

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 EFFLUENTS URBAINS INTRODUITS AU LITTORAL D'ANNABA

Option

Environnement Littoral

Par : KHAMMAR Hichem

Directeur de mémoire : M. OUNISSI Makhoulf

Pr U. Annaba

Devant Le Jury :

President: M. Bouchami T.

Mc U. Annaba

Examineur : M. Hazourli S.

Mc U. Annaba

Examineur : M. Drardja B.

Mc U. Annaba

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
Chapitre I : Matériel et Méthodes	
1. Milieu récepteur et sites étudiés.....	4
2. Caractères chimiques des effluents urbains.....	6
3. Prélèvements et méthodes d'analyses chimiques.....	8
Résultats	
Chapitre II : Caractères hydrologiques	
1. Approximation du débit	13
2. Température et salinité des eaux	13
• Température.....	13
• Salinité.....	14
Chapitre III : Teneurs, flux des sels nutritifs et matières organiques de l'effluent urbain	
1. Distribution des sels nutritifs dans l'effluent urbain.....	16
1.1. L'azote minéral.....	16
• L'azote ammoniacal.....	16
• Les nitrites.....	16
• Les nitrates.....	17
• L'azote inorganique dissous.....	18
1.2. Les phosphates.....	19
2. Approximation des flux introduits au littoral	21
2.1. L'azote minéral.....	21
2.2. Les phosphates.....	22
3. Distribution de la matière organique.....	23
3.1. Les matières en suspension.....	23
3.2. Le carbone organique particulaire.....	24
3.3. La demande biochimique en oxygène.....	24
3.4. La demande chimique en oxygène.....	25
3.5. La charge polluante.....	26
3.6. La matière oxydable.....	27
4. Flux de matières organiques urbaines au littoral	27
4.1. Les matières en suspension.....	27
4.2. Le carbone organique particulaire.....	28
4.3. La demande biochimique en oxygène.....	28
4.4. La demande chimique en oxygène.....	29
4.5. La charge polluante.....	30
4.6. La matière oxydable.....	30
Discussion et conclusion.....	32
Références bibliographiques.....	37
Résumé en Français.....	43
Résumé en Anglais.....	44
Résumé en Arabe.....	45

Liste des figures

- Figure 01** : Position des sites sources majeures de pollution du golfe d'Annaba: Oued Boudjemâa, Oued Seybouse, Oued Mafrag, effluents d'Asmidal.....
- Figure 02** : Variations bimensuelles de la température des eaux dans les sites étudiées en 2006.....
- Figure 03** : Variations saisonnières de la salinité des eaux dans les sites étudiées en 2006.....
- Figure 04** : Variations saisonnières des teneurs en azote ammoniacal dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.....
- Figure 05** : Variations saisonnières des teneurs des nitrites dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.....
- Figure 06** : Variations saisonnières des teneurs des nitrates dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 07** : Variations saisonnières des teneurs en azote inorganique dissous) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 08** : Variations saisonnières des teneurs en phosphate dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 09** : Variations saisonnières des flux des différentes formes de l'azote inorganique dissous dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 10** : Variations saisonnières s des flux en phosphates dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 11** : Variations saisonnières des teneurs en matière en suspension) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 12** : Variations saisonnières des teneurs en carbone organique particulaire dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 13** : Evolution saisonnière des teneurs en DBO_5 de Oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 14** : Evolution saisonnière du taux d'épuration dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 15** : Evolution saisonnière de la demande chimique en oxygène dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 16** : Evolution saisonnière de la charge polluante dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 17** : Evolution saisonnière de la matière oxydable dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 18** : Variations saisonnières des flux des matières en suspension dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.
- Figure 19** : Variations saisonnières des flux en carbone organique particulaire dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.

Figure 20 : Variations saisonnières des flux de la demande biologique en oxygène dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.

Figure 21 : Variations saisonnières des flux de la demande chimique en oxygène dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.

Figure 22 : Variations saisonnières des flux de la charge polluante dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.....

Figure 23 : Variations saisonnières des flux en matière oxydable dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.

Figure 24 : Evolution du rapport N/P dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006.....

