

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA



جامعة باجي مختار – عنابة -

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE SCIENCE DE LA MER

Année 2006

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de **MAGISTER**

Apports en sels nutritifs et en matière organique oxydable au littoral d'Annaba par oued Seybouse et l'estuaire Mafrag.

Option

Biologie et physiologie des organismes marins

Présenté par : M^{lle} **GOUIEZ Hanéne**

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Mr OUNISSI M. (Professeur U. ANNABA)

Devant Le Jury :

PRESIDENT: Mr KARA M.H.

(Professeur U. ANNABA)

EXAMINATEUR : Mr KHERICI N.

(Professeur U. ANNABA)

EXAMINATEUR : Mr SAMRAOUI B.

(Professeur U. ANNABA)

Invité : Mr HARIDI H.

(Charge de cours U. GUELMA)

Je dédie ce travail à :

✚ *Mes parents au quels je témoigne toute ma
tendresse et ma gratitude*

✚ *Mes frères Zidane & Raouf
&*

✚ *Mes sœurs Karima & Amel*

✚ *Mon fiancé Awregh Fateh et à sa famille*

✚ *A toute celles que j'aime*

M^{lle} Gouiez Hanéne

Avant propos

Ce travail à été réalisé au département des Sciences de la Mer, dans le contexte de deux projets nationaux : F3101/04/05 et ONEDD/MATE/05/04 (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement), visant la compréhension du devenir et des incidences des flux de matières continentales enrichissantes et polluantes dans le littoral d'Annaba.

- ✚ Au terme de ce travail, je tiens à remercier Monsieur Makhlouf OUNISSI, professeur à l'université d'Annaba, pour m'avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail, il a orienté la présentation et la mise en forme de ce stage de connaissance et d'aménagement de l'environnement littoral. On ne peut qu'exprimer ma profonde gratitude.
- ✚ Je tiens à remercier Monsieur KARA Mohammed Hichem professeur à l'université d'Annaba d'avoir bien voulu examiner ce travail et fait l'honneur de présider le jury.
- ✚ Je remercie vivement Monsieur KHERICI Nacer professeur à l'université d'Annaba d'avoir accepté de juger ce travail.
- ✚ Je remercie également Monsieur SAMRAOUI Boudjemaa professeur à l'université d'Annaba qui à bien voulu examiner ce travail et faire partie de jury.
- ✚ Mes remerciements vont à Monsieur HARIDI Ahcène chargé de cours pour son soutien et son aide constante.
- ✚ Mes remerciements vont aussi à Madame Belbacha Khélifi-Touhami Mariem, chargée de cours qui m'a également aidé par ses conseils, je la remercie vivement.

Résumé

Les flux des sels nutritifs et la DBO ont été suivis deux fois par mois durant l'année 2003 dans une station-embouchure de la rivière Seybouse. Ces éléments ont été également étudiés de façon irrégulière dans une station-embouchure de l'estuaire du Mafrag .

A Seybouse, l'ammonium forme l'essentiel du flux de l'azote minéral introduit à la mer: la Seybouse décharge en moyenne 11 t. j⁻¹ d'NH₄. Le flux moyen en phosphore (PO₄) est de 3 t. j⁻¹. On estime que Seybouse représente 1,60% de l'apport total en azote par les fleuves méditerranéens, alors que le flux hydrique ne forme que 0,78%. Par ailleurs la Seybouse entraîne au littoral adjacent une décharge organique pouvant entraîner une consommation de 72 t. j⁻¹ d'oxygène.

Les données hydrologiques montrent que l'estuaire Mafrag paraît très propre. La marée faisant remonter les eaux de surface avec des débits variant de 36 à 60 m³. s⁻¹ jouant aussi le rôle d'un

filtre et d'un tampon. Le flux sortant d'azote inorganique dissous est de l'ordre de 0,70 t. j⁻¹ et 0,80 t. j⁻¹ en PO₄. La décharge en DBO au littoral est de 14 t. j⁻¹.

Si la partie Sud-ouest du golfe d'Annaba est soumise à forts apports polluants susceptibles d'occasionner de graves problèmes d'eutrophisation, la partie Est bénéficie cependant d'apports enrichissants d'un estuaire fertile et propre.

Mots-clés : La rivière Seybouse, Estuaire Mafrag, Flux des sels nutritifs, Flux hydrique, golfe d'Annaba.

Abstract

The flux of nutrients and BOD were analyzed semimonthly in mouth of Seybouse river during 2003. These elements were analyzed with irregular way in mouth of Mafrag estuary.

In Seybouse, the ammonia formed essentially flux of inorganic dissolved azotes introduced in the sea. The Seybouse discharged 11 tones.day⁻¹ of NH₄. The flux average in phosphorus is the 3 tones. day⁻¹. Esteem that Seybouse river represent a proportion of 1, 60% of total azotes input in Mediterranean rivers. While the hydria flow not form that 0, 78%. Other wise, this river can carry along in the coast the organic discharge and were carry to consumer 72 tones. day⁻¹ of oxygen.

The hydrologic deals prove that Mafrag estuary is very clean. The tide does to show again the surface water of flow variant that 36 to 60 m³. s⁻¹, also to play part the filter and plug. The flux that goes out in inorganic dissolved azotes was order 0, 70 tones. day⁻¹ and 0, 80 tones. day⁻¹ of PO₄. The gabarage of BOD in Annaba is 14 tones. day⁻¹.

If the part South-west of Annaba is submissive the great supply pollutant touchy that to cause the serious and graves problems of eutrophication the part East benefit however the supply enrich than estuary fertile and clean.

Key words: Seybouse river; Estuary of Mafrag; Hydria flow; Coast of Annaba.

الملخص

لقد تمت في هذا البحث دراسة تركيز و تدفق الاملاح المعدنية و الطلب الحيوي للاكسجين على وتيرة نصف شهرية في محطة-مصب بمياه واد سييوس و مفرغ و ذلك في 2003. و هذه العناصر تم أيضا دراستها بطريقة غير منتظمة في محطة-مصب بمياه واد مفرغ. في سييوس الامنيوم يمثل أهم تدفق يدخل البحر من الازوت غير العضوي المنحل حيث تسع حمولة الدخيل ما يعادل 3 أطنان في اليوم من الفسفور . نؤكد أن سييوس يمثل 1,60% من التدفق الإجمالي بالنسبة للازوت المنحل في الأودية المتوسطة حيث أن التدفق المائي لا يمثل إلا 0,78% . و يضاف إلى ذلك الملوثات العضوية القابلة للتأكسد الآتية عبر واد سييوس نحو ساحل عنابة المقدرة ب 72 طن من الأكسجين يوميا. المعطيات الهيدرولوجية تبرهن على أن واد مفرغ يعتبر واد جد نظيف اين المد و الجزر يعمل على إعادة صعود المياه السطحية بتدفق متغير من 36 الى 60 م³. د¹ حيث يقوم بدور مصفاة و سداة. نسبة التدفق العابر الى الساحل من الازوت الغير العضوي تقارب 0,70 طن في اليوم و 0,80 طن من الفوسفات في اليوم و الملوثات العضوية القابلة للتأكسد المارة الى ساحل عنابة هي بمقدار 14 طن يوميا .

إذا كان الجزء جنوب-غرب خليج عنابة خاضع الى اكبر مصدر للملوثات التي تؤدي الى تمركز اخطر مشاكل "Eutrophisation" يعتبر الجزء شمال مكسب للمنطقة التي تغنى بمصب خصب و نظيف.

الكلمات المفتاح : واد سييوس □ واد مفرغ □ تدفق الاملاح المعدنية □ التدفق المائي □ ساحل عنابة.

Table des matières

RESUME EN ARABE

RESUME EN ANGLAIS

RESUME EN FRANÇAIS

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des Symboles

INTRODUCTION _____ 1

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

1. Sites étudiés et stratégie d'échantillonnage_____	5
Caractères océanographiques du golfe d'Annaba (milieu récepteur)_____	5
Choix des sites étudiés_____	5
2. Stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyse des éléments chimiques_____	8
Stratégie d'échantillonnage_____	8
2.2. Méthodes d'analyse des éléments chimiques et de relevés hydrologiques_____	9

RESULTATS ET INTERPRETATION

CHAPITRE II : HYDROLOGIE, SELS NUTRITIFS ET LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE DE OUED SEYBOUSE

1. Hydrologie

• Température_____	10
• Salinité_____	10
• Approximation du flux hydrique de la Seybouse_____	11

2. Variation des teneurs et flux de L'azote inorganique dissous

2.1. Variation des teneurs_____	12
2.2. Variations des flux_____	14

3. Variation des teneurs et des flux en phosphates (PO₄)

3.1. Variation des teneurs_____	15
3.2. Variation des flux _____	15

4. Evolution des quantités et des flux de la DBO₅ _____ 16

CHAPITRE III : HYDROLOGIE, SELS NUTRITIFS ET LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE DE L'ESTUAIRE MAFRAG

1. Hydrologie

- Température et salinité_____17
- Approximation du flux hydrique de l'estuaire Mafrag_____18

