

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR - ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté des Sciences

Année 2007

Département des Sciences de la Mer

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister

**CARACTERES CHIMIQUES DES APPORTS DE OUED
SEYBOUSE AU LITTORAL D'ANNABA. SELS NUTRITIFS ET
MATIERES ORGANIQUES**

Option

ENVIRONNEMENT LITTORAL

Par : AOUNALLAH Ouafia

Directeur de Mémoire : M. OUNISSI Makhoulf

Pr. U. Annaba

Devant Le Jury :

Président : M. Samraoui B.

Pr. U. Guelma

Examineur : M. Chaab S.

MC U. Annaba

Examineur : M. Drardja B.

MC U. Annaba

Sommaire

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Chapitre I : Eaux de surface, pollution et anthropisation des bassins versants

1. Sources de pollutions des eaux de surface par les sels nutritifs et les matières organiques.....	5
1.1. Pollutions par les activités anthropiques.....	5
1.2. Les effluents urbains.....	11

Résultats

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. La Seybouse et le littoral récepteur.....	14
1.1. La Seybouse.....	14
1.2. Le littoral récepteur.....	15
2. Echantillonnage et méthodes d'analyse des éléments Chimiques.....	16
2.1. Echantillonnage.....	16
2.2. Méthodes d'analyse chimiques	18

Chapitre III : variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs et des matières organiques dissoutes

1. Environnement hydrologique.....	19
• Température.....	19
• Salinité.....	20
2. Variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs.....	21
2.1. Variations des teneurs de l'azote inorganique dissous (NID).....	21
• L'azote ammoniacal (NH_4^+ - NH_3).....	21
• Les nitrites (NO_2^-).....	21
• Les nitrates (NO_3^-).....	21
2.2. Variations des teneurs en phosphates (PO_4).....	24
3. Distribution des matières organiques.....	25

Discussion et conclusion.....	28
Références bibliographiques.....	33
Résumé en Français.....	39
Résumé en Anglais.....	40
Résumé en Arabe.....	41

Liste des figures

- Figure 1** : Variations du débit mensuel moyen de oued Seybouse durant l'année 2003 (d'après Ounissi et al., sous press).....**15**
- Figure 2** : Présentation du golfe d'Annaba et position des stations échantillonnées de oued Seybouse.....**16**
- Figure 3** : Variations saisonnières de la température des eaux à l'embouchure de Seybouse en 2005.....**19**
- Figure 4** : Variations saisonnières de la salinité des eaux dans à l'embouchure de Seybouse en 2005.....**20**
- Figure 5** : Variations saisonnières des teneurs de l'azote ammoniacal des nitrites et des nitrates dans la Seybouse durant l'année 2005.....**23**
- Figure 6** : Variations saisonnières des teneurs des phosphates (PO₄) au niveau de oued Seybouse en 2005**22**
- Figure 7** : Valeurs moyennes saisonnières et annuelles du rapport N/P (calculées sur la base de données saisonnières) dans les sites étudiés en 2005.....**23**
- Figure 8** : Variations saisonnières des teneurs de l'azote organique dissous (NOD), et du carbone organique particulaire (COP) dans oued Seybouse en 2005.....**24**
- Figure 9** : Valeurs moyennes saisonnières et annuelles du rapport NOD/NID mg .l⁻¹ (calculées sur la base de données saisonnières) dans les sites étudiés en 005.....**25**

Liste des tableaux

Tableau 1 : Estimation des prélèvements actuels en eau dans le bassin méditerranéen (Margat, 2004).....	6
Tableau 2 : Estimation des consommations nettes actuelles par secteur dans le bassin méditerranéen (Margat, 2004).....	6
Tableau 3 : Facteurs potentiels de pollution des eaux dans les pays méditerranéens.....	8
Tableau 4 : Estimation des rejets en eau dans le bassin méditerranéen à l'horizon 2025 (PNUE/MAP, 2004).....	8
Tableau 5 : Charge polluante d'origine industrielle (UNEP/MAP/MED POL/WHO, 2004).....	9
Tableau 6 : Indication des normes d'effluents en usage dans plusieurs pays (PAM/PNUE, 2002).....	10
Tableau 7 : Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.....	11
Tableau 8 : Masse des MES, de matières organiques et azotées dans les excréments humains.....	12
Tableau 9 : Caractéristiques générales d'une eau résiduaire urbaine D'après Kafi-Benyahia (2006).....	13
Tableau 10 : Résumé des méthodes d'analyses des éléments chimiques.....	18
Tableau 11 : Valeurs saisonnières moyennes de la température des eaux à l'embouchure de Seybouse en 2005.....	19
Tableau 12 : Valeurs saisonnières moyennes de la salinité des eaux à l'embouchure de Seybouse en 2005.....	20
Tableau 13 : Valeurs moyennes saisonnières 2005 et fraction des différentes formes de l'azote inorganique dissous (NID : $(\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3^- + \text{NH}_2^-)$) dans la stations aval de Seybouse.....	22
Tableau 14 : Valeurs moyennes saisonnières, intervalle de variation des teneurs en phosphates (mg. l^{-1}) , et du rapport N/P, au niveau de oued Seybouse en 2005.....	25
Tableau 15 : Valeurs moyennes saisonnières (mg. l^{-1}), intervalle de variation des différentes formes de matières organiques (Carbone Organique Particulaire : COP et azote organique dissous : NOD) dans oued Seybouse en 2005.....	27
Tableau 16 : Teneurs et flux annuels de l'azote minéral et du phosphore introduit par la Seybouse au littoral d'Annaba. Les valeurs de 2006 d'après Guettaf (2007) et celles de 2003 d'après Gouiez (2006). t. an^{-1} : tonne par an.	29

Tableau 17 : Qualité des eaux de la Seybouse en 2005. les valeurs sont exprimées en mg. l⁻¹**30**

Tableau 18 : Données hydrologiques des principales rivières méditerranéennes (repris et modifié de EEA, 1999). : Valeurs entre parenthèse : cette étude, valeurs soulignées : d'après Gouiez (2006)**31**

Résumé

La Seybouse est la deuxième rivière importante en Algérie, elle a un bassin versant d'environ 6500 Km² hébergeant près de 1,5 Millions d'habitants. La rivière est aménagée par cinq Barrages d'une capacité totale de 400 Millions m³. Sur ce bassin versant s'exercent d'importantes activités agricoles intensives et industrielles. Dans le contexte du programme de surveillance des flux de matières minérales et organiques introduites au littoral par les apports terrestres, les principaux paramètres de qualité générale des eaux ont été étudiés en 2005. Les teneurs des sels nutritifs (nitrates NO₃⁻, nitrite NO₂⁻, ammonium NH₄⁺, phosphate PO₄³⁻) et des matières organiques (azote organique dissous NOD, carbone organique particulaire COP) ont été suivis deux fois par mois durant l'année 2005 dans une station située à l'embouchure. Les eaux de la Seybouse sont très polluées par l'azote minéral (4,50 mg. l⁻¹) et par les phosphates (0,80 mg. l⁻¹). A l'embouchure, la Seybouse paraît fonctionner comme un égout domestique dont le rapport N/P est souvent proche de 7. L'abondance des matières organiques dissoutes (NOD : 4 mg. l⁻¹) et particulaire (COP : 4,32 mg. l⁻¹) accroît la pollution du littoral récepteur et y aggrave le dysfonctionnement.

Mots-clés : Azote minéral, phosphates, Environnement littoral, Oued Seybouse.

Résumé

La Seybouse a un bassin versant d'environ 6500 Km². La rivière est aménagée par cinq Barrages. Sur ce bassin versant s'exercent d'importantes activités agricoles et industrielles. Dans le contexte du programme de surveillance des flux de matières minérales et organiques introduites au littoral par les apports terrestres, les principaux paramètres de qualité générale des eaux ont été étudiés en 2005. Les teneurs des sels nutritifs (nitrates NO₃⁻, nitrite NO₂⁻, ammonium NH₄⁺, phosphate PO₄³⁻) et des matières organiques (azote organique dissous NOD, carbone organique particulaire COP) ont été suivis deux fois par mois durant l'année 2005 dans une station située à l'embouchure. Les eaux de la Seybouse sont très polluées par l'azote minéral (4,50 mg. l⁻¹) et par les phosphates (0,80 mg. l⁻¹). A l'embouchure, la Seybouse paraît fonctionner comme un égout domestique dont le rapport N/P est souvent proche de 7. L'abondance des matières organiques dissoutes (NOD : 4 mg. l⁻¹) et particulaire (COP : 4,32 mg. l⁻¹) accroît la pollution du littoral récepteur et y aggrave le dysfonctionnement.

Mots-clés : Azote minéral, phosphates, Environnement littoral, Oued Seybouse.

Abstract

The Seybouse is the second important river in Algeria; it has a watershed of about 6,500 Km² inhabited of about to 1.5 Millions. The watershed is arranged by five dams of a total capacity of 400 Millions m³. On this basin, important intensive and industrial agricultural activities are being held. In the context of the surveying program of terrestrial input in nutrients, the main water quality parameters have been surveyed in the 2005. Concentration of nutrient salts (nitrates NO₃⁻, nitrite NO₂⁻, ammonium NH₄⁺, and phosphate PO₄³⁻) and organic matter (Dissolved Organic Nitrogen and Particulate Organic Carbon) have been analyzed two times a month in the mouth station of the Seybouse River.

The Seybouse water seems to be largely polluted considering the high values of dissolved inorganic nitrogen (4.50 mg. l⁻¹) and phosphate (0.80 mg. l⁻¹). In addition the weak values of N/P ratio (7) may indicate the worsening of the water quality. The abundance of dissolved organic matter (DON: 4 mg. l⁻¹) and particulate organic carbon (POC: 4.32 mg. l⁻¹) increase the pollution of towards the coastal environment and may aggravates the its ecological functioning.

Key-words: Inorganic nitrogen, Phosphate, Coastal environment, Seybouse River.

الملخص

يعتبر واد سيبوس ثاني أهم الأودية في الجزائر حيث يشمل حوضه 6500 كلم² أين يعيش حوالي 1,5 مليون نسمة. وهى هذا الوادي بخمسة سدود سعتها 400 مليون متر مكعب. وتقوم على حوضه نشاطات متنوعة ومكثفة ذات طابع زراعي وصناعي .