Liste des tableaux

- Tableau 01** : Production des matières fécales et des urines d'après Kafi-Benyahia (2006).....
- Tableau 02** : Masse des MES, de matières organiques et azotées dans les excréments humains (Laak, 1974; Seigrist et al., 1976).....
- Tableau 03** : Production d'eau usée domestique par type d'usage (1 en Grande Bretagne ; 2 à Malte ; 3 en France). D'après Kafi-Benyahia (2006).....
- Tableau 04** : Caractéristiques générales d'une eau résiduaire urbaine D'après Kafi-Benyahia (2006).....
- Tableau 05** : Caractérisation d'une eau usée avant raccordement à une station d'épuration urbaine d'après la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, 2001).....
- Tableau 06** : Résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques, de la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, la matière oxydable et la charge polluante.....
- Tableau 07** : Intervalle de variation saisonnière des débits journaliers moyens des eaux usées domestiques véhiculées par Oued Boudjemâa durant l'année 2006 en $m^3.s^{-1}$
- Tableau 08** : Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous exprimées en $(mg.l^{-1})$ relevées dans les deux stations de Oued Boudjemâa durant l'année 2006.....
- Tableau 09** : Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates $(mg.l^{-1})$ relevées en amont et aval de Oued Boudjemâa durant l'année 2006.....
- Tableau 10** : Flux journalier moyen $(kg.j^{-1})$ en chaque saison de l'azote transporté à la côte de et fractions (%) dû aux transformations après libération des rejets industriels dans Oued Boudjemâa en 2006.....
- Tableau 11** : Charge moyenne saisonnière de la DBO_5 exprimée en $(mg.l^{-1})$ et taux de réduction (%) [(Amont - Aval)/Amont] de Oued Boudjemâa en amont et en aval en 2006.....
- Tableau 12** : Flux journalier moyen (F.m) en chaque saison $(Kg.j^{-1})$ et charge totale annuelle (F.t.a) en DBO transférée au littoral par Oued Boudjemâa en Amont et en Aval. en 2006.....
- Tableau 13** : Modification du chimisme de Oued Boudjemâa après libération des rejets d'Asmidal en 2006.....
- Tableau 14** : Valeurs moyennes du rapport N/P calculés sur des données bimensuelles des différents sites étudiées de Oued Boudjemâa en 2006 et l'autre en 2003 d'après l'étude de Laabed et Gouiez (2006).....
- Tableau 15** : Valeurs moyennes de l'équivalent par habitant calculé sur des données bimensuelles de Oued Boudjemâa en 2006.....
- Tableau 16** : Charges polluantes des eaux usées domestiques d'après Kafi-Benyahia (2006).....
- Tableau 17** : Charge des polluants (domestique et industriels et rivières nationales) des pays de la mer noire d'après Sarikaya et al., (1999).....

Tableau 18 : Comparaison des apports journaliers moyens d'origines urbaines et fluviale sur le littoral méditerranéen français Aminot et Guillaud (1991) et algériens (présente étude). Valeurs entre parenthèse d'après Gouiez (2006).....

Avant propos

Ce travail a été réalisé au Département des Sciences de la Mer (DSM), dans le contexte d'un projet national (ONEDD/04/05) de la Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement: (récupération et usage des sous produits chimiques d'effluents industriels dans le traitement des eaux usées domestiques zone Annaba), visant la compréhension du devenir et des incidences des flux de matières continentales enrichissantes et polluantes dans le littoral d'Annaba.

Ce mémoire a été effectué sous la direction de Mr. Makhoulf OUNISSI, professeur au département des sciences de la mer et directeur de laboratoire d'Environnement littoral à l'université de Badji Mokhtar Annaba

Je tiens à remercier Mr. OUNISSI Makhoulf d'avoir suivi et guidé ce travail en apportant conseils et remarques. Je lui exprime ma gratitude et ma vive reconnaissance

J'ai l'honneur par Monsieur BOUCHAMI Tidjani., Maître de conférences au Département de Chimie industrielle d'avoir accepté la présidence de mon Jury et d'examiner mon travail, je lui exprime toute ma gratitude,

Je suis très heureux que ce travail soit jugé par, Monsieur HAZOURLI Sabir., Maître de conférences au Département de Chimie. Ses remarques me seront de grandes utilités.