2. Variation des teneurs et flux de L'azote inorganique dissous

2.1. Variation des teneurs_____19

2.2. Variations des flux_____21

3. Variation des teneurs et des flux en phosphates (PO_4)

3.1. Variation des teneurs_____22

3.2. Variation des flux_____22

4. Evolution des quantités et des flux de la DBO_5 _____23

DISCUSSION ET CONCLUSION_____24

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES_____31

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Résumé des méthodes d'analyses des éléments chimiques et de la demande biochimique en oxygène.	-9-
2	Intervalle de variation des débits journaliers moyens des apports continentaux pour chaque saison durant l'année 2003.	-11-
3	Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous (μM) relevées dans les différentes sources d'apports terrigènes au littoral d'Annaba durant l'année 2003	-12-
4	Flux journalier moyen en chaque saison (Kg. j^{-1}) des sels nutritifs azotes transportés à la côte par la rivière Seybouse en 2003	-14-
5	Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates (μM) relevées dans Oued Seybouse durant l'année 2003	-15-
6	Apport journalier moyen en chaque saison (kg. j^{-1}) et apport annuel (t. an^{-1}) en phosphates par Seybouse en 2003	-15-
7	Charge moyenne saisonnière de la DBO_5 (mg.l^{-1}) de oued Seybouse relevées en 2003.	-16-
8	Flux journalier moyen en chaque saison (kg. j^{-1}) et charge totale annuelle (t. an^{-1}) en DBO transférée au littoral par la rivière Seybouse en 2003.	-16-
9	Valeurs moyennes saisonnières de la température et de la salinité des eaux de la Mafrag en 2003.	-17-
10	Intervalle de variation des débits journaliers moyens de l'estuaire pour chaque saison durant l'année 2003.	-18-
11	Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous (μM) relevées dans oued Mafrag au littoral d'Annaba durant l'année 2003	-19-
12	Flux instantané journalier moyen (kg. j^{-1}) en chaque saison des sels nutritifs azotes transportés à la côte par oued Mafrag en 2003	-21-
13	Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates (μM) relevées dans Oued Mafrag durant l'année 2003	-22-
14	Apport instantané journalier moyen en chaque saison (kg.j^{-1}) et apport annuel (t.an^{-1}) en phosphates par Mafrag en 2003.	-22-

15	Charge moyenne saisonnière de la DBO (mg.l^{-1}) de oued Mafrag relevées en 2003	-23-
16	Flux spécifique moyen journalier en chaque saison en 2003	-25-
17	Les flux en azote et en phosphore (tonne/an) introduits dans la Méditerranée (Miller, 1983) et dans le littoral d'Annaba par oued Seybouse en 2003.	-27-
18	Données hydrologiques des principales rivières méditerranéennes	-29-

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
1	Présentation du golfe d'Annaba et position des stations échantillonnées de l'estuaire de la Mafrag et oued Seybouse.	-6-
2	Variations saisonnières de la température des eaux de oued Seybouse durant l'année 2003.	-10-
3	Variations saisonnières de la salinité des eaux de la Seybouse durant l'année 2003.	-11-
4	Variations du débit mensuel moyen de oued Seybouse pour chaque saison durant l'année 2003	-11-
5	Variations bimensuelles des teneurs de l'azote ammoniacal (A), des nitrites (B) et des nitrates(C) dans la Seybouse durant l'année 2003.	-13-
6	Variations bimensuelles des phosphates des eaux de Seybouse durant l'année 2003.	-15-
7	Charge mensuelle moyenne de la DBO ₅ de la Seybouse relevées en 2003.	-16-
8	Variations bimensuelles des teneurs de l'azote ammoniacal (A), de l'azote nitreux (B) et de l'azote nitrique (C) dans la Mafrag durant l'année 2003	-20-
9	Variations bimensuelles des phosphates des eaux de l'estuaire du Mafrag durant l'année 2003.	-22-
10	Apport instantané en chaque saison de la charge en DBO par l'estuaire Mafrag en 2003.	-23-
11	Apport total saisonnier en N-NH ₄ et en P-PO ₄ (tonne par an) et contribution spécifique (%) de Oued Seybouse dans le golfe d'Annaba en 2003.	-24-
12	Evolution saisonnière de la DBO de l'estuaire Mafrag et la rivière Seybouse en 2003.	-26-
13	Apport total en Azote et en Phosphore des effluents continentaux introduit dans le golfe d'Annaba en 2003	-27-

Photos	Titre	Page
1	Vues des modifications de l'embouchure et de la section mouillée de l'Oued Seybouse au cours des saisons en 2003.	-7-
2	Configuration de l'embouchure de la Mafrag au cours des saisons en 2003.	-8-

Liste des Symboles

ABH : Agence de Bassins Hydrographiques Seybouse- Melleg-Constantinois

AEE : Agence Européenne de l'Environnement

M.E.A.T : Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire

LCHF : Laboratoire Central d'Hydraulique de France

f : Fraction d'eau marine

Sm : Salinité d'eau de mer

Se : Salinité de l'échantillon

Q : Débit

NID : Azote inorganique dissous

Fm : Flux journalier moyen

Fta : Flux total annuel

DBO₅ : Demande biochimique d'oxygène en 5 jours

Ampl. : Amplitude

moy.an : moyenne annuelle

N : azote

P : Phosphore

INTRODUCTION

Les ressources en eau méditerranéennes sont limitées, fragiles et menacées (Benblidia et al.1997). L'Agenda ou Conférence Med 21, rapporte que plus de 80 % de la pollution de la Méditerranée est due à des activités terrestres affectant aussi bien les eaux continentales que côtières (MEATT, 1994). L'accroissement démographique avec plus de 130 Millions d'habitants vivant dans les villes côtières auquel s'ajoute 30% du tourisme mondial (près 250 Millions de touristes, selon le Plan Bleu, Centre d'Activité Régional-PAM-PNUE, 1997) qu'accueille la Méditerranée, présupposent de sérieuses menaces du littoral et de la disponibilité de l'eau. Dans cet esprit, la Conférence Med 21, qui représente un programme d'action de l'Agenda 21 (Conférence Internationale de Rio, 1992), les protocoles de la Conférence de Barcelone amendés en 1995-1996 (protocole pour la protection de la Méditerranée contre les sources de pollution tellurique, Syracuse, Italy, 1996 ; Convention pour la protection de l'environnement et des régions côtières en Méditerranée, Barcelone, Espagne 1995,), offrent des dispositifs juridiques incitant les pays méditerranéens à une meilleure gestion des bassins versants et des régions côtières.

Actuellement, dans certains pays méditerranéens, l'homme détourne l'essentiel des eaux du milieu naturel à son profit. La dégradation des fonctions écologiques de l'eau devient préoccupante, tout comme les risques qu'encourt la surexploitation aux ressources en eau pour l'avenir.

Il est ainsi énoncé dans le programme d'Action Med 21 dans ses chapitres 17, 18 et 21 : « les pays méditerranéens se doivent :

- (1) la mise en place de programmes d'aménagement côtier.
- (2) veiller à l'intégrité de l'écosystème côtier et de son efficacité économique.
- (3) poursuivre et évaluer régulièrement les sources de pollution tellurique ainsi que leur impact sur les ressources terrestres et marines et de prendre des mesures appropriées préventives de contrôle et curatives.
- (4) entretenir un réseau efficace de surveillance qualitative et quantitative des ressources en eau ainsi qu'une banque d'information.
- (5) Veiller à minimiser l'impact des effluents urbains et industriels sur les eaux continentales et côtières. Les rejets des eaux usées constituent une grave menace et font peser sur la santé humaine et l'environnement... ».

Dans le même contexte, l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE, 1999), rapporte (en accord avec les recommandations du PNUE) que la Méditerranée reçoit 60 % de rejets urbains sans traitement. Les études montrent pourtant que les coûts sanitaires et d'autres pertes économiques, sont plus

importants que les investissements nécessaires à une épuration acceptable des eaux. Il est vrai en outre que l'aménagement physique et la gestion intégrée des zones littorales sont souvent oubliés dans les politiques des gouvernements méditerranéens (MEATT, 1994).

Si les diverses études montrent clairement que les activités terrestres (urbaine, industrielle et agricole), représentent la source principale de pollution en Méditerranée, il reste en revanche beaucoup de méconnaissances concernant la contribution des diverses sources d'apports au littoral (rivière, industrie, collectivités), le devenir des contaminants et les contraintes qu'ils génèrent. Lorsque ces connaissances seront acquises, les scientifiques auront suffisamment d'autorité pour défendre les mesures de gestion intégrée du littoral, (Turley 1999).

Aux pressions quantitatives sur les ressources s'ajoutent les impacts des rejets d'eaux usées urbaines et industrielles: Selon le Plan Bleu près de 20 Milliards de m³ annuels dans le seul bassin méditerranéen sans compter les déversements directs en mer.

Aussi dans cet esprit, on peut présenter quelques principaux apports scientifiques illustrant l'état de connaissance dans le domaine de l'eau et de la gestion de l'environnement côtier ainsi que la position du présent travail par rapport aux besoins scientifiques local et régional. La contribution de l'anthropisation globale dans l'apparition des phénomènes d'eutrophisation littorale devient une véritable culture pendant ces dernières années. Il est maintenant bien établi que l'eutrophisation modifie profondément la structure, le fonctionnement de l'écosystème et la composition en espèces des pêcheries (Kerr & Ryder, 1992, Menesguen, 1991). La relation eutrophisation-pêche est généralement reconnue mais n'est pas encore suffisamment quantifiée.