خلال العام 2005 في إطار البرنامج الخاص بمراقبة تدفق المواد المعدنية و العضوية من اليا بسة إلى الساحل تمت دراسة الخصائص النوعية لمياه سيبوس و تمت على مدار سنة 2005 متابعة تركيبة هاته المياه مرتين في الشهر بمحطة مصب سيبوس لأجل تحديد مكوناتها من عناصر الأملاح المغذية (شوارد النترات NO_3^- , النتريت NO_2^- الامونيوم NH_4^- , الفوسفات PO_4^{3-}) والمواد العضوية (الازوت العضوي المنحل NOD, الكربون العضوي COP). و تبين بعد ذلك أن مياه سيبوس جد ملوثة بالازوت المعدني (4,50 مغ للتر الواحد) و بالفوسفات (0,80 مغ للتر الواحد) وكذلك لما نعتبر قيم N/P يبدو وادي سيبوس و كأنه مصرف عمراني حيث تتدنى قيمه إلى ما دون 7 . إن هذه الملوثات المعدنية و العضوية تفاقم تخصب الساحل المحاذي و تؤدي إلى اختلال توازنه البيئي.

الكلمات المفتاحية: نيتروجين معدني-فوسفات-بيئة ساحلية-واد سيبوس

INTRODUCTION

L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel. Une politique de l'eau efficace et cohérente doit tenir compte de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques situés à proximité de la côte, étant donné que leur équilibre est fortement influencé par la qualité des eaux de rivières qui s'y jettent. La protection de l'état de l'eau à l'intérieur des bassins hydrographiques apportera des bénéfices économiques en contribuant à la protection des biocénoses, y compris les ressources halieutiques côtières (CE, 2000). Pourtant l'aménagement physique et la gestion intégrée des eaux de surface et des zones littorales sont souvent oubliés dans les politiques des gouvernements méditerranéens (Turley, 1999).

En Algérie, la recherche de ces objectifs économique et écologique se justifie d'abord par la méconnaissance de l'état hydrologique des rivières et de leurs répercussions sur l'environnement littoral. Ensuite et en amont, dans les bassins versants, les pratiques agricoles et les activités industrielles ont profondément changé en même temps que la composante démographique s'est accrue rapidement. L'anthropisation des bassins versants devrait aboutir à des conséquences directes à la fois sur le chimisme des eaux de surface, des flux de matières minérales au littoral et sur le fonctionnement de l'écosystème marin (Ibanez et Prat, 2002).

Aussi la construction et l'usage non coordonné des barrages dans les deux dernières décennies, a largement modifié les pratiques agricoles et par conséquent la qualité chimique des rivières et des milieux côtiers en interaction. De plus, le climat semi-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. Selon les données de Margat et Vallée (1999), seul 5% des 985 km³ d'eau de surface reviennent aux rivières sud-méditerranéennes. On comprend que les ressources en eau méditerranéennes sont limitées, fragiles et menacées (Benblidia *et al.*, 1997). Aux pressions quantitatives sur les ressources s'ajoutent les impacts des rejets d'eaux usées urbaines et industrielles (20 Milliards de m³ par an dans le seul bassin méditerranéen, selon les données du Plan Bleu).

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 de 150 Millions de touristes (EAA, 1999) qu'accueille la Méditerranée, suppose 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, les protocoles de la Conférence de Barcelone, la 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.

L'atteinte des eaux de rivières et de l'environnement voisin (sol et mer) s'exprime également au niveau de la rétention démesurée des eaux dans les barrages. En effet, la construction de barrages sur le Nil et sur le Danube, par exemple, a eu de graves conséquences sur la géochimie des mers et même sur le bilan hydrologique de la Méditerranée (Humborg *et al.*, 1997 ; Milliman, 1997 ; Johnson, 1997). En plus de ces célèbres travaux, Béthoux *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 jusqu'aux relations hydroclimatiques Méditerranée-atlantique.

Sur un autre plan biogéochimique, des scénarios extrêmement alarmants ont été rapportés par Béthoux (1989) : *'Les apports terrestres de phosphore s'ils se poursuivent au rythme actuel entraîneront la consommation totale de l'oxygène des eaux profondes vers 2020 pour la Méditerranée. Au début du 21 siècle la Méditerranée pourrait commencer à présenter des anoxies des eaux profondes avec pour conséquences une prochaine disparition de la faune benthique et son remplacement par des organismes anaérobies. Les délais de constitutions des zones anoxiques pourraient être repoussées, si l'on parvenait à stabiliser les apports d'origine terrestre après 2020...'*

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. Dans ce contexte, de grands programmes transméditerranéens et d'envergure mondiale (FAO/C-GTOS, LOICZ, INCO-FP7-1) se sont consacrés aux sources de pollutions terrestres en particulier les flux de sels nutritifs, de divers polluants et de sédiments à la mer.

Sur un plan local législatif, la Loi 02.02 du 5 février 2002 (JORA, 2002) relative à la protection et à la valorisation du littoral stipule l'obligation de contrôles réguliers des rejets urbains, industriels et agricoles susceptibles de dégrader ou de polluer le milieu marin.

En application de la Loi littoral, un programme national a été entrepris en 2003 (ONEDD/MATE/05/04) ayant pour objectif l'évaluation des flux de matières minérales et organiques polluantes introduites au littoral d'Annaba par les effluents urbains et industriels et par les oueds Seybouse et Mafrag. Localement, ces études constituent une base préalable à tout aménagement intégré du Mafrag et du littoral adjacent. La Seybouse a fait ainsi l'objet de suivi depuis 2003 (Ounissi, 2007) dont cette étude en constitue une suite logique. Ces recherches ont permis de préciser la contribution des différentes sources de pollution du littoral à la suite des apports urbains, industriels et fluviaux (Ounissi, 2007, Goiuez, 2006, Ounissi *et al.*, sous press). Il en ressort que Seybouse représente la principale source de pollution par les sels nutritifs et les matières organiques. La Seybouse entraînant à la mer $0,5 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^6$ m³ par an, décharge à la mer près de 6000 tonnes d'azote et 1 100 tonnes de phosphates auxquels il faut ajouter 26 000 tonnes de DBO et 68 000 tonnes de production primaire potentielle. Les données de Fréhi (1995), Ounissi *et al.*, (1998) et Ounissi et Fréhi (1999) montrent clairement que l'environnement côtier et ces peuplements sont fortement déséquilibrés par suite des apports continentaux enrichis et pollués parvenant de Seybouse en particulier.

Cette étude vient en complément aux travaux antérieurs représentant une suite d'observation de la qualité des eaux de Seybouse introduites au littoral d'Annaba,

en vue de constituer une base de données permettant de dresser un plan d'aménagement intégré des eaux de surface et du littoral.

L'objectif principal de cette étude est de décrire la dynamique des sels nutritifs et des matières organiques des eaux de la Seybouse à l'embouchure.

Le mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre strictement documentaire présente les sources de pollution des eaux de surface. Le deuxième chapitre expose brièvement le site étudié et les méthodes d'analyses utilisées. Le troisième chapitre analytique traite des résultats et donne l'évolution des sels nutritifs et des matières organiques introduites à la côte par la Seybouse. Le mémoire s'achève par une discussion, pondérant et comparant les résultats.

Chapitre I. Eaux de surface, pollution et anthropisation des bassins versants

1. Sources de pollutions des eaux de surface par les sels nutritifs et les matières organiques

L'urbanisation, l'industrie et l'agriculture représentent la principale source de pollution des eaux de surface et de la mer Méditerranée, cependant que leur contribution respective et les polluants qu'elles génèrent restent encore peu précisées (AEE, 1999; Margat et Vallée, 1999).

Dans le cas des pollutions urbaine et industrielle, le problème principal correspond à l'augmentation rapide de la population le long des côtes sud de la Méditerranée, où les moyens légaux et les investissements dans l'infrastructure environnementale sont moindres. La pression exercée par le tourisme, notamment dans les pays du nord de la Méditerranée, constitue l'un des problèmes qui doivent être gérés efficacement afin d'empêcher toute dégradation future des milieux aquatiques (Margat, 1992).

L'augmentation des forces productives en agriculture a suscité de graves modifications de l'environnement tant au niveau de la qualité des sols qu'au niveau de la qualité des eaux de surface et des eaux marines. D'après (Konovalove, 1995), les apports nutritifs à la Méditerranée sont de l'ordre de 0,5 Million de tonne de phosphore par an et de 1-2 millions tonnes d'azote par an. En Italie par exemple, le Pô charrie 100 000 tonnes par an d'azote inorganique et 6000 tonnes par an de phosphore inorganique et contribue à la majeure partie de la charge totale d'éléments nutritifs du bassin nord de l'Adriatique (Marchetti, 1990). D'autre part les apports fluviaux en 1995 (Pô, le Rhône et l'Èbre, PNUE/PAM, 2003) s'élèvent à 610 000 tonnes d'azote nitrique et 14 000 tonnes de phosphate dans en Méditerranée.

1.1. Pollutions par les activités anthropiques

Dans la région méditerranéenne, l'industrie prélève 13% des 150 milliards de m³ d'eau utilisée dans différents secteurs (Margat, 2004). En Algérie les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6 milliards de m³, dont 800 millions revient à l'industrie (FAO, 2005), soit 13%. Pourtant la région méditerranéenne ne dispose que de 3% des ressources en eau du monde, alors qu'elle rassemble 7,3% de l'humanité. D'autre part, on considère qu'environ 60% de la population mondiale pauvre en eau, se concentre dans les seuls pays méditerranéens du

Sud et du Proche-Orient (DG Environnement Réf.: www.eea.eu.int). Selon les estimations de (Margat, 2004), la demande en eau pour le secteur industriel s'élève à 3 milliards de m³ en 2025 alors que la ressource étant déjà très limitée à 6 milliards de m³.

La population algérienne est considérée parmi les pays les plus pauvre en eau. Cette pauvreté, justifiée par la rareté s'aggrave avec le besoin croissant d'usage de l'eau dans l'industrie, l'agriculture et les collectivités (Tableau 1). Les modifications des pratiques agricoles, devenues intensives, l'augmentation des forces productives industrielles, la croissance démographique ont fait une pression de prise en eau croissante en particulier pour les collectivités locales méditerranéennes (Tableau 1).

Tableau 1 : Estimation des prélèvements actuels en eau dans le bassin méditerranéen (Margat, 2004).

Sous-région	Collectivités (km ³ /an)	Agriculture (km ³ /an)	Industries (km ³ /an)	Centrales thermiques (km ³ /an)	Total (km ³ /an)
Nord	10	29,6	10,4	21,6	71,6
Est	3,1	10,1	1,2	0,0	14,4
Sud	3,4	54,1	8,0	0,2	65,7
Ensemble	16,5	93,8	19,6	21,8	151,7
Pourcentage	10,9	61,8	12,9	14,4	100

Les consommations nettes actuelles dans le bassin méditerranéen, estimées grossièrement sur cette base en y incorporant quelques chiffrages de source nationale meilleure, seraient de l'ordre de 80 milliards de m³/an, dont 1/3 au Nord et plus de la moitié au Sud (Tableau 2). Près de 95 % sont imputables à l'irrigation.

Tableau 2 : Estimation des consommations nettes actuelles par secteur dans le bassin méditerranéen (Margat, 2004).

