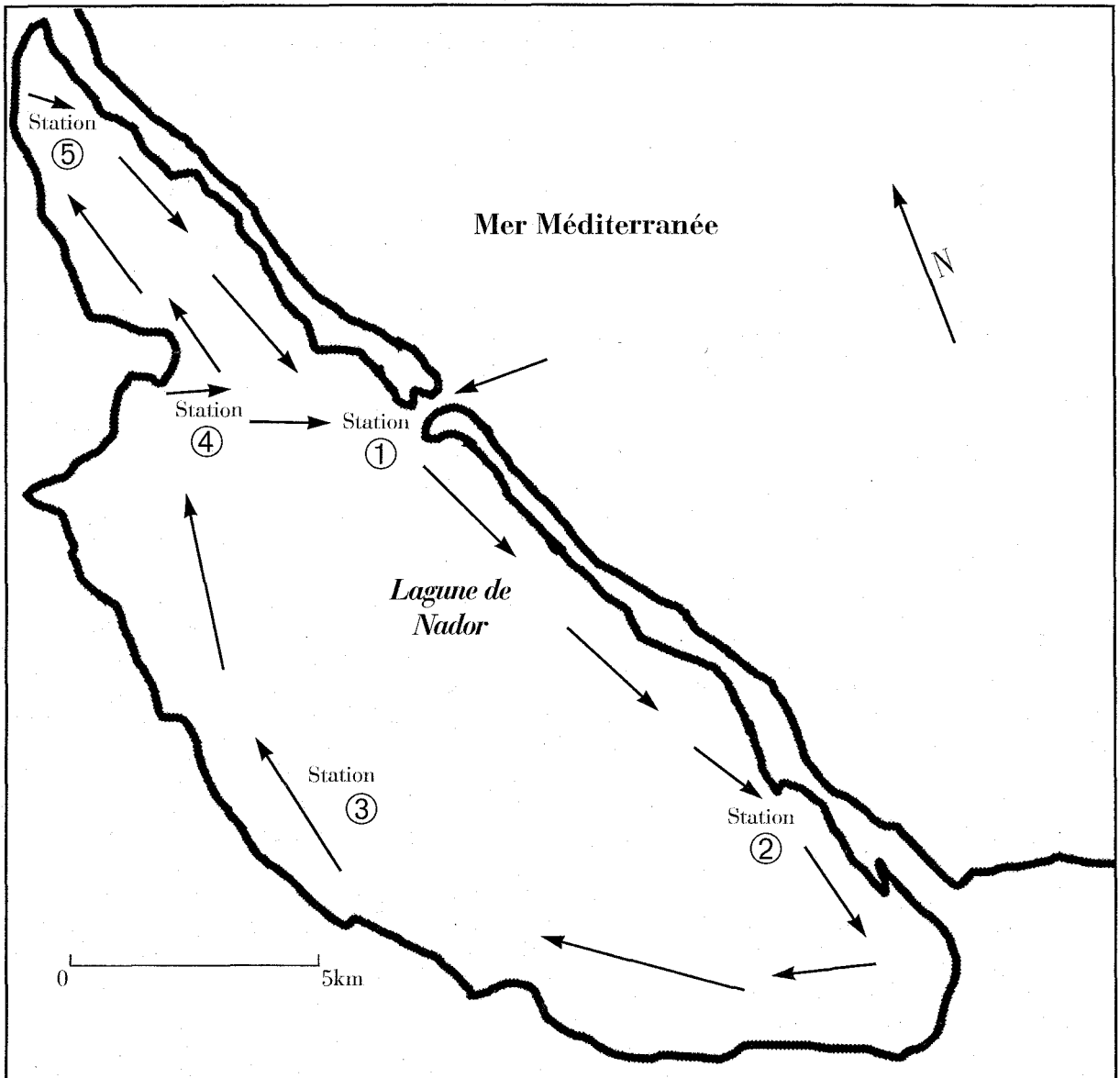


Figure 2. Courantologie de la lagune de Nador (d'après Guelorget *et al.*, 1982) et situation des stations d'étude

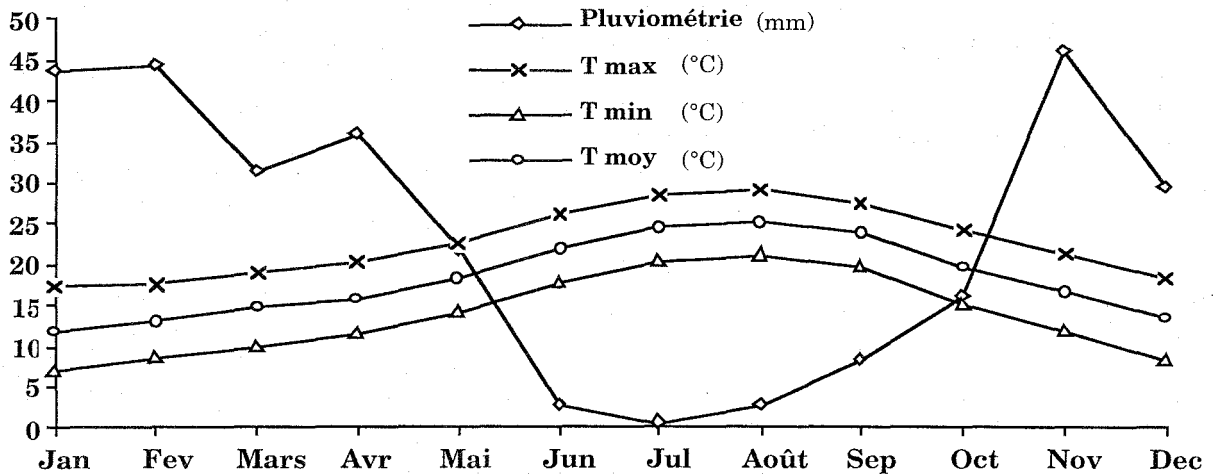


Figure 3. Évolution des températures et des précipitations Moyennes mensuelles (1980-1990) (Source Météo Nador)

Les températures moyennes mensuelles minimales et maximales sont enregistrées respectivement au mois de janvier (6,7°C) et au mois d'août (29,2°C).