En Méditerranée et en Mer noire, la construction de barrages sur le Nil et sur le Danube a eu de graves conséquences sur la géochimie des mer et même sur le bilan hydrologique de la Méditerranée (Humborg et al., 1997 ; Williams, 1997 ; Johnson, 1997). En plus de ces célèbres travaux, Bétoux et al., (2002) montrent que la Méditerranée connaît des changements sur plusieurs niveaux hydrologiques, élévation de la température, des teneurs en azote (NO₃) ,en phosphore (PO₄) et une diminution du rapport N/P. Ces changements occasionnés dans une large mesure par l'homme, répercutent sur tous les compartiments de l'écosystème depuis les taxons phytoplanctoniques, au petits pélagiques (Ibanez et Prat, 2002) jusqu'aux relations hydroclimatiques Méditerranée-atlantique. Johnson (1997) conclue que le déficit hydrique de la Méditerranée (8%) induit par

la réduction de 90% du flux du Nil provoque partiellement des changements même du climat en Atlantique nord et il propose une solution alternative extrême afin d'aboutir à un équilibre hydrique en Méditerranée et climatique en Atlantique nord : réduction des eaux méditerranéennes sortantes en agissant sur la profondeur au niveau de la section de Gibraltar.

Sur un autre plan local législatif, la Loi 02.2 du 5 février 2002 (Journal Officiel N°10) relative à la protection et à la valorisation du littoral stipule l'obligation, dans son Article 27, de contrôles réguliers des rejets urbains, industriels et agricoles susceptibles de dégrader ou de polluer le milieu marin. Par ailleurs, le rythme temporel et l'échelle spatiale de suivi de la qualité des eaux de surfaces par les Agences de l'Eau, semblent insuffisants devant l'importance du réseau hydrographique et des activités anthropiques qui s'exercent sur les bassins versants.

D'un point de vue climatique, notre région est la plus pluvieuse de la rive sud méditerranéenne avec seulement 3-4 mois d'étiage et une forte évaporation de l'ordre de 1250 mm par an (Miller, 1983; Margat, 1999), ce qui suppose sa richesse en eau de surface. Une richesse qu'il faut savoir sauvegarder et mieux utiliser. La gestion des eaux de barrages ne tient pas compte de la viabilité des rivières (débit écologique garantis à aval des barrages ou débit environnemental selon Ibanez et Prat, 2002) on n'autorisant qu'un faible débit en période d'étiage (Mébariki, 1999 ; Djorfi, com. pers. mai 2003). Ce type de régulation répercute directement sur le chimisme du littoral.

En outre, le climat semi-aride à aride régnant dans la rive sud méditerranéenne, incite à tenir le plus grand compte de la qualité des eaux de surface et des flux hydriques au littoral, aussi minimes soient-ils. Ainsi seul 5% des 985 km³ d'eau de surface reviennent aux rivières sud-méditerranéennes, selon les données du Plan Bleu (1997).

La zone côtière du golfe d'Annaba reçoit en effet les apports continentaux de l'Oued Seybouse principalement et les rejets urbains et industriels d'une ville fortement industrialisée et urbanisée. L'Oued Seybouse entraîne à lui seul à la mer 500.10⁶ – 3000.10⁶ m³ par an (LCHF, 1976, Gouiez et al., 2006). Ce volume recèle d'importantes quantités de polluants chimiques.

D'autre part, le courant résiduel se déployant dans l'intérieur du golfe ne crée qu'un faible hydrodynamisme local qui ne semble pas assurer un renouvellement suffisant, susceptible de faire face à l'eutrophisation et ses incidences sur le fonctionnement écologique du proche littoral (Ounissi et al, 1998 ; 1999). Les études antérieures montrent clairement que l'environnement côtier et ces

peuplements sont fortement déséquilibrés par suite des apports continentaux enrichis et pollués (Ounissi et al, 1998 ; 1999). Aussi un certain nombre d'interrogations émergent à la suite de ces constatations : Quelles sont les sources principales de ce type de pollution chimique ? Quelle est l'importance des flux de polluants chimiques déchargés dans le golfe par la Seybouse et par la Mafrag? Quelles sont les possibilités de gestion et de traitement de ces flux?

Cette étude s'inscrit ainsi dans l'esprit de ces problématiques locale et régionale et tente de répondre partiellement aux sujets des relations systèmes rivières-anthropisation-littoral. Elle devrait se focaliser sur la surveillance des flux continentaux de matières enrichissantes et polluantes dans le golfe d'Annaba.

Ce travail répondra partiellement à ces questions décisives et se définit deux objectifs :

(1) évaluer le volume et la nature des matières enrichissantes et polluantes introduites par les apports des Oueds Seybouse et Mafrag,

(2) déterminer le niveau d'enrichissement et les capacités d'accueil du littoral récepteur en vue de futurs aménagements et gestion du littoral.

Ces études hydrologiques devront constituer un élément crucial dans l'aide à la décision pour une gestion intégrée du littoral d'Annaba. Ces interventions supposent aussi que l'on devra raisonner dans une perspective de gestion durable des environnements continentaux et côtiers et de leurs ressources renouvelables conformément aux Agenda Med 21 locaux et au Plan d'Action en Méditerranée.

Ces recherches sont structurées dans trois chapitres, le premier présente succinctement les sources d'apport au littoral et la méthodologie utilisée : stratégie de prélèvement et choix des sites étudiés, méthodes d'analyses chimiques. Le deuxième chapitre expose les variations bimensuelles des teneurs et des flux en sels nutritifs de Oued Seybouse et le dernier présente la variabilité bimensuelle des sels nutritifs et de la demande biologique en Oxygène de l'estuaire du Mafrag.

CHAPITRE I : MATERIEL & METHODES

1. Sites étudiés et stratégie d'échantillonnage

1.1. Caractères océanographiques du golfe d'Annaba (milieu récepteur)

Le golfe d'Annaba, situé à l'extrême Est algérien ($36^{\circ} 50'-37^{\circ} N$; $7^{\circ} 45'-8^{\circ} 15'E$) est sujet à d'importants phénomènes océanographiques : passage au large du courant atlantique modifié, intrusion d'eau du large à partir de l'entrée du golfe en plus des décharges de grandes quantités de polluants chimiques en particulier (figure 1). Il s'agit d'influences de facteurs naturels (courants, oueds) et anthropique très contrastées. On peut tirer des travaux de Fréhi, 1995; Khélifi-Touhami, 1998 et de Ounissi et al.1998 les remarques suivantes :

(1) Les valeurs de vitesses ont varié entre 10 et 35 cm.s^{-1} . La direction des courants se situe entre nord-est à est, soit 270° à 90° . Vers le large, le courant de direction nord-est, change progressivement de direction à l'approche des côtes où il coule vers l'est. A l'entrée du golfe (Cap de garde), on retrouve l'orientation habituelle de la circulation en Méditerranée Sud occidentale (courant algérien).

(2) Les ions nitrates sont abondants particulièrement dans la partie Sud-Est où les teneurs fluctuent entre 5 et 67 $\mu\text{moles.l}^{-1}$ et s'ordonnent selon un fort gradient côte large (Sud - Nord). De même, les ions phosphates abondent excessivement et leurs teneurs moyennes s'élèvent à 2-18 $\mu\text{moles.l}^{-1}$. L'examen des valeurs moyennes du rapport N/P (1,4 à 3,5), indique l'existence d'une situation d'eutrophisation intense qui s'étale sur presque toute l'année.

(3) Les concentrations en Chlorophylle *a* phytoplanctonique sont toujours élevées même en hiver et varient en moyenne entre 3,60 et 10,50 mg.m^{-3} . De telles teneurs expriment une situation d'eutrophisation à phytoplancton.

1.2. Choix des sites étudiés

Les deux principales sources d'apports continentaux, Seybouse et l'estuaire de la Mafrag, l'échantillonnage a été effectué à partir des points de prélèvement dans les embouchures.

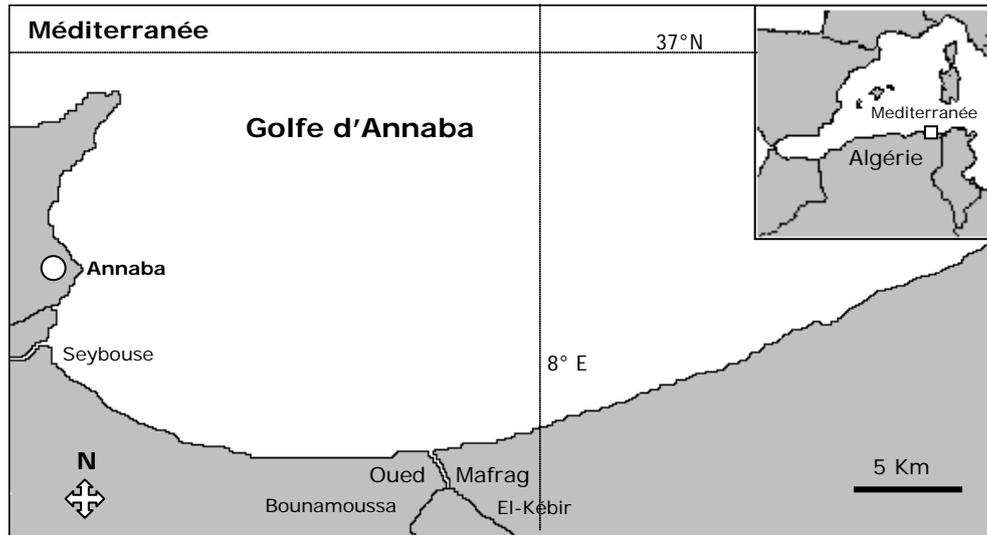


Figure 1. Présentation du golfe d'Annaba et position des stations échantillonnées de l'estuaire de la Mafrag et oued Seybouse.