	Collectivités		Agriculture		Industries		Centrales thermiques		Total (base100km ³ /an)
	(km ³ /an)	%	(km ³ /an)	%	(km ³ /an)	%	(km ³ /an)	%	
Nord	1,45	5,6	23,47	91,1	0,51	2	0,32	1,2	25,75
Est	0,46	5,3	8,17	94,1	0,05	0,6	0	0	8,68
Sud	1,08	2,4	44,14	96,7	0,42	0,9	0	0	45,64
ensemble	2,99	3,7	75,78	94,6	0,98	1,2	0,32	0,4	80,07

La part des industries dans les demandes en eau n'en est pas moins relativement mineure dans la plupart des pays avec un maximum de 10% en Algérie. Enfin ce sont celles qui se prêtent le mieux au recyclage. Le rapport du PNUE/MAP (2004) indique que l'Algérie aura besoin en 2025 de 3,4 – 4,9 km³/an pour l'irrigation, 3,3

km³/an pour les collectivités et l'industrie avec une consommation totale de 7-8 km³/an.

L'industrie chimique est l'un des secteurs les plus consommateurs d'eau en particulier pour la fabrication d'engrais chimiques à usage agricole. Le complexe d'Asmidal d'Annaba, par exemple utilise quotidiennement plus d'un Million de m³ d'eau (Fertial, com. pers. 2007).

Globalement, l'industrie des engrais produit quelques 360 millions de produits fertilisants, équivalents à près de 140 Millions de tonnes d'éléments nutritifs qui sont utilisés dans plus d'une centaine de pays essentiellement à des fins agricoles. Ces 140 Millions de tonnes d'éléments nutritifs sont appliqués sur environ 80% des terres arables mondiales, représentant plus de 1,4 milliards d'hectares (Prud'homme, 2001).

En Algérie, le groupe ASMIDAL est spécialisé dans la production, la commercialisation et le développement des engrais, de l'ammoniac et dérivés. Le groupe (ASMIDAL, 2004) dispose de capacités de production annuelles de:

- 1 million de tonnes d'ammoniac
- 825 000 tonnes d'ammonitrates
- 240 000 tonnes de UAN
- 800 000 tonnes d'engrais phosphatés (toutes formules confondues).

En 30 ans, le groupe ASMIDAL a développé une gamme d'engrais assez large et relativement adaptée aux besoins de l'agriculture. Le prix moyen du kg d'engrais est d'environ 30DA.

Pour les engrais azotés, Asmidal fabrique les composés :

l'Ammoniac (NH₃), l'urée : CO (NH₂)₂ et le nitrate d'ammonium (NH₄NO₃).

Pour la fabrication des engrais phosphorés : les polyphosphates P₂O₅ et le phosphate d'ammonium (NH₄)₂HPO₄.

Si l'on se réfère aux données de Margat (2004), on s'aperçoit que la pollution des eaux méditerranéennes est due dans une large mesure aux engrais et aux effluents industriels et urbains. Le tableau 3 illustre ces pollutions potentielles et situe les volumes et les masses d'effluents et de fertilisants utilisés dans les pays méditerranéens. L'Algérie se situe parmi les pays moyennement pollueurs dans les années 1990, consommant environ 100 milles tonnes d'engrais et libère près 800 Km³ d'eaux usées.

Les rejets urbains et industriels estimés pour l'horizon 2025 (PNUE/MAP, 2004) représentent des volumes d'eaux énormes de l'ordre de 70 km³/an dont 70%

retournent aux eaux continentales (Tableau 4). Parmi ces rejets, l'Algérie en rejette 2,6 km³/an, ce qui représente 4% de l'apport total.

Tableau 3 : Facteurs potentiels de pollution des eaux dans les pays méditerranéens.

Pays et territoires	Production d'eaux usées urbaines et industrielles rejetées dans les eaux continentales (plus ou moins épurées ou non)		Quantité d'eaux usées urbaines non collectées ni épurées estimée d'après le % de population non raccordée (sauf d)		Quantité de fertilisants utilisés en 1998 Source : FAO
	date	hm ³ /an	date	hm ³ /an	1000 t/an
Espagne	97	3 220	97	2 040	2 107
France	94	5 300	97	1 660	4 831
Italie	93	7 700	91	2 640	1 742
Croatie	96	200	89	225	203
Bosnie-Herzégovine	95	~ 350			31
Serbie-Monténégro	95	5 500			190
Albanie	95	~ 300			25
Grèce	90	~ 100	97	490	486
Turquie	97	5 500	97	4 200	2 181
Syrie	93	~ 650	90	~ 230	329
Liban	94	15		~ 30	60,5
Egypte	95/96	10 700		3 630	1113
Libye		ε	95	115	50
Tunisie	96	50	97	65	121
Algérie	90	800	90	~ 600	96
Maroc	94	~ 400		~ 750	360

Tableau 4 : Estimation des rejets en eau dans le bassin méditerranéen à l'horizon 2025 (PNUE/MAP, 2004).

Pays et territoires	Rejets urbains et industriels	Retours d'eau aux eaux continentales
	(km ³ /an)	issus de ces rejets (km ³ /an)
Espagne	6,16	3,8
France	7,6	5,2
Italie	8,3	4,3
Croatie	0,86	0,76
Bosnie-Herzégovine	0,34	0,34
Serbie-Monténégro	4,23	4,13
Albanie	0,65	0,55
Grèce	0,79	0,3
Turquie	10,8	7,3
Syrie	1,67	0,67
Liban	0,47	0,22
Egypte	16,6	~ 15
Libye	1,27	0,1
Tunisie	0,5	0,2
Algérie	2,6	0,8
Maroc	1,6	~ 0,8
Total	67	47

Ces rejets véhiculent d'énormes masses de matières polluantes comme le montre le tableau 5. La demande biologique en oxygène (DBO) représente la forme dominante de ces polluants industriels (14%), vient ensuite les rejets en azote qui s'élèvent jusqu'à 25 milles tonnes par an, représentant 2,5% du rejet total.

Tableau 5 : Charge polluante d'origine industrielle (UNEP/MAP/MED POL/WHO, 2004).

Polluant	Charge totale (t/an)	Eaux usées industrielles (t/an)	Fraction industrielle (%)
Volume	430×10^9	6×10^3	1,4
DBO	$2\,900 \times 10^3$	409×10^3	14
Phosphore	360×10^3	5×10^3	1,4
Azote	$1\,000 \times 10^3$	25×10^3	2,5
MES	350×10^6	$2,8 \times 10^6$	0,8

L'ensemble de ces polluants entraînés aux eaux continentales ou marines occasionnent de graves problèmes d'environnement : eutrophisation, hypoxie, réduction de la biodiversité, des stocks de pêches, dégradation de la qualité de l'eau, déséquilibre des écosystèmes (Guillaud et Aminot, 1991, Ounissi *et al.*, 1999, Menesguen, 1991). Les statistiques montrent que les rejets de phosphates dans les eaux françaises sont estimés à 1,2 Million t/an dont 40 000 t/an proviennent de l'industrie, ce qui représente 50% des rejets domestiques et environ le 1/3 des apports agricoles. Le métabolisme humain ne libère que 1,5g de phosphore par jour. Si les estuaires, les mers fermées et les bassins marins aux échanges d'eau restreints ont été les premiers atteints, cependant, comme l'ont signalé maints auteurs (Gray et Paasche, 1984; Rosenberg 1985; Okaichi *et al.*, 1987; Forsberg, 1991; Dederen, 1992; Vollenweider, 1992), l'eutrophisation marine côtière a gagné en intensité dans de nombreuses parties du monde. L'eutrophisation en Méditerranée (Unesco, 1988; Stirn, 1993) s'insère dans cette évolution planétaire du problème.

Pour réduire l'effet de la pollution industrielle, il est proposé un certain nombre de mesure dans les pratiques industrielles et dans la gestion des effluents. Conformément à une définition fournie par le Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP) du PAM/PNUE, la production plus propre est l'application continue d'une stratégie de prévention environnementale intégrée à des procédés, produits et services dans le but de réduire les risques pour l'homme et l'environnement, d'accroître la compétitivité des entreprises et de

garantir leur viabilité économique. Parmi les exemples de technologies propres appliqués avec succès, on citera la substitution de substances et l'efficacité accrue des produits chimiques utilisés. On entend par technologies propres les changements de procédés habituellement applicables pour réduire au minimum la consommation d'eau et la génération d'eaux résiduelles.

Outre les mesures de gestion des rejets liquides industriels, des dispositifs réglementaires ont été mis en œuvre fixant les normes de rejets (Tableaux 6 et 7).

Tableau 6 : Indication des normes d'effluents en usage dans plusieurs pays (PAM/PNU, 2004). 1 : Rejets dans la mer, 2 : Normes pas encore adoptées (projet de réglementation seulement), 3 : Classe IV, 4 : Classe IV, 5 : Limites disponibles pour des composés azotés particuliers - nitrites (0,5), ammoniac (0,5), nitrates (15).

Paramètre	Limite d'émission pour le rejet dans les eaux de surface en milligrammes par litre (mg/l)										
	Turquie	Égypte ¹	Italie	B&H	Algérie	Croatie	Maroc ²	Malte	Chypre	Tunisie	France
BOD ₅	50	60	40	20 ³	40	40 ⁴	100	300-350	10	30	25
COD	180	100	160	40	120	200	500	600	30	90	125
TSS	60	60	80	100	30	50	50	500	10	30	35
Azote total	20	40	NH4: 15 NO2: 20 NO3: 20	5	40	25	30	100	10	30	12
Phosphore total	2	5	10		-	4	10	-	2	0,1	2

Tableau 7 : Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Valeur limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (JORA, 2006).

NA	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercuré total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

1.2. Les effluents urbains

Le traitement des eaux usées fait encore défaut dans les zones urbaines situées le long des côtes et environ 60% des déchets urbains rejetés en Méditerranée ne sont pas encore traités cependant que les frais de santé et autres pertes économiques, en particulier dans les zones touristiques du fait de la contamination des eaux côtières, sont plus élevés que l'investissement nécessaire pour atteindre une qualité acceptable du rejet des eaux usées (MEATT/PNU, 1994).

Les eaux usées domestiques sont composés d'apports physiologiques, d'apports divers (eaux vannes de toilettes, déchets solides rejetés dans les toilettes), et

d'eaux à usages domestiques (de lavabo, de bain et de douche, de lave vaisselle). Les apports physiologiques sont essentiellement les matières fécales et les urines humaines. Environ 30- 45 kg de matières fécales humides sont produites par personne et par année, soit 10-15 kg de matières sèches fécales (Lentner *et al.* 1981).

Selon Kafi-Benyahia. (2006), la production journalière moyenne par habitant d'urine et de matières fécales est respectivement de l'ordre de 1 060 ml hab.xj⁻¹ et 112 g hab.xj⁻¹. D'autre part, Almeida *et al.* (1999) donnent les masses de matières en suspension, de matières organiques et azotées pour 1ml d'urine et 1g de matière fécale (Tableau 8) (Laak, 1974, Seigrist *et al.* 1976). On peut remarquer par ailleurs que l'urine constitue une source principale de matières azotées.