Je suis également honoré par la présence de Monsieur DRAREDJA Brahim., Maître de conférences au département des sciences de la mer d'examiner ce modeste travail.

Madame BELBACHA-KHELIFI-TOUHAMI Meriem., Chargé de Cours, m'a toujours encouragé pour assurer un travail de qualité. Je lui exprime toute ma gratitude.

Je dois remercier vivement Monsieur HARIDI Ahcene. Maître Assistant pour m'avoir aidé par ses conseils et m'a encourager toujours à s'appliquer efficacement pour achever mon mémoire.

Je tiens à remercier toute l'équipe du laboratoire d'Environnement littoral pour leurs aides techniques, leurs précieuses aides sur sites et au laboratoire.

Merci à tous pour l'ambiance chaleureuse, le soutien moral et technique qu'ils m'ont apporté.

INTRODUCTION

Introduction

Les activités terrestres (urbanisation, industrie et agriculture) représentent la principale source de pollution de la mer Méditerranée, bien que de nombreuses incertitudes demeurent quant à leur contribution respective, aux différents flux (rivières, atmosphère, sources diffuses) et au sort des polluants qu'elles génèrent (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 du milieu marin et littoral. (Margat, 1992).

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/PNUE, 1994).

En Algérie les ressources en eau douce sont rares et vulnérables et la disponibilité en eau potable par habitant est en décroissance inquiétante (Saghir, 2000 ; Bouzidi, 2000 ; ABH, 1999). Les volumes d'eau usées rejetés annuellement à travers les réseaux d'assainissement des agglomérations sont estimés à $0,6 \cdot 10^9$ m³ en 1985 et seront à près de $1,5 \cdot 10^9$ m³ en 2010, ce qui à long terme constituera un ressource potentielle recyclable (MRE, 2001 ; Kettab, 2001). Environ 73% de la population agglomérées est raccordées à un réseau d'assainissement avoisinant $30 \cdot 10^3$ km (MRE, 2001 ; ME, 1990). Si l'effort de réalisation de réseaux d'assainissement a permis d'améliorer le cadre de vie à l'intérieur des agglomérations, il a cependant entraîné une concentration des rejets d'eaux usées dans les milieux récepteurs, ce qui constitue une menace pour l'environnement d'une manière générale.

En effet, peu de stations d'épurations ont été réalisées (56) dont 80% sont abandonnées et seulement quelques centaines de bassins de décantations et quelques stations de lagunage.

En pratique, le code des eaux amendé en 1996 (MRE, 1996) et la loi littorale (JORA, 2002 ; CE, 2000) stipulent que toute agglomération de plus de 100 000 habitants doit

disposer impérativement de procédés et de systèmes d'épuration des eaux usées. Les agglomérations de cette catégorie sont aujourd'hui au nombre de 32 avec une population de plus de 7.10^6 habitants, qui théoriquement, génèrent plus de 300.10^6 $m^3.an^{-1}$, alors que la capacité totale des STEP existantes ou en cours de réalisation au niveau de ces agglomérations ne représente que 50% de la population de ces dernières. Avec une dotation moyenne de 150/j/hab et avec un taux de rejet de 80%, on estime que le volume global à épurer soit d'environ 600.10^6 $m^3.an^{-1}$ (MRE, 2001 ; Tamrabet, 2002).

Sur le plan environnemental, les eaux usées occasionnent à la fois une pollution microbiologique chronique et des eutrophisations côtières, de part les désagréments esthétiques et sanitaires (Guillaud et Aminot, 1991 ; Menesguen, 1991 ; Kerr et Ryder, 1992). Les principaux risques pour la santé humaine sont les suivants : absorption de micro-organismes pathogènes présents dans l'eau de mer contaminée, contact direct avec l'eau de mer et le sable de plage pollués, et consommation de fruits de mer contaminés par des agents pathogènes : de même, de façon plus limitée, avec des métaux lourds et des produits chimiques, particulièrement dans les organismes bio accumulateurs tels que les organismes filtreurs et les poissons carnivores (Ros, 1994).