Le régime général des vents présente une alternance entre le secteur Ouest avec une fréquence de 25% et le secteur Est avec une fréquence de 33%.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les prélèvements d'eau et de sédiments ont été effectués au niveau de cinq stations représentatives de la lagune de Nador (Figure 2) (Rapport de suivi de la lagune de Nador, Marost; non publiés).

- Station 1: Située à même la communication mer-lagune (Passe) et représente donc une station référence puisqu'elle est directement sous influence marine.
- Station 2: Sur le flanc sud-est de la lagune (Kariat), caractérisé par de faibles profondeurs et de faibles courants.
- Station 3: Au voisinage de l'émissaire de la station d'épuration des eaux urbaines de la ville de Nador (Châala).
- Station 4: Zones d'élevage de poissons et d'huîtres de la société Marost.
- Station 5: Sur le flanc nord-ouest de la lagune (Béni-Ensar), zone abritée par la presqu'île d'Atalayoun et presque isolée du schéma général de la courantologie de la lagune.

Les échantillons d'eau ont été prélevés en surface à raison d'une fois tous les quinze jours. Des échantillons de sédiments ont été prélevés dans les mêmes stations par des carottes. Les analyses physico-chimiques de l'eau ont été effectuées au Laboratoire d'Écologie de la Société Marost. Par contre, l'analyse des sédiments et de l'eau interstitielle a été effectuée au Laboratoire de Sédimentologie et de l'Environnement de la Faculté des Sciences I de Casablanca. La salinité, l'oxygène et le pH ont été obtenus respectivement à l'aide d'un salinomètre YSI 33, d'un oxymètre YSI 58 et d'un pH-mètre WTW 521. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont déterminés par la méthode de Berndsneider & Robinson (1952). Les nitrates sont obtenus selon la méthode de Strickland & Parsons (1972) par la réduction quantitative des ions  $\text{NO}_3^-$  par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium granule (Wood *et al.*, 1967). L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ ) est déterminé par la méthode de Koroleff (1969). Les phosphates sont dosés par la méthode de Murphy & Riley (1962). Les taux de chlorophylle (a) et les phéopigments sont évalués par la méthode de Lorenzen (1967). Les lectures ont été réalisées sur un spectrophotomètre Milton Roy Spectronic 601. La matière en suspension a été déterminée par filtration (filtre Whatman GF/C 1,5 $\mu$  de porosité) et pesée après passage à l'étuve pendant 1 heure à 60°C.

Au niveau des sédiments, le taux de matière organique a été estimé par la méthode d'attaque à l'eau oxygénée, le taux des carbonates a été évalué par le calcimètre Bernard et la fraction fine (<63

µm) a été déterminée après tamisage par voie humide à travers un tamis de maille égale à 63 µm; type AFNOR. L'eau interstitielle a été extraite par centrifugation à 6 000 tours/mn pendant 10 mn.

**RÉSULTATS**

**•Masse d'eau**

La figure 4 montre l'évolution de la température au niveau des cinq stations. Les températures minimales et maximales sont enregistrées respectivement aux mois de janvier (11,4 °C) et juillet (29,9°C). C'est au niveau des stations 2, 3 et 5 qu'on observe les plus fortes températures en été et les plus faibles températures en hiver.

Les variations de salinité (Figure 5) montrent que la station 3 présente en moyenne les taux les plus faibles. Ceci est dû à la présence d'eau douce issue des rejets de la station de lagunage de Nador. Les stations 2 et 5 enregistrent les valeurs les plus élevées de salinité.

Les niveaux d'oxygène sont assez élevés au niveau de toute la lagune (Figure 6) et varient en moyenne entre 6,5 mg/l (Station 3) et 8,6 mg/l (station 1). Les mêmes observations sont obtenues concernant les variations du pH (Figure 7). Les fortes valeurs d'oxygène observées à partir du mois de novembre sont liées principalement à la prédominance des vents WSW caractérisant cette période.