Oued Seybouse à un bassin versant très vaste de 6 500 km² (ABH, 2002) hébergeant environ 1,5 Millions d'habitants. Il comprend 5 Barrages d'une capacité de 400 Millions m³ et 64 retenues collinaires (7,5 Millions m³). Sur ce bassin versant s'exercent d'importantes activités agricoles (céréales et cultures maraîchères) et industrielles intenses (plus de 70 usines dont les plus importantes se regroupent sur la Seybouse maritime). Selon ABH (2002) le réseau d'assainissement est de 1 200 Km avec un taux de raccordement de 80%. Le débit est très variable selon la pluviométrie de l'année. La pluviométrie reçue par le bassin versant varie de 450-735 mm par an selon les sous bassins. En mai 2002 le débit s'est abaissé jusqu'à 5 m³.s⁻¹ (Ounissi com. Pers.). Les données de LCHF (1976) permettent de retenir un débit moyen annuel de 15 m³.s⁻¹, ce qui correspond à un flux de l'ordre de 500 millions m³.an⁻¹. Les eaux de l'oued recèlent un mélange d'apports pluviométrique, domestique, industriels et agricoles.



Photo 1. Vues des modifications de l'embouchure et de la section mouillée de l'Oued Seybouse au cours des saisons en 2003.

Le système estuarien du Mafrag est formé par les oueds Bounamoussa et El-Kébir et par les marécages des plaines littorales. Il s'agit d'un système de zones humides singulier en Méditerranée par son régime hydrologique et par la diversité de ses composants hydrographiques (oueds, marais, estuaire).

La Mafrag est alimenté par Oued El-Kébir ayant un bassin versant s'étendant jusqu'au frontières tunisiennes, Oued Bounamoussa et les marécages de la vallée de l'Oued El-Kébir. L'estuaire reçoit essentiellement les eaux agricoles et dans une moindre mesure les effluents domestiques. Il se déverse sur une rive littorale très exposée aux vents du Nord et du Nord-Ouest. Son parcours traverse, à l'approche du littoral, une masse de dune sur sa rive Est. Il s'ensuit un colmatage accentué lors des périodes d'étiages (3-4 mois).



Photo 2. Configuration de l'embouchure de la Mafrag au cours des saisons en 2003.

Le débit et le comportement de la Mafrag sont ainsi très variables en fonction des précipitations dans la région et de l'action des courants de marées astronomiques et barométriques.

2. Stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyse des éléments chimiques

2.1. Stratégie d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués bimensuellement du 15 janvier au 28 décembre 2003 dans les deux eaux de surface étudiées:

- à 20-100 m de l'embouchure de la Seybouse (le lit de l'embouchure étant variable selon le débit et la saison).
- à 200 m environ de l'embouchure de la Mafrag.

Les programmes de surveillance de l'environnement suggèrent en effet un contrôle bimensuel des eaux pour obtenir des données statistiquement exploitables en particulier lors des traitements de séries temporelles.

2.2. Méthodes d'analyse hydrologiques et chimiques

Les relevés de température (°C) et de salinité (Practical Salinity Unit Ou P.S.U.) ont été effectués à l'aide d'un thermosalinomètre type kent EIL 5005.

La vitesse et la direction du courant dans les Oueds sont données par un courantomètre type TD.CM2. Cet appareil n'est cependant pas sensible aux vitesses de courants inférieures à 5 cm. s⁻¹.

Les données de vitesses de courants ont permis d'estimer le débit d'eau, connaissant le profil (m), l'intervalle de mesure dans le profil (m), les surfaces partielles et la surface totale de la section mouillée (m²).

Les méthodes d'analyses chimiques sont succinctement résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Résumé des méthodes d'analyses des éléments chimiques et de la demande biochimique en oxygène.

Eléments	Méthodes	Références
Azote ammoniacal (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	Dosage spectrophotométrique (λ = 630 nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrate NO ₃ ⁻	Dosage spectrophométrique (λ = 543 nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrite NO ₂ ⁻	Réduction des nitrates en nitrites et dosage spectrophométrique des nitrites (λ = 543 nm)	Parsons et al. (1989)
Phosphate PO ₄ ³⁻	Dosage spectrophotométrique : (λ = 885 nm)	Aminot et chaussepied (1983)
Demande Biologique en Oxygène en 5 jours (DBO ₅)	Equivalence libération de CO ₂ -Consommation d'oxygène lu sur un DBO mètre type WTW. BSB mebgrrerät mod. 602	Rodier (1984)

CHAPITRE II : HYDROLOGIE, SELS NUTRITIFS ET LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE DE OUED SEYBOUSE

1. Hydrologie

- *Température*

La température des eaux a beaucoup fluctué (8°C en décembre et 28°C en septembre) et reste directement dépendante des conditions atmosphériques comme la montre la figure 2.

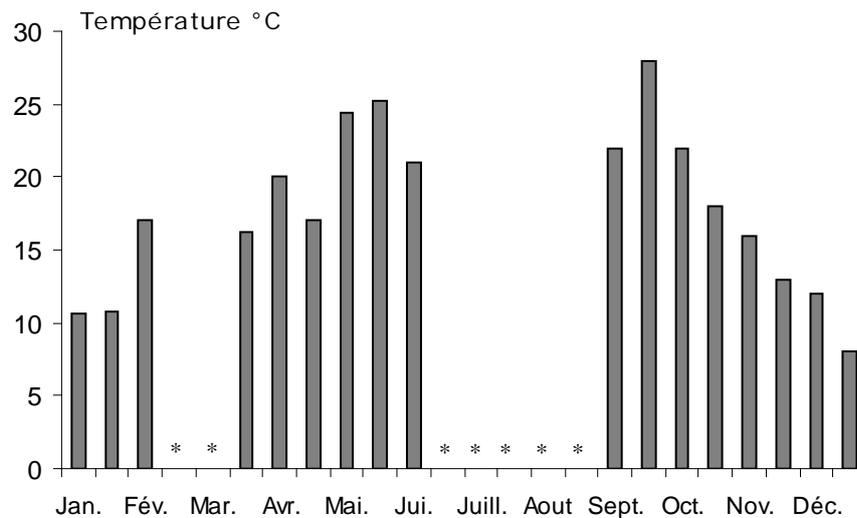


Figure 2. Variations saisonnières de la température des eaux de oued Seybouse durant l'année 2003. *: pas de donnée

- *Salinité*

La salinité fluctue entre 1,40 et 12 (figure 3), les valeurs élevées sont en effet le résultat des intrusions marines dans l'Oued lorsque le débit s'affaiblit. La fraction d'eau marine intruse dans l'Oued au point de relevé peut être estimée à partir de l'équation reprise de Géovanardi & Tromellini (1992). Cette fraction s'évalue à :

$1/f$ où $f = (\mathbf{S_m} - \mathbf{S_e}) / \mathbf{S_m} * 100$ avec $\mathbf{S_m}$: salinité de l'eau de mer et $\mathbf{S_e}$: salinité de l'échantillon. Pour une salinité de 12, la fraction d'eau marine est égale $1/f = 34,28\%$.

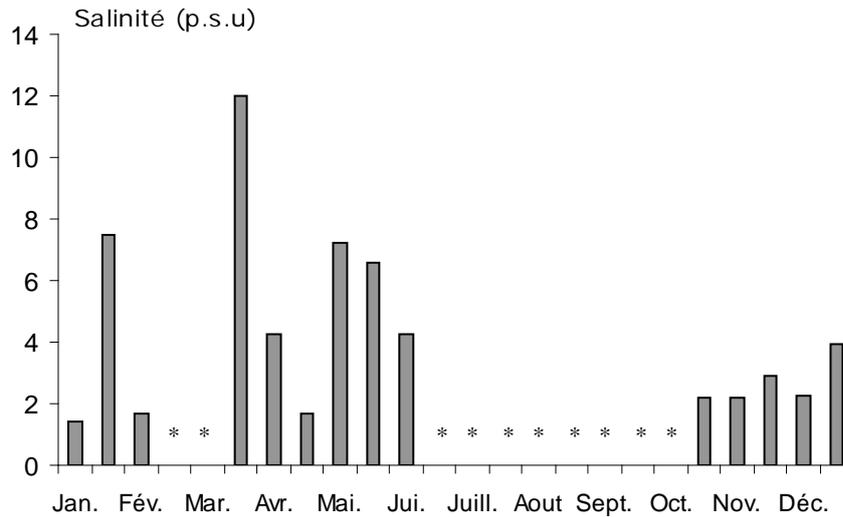


Figure 3. Variations saisonnières de la salinité des eaux de la Seybouse durant l'année 2003.
*: Pas de donnée

- *Approximation du flux hydrique de la Seybouse*

Les débits de la Seybouse ont été relevés plusieurs fois dans l'année (Tableau 2 et figure 4), des prospections bimensuelles ont été également effectuées et le débit étant approximé. Les valeurs de débits portées sur le tableau 2 donnent de façon approximative l'intervalle de variation de ce dernier qui est très variable selon les conditions météorologiques. Trois grandes crues sont enregistrées (février, avril, décembre ; figure 4). Ce dernier a beaucoup diminué et s'est même annulé pour quelques jours en été 2002.