De plus, les conditions climatiques méditerranéennes clémentes permettent d'accueillir sur la côte près d'un tiers du tourisme mondial, produisant d'importantes décharges pesant lourdement sur la qualité de l'environnement littoral. Le niveau d'atteinte de l'environnement total reste encore peu connu sur de vastes étendues de la zone littorale méditerranéenne, essentiellement au sud et à l'est (AEE, 1999 ; Helmer, 1977).

Les eaux usées sont encore peu considérées en Algérie tant sur le plan volume que sur le plan caractérisation chimique. Les effluents urbains et domestiques de la ville d'Annaba de, part leur collecte, sont livrées à l'abandon et ne subissent aucun traitement, si ce n'est leur assemblage temporaire limité à la saison d'été dans les bassins de lagunage. Les études qui s'y rattachent se limitent à suivi des flux en azote et en phosphore en 2003 (Laabed, 2006 ; Laabed et al, 2006). Les résultats qui s'en issus bien que fondamentaux, offrant les premières observations scientifiques, devront se poursuivre pour une meilleure compréhension, évaluation et gestion des eaux usées urbaines d'Annaba. Cette étude fait suite logique à ces travaux antérieurs et tente de réévaluer, actualiser et diagnostiquer ces effluents en vue soit d'un traitement directe dans la station d'épuration en cours de réalisation, soit d'un prétraitement par les effluents industriels du complexe d'Asmidal, par ailleurs, rejetés sans traitements et sans aucune valorisation. D'autre part, les évaluations de descripteurs d'équivalent

habitant se réfèrent à tort aux données de pays développés, et en conséquence une étude du flux spécifique à la population d'Annaba et à plus fortes raisons pour la population algérienne, devrait déterminer la spécificité du rejet individuel, eu égard même à la différence du niveau de vie et du régime alimentaire des populations humaines.

L'objectif de cette étude est (1) d'évaluer les flux d'azote minéral, des phosphates et des charges de la demande en oxygène que reçoit le littoral. Il s'agit d'une caractérisation chimique des effluents urbains se déversant directement sans traitements dans littoral. Cet diagnostic chimique est préalable à tout traitement ou gestion des effluents urbains. Le présent travail est structuré en trois chapitres, le premier expose les stations d'étude et les méthodes d'analyse utilisées. Le deuxième chapitre présente les caractères hydrologiques du site étudié et le troisième s'attache à l'interprétation des résultats. Enfin ce travail est s'achève par une discussion des résultats.