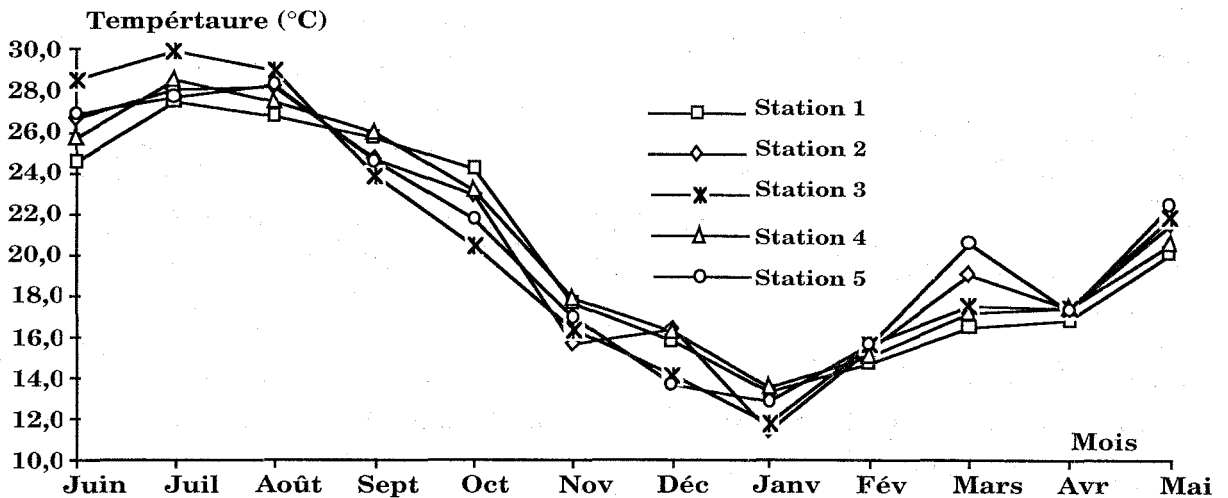


Figure 4. Évolution de la température

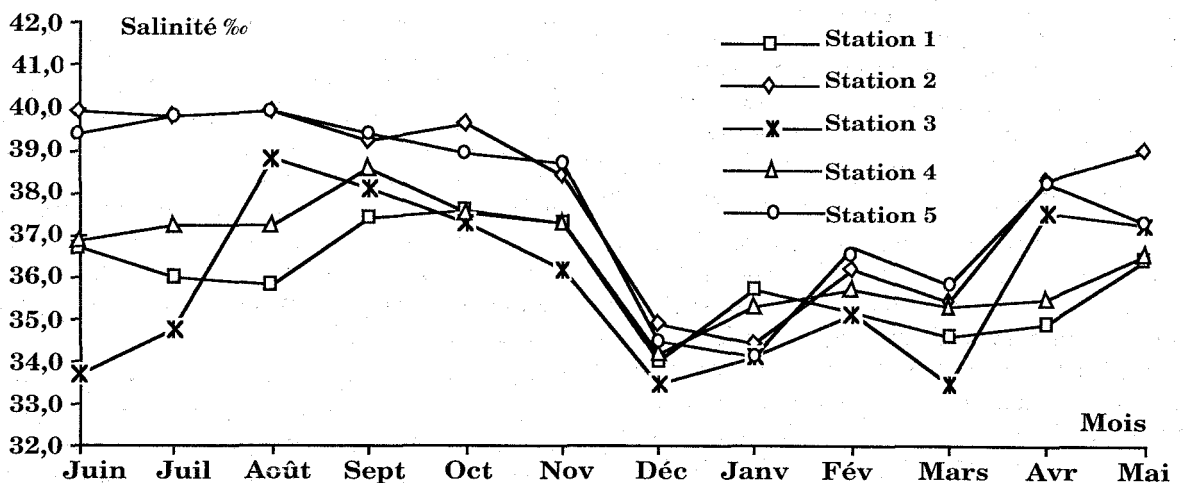


Figure 5. Évolution de la salinité

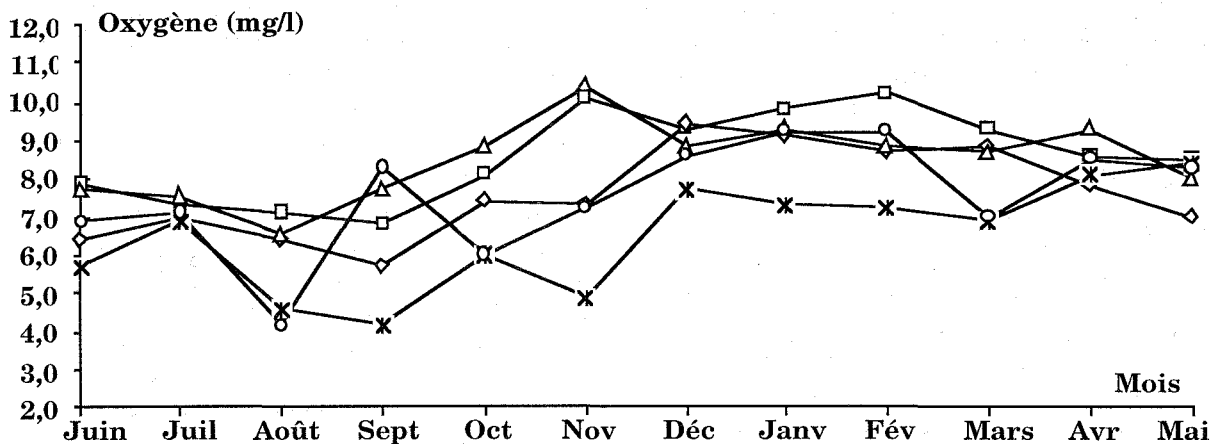


Figure 6. Évolution de l'oxygène

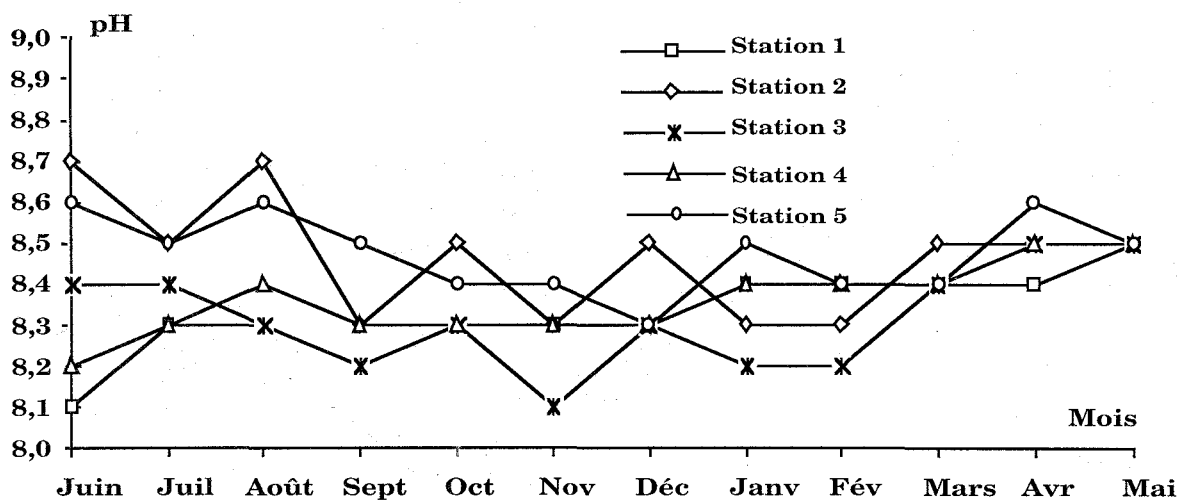


Figure 7. Évolution du pH

Les figures 8 et 9 traduisent l'évolution de la chlorophylle (a) et ses phéopigments. C'est au niveau de la station 3 qu'on trouve les plus grandes concentrations de chlorophylle (a) (11,1  $\mu\text{g/l}$  en moyenne) et de phéopigments (5,4  $\mu\text{g/l}$  en moyenne). C'est au cours de la période estivale que les fortes concentrations sont obtenues. Dans les autres stations, la valeur moyenne de la chlorophylle (a) varie entre 1,5  $\mu\text{g/l}$  et 2,8  $\mu\text{g/l}$ ; celles des phéopigments entre 0,6  $\mu\text{g/l}$  et 1,1  $\mu\text{g/l}$ .

La distribution des teneurs en matières en suspension suit le même schéma (Figure 10). Les plus fortes concentrations sont enregistrées au niveau de la station 3 avec des valeurs allant de 19,1 mg/l à 71,8 mg/l. Les stations 2 et 5 présentent des valeurs plus élevées que celles obtenues au niveau de la station 1 (8,3 à 9,1 mg/l contre 5 mg/l). Les teneurs en phosphates (Figure 11) présentent des valeurs assez faibles en général et varient en moyenne entre 3,3 mg/l (station 1) et

5,2 mg/l (station 3). Une légère augmentation des teneurs en phosphate est observée au cours de la période hivernale.

Au niveau de l'évolution des teneurs en nitrate et nitrite (Figures 12 et 13), les plus fortes concentrations sont obtenues dans la station 3 avec une valeur moyenne de 109,3  $\mu\text{g/l}$  pour les nitrates et 48  $\mu\text{g/l}$  pour les nitrites (dans la figure 13 les valeurs des nitrites ont été divisées par un facteur de 10 pour faciliter l'expression des résultats sur le même graphique). Dans les autres stations les teneurs en nitrates varient entre 20,9  $\mu\text{g/l}$  et 24,3  $\mu\text{g/l}$ ; les valeurs de nitrites oscillent entre 2,6  $\mu\text{g/l}$  et 3,2  $\mu\text{g/l}$ .

Les évolutions des concentrations de l'ammoniaque et des ions ammonium sont représentées dans les figures 14 et 15. C'est au niveau de la station 3 qu'on rencontre les plus fortes valeurs: 32,2  $\mu\text{g/l}$  en moyenne pour l'ammoniaque et 169,6  $\mu\text{g/l}$  en moyenne pour les