Tableau 2. Intervalle de variation des débits journaliers moyens des apports continentaux pour chaque saison durant l'année 2003.

Q (m ³ .s ⁻¹)	Hiver	Printemps	Été	Automne
	50-150	100-200	10,07	82,40

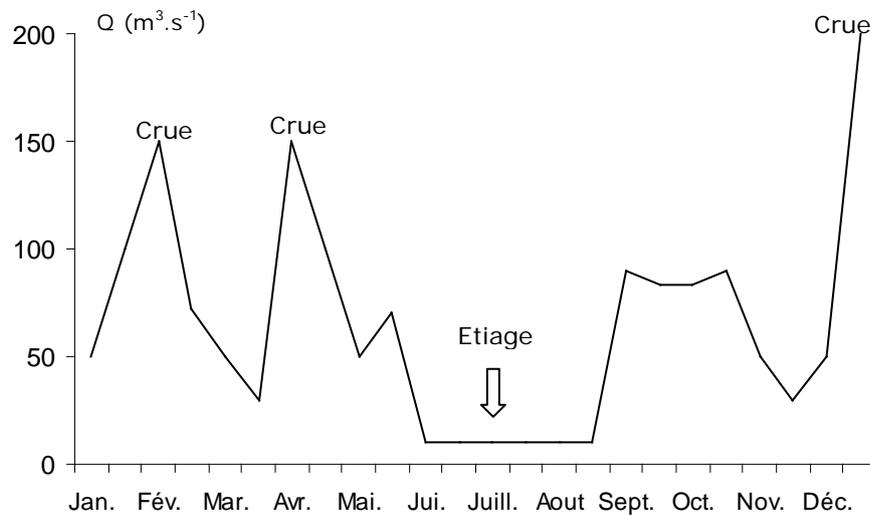


Figure 4. Variations du débit mensuel moyen de oued Seybouse pour chaque saison durant l'année 2003.

2. Variation des teneurs et flux de L'azote inorganique dissous

2.1. Variation des teneurs

- L'azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$)

Les teneurs en azote ammoniacal ont fortement fluctué en toute saison. En hiver, l' NH_4 constitue la forme azotée dominante ayant une moyenne de 208 μM soit une fraction de 84% de l'azote inorganique dissous. Les concentrations les plus faibles se rencontrent en mai (17,20 μM) et décembre (11,86 μM) voir figure 5A et Tableau 3.

- Les nitrites (NO_2^-)

La Seybouse est une rivière hautement riche en nitrites, les teneurs dépassent souvent la valeur norme (5 μM). Le tableau 3 et la figure 5B fournissent l'évolution bimensuelle et les valeurs moyennes de cet élément fortement toxique pour la vie aquatique.

- Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates existent en faibles teneurs dans cette rivière avec une moyenne annuelle de 44,7 μM . Le maximum s'observe en juillet (199 μM) est en rapport avec l'amendement des terrains agricoles et l'oxygénation du milieu en cette période automnal pluvieuse (figure 5C et tableau 3).

Tableau 3. Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous (μM) relevées dans les différentes sources d'apports terrigènes au littoral d'Annaba durant l'année 2003. NID : azote Inorganique Dissous= ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3^- + \text{NH}_2^-$)

	Hiver		Printemps		Eté		Automne		Moyenne annuelle
	moy.	%	moy.	%	moy.	%	moy.	%	
NH_4^+	208	84	68	53	116	65	185	74	137
NO_2^-	6	2,42	12	9,30	17	9,4	18	7,3	13
NO_3^-	34,08	14	49,5	38,4	45	25	46	18,4	44,7
NID	248		129		177		249		195

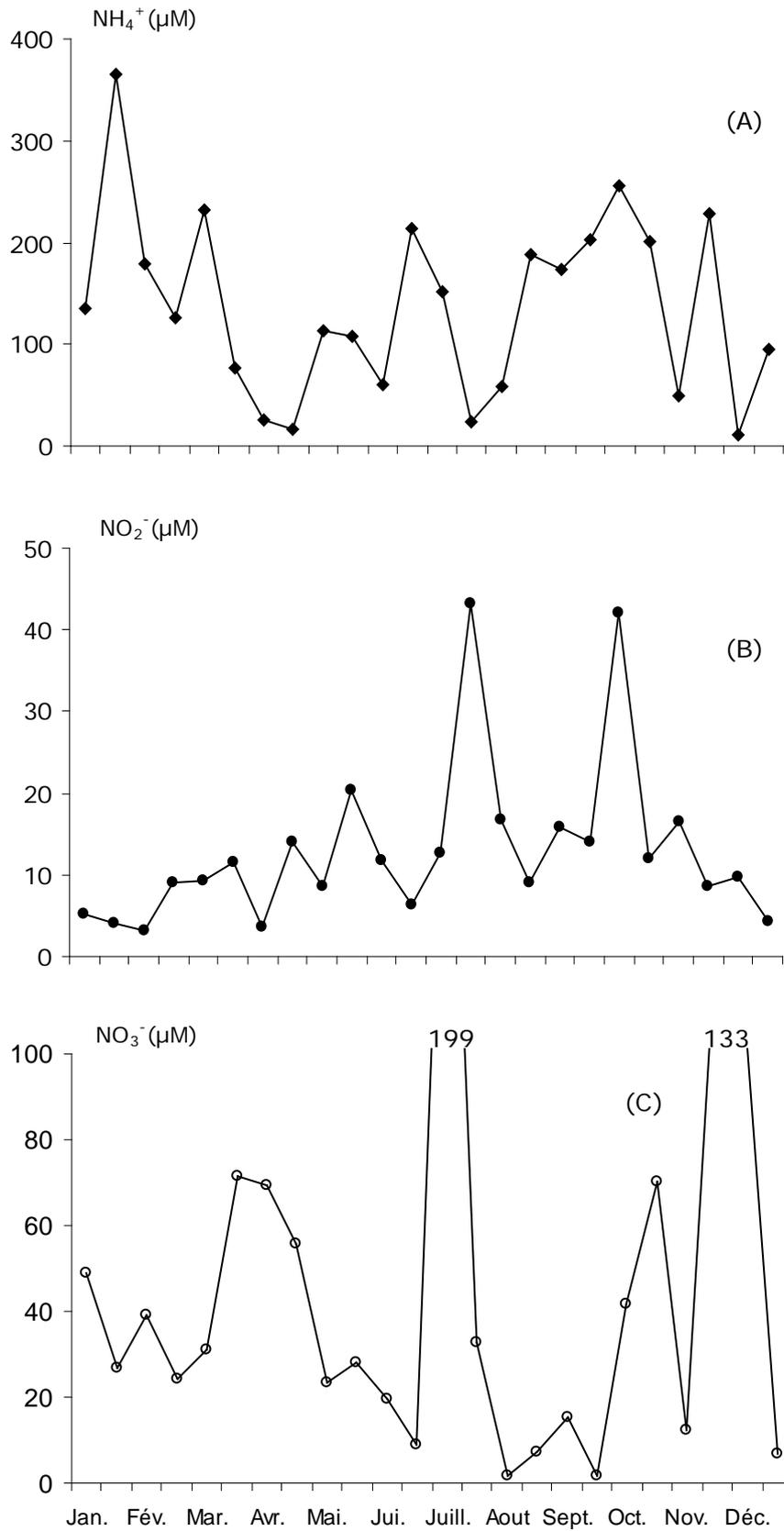


Figure 5. Variations bimensuelles des teneurs de l'azote ammoniacal (A), des nitrites (B) et des nitrates(C) dans la Seybouse durant l'année 2003.

2.2. Variations des flux

Le tableau 4 donne les flux journaliers moyens pour chaque saison (kg. j⁻¹) des sels nutritifs.

Tableau 4. Flux journalier moyen en chaque saison (Kg. j⁻¹) des sels nutritifs azotes transportés à la côte par la rivière Seybouse en 2003. Fm : flux journalier moyen calculé sur 12 mois janvier-décembre, Fta : flux total annuel (t. an⁻¹). N réduit =NH₄⁺

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Fm	Fta
NH₄⁺	21 973	5 076	1 401	16 318	11 055	4 035
NO₂⁻	545	1 009	201	1 659	857	313
NO₃⁻	3 465	5 133	534	3 209	3 058	1 116
NID	25 984	11 218	2 146	21 186	14 971	5 464
% N réduit	84,56	45,25	65,28	77,02		

La Seybouse entraîne d'énormes quantités d'N-NH₄ durant l'hiver : 21 973 kg. j⁻¹, 5 076 kg. j⁻¹ au printemps et 16 318 kg. j⁻¹ en automne. Comme le montre le tableau 4, le flux journalier moyen s'élève à 11 tonnes. Il faut bien souligner que les introductions d'été à la mer sont environ 3 à 15 fois moins que les flux des périodes pluvieuses.