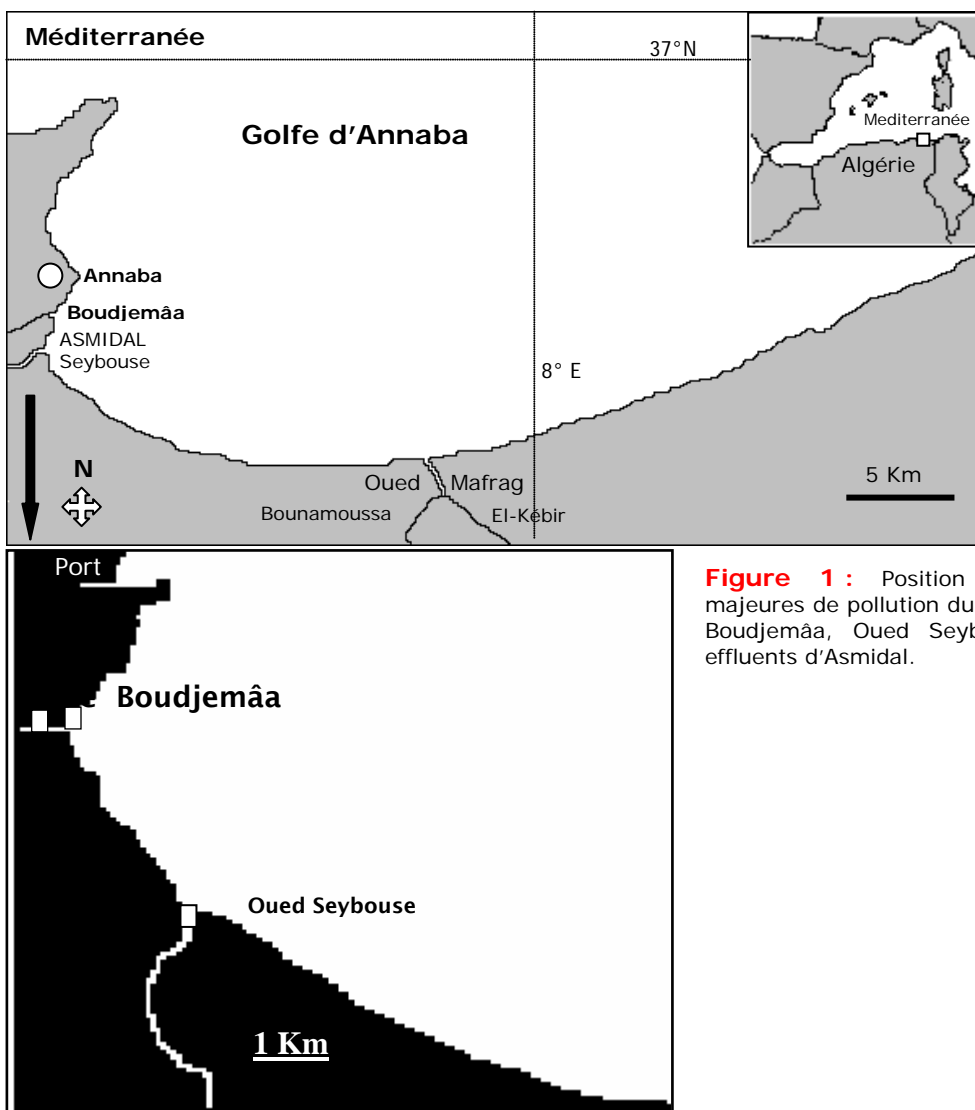
CHAPITRE I

MATERIELS ET METHODES

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

1. Milieu récepteur et sites étudiés

Le golfe d'Annaba, situé à l'extrême Est algérien ($36^{\circ} 50' - 37^{\circ} N$; $7^{\circ} 45' - 8^{\circ} 15' E$) est soumis aux facteurs océanographiques externes d'une part (intrusions d'eau du large à partir de l'entrée du golfe) et aux décharges continentales introduisant d'importantes quantités de polluants chimiques d'autre part (Fig. 1). Il s'agit d'influences de facteurs naturels (courants, oueds) et anthropiques très contrastées (rejets industriels du complexe d'Asmidal et rejets urbains).



Quelques caractéristiques océanographiques fondamentales ont été rapportées

récemment par [Ounissi et al. \(1998, 1999\)](#), [Fréhi \(1995\)](#), [Khélifi-Touhami \(1998\)](#).

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 ([LCHF, 1976](#)). A l'entrée du golfe (Cap de garde), en 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 $67 \mu\text{mole. l}^{-1}$ 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 $2-18 \mu\text{mole. l}^{-1}$

3 Les concentrations en Chlorophylle *a* phytoplanctonique sont toujours élevées même en hiver et varient en moyenne entre 4 et 11 mg. m^{-3} . De telles teneurs expriment une situation d'eutrophisation à phytoplancton.

Les travaux antérieurs ([Laabed, 2006](#)) ont données les premières observations sur l'effluent urbain le plus important de la ville d'Annaba. Il s'agit d'un émissaire coulant à ciel ouvert sur une trajectoire d'environ 4 kilomètres et débouche à la mer au rivages de la cité Seybouse. Ces travaux qui avaient pour objectif la description des flux de nutriments minéraux d'origine urbaine introduits à la mer, ont permis d'une part l'estimation des débits des eaux usées et l'évaluation des flux de sels nutritifs et de matières organiques au littoral. Il en ressort que cet effluent évacue près de 700 tonnes de phosphore par an environ une quantité comparable d'azote inorganique.