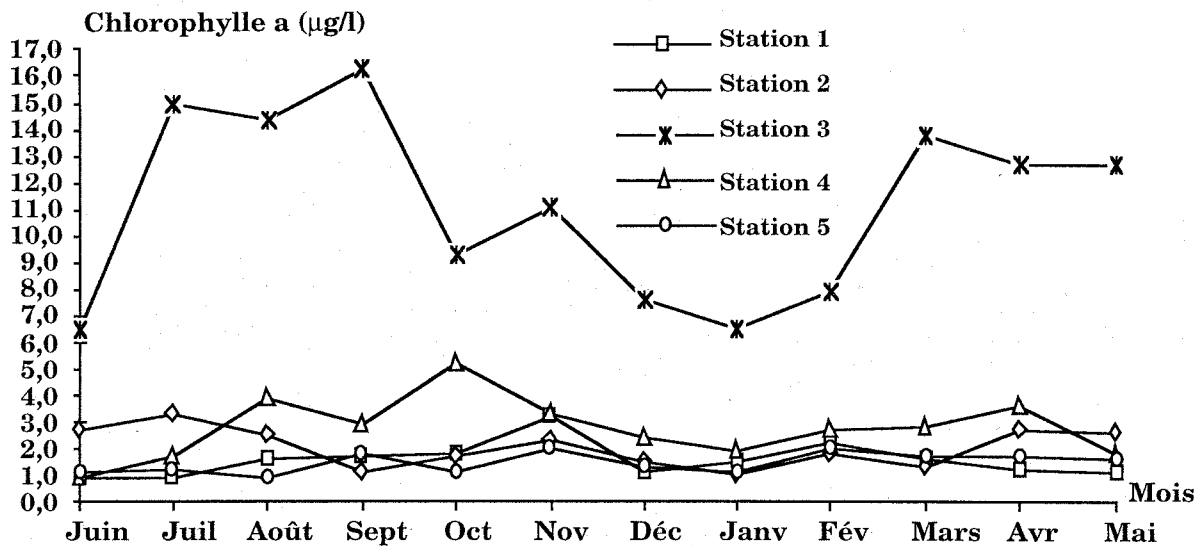


Figure 8. Évolution des teneurs en chlorophylle (a)