Les apports d'hiver et du printemps sont essentiellement soutenus par les riches apports agricoles, encouragés par les débits exceptionnellement élevés (50 - 200 m³. s⁻¹). Les quantités de N-NO₂ et de N-NO₃ véhiculées à la mer sont faibles en été, et augmentent remarquablement en automne et au printemps (tableau 4).

3. Variation des teneurs et des flux en phosphates (PO₄)

3.1. Variation des teneurs

Les eaux de la Seybouse sont chargées durant toute l'année en PO₄. C'est en hiver et été qu'on observe les plus fortes teneurs. La moyenne annuelle (20 µM) est beaucoup plus supérieure à la valeur norme (9µM). Des variations imprévisibles sont parfois observées et semblent en rapport avec l'activité anthropique et le comportement du phosphore libre. En mars, on rencontre des teneurs aussi élevées que 174 µM. Les moyennes saisonnières sont comparables (tableau 5 et figure 6) variant entre 7,4-47 µM.

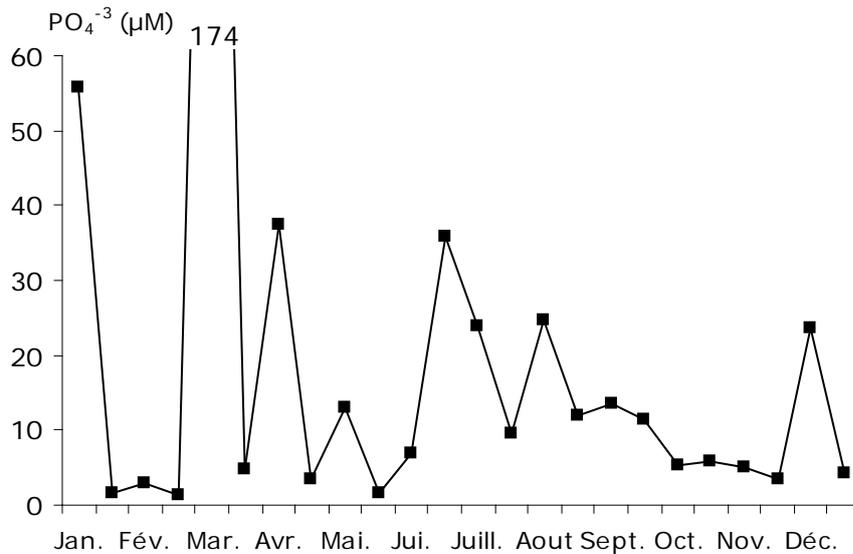


Figure 6. Variations bimensuelles des phosphates des eaux de Seybouse durant l'année 2003.

Tableau 5. Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates (µM) relevées dans Oued Seybouse durant l'année 2003. Valeurs entre parenthèse : valeurs maximales

PO ₄ ⁻³	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyenne annuelle
	47 (174)	12 (37,4)	19 (36)	7,4 (13,4)	20,05

3.2. Variation des flux

Le tableau 6 résume les flux des PO₄ à travers Seybouse qui rejette de grandes quantités avec une moyenne journalière de 2 960 kg.

Tableau 6. Apport journalier moyen en chaque saison (kg. j⁻¹) et apport annuel (t. an⁻¹) en phosphates par Seybouse en 2003. Fm : flux journalier moyen calculé sur 12 mois janvier-décembre, Fta : flux total annuel

PO ₄ ⁻³	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Fm	Fta
	6 733	3 796	520	1 602	2 960	1 080

4. Evolution des quantités et des flux de la DBO₅

Les valeurs maximales de Oued Seybouse sont rencontrées en hiver (60 mg. l⁻¹ ; Tableau 7) consécutivement à la charge bactérienne et organique accumulées et transférées avec les crues. La figure 7 montre la fluctuation mensuelle de la DBO₅ avec des faibles valeurs de l'ordre de 0-2,5 mg. l⁻¹.

Tableau 7. Charge moyenne saisonnière de la DBO₅ (mg.l⁻¹) de oued Seybouse relevées en 2003.

DBO ₅	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyenne annuelle
		60	40	35	52

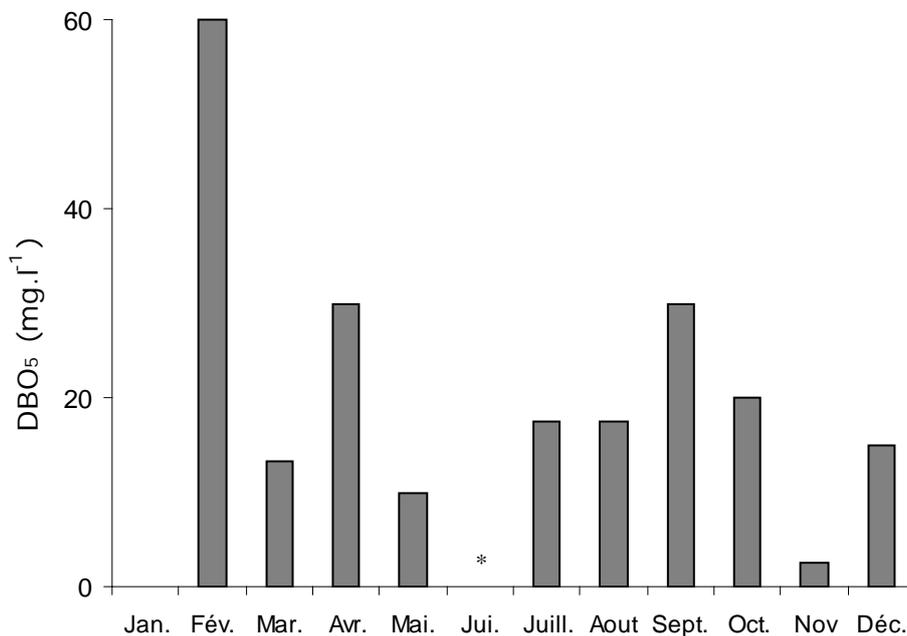


Figure 7. Charge mensuelle moyenne de la DBO₅ de la Seybouse relevées en 2003.

*: pas de donnée.

Le flux journalier moyen pour chaque saison en DBO₅ est consigné dans le tableau 8. En terme de Demande biologique d'Oxygène (DBO), la Seybouse représente la source majeure du transport de matières organiques oxydables dans la côte d'Annaba. La demande annuelle avoisine 26 234 tonnes et suppose une production potentielle de l'ordre 68 300 tonnes de carbone. Les transformations biologiques seraient responsables de sérieuses altérations de l'environnement côtier. Des politiques agricoles avantageant les cultures extensives peuvent mitiger ces agressions d'origine anthropiques.

Tableau 8. Flux journalier moyen en chaque saison (kg. j⁻¹) et charge totale annuelle (Fta : t. an⁻¹) en DBO transférée au littoral par la rivière Seybouse en 2003.

DBO	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Ft	Fta
		103 680	103 680	6 090	74 234	71 873

CHAPITRE III : HYDROLOGIE, SELS NUTRITIFS ET LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE DE L'ESTUAIRE MAFRAG

1. Hydrologie

- *Température et salinité*

Le tableau 9 indique que la température de la Mafrag varie entre 15 et 28 °C durant la période 27 février-27 novembre avec une moyenne annuelle de 21°C.

Tableau 9. Valeurs moyennes saisonnières de la température et de la salinité des eaux de la Mafrag en 2003. Ampl. : amplitude, moy. an. : moyenne annuelle.

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Conditions annuelles	
					moy.an	Ampl.
T°C	16,58	23,56	24,26	21,19	21,27	13
S(psu)	3	6,30	23,35	16,30	13,88	22,25

Les données du tableau 9 indiquent aussi que les salinités de la Mafrag atteignent des valeurs les plus faibles avec seulement 3 en hiver, cela s'explique par la dominance des eaux estuariennes d'origine continentale qui s'évacuent au littoral à la suite d'un remplissage en cette saison pluviale. La montée marine se trouve même masquée par le fort écoulement des eaux continentales entretenu par les eaux excédentaires des marécages avoisinant et par un réseau hydrographique dense.

En été et en automne le débit de la Mafrag diminue respectivement jusqu'à 60 et 36 m³.s⁻¹, ce qui favorise l'entrée des eaux marines faisant augmenter la salinité. Le maximum de salinité de surface (25,25) est atteint en effet en octobre.

- *Approximation du flux hydrique de l'estuaire Mafrag*

Tableau10. Intervalle de variation des débits journaliers moyens de l'estuaire pour chaque saison durant l'année 2003.

Q (m³.s⁻¹)	Hiver	Printemps	Eté	Automne
	36	43-53	53,72-60,33	39,81

Les valeurs des débits portées sur le tableau 10 donnent de façon approximative l'intervalle de variation du débit de l'estuaire Mafrag qu'il est variable en fonction la précipitation et la marée.