Tableau 8 : Masse des MES, de matières organiques et azotées dans les excréments humains (Laak, 1974 ; Seigrist *et al.*, 1976).

Mg	1 g de matière fécale	1 ml d'urine
MES	208	21
DCO	287	17,5
N- NH ₃	1,5	2,49
N- NO ₃ ⁻	0,03	0,012

Ces résultats indiquent une production individuelle allant de 84 à 117 l hab.xj⁻¹. Selon le type d'usage, les toilettes contribuent également fortement à l'apport en eaux usées, suivies des bains et des douches. La production en eau usée par type d'usage domestique est présentée dans le tableau 9.

Les charges polluantes en MES, en matières oxydables et azotées dans les eaux domestiques diffèrent en fonction du type d'usage (eaux de vannes, eaux de cuisine) (Blanic *et al.*, 1989).

Un habitant en tant qu'individu génère chaque jour une certaine quantité de pollution domestique. C'est pourquoi il est défini la notion d'équivalent-habitant qui correspond en moyenne à 166 grammes par jour et par habitant de substances polluantes (Barroin, 1991) réparties en : 57 g. j⁻¹ de matières oxydables, 90 g. j⁻¹ de matières en suspensions, 15 g. j⁻¹ de matières azotées, 04 g. j⁻¹ de matières phosphatées.

Tableau 9 : Caractéristiques générales d'une eau résiduaire urbaine D'après Kafi-Benyahia (2006).

Paramètres	Concentration moyenne (mg. l ⁻¹)	Quantité journalière rejetée par habitant (g)
MES	300 – 600	130
MVS	120 – 400	100
DBO ₅	100 – 500	80
DCO	200 – 1200	200
COT	50 – 300	40
Azote total (N)	50 -100	15
Phosphore total (P)	10	5

Chapitre II. Matériel & Méthodes

1. La Seybouse et le littoral récepteur

1.1. La 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 maraichères) 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 1200 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 pluviométriques, domestiques, industriels et agricoles.

Les débits de la Seybouse ont été relevés plusieurs fois dans l'année (figure 1), des prospections bimensuelles ont été également effectuées et le débit étant approximé. Les valeurs de débits portées sur la figure donnent de façon approximative l'intervalle de variation de ce dernier qui est très variable selon les condition météorologiques .Trois grandes crues sont enregistrées (février, avril, décembre ; figure 1). Ce dernier a beaucoup diminué et s'est même annulé pour quelques jours en été 2002.

Les données de 2003 montrent des débits exceptionnellement élevés (figure 1).

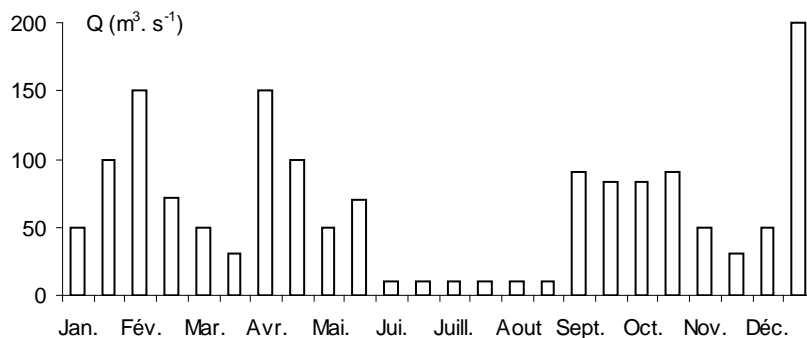


Figure 1 : Variations du débit mensuel moyen de oued Seybouse durant l'année 2003 (d'après Ounissi *et al.*, sous press).

1.2. Le littoral 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 2). Il s'agit d'influences de facteurs naturels (courants, oueds) et anthropiques très contrastées. On peut tirer des travaux de Fréhi, 1995; Khélifi-Touhami, 1998 et de Ounissi et al. 1998 les remarques suivantes :

- 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).

- 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 $\mu\text{moles.l}^{-1}$. Les valeurs moyennes du rapport N/P (1,4 à 3,5), indiquent l'existence d'une situation d'eutrophisation intense qui s'étale sur presque toute l'année.

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

En revanche les données de Ziouch (2007), indiquent que le secteur ouest du golfe d'Annaba, adjacent à l'estuaire du Mafrag est considérablement riche en matières organiques (COP & NOD) où les teneurs sont en moyenne 500 fois plus élevées qu'en mer ouverte. Cette richesse ne représente pourtant que la moitié en phosphate, en NID, en COP et le 1/6 en Chla des valeurs de l'estuaire adjacent. Ces valeurs situent le littoral parmi les milieu côtiers les plus eutrophes sans que cette eutrophie ne s'étend au stade de l'eutrophisation. Les valeurs modérées de la Chla ($1,5 \text{ mg. m}^{-3}$ en moyenne) expriment en effet cet état de richesse du littoral.

2. Echantillonnage et méthodes d'analyse des éléments chimiques

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au cours de l'année 2005 à l'embouchure de oued Seybouse, une des principales sources d'apport continental.

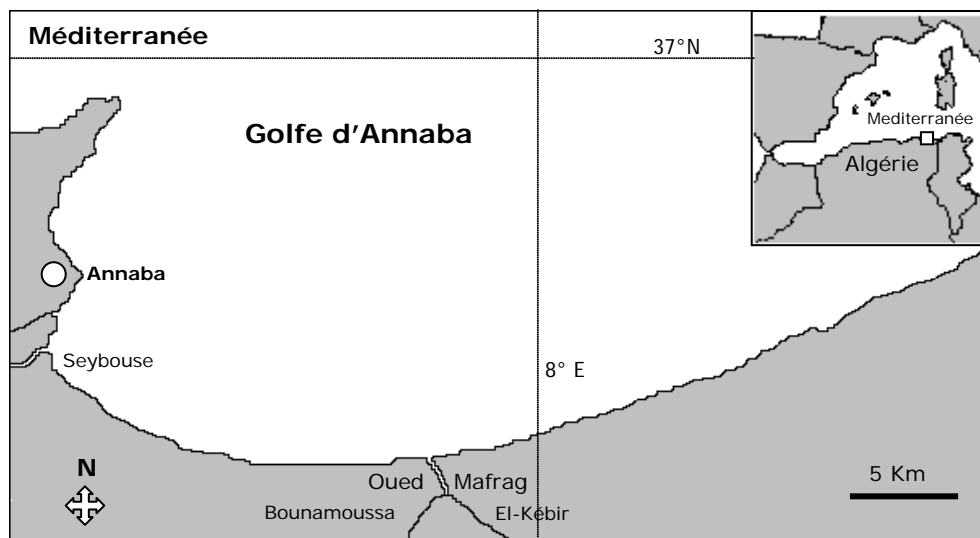


Figure 2 : Présentation du golfe d'Annaba et position des stations échantillonnées de oued Seybouse.



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

Les prélèvements ont été effectués deux fois par mois du 23 février 2005 au 15 janvier 2006 à 20-100 m de l'embouchure de la Seybouse : le lit de l'embouchure étant variable selon le débit et la saison. 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.

Il faut souligner cependant que plusieurs échantillons ont été cruellement perdus lors de leurs conservation par suite de coupures de courant électrique. Il s'agit des échantillons de fin juillet et de août.

2.2. Méthodes d'analyses chimiques

Les relevés de température ($^{\circ}\text{C}$) et de salinité (Practical Salinity Unit ou P.S.U.) ont été effectués à l'aide d'un multiparamètre wtw 197i. Les méthodes d'analyses chimiques sont succinctement résumées dans le tableau 10.

Les teneurs en sels nutritifs et en matières organiques sont exprimées en milligramme par litre (mg. l^{-1}).

Tableau 10 : Résumé des méthodes d'analyses des éléments chimiques.

Eléments	Méthodes	Références
Azote ammoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)	Dosage spectrophotométrique ($\lambda = 630 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Nitrate NO_3^-	Réduction des nitrates en nitrites et dosage spectrophotométrique des nitrites ($\lambda = 543 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Nitrite NO_2^-	Dosage spectrophotométrique ($\lambda = 543 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Phosphate PO_4^{3-}	Dosage spectrophotométrique : ($\lambda = 885 \text{ nm}$)	Aminot et chaussepied (1983)
Azote organique dissous (NOD)	Dosage spectrophotométrique : ($\lambda = 543 \text{ nm}$)	Aminot et chaussepied (1983)
Carbone organique particulaire (COP)	Dosage volumétrique	Aminot et chaussepied (1983)

Chapitre III. Variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs et des matières organiques dissoutes

1. Environnement hydrologique

- *Température*

La température des eaux de Oued Seybouse a beaucoup fluctué et reste dépendante des conditions atmosphériques. La figure 3 et le tableau 11 indiquent la température des eaux qui présentent des valeurs allant de 12°C en hiver (février) à 32,9°C en été (juin) .

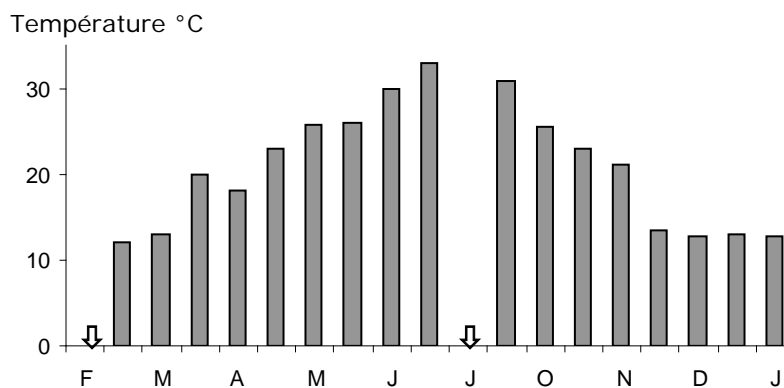


Figure 3 : Variations saisonnières de la température des eaux à l'embouchure de Seybouse en 2005. ↓ : pas de données.

Tableau 11 : Valeurs saisonnières moyennes de la température (°C) des eaux à l'embouchure de Seybouse en 2005. min: minimum, max. : maximum, moy. : moyenne.

	Hiver			Printemps			Eté			Automne			Valeurs annuelles
	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	
Température	12	12,9	12,56	13	26	20,96	29,9	32,9	31,23	13,4	25,4	20,67	21,35

• **Salinité**

Les eaux de oued Seybouse aval présentent des salinités variant entre 0,3 à 5,3 psu en hiver et 0,7 à 0,91 psu en automne (figure 4).