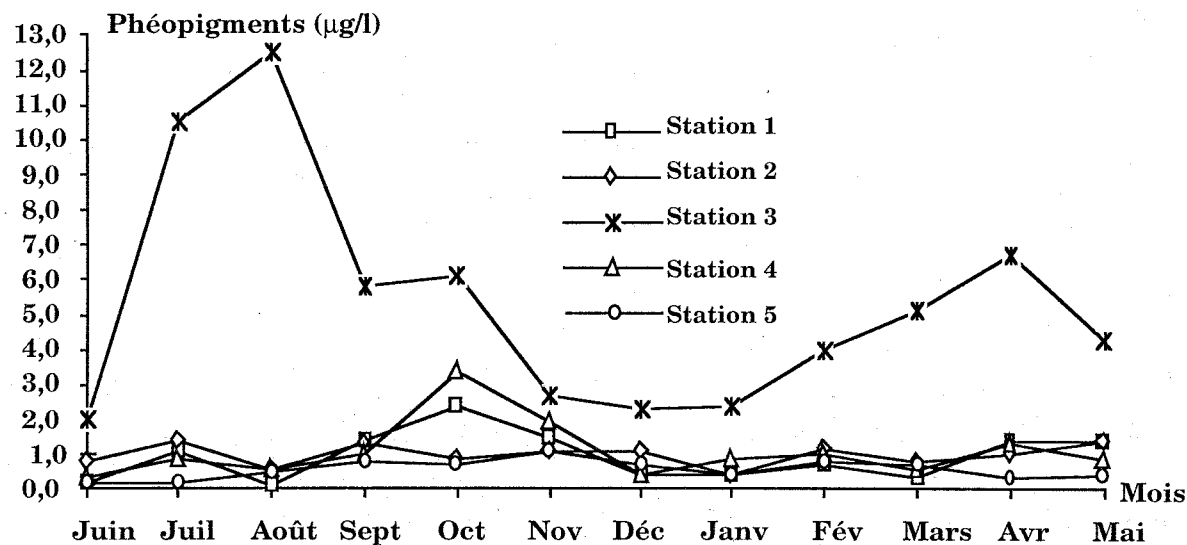


Figure 9. Évolution des teneurs en phéopigments

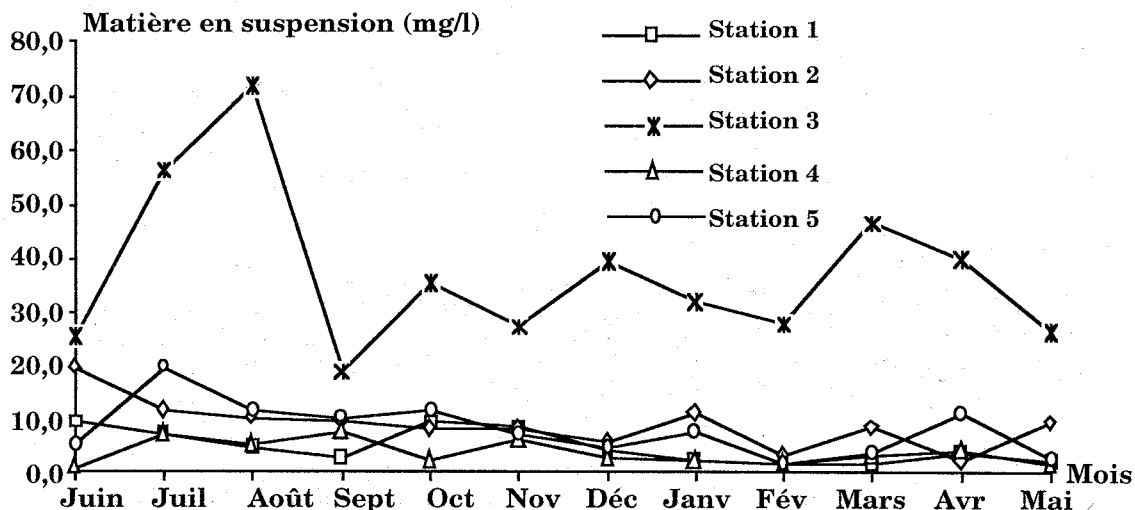


Figure 10. Évolution des teneurs en matières en suspension

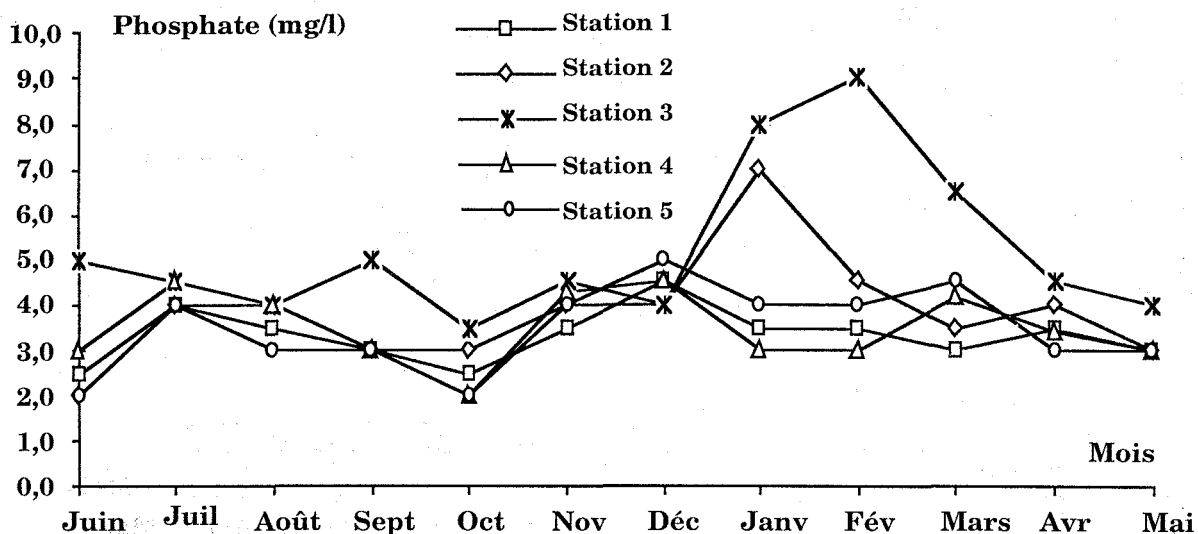


Figure 11. Évolution des teneurs en phosphates

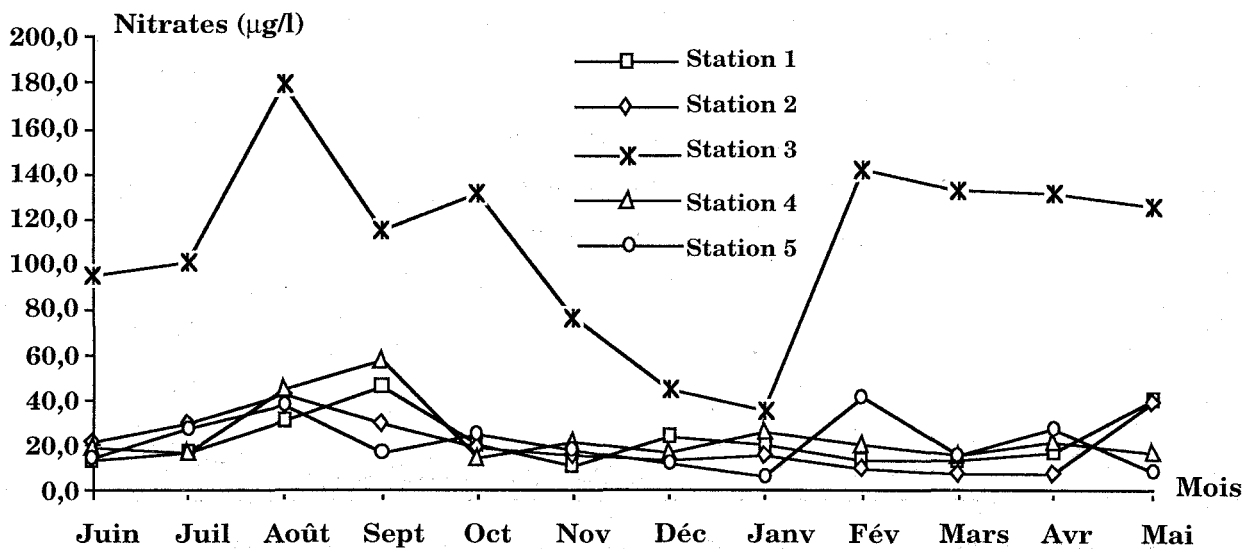


Figure 12. Évolution des teneurs en nitrates

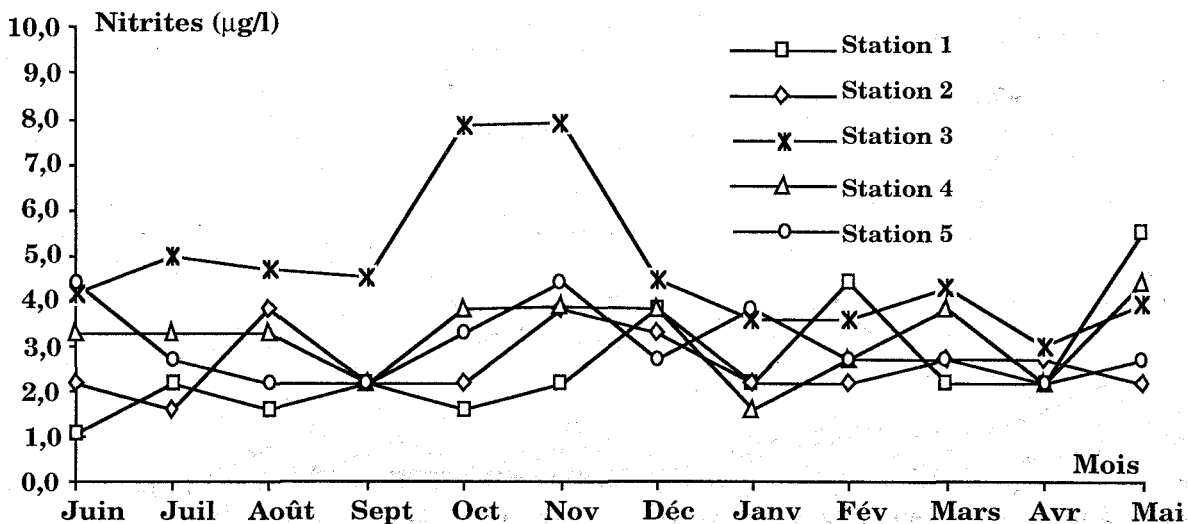