Les sources majeures d'apports d'eaux usées au littoral ont été échantillonnées à partir de points de prélèvements dans la source. Il s'agit de effluent domestique de Oued Boudjemâa qui parcourt la plaine Ouest d'Annaba et puise de ses marécages pendant la saison pluvieuse ([Fig.1](#)). Avant d'aboutir à la mer, l'Oued reçoit les effluents domestiques des stations de relevage (SR Boukhadra, SR1, SR2, Sp3, Sp7,) et de nombreux raccordements d'eaux usées domestiques et de deux effluents mineurs d'Asmidal.

On estime que l'Oued véhicule les eaux usées de près de 100 000 habitants. Son débit fluctue à l'échelle de l'heure au grès de l'activité ménagère de la population d'Annaba et des stations de relevages. En dehors des eaux pluviales, l'Oued présente un débit variant globalement dans la journée entre $0,5$ et $3 \text{ m}^3. \text{ s}^{-1}$. Il s'agit en définitive d'un véritable émissaire d'eaux usées ([Photo 1](#))

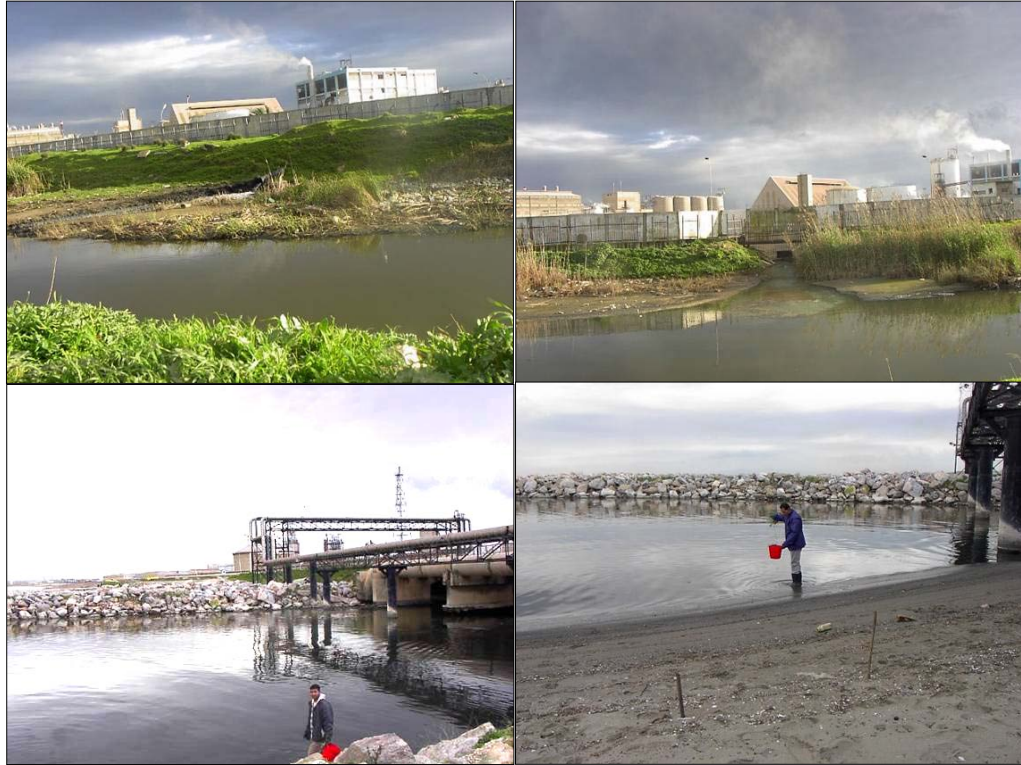


Photo1 : Vues de Oued Boudjemâa en hiver et au printemps. En haut : rejets de FERTIAL (Asmidal) à Oued Boudjemâa. En bas : débouché de Oued Boudjemâa à la mer.

2. Caractères chimiques des effluents urbains

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

Tableau 1 : Production des matières fécales et des urines d'après kafi-Benyahia (2006).