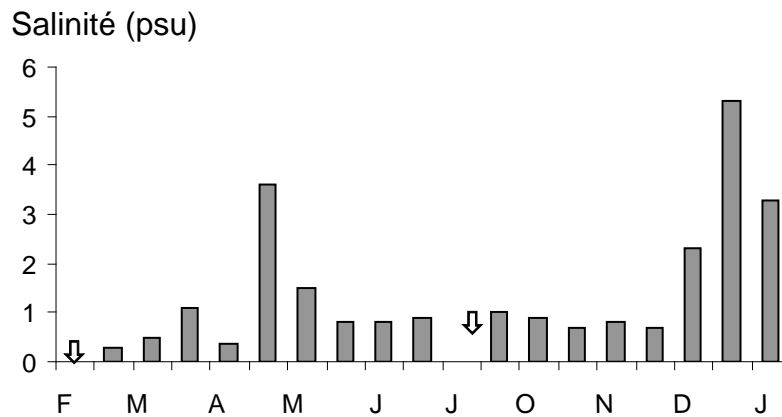


Figure 4 : Variations saisonnières de la salinité des eaux dans à l’embouchure de Seybouse en 2005. ↓ : pas de données.

Les valeurs élevées sont en effet le résultat des intrusions marines dans l’Oued lorsque le débit s’affaiblie. La fraction d’eau marine intruse dans l’Oued au point de relevé peut être estimée à partir de l’équation reprise de Geovanardi & Tromellini (1992). Cette fraction s’évalue à :

$100-f$ où $f = (Sm-Se)/Sm*100$ avec Sm : salinité de l’eau de mer et Se : salinité de l’échantillon. Pour une salinité maximale de 5,3 , la fraction d’eau marine est égale $100-f = 14,33\%$.

Tableau 12 : Valeurs saisonnières moyennes de la salinité des eaux à l’embouchure de Seybouse en 2005. min. : minimum, max. : maximum, moy. : moyenne.

S (P.S.U)	Hiver			Printemps			Eté			Automne			Valeurs annuelles
	min.	Max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	
Seybouse	0,3	5,3	2,63	0,37	3,6	1,31	0,8	1	0,9	0,7	0,91	0,77	1,40

2. Variations saisonnières des teneurs en sels nutritifs

2.1. Variations des teneurs de l'azote inorganique dissous (NID)

- *L'azote ammoniacal ($NH_4^+ - NH_3$)*

Les teneurs en azote ammoniacal fluctuent fortement tout au long des saisons présentant une moyenne annuelle de $1,60 \text{ mg. l}^{-1}$. C'est en automne que oued Seybouse apparaît plus chargé en ammonium, qui constitue la forme azotée dominante avec une fraction de 59% correspondant à une moyenne saisonnière de $2,77 \text{ mg. l}^{-1}$. Il s'agit d'une forte pollution par cet élément d'azote réduit puisque la valeur norme pour les eaux de surface n'est que de $0,342 \text{ mg. l}^{-1}$. Les concentrations les plus faibles se rencontrent en juin ($0,041 \text{ mg. l}^{-1}$), et le maximum en avril $4,87 \text{ mg. l}^{-1}$ (figure 5 et tableau 13).

- *Les nitrites (NO_2^-).*

Les ions nitrites constituent une forme transitoire de l'azote minéral dissous, passant en grande partie sous forme d'ammonium dans les conditions d'hypoxie et se transforment inversement en nitrate lorsque le milieu s'enrichit en oxygène. Il s'agit donc d'un stock convertible ou réserve potentielle.

L'azote nitreux est toujours remarquablement abondant dans les eaux de Seybouse en particulier en été où les valeurs sont de l'ordre de 1 mg. l^{-1} (figure 5 et tableau 13). Cet élément peut donc être toxique à ces concentrations exagérées (moyenne annuelle de $0,5 \text{ mg. l}^{-1}$) dépassant largement la valeur norme ($0,184 \text{ mg. l}^{-1}$). On peut comprendre que le littoral récepteur devrait recevoir d'énormes masses de nitrites ayant pour effet une toxicité pour la faune, si ce stock n'était pas converti en nitrate. et représente la forme la moins oxygénée de l'azote et la moins stable.

- *Les nitrates (NO_3^-).*

En règle générale, les nitrates caractérisent les eaux dulçaquicoles où cet élément constitue l'essentiel du stock de l'azote inorganique dissous. Les influences anthropiques modifient cependant l'importance de l'azote oxydé en particulier les eaux domestiques fortement enrichies en ammonium. Les eaux faiblement concentrées en nitrates expriment leur mauvaise qualité.

Dans la station embouchure de Seybouse, les teneurs en nitrates sont très faibles avec une moyenne annuelle de 2,50 mg. l⁻¹, le maximum s'observe en mars (5,29 mg. l⁻¹, figure 5 et tableau 13). Singulièrement c'est en été que Seybouse paraît chargé en nitrates (en moyenne 3,88 mg. l⁻¹) dont l'origine reste inexpliquée.

Tableau 13 : Valeurs moyennes saisonnières 2005 et fraction des différentes formes de l'azote inorganique dissous (NID : (NH₄⁺+NH₃⁻+NH₂⁻) dans la station aval de Seybouse.

hiver	NH₄⁺	NO₂⁻	NO₃⁻	PO4	NID	% NH₄⁺	% NO₂⁻	% NO₃⁻
<i>moyenne</i>	1,37	0,26	1,46	0,99	3,09	44,38	8,27	47,33
printemps	NH₄⁺	NO₂⁻	NO₃⁻	PO4	NID	% NH₄⁺	% NO₂⁻	% NO₃⁻
<i>moyenne</i>	2,04	0,22	3,25	0,18	5,51	36,96	4,07	58,96
été	NH₄⁺	NO₂⁻	NO₃⁻	PO4	NID	% NH₄⁺	% NO₂⁻	% NO₃⁻
<i>moyenne</i>	0,22	0,83	3,88	1,26	4,93	4,55	16,79	78,65
automne	NH₄⁺	NO₂⁻	NO₃⁻	PO4	NID	% NH₄⁺	% NO₂⁻	% NO₃⁻
<i>moyenne</i>	2,77	0,58	1,39	0,73	4,73	58,56	12,15	29,27

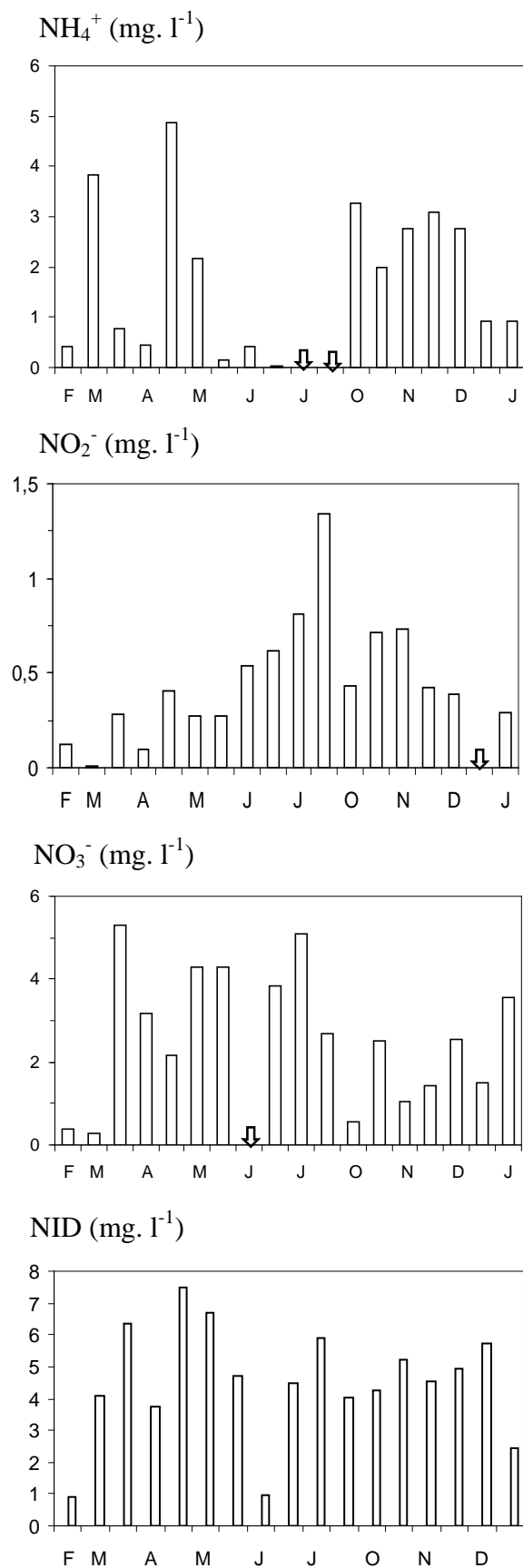


Figure 5 : Variations saisonnières des teneurs de l'azote ammoniacal, des nitrites et des nitrates dans la Seybouse durant l'année 2005. ↓ : pas de données.

2.2. Variation des teneurs en phosphates (PO₄)

La teneur en Phosphore des eaux naturelles est normalement très faible, l'essentiel étant présent dans le sédiment. Le phosphore subit une série de dépôts et de reprises sur son parcours au sein même du bassin versant.

Les ions phosphates sont très abondants en hiver, été et en automne avec des teneurs de l'ordre de 1 mg. l⁻¹ et traduisent une qualité médiocre des eaux en cette époque de l'année (Figure 6 et tableau14). Inversement, les eaux paraissent propres au printemps puisque les teneurs ne dépassent pas 0,20 mg. l⁻¹. L'été accuse les plus fortes teneurs, avec une moyenne de 1,26 mg. l⁻¹ et un maximum de 3,54 mg. l⁻¹ en juin. Il semble que ces fortes teneurs, coïncidant avec la période de tourisme, soient d'origine anthropique, de l'activité domestique en particulier.

La moyenne annuelle de 0,80 mg. l⁻¹ reste cependant bien supérieure à la valeur norme de bonne qualité des eaux de surface. (0,35 mg. l⁻¹).

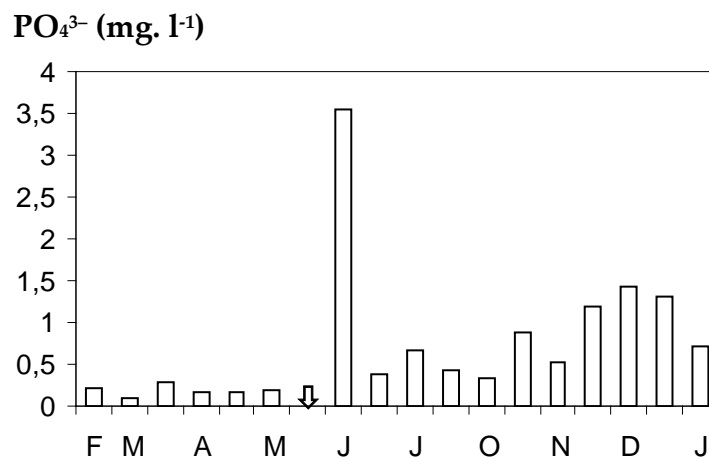


Figure 6 : Variations saisonnières des teneurs des phosphates (PO₄) au niveau de oued Seybouse en 2005. ↓ : pas de données.