Figure 13. Évolution des teneurs en nitrites



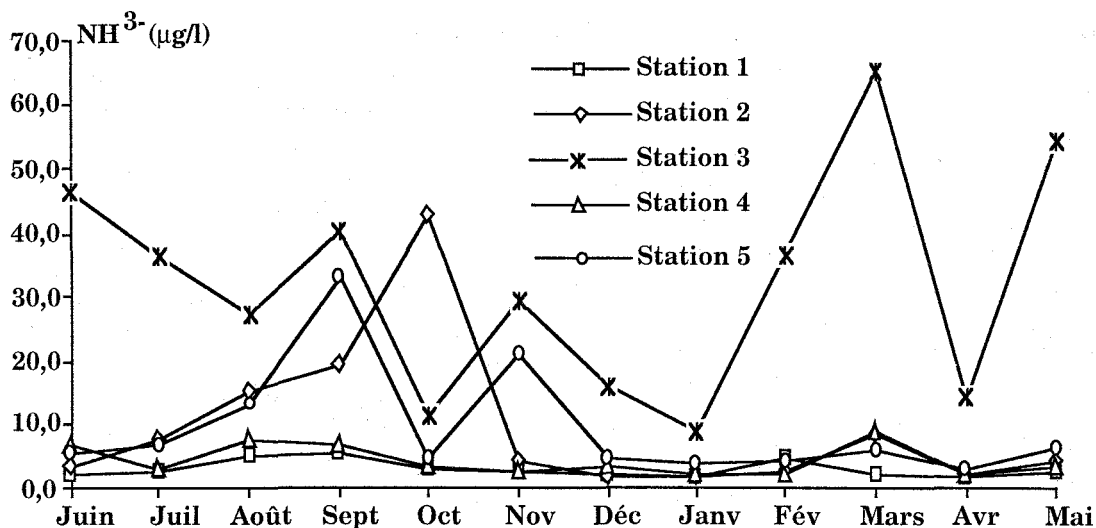


Figure 14. Évolution des teneurs en ammoniacque

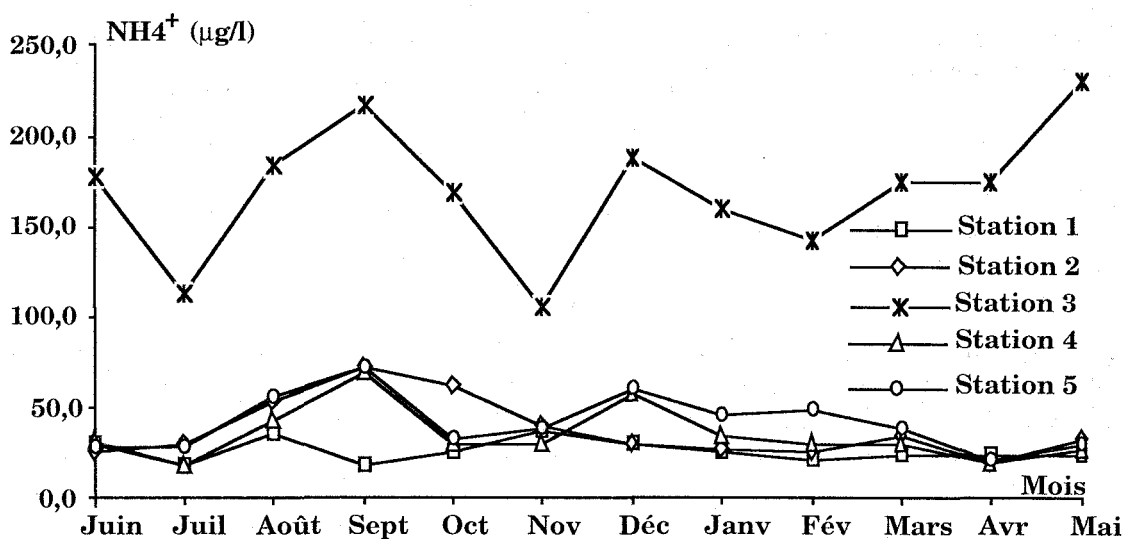


Figure 15. Évolution des teneurs en ions ammonium

ions ammonium. Dans les autres stations, les valeurs varient entre 3 µg/l et 9,3 µg/l pour l'ammoniacque et 26,0 µg/l et 41,8 µg/l pour les ions ammonium.