En hiver et au printemps lorsque le jusant domine, des flux hydriques considérables sont déchargés dans la mer jusqu'à 53 m³. s⁻¹. A l'exception de l'été, la Mafrag paraît riches en sels nutritifs et en matières organique.

2. Variation des teneurs et flux de L'azote inorganique dissous

2.1. Variation des teneurs

- L'azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$)

Il reste l'élément prépondérant présentant 19 à 73 % de l'azote inorganique dissous avec des teneurs saisonnières moyennes variant entre 4-37 μM (Tableau 11 et figure 8A).

- L'azote nitreux (NO_2^-)

Les teneurs en ions nitrites de la Mafrag sont généralement très faibles en été mais augmentent rapidement en automne et ne dépassent jamais 6 μM (figure 8B et Tableau 11).

- L'azote nitrique (NO_3^-)

Les teneurs les plus élevées de l'azote nitrique se rencontrent en hiver (12 μM), et au printemps (23,70 μM), soit 76% de l'azote inorganique dissous au printemps. (Tableau 11 et figure 8C).

Tableau 11. Valeurs moyennes saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous (μM) relevées dans oued Mafrag au littoral d'Annaba durant l'année 2003. NID : azote Inorganique Dissous= ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3^- + \text{NH}_2^-$)

	Hiver		Printemps		Eté		Automne		Moyenne annuelle
	moy.	%	moy.	%	moy.	%	moy.	%	
NH_4^+	37,09	73,40	5,93	19,11	3,88	53,69	8,63	57,23	8,78
NO_2^-	1,13	2,23	1,45	4,97	0,66	9,09	3,63	24,07	1,98
NO_3^-	12,34	24,40	23,65	76,22	2,69	37,22	3,13	20,76	5,25
NID	50,55		31,03		7,22		15,08		16,01

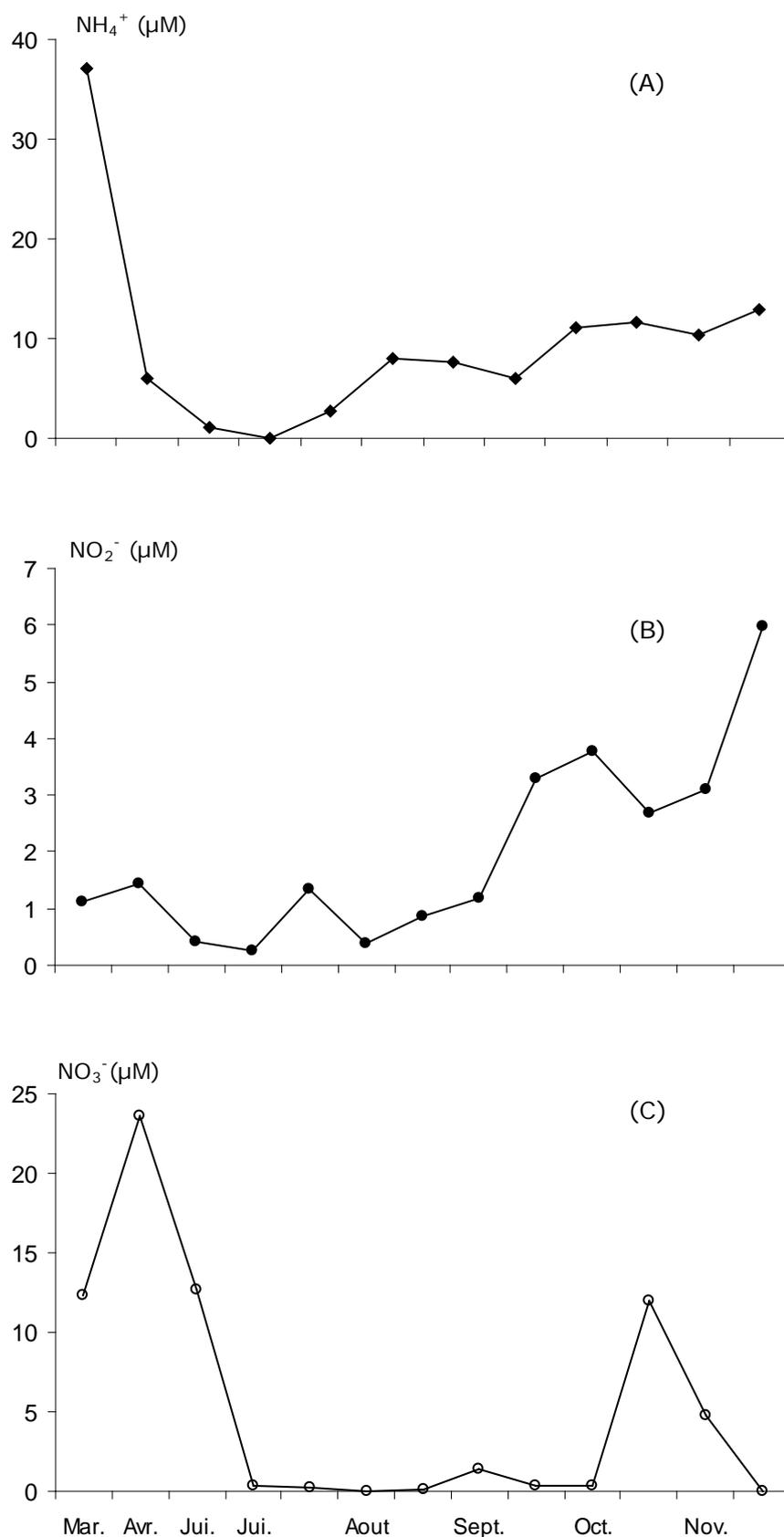


Figure 8. Variations bimensuelles des teneurs de l'azote ammoniacal (A), de l'azote nitreux (B) et de l'azote nitrique (C) dans la Mafrag durant l'année 2003.

2.2. Variation des flux

L'estuaire du Mafrag transporte à la côte des flux d'azote inorganique dissous à raison de 2 171-1 332 kg. j⁻¹ en hiver et au printemps. La durée de la marée montante qui s'allonge autour de 6 heures en été et en automne, contrebalance les introductions d'origine continentales et n'arrivent à la côte que de faibles quantités : 166-310 kg. j⁻¹. Dans cet hydrosystème saumâtre, la fraction du flux d'azote oxydé étant plus importante (Tableau 12).

Tableau 12. Flux instantané journalier moyen (kg. j⁻¹) en chaque saison des sels nutritifs azotes transportés à la côte par oued Mafrag en 2003. Fm : flux journalier moyen calculé sur 12 mois janvier-décembre, Fta : flux total annuel (t. an⁻¹). N réduit = NH₄⁺

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Fm	Fta
NH ₄ ⁺	1 593	255	166	371	377	138
NO ₂ ⁻	48	62	28	143	85	31
NO ₃ ⁻	529	1 016	115	134	225	82
NID	2 171	1 332	310	648	688	251
% N réduit	73,38	19,14	53,55	57,25		

3. Variation des teneurs et des flux en phosphates (PO₄)

3.1. Variation des teneurs

L'estuaire de Mafrag est riche en PO₄, les concentrations oscillent entre 0,08 et 23 μM (figure 9 et Tableau 13) et la moyenne annuelle est bien inférieure à la valeur norme (7,90 μM). La moyenne saisonnière augmente respectivement de l'hiver vers l'automne (2,91 à 9,87 μM) avec une concentration maximale notée le 13 novembre (Tableau 13 et figure 9).

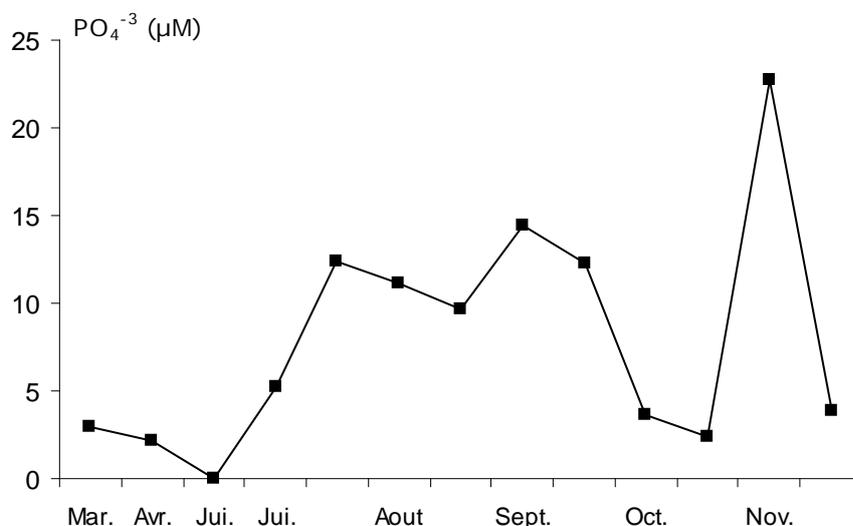


Figure 9. Variations bimensuelles des phosphates des eaux de l'estuaire du Mafrag durant l'année 2003.

Tableau 13. Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates (μM) relevées dans Oued Mafrag durant l'année 2003. Valeurs entre parenthèse : valeurs maximales

PO ₄ ⁻³	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne annuelle
	2,91	2,15	7,68 (12,39)	9,87 (22,69)	7,90

3.2. Variation des flux

Comme pour l'azote les flux des phosphates ne dépassent pas les 1000 kg.j⁻¹ avec un flux moyen journalier de 775 kg. (Tableau 14).