Les besoins des protistes photosynthétiques en azote N et en phosphore P sont satisfaits avec un rapport molaire N/P = $[(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)/\text{PO}_4^{3-}]$ de l'ordre de 15/1. Les valeurs moyennes saisonnières de N/P sont quelque peu altérées par rapport aux valeurs normales en particulier en période estivale (N/P = 7,51) sous l'influence des apports anthropiques (enrichis en phosphates). Comme le montre le tableau 14, les valeurs du rapport N/P s'écartent fortement de la valeur d'équilibre en toute saison. Cette altération du rapport N/P traduit une dominance du phosphore par rapport à l'azote sauf au printemps où l'azote

l'emporte (Figure 7 et tableau 14) puisque N/P dans toutes les saisons (sauf au printemps) est de l'ordre de 7. L'augmentation du rapport N/P au printemps serait due aux apports de fertilisants agricoles (enrichis en azote). Aussi, l'apport excessif conduit à la prolifération des végétaux. Leur dégradation aérobie entraîne l'appauvrissement de l'eau en oxygène, accentué par la diminution de la photosynthèse en profondeur liée à l'augmentation de la turbidité. Le phosphore semble être le facteur essentiel en cause dans l'eutrophisation des eaux douces.

Tableau 14 : Valeurs moyennes saisonnières, intervalle de variation des teneurs en phosphates (mg. l^{-1}), et du rapport N/P, au niveau de oued Seybouse en 2005.

	hiver			printemps			été			automne		
	PO_4^{3-}	NID	N/P	PO_4^{3-}	NID	N/P	PO_4^{3-}	NID	N/P	PO_4^{3-}	NID	N/P
<i>moyenne</i>	0,99	3,09	3,35	0,18	5,51	32,85	1,26	4,93	7,51	0,73	4,73	7,88
<i>minimum</i>	0,21	0,91	1,85	0,10	4,09	23,06	0,39	0,94	0,26	0,33	4,26	4,16
<i>maximum</i>	1,42	5,70	4,21	0,27	7,46	44,38	3,54	5,91	11,41	1,18	5,21	12,62

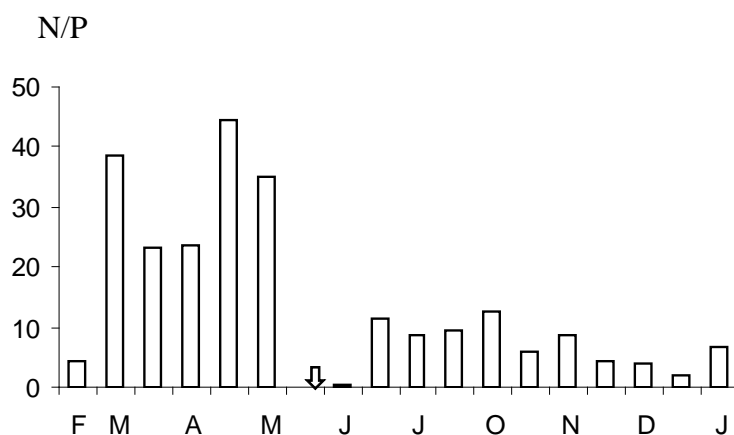


Figure 7 : Evolution saisonnière du rapport N/P dans la Seybouse aval en 2005.
 ↓ : pas de données.

3. Distribution des matières organiques

Les concentrations en matière organique dissoute sous forme d'azote organique (NOD) varient amplement tout au long de l'année avec des valeurs exceptionnellement élevées au printemps et en automne (Figure 8 et tableau 15). La valeur moyenne annuelle s'élève en effet à $4,14 \text{ mg. l}^{-1}$ tandis que la moyenne d'automne atteint 7 mg. l^{-1} . On peut constater en outre que globalement les teneurs en NOD évoluent de façon inverse par rapport au COP,

ce qui suppose que le NOD soit en partie d'origine particulaire. Le rapport NOD/COP passe de 0,66 en été, 0,68 en automne, 0,76 au printemps et 1,97 en hiver.

Outre cette relation entre matières organiques, on peut constater que le rapport NOD/NID est très faible, de l'ordre de 1, autrement dit une mole de matière minérale produit seulement une mole de matière organique. Il s'agit ici d'un grand gaspillage endogène de la matière primaire minérale qui semble profiter au littoral récepteur de l'excédent minéral (NID).

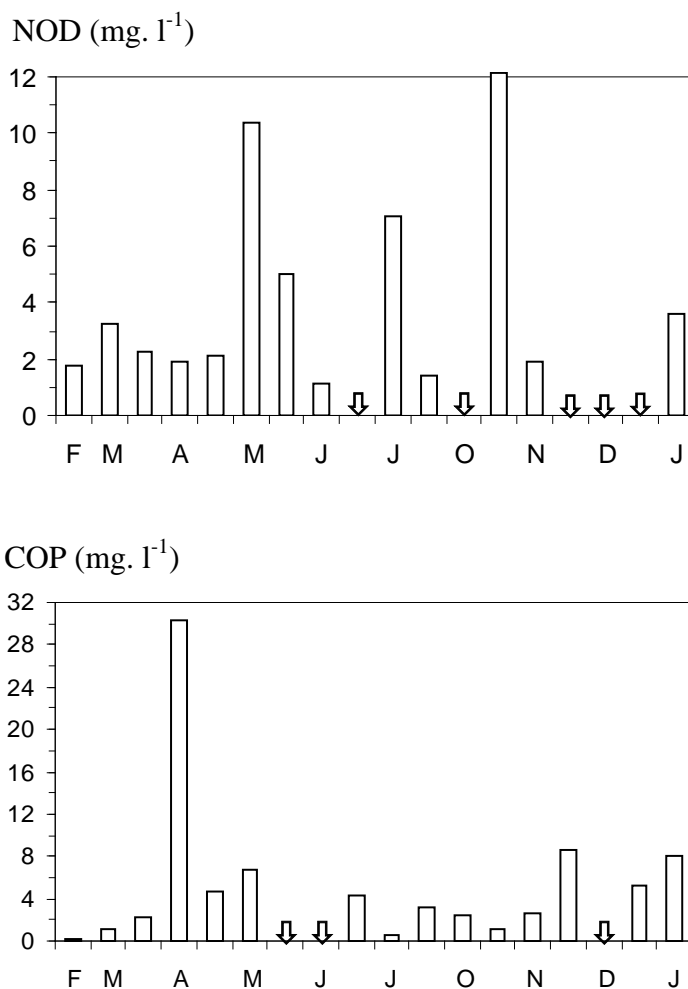


Figure 8 : Variations saisonnières des teneurs de l'azote organique dissous (NOD) et du carbone organique particulaire (COP) dans oued Seybouse en 2005. ↓ : pas de données.

Comme on peut le constater à la figure 8, la matière organique particulaire carbonée (COP) est surtout abondante au printemps (9 mg. l⁻¹) et en automne où les valeurs peuvent atteindre 3,73 mg. l⁻¹, alors que la moyenne annuelle est

de 4,30 mg. l⁻¹. La charge particulaire introduite à la côte devrait occasionner l'accumulation d'importantes masses de matières organiques pouvant retentir sur le fonctionnement du système côtier. En effet si l'on considère un débit moyen annuel de Seybouse de 15 m³ par seconde, le flux en COP représente une masse annuelle d'environ 800 tonnes par an.

Tableau 15 : Valeurs moyennes saisonnières (mg. l⁻¹), intervalle de variation des différentes formes de matières organiques (Carbone Organique Particulaire : COP et azote organique dissous : NOD) dans oued Seybouse en 2005.

	Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	NOD	COP	NOD	COP	NOD	COP	NOD	COP
moyenne	1,79	1,84	4,14	8,97	2,40	2,74	7,00	3,73
minimum	1,79	0,05	1,90	1,05	1,10	0,64	1,88	1,17
maximum	1,79	5,31	10,39	30,27	7,08	3,26	12,12	8,58

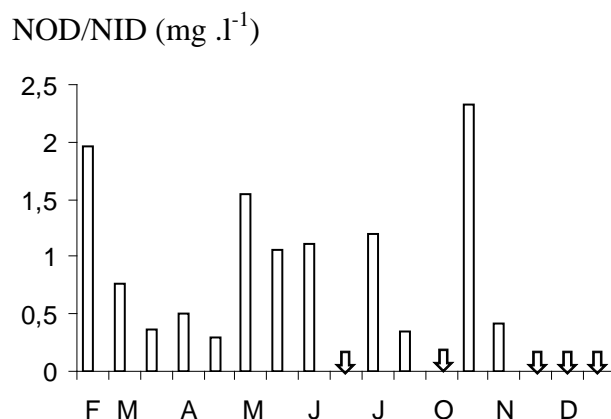


Figure 9 : Variations saisonnières du rapport NOD/NID mg .l⁻¹ dans la Seybouse aval en 2005. ↓ : pas de données.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La rétention des eaux des rivières est une altération anthropogénique du cycle terrestre de l'eau à côté de la surexploitation des eaux souterraines, du drainage des zones humides, de la construction des barrages, de la déforestation, de la désertification et de l'érosion des sols agricoles (Vorosmarty & Sahagian, 2000).

En dépit de ces perturbations, la relation directe entre les apports hydriques de nutriments fluviaux et la productivité biologique des écosystèmes marins est universellement bien établit (Budgen *et al.*, 1982; Estrada, 1996; Tsai *et al.*, 1997, Daskalov, 1999). Ainsi, la construction du barrage d'Assouan sur le Nil a eu de graves conséquences sur la production côtière pélagique et démersale. Wahby & Bishara (1981) rapportent que le débarquement des sardines a diminué de 95% (passant de 18 000 tonnes en 1962 à seulement 400 tonnes en 1968 et 600 tonnes en 1969) et les prises de Crevettes ont connues une baisse dramatique. En 1963 on pêchait 8 300 tonnes et on ne débarquait guère plus de 1 100 tonnes en 1969 (Esayed & van Gert, 1995). Considérant d'autres cas comme le fleuve Colorado, se jetant avec un débit amoindrit par les barrages, au Pacifique Ouest (Mer du Cortez), l'un des sites les plus productifs au monde (Postel *et al.*, 1998), on y rapporte un effondrement des prises de poissons à la suite de la réduction des apports du fleuve à la mer. De même, Deegan *et al.* (1986) montrent que dans le golfe du Mexique, les mises à terres de poissons sont directement corrélées à la surface des estuaires et au débit des fleuves. En Méditerranée, les récentes études de Palomera (1992) et Lloret *et al.* (2001) sur le fleuve de l'Ebre (Espagne), ont également montré la relation entre le débit du fleuve et la pêche de l'Anchois et d'autres poissons.