#### • Sédiments

L'analyse des sédiments a montré que seule la station 1 bénéficie d'un apport sableux provenant de la mer. Les autres stations sont constituées de vase qui provient essentiellement des limons des plaines du Bou Areg drainés par les oueds ( dont l'écoulement n'est pas toujours permanent) qui alimentent la lagune de Nador au sud.

Les sédiments vaseux sont le siège de phénomènes géochimiques provoqués essentiellement par l'accumulation de la matière organique (en moyenne 7% dans la vase).

En effet, les eaux interstitielles renferment des éléments nutritifs qui peuvent être relargués dans la masse d'eau si le taux d'oxygène dissous baisse (notamment en été et lors des périodes de fermeture de la passe). Des expériences d'eau piégée au contact avec le sédiment dans la station 4 ont montré que, durant un mois (14/7/92 au 17/8/92) le taux des orthophosphates, est augmenté de dix fois (de 0,01 mg/l à 0,1 mg/l) alors que le taux d'oxygène dissous est passé de 4,3 mg/l à 1,0 mg/l.

Ceci montre que les sédiments de la lagune de Nador sont également une source potentielle d'éléments nutritifs dont le relargage dépend du taux d'oxygène dissous dans l'eau, d'où l'intérêt de préserver une bonne circulation des eaux et donc une bonne oxygénation.

## DISCUSSION

De cette étude, on peut constater que la lagune de Nador constitue un milieu homogène dans son ensemble comme il a été décrit par Guelorget & Frisoni (1982). Bien que la lagune reste dans son ensemble un milieu très déconfiné s'approchant du domaine marin, il y a une tendance à une certaine individualisation de quelques parties qui, à long terme, finiront par créer des micro-écosystèmes complètement différenciés de l'écosystème général de la lagune.

En effet, les deux flancs nord-ouest (station 5) et sud-est (station 2) évoluent relativement de la même manière et tendent à se différencier de la station 1 (zone la plus proche de la mer).

Ces deux parties de la lagune sont caractérisées par de faibles profondeurs et de faibles courants et leur éloignement par rapport à la communication mer-lagune se traduit par un certain degré de confinement.

La lagune de Nador présente une tendance à une sursalure des eaux, liée principalement à une évaporation importante observée de manière très nette au niveau des stations 2 et 5.

Contrairement aux phénomènes décrits par Sabatier & Shafee (1982) dans la lagune de Oualidia, les jeux de marée ne peuvent exercer, à l'état actuel, qu'une influence minime et étalée dans le temps.

La station 3, recevant les eaux de rejet du lagunage d'épuration des eaux urbaines, d'où les niveaux de salinité relativement bas, présente une situation toute particulière et peut être considérée comme une zone à haut risque.

À l'exception de la station 3 où les teneurs en sels nutritifs sont très élevées, on peut considérer qu'en général les eaux de la lagune de Nador sont assez pauvres en production primaire (chlorophylle a) à l'image de la lagune de Oualidia (Boukabous, 1983).

La station 4 (Zone d'élevage) reste du point de vue qualitatif la zone la plus proche de la station référence. Néanmoins, cette station pourrait connaître un certain degré d'enrichissement en matière organique provenant de la station 3 par le biais de courants, alors qu'elle-même en produit.

## CONCLUSION

La lagune de Nador présente un certain nombre de caractéristiques favorables au développement de l'aquaculture. Cependant, la préservation du milieu nécessite le maintien, dans des conditions favorables des échanges mer-lagune, la limitation des agressions exogènes par la surveillance de la qualité des eaux de rejet de la station de traitement des eaux urbaines et enfin un éventuel déconfinement des flancs nord-ouest et sud-est par l'ouverture de grau à débit réglable et un suivi de la qualité des sédiments surtout aux voisinages de la station 4 afin d'éviter un relargage massif d'éléments nutritifs et/ou la production d'éléments toxiques.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Bendschneider K. & Robinson R. J. (1952) A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water *J. Mar. Res.* 11 : 87-96
- Boukabous R. (1983) Étude préliminaire des adaptations écophysiological de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans la lagune de Oualidia. Mém. 3<sup>e</sup> cycle Agronomie. IAV Hassan II, Rabat, 51p
- Brethes J. C. (1978) Observations hydrologiques sur la Sebkhia Bou Areg (lagune de Nador) Maroc-Bilan d'automne 1972 et d'hiver 1977. *Trav. Doc. Pêche Maroc* 24, 17p
- Erimesco P. (1961) La mar Chica. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc* 1, 3-11
- Guelorget O. & Frisoni G. F. (1982) Méthodologie des études d'impacts de l'aquaculture en milieu lagunaire *Rapport Final, CEE*, 121p
- Koroleff F. (1969) Direct determination of ammonia in natural waters as indo-phenol blue. *ICES, C. M.* /C
- Murphy J. & Riley J. P. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36
- Sabatier M. R. & Shafee M. S. (1982) Etude préliminaire du rôle de quelques paramètres écologiques sur la croissance des huîtres dans la lagune de Oualidia. *Actes et colloques*, I.A.V Hassan II, Rabat, 2: 75-80
- Strickland J. D. H. & Parsons T. R. (1972) A practical handbook of sea water analysis *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167: 311
- Tesson M. (1977) Régime hydrologique & hydrodynamique de la Sebkhia Bou Areg (Lagune de Nador). *Trav. Doc. Dev. Pêche* 21, 67p
- Wood E. D., Armstrong F. A. J. & Richards F. A. (1967) Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 47, 23-31