Tableau 14. Apport instantané journalier moyen en chaque saison (kg. j⁻¹) et apport annuel (t.an⁻¹) en phosphates par Mafrag en 2003. Fm : flux journalier moyen calculé sur 12 mois janvier- décembre, Fta : flux total annuel

PO ₄ ⁻³	Hiver	Printemps	Été	Automne	Fm	Fta
	286	211	754	969	775	283

4. Evolution des quantités et des flux de la DBO₅

Les données du tableau 15 montre la variabilité saisonnière de DBO₅ ; dont les valeurs maximales sont égales et été rencontrés en Eté et en Automne (23 mg. l⁻¹) donc l'estuaire contribue à enrichir le littoral Est du golfe avec des valeurs moyennes ne dépasse jamais la norme (25 mg. l⁻¹).

Tableau 15. Charge moyenne saisonnière de la DBO (mg.l⁻¹) de oued Mafrag relevées en 2003.

DBO ₅	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyenne annuelle
	10	16	23	23	18

La Mafrag décharge des quantités de matières oxydables au littoral, de l'ordre de 14 tonnes par jours soit 5 290 tonnes par an (figure 10), ce qui correspond à un stock de carbone organique de 13 754 tonnes annuellement.

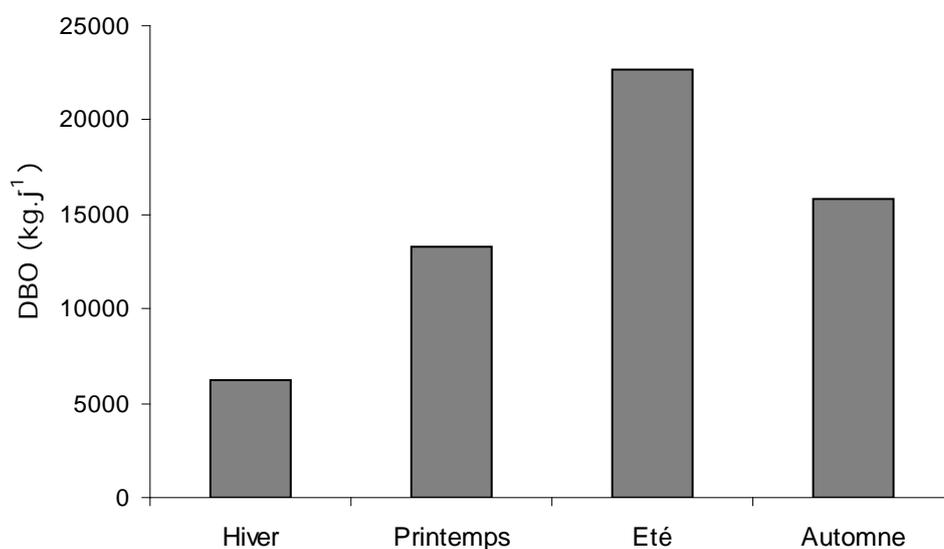


Figure 10. Apport instantané en chaque saison de la charge en DBO par l'estuaire Mafrag en 2003.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Aminot A., J. F. Guillaud, 1991. Apports en Matière organique et en sels nutritifs par les stations d'épuration. *La mer et les rejets urbains*. Bendor, 13-15 juin 1990. IFREMER. Actes de colloques 11 : 11-26.

Aminot A. Chaussepied, 1983. *Manuels des analyses chimiques en milieu marin*. 395p.

Agence Européenne de l'Environnement, 1999. State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment, *Environmental assessment series*, **5**; 137p.

Agence de Bassins hydrographiques Seybouse-Melleg-Constantinois (ABH), 2002. Bassin de la Seybouse. Actualisation. *Les Cahiers de l'Agence*, **7** : 32p.

Benblidia M., J. Margat & D.Vallée, 1997. *L'eau en région méditerranéenne*. Centre d'Activité Régionale/Plan Bleu, Sophia Antipolis, 91p.

Béthoux J. P., P. Morin, D. P. Rinz-pino, 2002. Temporal trends in nutrients ratios: chemical evidence of Mediterranean Ecosystem changes driven by human activity. *Deep-sea Research II*, **49**: 2007 – 2016.

Degrément, 1989. *Mémento Technique de l'eau*, 9^e édition , 1459p.

Géovanardi F. & E. Tromelleni, 1992. Statistical assessment of trophic conditions. Application of the O.E.C.D methodology to the marine environment. In: *marine coastal eutrophication*, Vollenwerder R., R. Marchetti & R. Viviani (eds). Actes conférence internationale, Bologna, Italy, 21-24 March 1990. *Journal of science of the Total environment*, Supp. **1992**: 211- 233.

Gouiez H., Ounissi M., Laabed S., Saker I., Haridi H., Khelifi-touhami M & Djorfi S., 2006. Apports en phosphates et en azote minéral de oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algérie) 8^{ème} Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française "CILEF 2006". Tunisie , 17-21 mars 2006.

Guillaud J. F., A. Aminot, 1991. Devenir des éléments nutritifs en zones littorales. Bendor, 13-15 juin 1990. In : *la mer et les rejets urbains*. IFREMER. Actes de colloques **11** : 27-34.

Humborg C., Ittekkot V., Cociasu A. & Bodungen B., 1997. Effect of Danube river dam on black sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature*, London, **386**: 385-388.

Ibanez Carles & Narcis Prat , 2002. The environmental impact of the spanish national hydrological plan on the lower Ebro River and Delta. *Water Ressources Development* **19** (3): 485-500, September 2003.

Johnson R.G., 1997. Climate control requires a dam the Strait of Gibraltar. OES transaction, American Geophysycal Union, **78**: 277-28.

Journal Officiel de la République Algérienne., 2002. Loi N° 2-2 du 22 Dhou El-Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la *protection et à la valorisation du littoral*. 12 février 2002, **10**: 5p.

Kerr S. R. & R. A. Ryder, 1992. Effects of cultural eutrophication on coastal marine fisheries: a comparative approach. Actes conférence internationale, *Marine coastal eutrophication*. Bologna, Italy, 21- 24 March 1990. *Journal of Science of the Total Environment*, Supp.**1992**: 599-614.

Khélifi-Touhami M., 1998. Composition et abondance du zooplancton dans les eaux côtières de l'Est Algérien (Secteur eutrophie du golfe d'Annaba et plateau continental d'El-kala) .Thèse de magister, université d'Annaba. Algérie, 132p.

Khelifi-Touhami M., Ounissi M., Saker I., Haridi H., Djorfi S. & Abdennour C., 2006. The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of food, Agriculture and Environment*, **4** (2): 340-346p.

Laabed S., 2006. Transport de phosphate et d'azote par les rejets urbains et industriels au littoral d'annaba. Mémoire de Magister, université d'Annaba. Algérie, 40p.

Laboratoire Central d'Hydraulique de France (LCHF), 1976. Extension du port d'Annaba: synthèse de l'étude générale des conditions naturelles dans le golfe d'Annaba. LCHF, Maisons-Alfort, 50p.

Margat J. & D. Vallée, 1999. Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques, ed. Plan bleu. 200p.

Milliman J.D., 1997. Blessed dams or damned dams? *Nature*, London, 386;325-327.

Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (M.E.A.T), 1994. Conférence Med 21 sur le développement durable en Méditerranée. Mise en oeuvre de l'Agenda 21. Tunis 16-20 mai 1994, 106p.

Miller A.R., 1983. The Mediterranean Sea, A. Physical aspects. In: *Ecosystems of the world. Estuaries and enclosed seas*. B. H. Ketchum (ed.), **26**: 219-239.

Mébarki A., 1999. Les bassins exoréiques de l'est Algérien et leurs apports d'étiage à la Méditerranée:écoulement, rejets et protection des eaux littorales. Journées d'information et d'études sur la pollution des eaux littorales de l'Est algérien, Constantine, 16-17 novembre, 1999.24-39.

Menesguen A, 1991. Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. Bender, 13-15 juin 1990. In : *La mer et les rejets urbains*. IFRMER. Actes de colloques **11** :35-52.

Ounissi M. Fréhi H. & Khélifi-Touhami M., 1998. Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie). *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, **73** (1) : 53-67.

Ounissi M. & Fréhi H., 1999. Variabilité du microphytoplancton et des Tintinnides d'un secteur hautement eutrophe du golfe d'Annaba (Algérie). *Cahiers de Biologie marine*, **40** : 141-153.

Fréhi H., 1995. Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier : Eutrophisation de la Baie d'Annaba. Thèse de magister, université d'Annaba. Algérie, 160p.

Parsons T.R., Maita Y. & Lalli C.M., 1989. *A manual of chemical and biological methods for sea water analysis*. Pergamon Press, 173 p.

PNUE/FAO/WHO.,1996. Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean sea. *MAP* .Technical reports series, 106p.

Rodier J., 1984. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. Dunod, 1365 p.

Turley C.M., 1999. The changing Mediterranean Sea. A sensitive ecosystem ? *Progress in oceanography*, **44**: 387-400.