A ces constatations convaincantes, s'ajoute l'altération évidente de la qualité des eaux de surface par une grande diversité de polluants d'origines agricole, urbaine et industrielle.

L'une des pollutions chroniques et sévères universellement reconnue est l'eutrophisation des eaux qui retentit sur toutes les caractéristiques fonctionnelles des écosystèmes aquatiques. Ses effets bien que incontestables au niveau de la réduction de la biodiversité, restent cependant encore non quantifiés pour la production halieutique. Il faut en effet de très longues séries d'observation des prises de poissons et des apports terrestres de nutriments pour préciser la relation eutrophisation-pêche (Vollenweider *et al.*, 1992, Menesguen, 1991, Ibanez et Prat, 2003).

Le suivi des apports en nutriments au littoral d'Annaba par la Seybouse (Saker, 2007 ; Khammar, 2007 ; Gouiez, 2006 ; Laabed, 2006, Guettaf, 2007 ; Ounissi, 2007, Ounissi *et al.*, sous press), a permis d'évaluer les flux introduits à la côte. On estime que le golfe d'Annaba reçoit annuellement près de 10 000 tonnes d'azote et 3 000 tonnes de phosphates dont 50-60% reviennent à Seybouse. Les décharges en Demande biologique d'oxygène (DBO) peuvent atteindre annuellement 46 000 tonnes dont la Seybouse contribue à 60% environ (Ounissi, 2007).

Considérant un débit annuel moyen de $15\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ de Seybouse (LCHF, 1976) pour les années 2005 et 2006 (années pour lesquelles on n'a pas de données de débit), on peut évaluer les apports en azote et en phosphore par la Seybouse (Tableau 16). On constate une grande variabilité des teneurs et des flux qui semble être en relation avec le débit. Les valeurs interannuelles fluctuent en effet du simple au quadruple (Tableau 16) et incitent à la prudence pour toute conclusion que se soit. L'année 2005 étant par exemple la plus riche en nitrate mais la plus pauvre pour le reste des éléments. En raison de la forte pluviométrie de l'année 2003, les décharges à la mer de sels nutritifs sont les plus importantes en particulier pour l'ammonium et les phosphates. D'autre part, bien que fortement concentrées en ammonium, la Seybouse n'en décharge à la mer que 2000 tonnes en 2006 par suite du faible débit des eaux en cette année. Les conditions météorologiques jouent en conséquences un rôle primordial dans les transferts de matières dans le sens continent-mer.

Les flux en NOD et en COP sont du même ordre atteignant environ 2 000 tonnes en 2005 et les apports en azote total s'élève ainsi à plus de 4 000 tonnes.

Tableau 16 : Teneurs et flux annuels de l'azote minéral et du phosphore introduit par la Seybouse au littoral d'Annaba. Les valeurs de 2006 d'après Guettaf (2007) et celles de 2003 d'après Gouiez (2006). t. an⁻¹ : tonne par an.

	2003		2005		2006	
	mg. l ⁻¹	t. an ⁻¹	mg. l ⁻¹	t. an ⁻¹	mg. l ⁻¹	t. an ⁻¹
NH ₄ ⁺	2,47	4 035	1,60	757	4,32	2 044
NO ₂ ⁻	0,60	313	0,50	237	0,75	355
NO ₃ ⁻	2,77	1 116	2,50	1 183	1,65	781
NID	5,84	5 464	4,50	2 129	6,73	3 184
PO ₄ ³⁻	1,9	1 080	0,79	374	0,88	416

La pollution par les sels nutritifs est mitigée en 2005 comparativement aux autres années, comme le montre le tableau 17. Les eaux de la Seybouse se situent ainsi en 2005 dans la classe passable de la grille de qualité des eaux. En 2003 et 2006, la Seybouse est fortement polluée par l'ammonium et dans une moindre mesure par les phosphates. En revanche, les faibles valeurs N/P (sauf au printemps) impliquent que Seybouse connaît un dysfonctionnement qui retentit sur le littoral adjacent.

Tableau 17 : Qualité des eaux de la Seybouse en 2005. les valeurs sont exprimées en mg. l⁻¹. Entre parenthèse : valeurs de Seybouse.

	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Paramètre					
Ammonium	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2 (1,6)	2 à 8	>8
Phosphate	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1 (0,79)	1 à 2	>2
Nitrate	<5 (2,5)	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
Nitrite	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1 (0,47)	1 à 2	>2
Qualité générale			Passable		

Plus généralement, on considère que les teneurs des paramètres étudiés sont anormalement élevées pour le milieu récepteur en particulier durant l'été où la côte tombe en confinement hydrologique (Ounissi *et al.*, 1998) par suite du faible courant affectant le littoral en cette période de l'année. Les études conjointes du littoral devront préciser l'extension spatiale et temporelle des perturbations de l'écosystème occasionnées par ces polluants. On peut déjà supposer l'existence d'une forte eutrophisation due à la fois aux apports de sels nutritifs pouvant supporter une production potentielle primaire (Ounissi, 2007) de l'ordre de 1 00 000 tonnes par an (considérant que : 1g d'azote produit 11g de matière organique et 1g de phosphate produit 82g de matière organique, Guillaud et Aminot, 1991). Ce stock s'accroît affreusement si l'on considère les flux en DBO qui en rajoute 26 000 tonnes par an (Gouiez, 2006).

Sur le plan régional, à titre de comparaison, les fleuves européens montrent des teneurs en azote variant entre 1-12 mg. l⁻¹ et 0,2-40 mg. l⁻¹ pour le phosphore (DEDEREN, 1992). Le Rhône a une concentration moyenne de 3 mg. l⁻¹ d'azote et 4 mg. l⁻¹ de phosphore.

Le mauvais état des rivières, des eaux de surface et des eaux côtières de l'Europe a ainsi suscité une armada de réglementations et de Directives en perspective de la protection des eaux et des écosystèmes aquatiques.

Tableau 18 : Données hydrologiques des principales rivières méditerranéennes (repris et modifié de EEA, 1999). : Valeurs entre parenthèse : cette étude, valeurs soulignées : d'après Gouiez (2006).

Rivières	Flux (km ³ .an ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	N-NH ₄ (mg. l ⁻¹)	P- PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)	N/P	Pays
Pô	48,90	2,03	0,21	0,08	55,31	Italie
Rhône	48,07	1,48	0,12	0,10	33,53	France
Drini	11,39					Albanie
Neretva	11,01	0,27	0,03			Croatie
Buna	10,09					Albanie
Ebre	9,24	2,30	0,17	0,03	181,46	Espagne
Tever	7,38	1,37	1,04	0,26	12,17	Italie
Adige	7,29	1,25	0,11	0,03	95,35	Italie
Seyhen	11,30	0,43	0,7	0,14	7,18	Turquie
Ceyhen	13,30	1,03	0,13	0,04	58,96	Turquie
Evros/Meric	6,80	1,90	0,05	0,36	12,06	Grèce/Turquie
Vijose	6,15					Albanie
Iseer	6,12					Algérie
Akheloos	5,67	0,60	0,035	0,02	0,06	Grèce
Manavgate Creek	3,81	0,22				Turquie
Axios	4,90	1,58	0,06	0,48	1,05	Grèce
Buyuk Menderes	0,40	0,75	0,33	0,07	51,87	Turquie
Mati	3,25					Albanie
Volturno	3,10					Italie
Semani	3,02	0,24				Albanie
Striymon	2,59	1,24	0,05	0,11		Grèce
Goksu	3,60	0,59	0,18	0,06	25,74	Turquie
Brenta	2,32				22,48	Italie
Arno	2,10	0,91	0,04	0,50		Italie
Shkumbini	1,94	0,73			4,17	Albanie
Gediz		1,18	0,01	0,14		Turquie
Pescara	1,70				19,26	Italie
Krka	1,61	0,45	0,03	0,03		Croatie
Moulouya	1,58				35,47	Maroc
Var	1,57	0,18	0,03	0,01		France
Reno	1,40			0,09	68,57	Italie
Aude	1,31	1,42	0,1		0,03	France
Chellif	1,26					Algérie
Jucar	1,26	0,40	0,05	0,10		Espagne
Aliakmon	1,17	1,24	0,07		0,02	Grèce
Nestos	1,03	0,61	0,06	0,05		Grèce
Herrault	0,92	0,67	0,44	0,14	63,03	France
Orb	0,86		1,2		10,06	France
Ter	0,84	2,32	0,17			Espagne
Pinios	0,67	1,90	3,2	1,20		Grèce
Liobreat	0,47	1,36	0	0,01	4,50	Espagne
Metauro	0,43	1,80	1,5	0,47	868,59	Italie
Tet	0,40	0,74	0,1	0,11	6,72	France
Argens	0,38		0,05		37,43	France
Fluvia	0,36	1,90				Italie
Nile	0,3		3,1			Egypte
Besos	0,13	0,34				Espagne
Kishon	0,06					Palestine
Tavignano	0,06					France (Corse)
Seybouse	0,5-2	<u>0,57</u> (0,56)	<u>2,15</u> (1,30)	<u>0,62</u> (0,26)	<u>5</u> (12,90)	Algérie

La Directive EC/60/2000 (EC, 2000) en est un exemple d'envergure très démonstratif.

Par ailleurs, l'examen du tableau 18 permet de conclure que la Seybouse se situe parmi les rivières les plus polluées de Méditerranée et d'Europe en terme d'ammonium et de phosphate.

Enfin l'ensemble de ces constatations, incite à la collecte et à la surveillance, sur une longue durée, de la qualité chimique des eaux continentales déchargées à la côte d'Annaba en vue de constituer une banque de données, permettant de prévoir le niveau d'enrichissement du littoral et de sa production halieutique. En fait, les données manquent cruellement tant au niveau local que régional, comme le fait apparaître les rapports du plan d'Action en Méditerranée ou des Agences gouvernementales pour l'environnement.

Cet objectif est déjà poursuivi depuis 2002 est inscrit dans le programme international « LOICZ : Land Ocean Interaction in Coastal Zone » disposant d'outils de modélisations des transferts de matières continentales à la mer.

Ces études hydrologiques devront constituer un élément crucial dans l'aide à la décision pour une gestion intégrée du littoral d'Annaba selon 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.

Références bibliographiques

Agence Européenne de l'environnement. 1999. State and pressure of the marine and coastal Mediterranean environment. *Environmental assessment series* : 137 p.

Agence de Bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH). 2002. Bassin de la seybouse. Actualisation. *Les cahiers de l'agence, 7* : 32p.

Almeida, M.C., Butler, D. et Friedler, E. 1999. At-source domestic wastewater quality. London. *Urban Water, 1*: 45-55.

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

Aminot, A., Chaussied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395p.

Asmidal. 2004. Utilisation des engrais par culture en Algérie. www.fao.org.

Barroin, G. 1991. La réhabilitation des plans d'eaux. *la Recherche, 238* (22) : 1412-1422.

Benblidia, M., Margat, J. & Vallée, D. 1997. Water in the Mediterranean sea: situations, perspectives and strategies for sustainable water resources management. Blue Plan for the Mediterranean-Mediterranean Action Plan. 2nd ed. Sophia Antipolis, 91p.

Béthoux, J.P. 1989. Oxygen consumption, new production, vertical advection and environmental evolution in the Mediterranean sea. *Deep-sea research, 36* (A5): 769-781.

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

Blanic, R., Benneton, J.P. 1989. Caractérisation des effluents de d'assainissement individuel et essai de matériels d'assainissement autonome. Techniques Science et Méthode.

Budgen, G.L., Hargrave, B.T., Sinclair, M.M., Tang, C.J., Therriault, J.C. & Yeats, P.A. 1982. Freshwater runoff effects in the marine environment: the Gulf of St Lawrence example. *Canadian Technical Reports on Fisheries and Aquatic Sciences, 1078*: 1-89.

CE, 2000. Directive Européenne 2000/CE/60. Journal officiel de la communauté européenne du 23 octobre 2000 sur la politique de l'eau. PE-LONS 36 39/1/100 REV 1, Bruxelles.

- Daskalov, G. 1999.** Relating fish recruitment to stock biomass and physical environment in the Black Sea using generalized additive models. *Fisheries Research*, 41:1–23.
- Deegan, L.A., Day, J.W., Gosselink, J.G., Yanez-Arancibia, A., Soberon, G. & Sanchez-Gil, P. 1986.** Relationships among physical characteristics, vegetation distribution and fisheries yield in Gulf of Mexico estuaries, in: D.A. Wolfe (Ed.) *Estuarine Variability*, New York, Academic Press.
- Dederen., L.H.T. 1992.** Marine eutrophication in Europe similarities and regional differences. In: Marine coastal eutrophication, edited by R.A. Vollenweider, R. Marchetti and R. Viviani. Proc. Inter. Conference Bologna, 21-24 March, 1990, *J. Sci. Total Environ.*, Elsevier, Suppl. : 663-672.
- El-Sayed, S.Z. & Gert, L. van 1995.** The southeastern Mediterranean ecosystem revisited: thirty years after the construction of the Aswan high dam. *Quarterdeck*, 3(1): 4–7.
- Estrada, M. 1996.** Primary production in the northwestern Mediterranean, *Scientia Marina*, 60(2): 55–64.
- European Commission 2000.** Water Framework Directive EC/60/2000, *Official Journal of the European Commission*, 327/1, 12–22–00: 1–72.
- FAO. 2005.** Utilisation des engrais par culture en Algérie. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture , Rome, 2005, 56p.
- Forsberg, C. 1991.** Eutrophication of the Baltic Sea. In: The Baltic sea environment, Uppsala University, Sweden.
- 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.
- Giovanardi, F. & Tromellini, E. 1992.** An empirical dispersion model for total phosphorus in a coastal area: the Po River-Adriatic system. In: Marine Coastal Eutrophication, (Vollenweider R.A., Marchetti, R. & Viviani, R., eds) Bologna (Italy), 21-24 March 1990, *J. Sci. Total Environ.*, Elsevier, Suppl. 201-210.
- Gouiez, H. 2006.** Apport en sels nutritifs et en Matières organiques oxydables au littoral d'Annaba par Oued Seybouse et l'estuaire de la Mafrag. Mémoire de Magister, Université d'Annaba. 30p.
- 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.
- Gray, J.S. and Paasche, E. 1984.** On marine eutrophication. *Mar. Pollut. Bull.*, 15(10): 349-350.

- Guettaf, M. 2007.** Aspects chimiques de Oued Seybouse : apports en sels nutritifs et en matières organiques. Mémoire Magister, Université d'Annaba, 48 p.
- Guillaud J. F., Aminot A., 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., Itekkot, V., Cociasu, A. & Bodungen, B. 1997.** Effect of Danube river dam on black sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature*, London, **386**: 385-388.
- Ibanez, C., Prat, N. 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 (JORA), 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.
- Kafi-Benyahia, M. 2006.** Variabilité spatiale des caractéristiques et des origines des polluants de temps de pluie dans le réseau d'assainissement unitaire parisien Thèse de Doctorat l'école nationale des ponts et chaussées Spécialité : Sciences et Techniques de l'Environnement, 500 p.
- Khammar, H. 2007.** Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magister, Université d'Annaba. 46p.
- Khelifi-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, 132p.
- Konovalove, S. M. 1995.** Anthropogenic impact and ecosystems of the black sea, *Bulletin de l'institut oceanographique*, Monaco, n° spécial, 15: 53-83.
- Laabed, S., Gouiez, H ., Ounissi, M., Saker, I ., Haridi, A., Khélifi-Touhami, M. & Abdennour, C. 2006.** Apport en sels nutritifs et en matières organiques au littoral d'Annaba par les effluents urbains et industriels. Actes 8^{ème} Congrès des Limnologues d'Expression Française, Hammamet, Tunisie, 17-21 mars 2006.
- Laak, R. 1974.** Relative pollution strengths of undiluted waste materials discharged in households and the dilution waters used for each. In: J. H. T. Winneberger, *Manual of grey water treatment practice*. Michigan, USA: Ann Arbor., 68-78.
- 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.

- Lentner, C. & Wink, A. 1981.** Units of measurement, body fluids, Composition of the body, Nutrition. Geigy Scientific tables. Ciba-Geigy, Basle.
- Lloret, J., Lleonart, J., Sole, I. & Fromentin, J.M. 2001.** Fluctuations of landings and environmental conditions in the north-western Mediterranean Sea. *Fisheries Oceanography*, **10**(1): 33–50.
- Marchetti, R. 1990.** Algal blooms and gel production in the Adriatic Sea. Proc. Workshop "Eutrophication-related phenomena in the Adriatic Sea and in other Mediterranean coastal zones", Rep.16, Roma, 28-30 May. *Water Poll. Res.*: 21-42.
- Margat, J. 1992.** L'eau dans le bassin méditerranéen: situation et prospective. Les fascicules du Plan Bleu. Supplément. 6. UNEP-RAC/BP, Diffusion Economica, Paris, 188p.
- Margat, J., Vallée, D. 1999.** Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques, ed. Plan bleu. 200p.
- Margat, J. 2004.** L'eau dans le bassin méditerranéen: situation et prospective. Les fascicules du Plan Bleu. *MAP Technical Report Series No. 158*, Athena, 366p.
- 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.
- 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 œuvre de l'Agenda 21. Tunis, 16-20 mai 1994, 106p.
- Ounissi, M., Haridi, A., Gouiez, H., Laabed, S., Saker, I., Khelifi-Touhami, M., Abdennour, C. & Boumaza, M.S.** soumis. Apports de phosphates et d'azote minéral de oued seybouse au littoral d'annaba (Algérie). *Revue des Sciences de l'eau*.
- Ounissi, M., Fréhi, H. et Khélii-Touhami, M. 1998 .** Variabilité du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golf d'Annaba (Algérie). *An. Inst. Océanogr.*, 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.
- Ounissi, M. 2007.** Devenir et incidences des flux de matières continentales enrichissantes et polluantes dans le littoral d'Annaba. Bilan final du projet de recherche ONEDD/MATE/05/04, 11p.

Okaichi, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. 1987. Red Tides. *Biology, Environmental Science and Toxicology*. Proc. 1st Int. Symp. on Red Tides, Takamatsu, Kagawa Pref. Japan, Nov. 10-14, New York. Elsevier.

Palomera, I. 1992. Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus* in the northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. *Marine Ecology Progress Series*, 79: 215–223.

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

PNUE/PAM/PLAN BLEU, 2004. L'eau des Méditerranéens : situation et perspectives. rapports techniques du PAM, No. 158, PAM, PNUE/PAM, Athènes.

Postel, S.L., Morrison, J.I. & Gleick, P.H. 1998. Allocating fresh water to aquatic ecosystems: the case of the Colorado River delta. *Water International*, 23:119–125.

Prud'homme, M. 2001. Perspectives de l'offre et la demande d'engrais dans le monde. 7e Rencontres Internationales de l'AFCOME Bulk Blending 2001 Bordeaux, 14-16 novembre 2001, 11p.

Rosenberg, R. 1985. Eutrophication- the future marine coastal nuisance?, *Marine pollution. bull.*, 16 (6): 227-231.

Saker, I. 2007. Caractères chimiques des effluents industriels directs introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magister, Univ. Annaba. 38p.

Siegrist, R., Witt, M. and Boyle, W. C.1976. Characteristics of rural household wastewater. Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 102 (EE), 533-548.

Site internet. : www.eea.eu.int.

Stirn, J. 1993. Man-made eutrophication in the Mediterranean sea. *Medit.* 4: 8-23.

Tsai, C.F., Chen, P.Y., Chen, C.P., Lee, M.A., Shiah, G.Y. & Lee, K.T. 1997. Fluctuation in abundance of larval anchovy and environmental conditions in coastal waters off southwestern Taiwan as associated with the El Nino—southern oscillation. *Fisheries Oceanography*, 6: 238–249.

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

UNEP/MAP/MED POL/WHO. 2004. Guidelines for the management of industrial wastewater for the Mediterranean region. *MAP Technical Reports Series* No. 153, UNEP/MAP, Athens.

UNESCO. 1988. Eutrophication in the Mediterranean Sea: Receiving capacity and monitoring of long term effects. Rapporteur Joze Stirn. Proc. Workshop Bologna, Italy, 2-6 March 1987. *UNESCO Report in Marine Sciences*, **49**.

Vollenweider, R.A., Rinaldi, A. and Montanari, G. 1992. Eutrophication, Structure and Dynamics of a Marine Coastal System: results of ten years monitoring along the Emilia-Romagna coast (Northwest Adriatic Sea). In: Marine coastal eutrofication, edited by R.A. Vollenweider, R. Marchetti and R. Viviani. Proc. Inter. Conference Bologna, 21-24 March,1990, *J. Sci.Total Environ.*, Elsevier, Suppl. : 63-106.

Vorosmarty, C.J. & Sahagian, D. 2000. Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *BioScience*, **50**(9) :753–765.

Wahby, S.D. & Bishara, N.F. 1981. The effect of the River Nile on Mediterranean water before and after the construction of the high dam at Aswan, in: *Proceedings of a Review Workshop on River Inputs to Ocean Systems* (New York, United Nations).

Ziouch, O.R. 2007. Hydrologie et biogéochimie du complexe estuarien du Mafrag et de ses panaches littoraux. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 54p.