	[Laak, 1974]		[Almeida <i>et al.</i> , 1999]	[Vinneras, 2001)
	1 adulte	1 enfant	Moyenne pour 8 adultes et 2 enfants	
Matières fécales (g/hab/j)	130	90	115	110
Urines (ml/hab/j)	1200	800	1120	-

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 (Tableau 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 2) (Laak, 1974, Seigrist *et al.* 1976). D'après ces ordres de grandeurs, il apparaît que les matières fécales sont une source importante de MES et de DCO en comparaison avec l'urine. En parallèle, l'urine constitue une source principale de matières azotées.

Tableau 2 : 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 3.

Tableau 3 : Production d'eau usée domestique par type d'usage (1 en Grande Bretagne ; 2 à Malte ; 3 en France). D'après Kafi-Benyahia (2006).

(Litre hab.xj ⁻¹)	WC	Levier de cuisine	lavabo	Bain et douche	Machine à laver	Autres	Total
Bulter (1995) ¹	31	13	13	28	17	-	102
Gatt (1993) ²	29	15	9	25	16	-	94
Blanic et al (1989) ³	20	12	-	26	26	-	84
Hall et al (1988) ¹	37	-	-	19	13	48	117

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 (MEF, 1993 ; 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 4 : 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

Tableau 5 : Caractérisation d'une eau usée avant raccordement à une station d'épuration urbaine d'après DEECS, 2001).

Paramètres	Teneurs (mg. l ⁻¹)
MEST	600
DBO ₅	800
DCO	2 000
Azote total (N)	150
Phosphore Total (P)	50
pH	6-9
Température	30°C

Pour les micro polluants minéraux et organiques les valeurs limites sont les mêmes que pour un rejet dans le milieu naturel.

3. Prélèvements et méthodes d'analyses chimiques

Les prélèvements ont été effectués dans les sources de pollutions : au débouché de Oued Boudjemâa dans la mer (débouché variable à l'échelle même de l'heure selon le débit de l'effluent domestique). Les prélèvements d'eaux ont été effectués chaque 15 jours au cours de l'année 2006, du 17 janvier au 24 décembre 2006 dans Oued Boudjemâa. Les programmes de surveillances 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.

Deux stations ont été suivies, l'une située en amont (station Amont) avant les raccordements de deux effluents industriels d'Asmidal (Fig. 1, photo 1) et l'autre située à l'embouchure, juste à l'interface mer-eau usée. Cette station aval (Aval) est soumise dans cette partie de l'émissaire non seulement aux rejets d'Asmidal mais aussi au déversement de l'abattoir et à l'intrusion marine lorsque le débit s'affaiblit.

Les relevés de température (°C) et de salinité (Practical Salinity Unit ou P.S.U.) ont été effectués à l'aide d'un multiparamètre type wtw 197i.

Des difficultés pratiques nous ont empêchées l'usage du courantomètre dans les effluents pour l'estimation des vitesses des courants d'eaux usées et des débits des eaux. Le débit des eaux de Oued Boudjemâa a donc été approximé de façon intuitive.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont succinctement résumées dans le [tableau.6](#).

Tableau 6 : Résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques, de la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, la matière oxydable et la charge polluante.

Eléments	Méthodes	Références
Azote ammoniacal (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	Dosage spectrophotométrique (λ = 630 nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrates (NO₃⁻)	Dosage spectrophotométrique (λ = 543 nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrites (NO₂⁻)	Réduction des nitrates en nitrites et dosage spectrophotométrique des nitrites (λ = 543 nm)	Parsons et al. (1989)
Phosphate (PO₄³⁻)	Dosage spectrophotométrique : (λ = 885 nm)	Aminot et Chaussepied (1983)
Demande Biologique en Oxygène (DBO₅)	Equivalence libération de CO ₂ -Consommation d'oxygène lu sur un DBO mètre type WTW. BSB mebgreät mod. 602	Rodier (1984)
Demande chimique en oxygène (DCO)	Exprimé en pourcentage, égale à 80% de la DBO	Direction de l'environnement et des établissements classés sénégalaise (2001)
Carbone organique particulaire (COP)	Méthode titrimétrique : oxydation et dosage du carbone en équivalent glucose	Parsons et al. (1989)
Matières en suspensions	Pesées	Aminot et Chaussepied (1983)
Matière oxydable (MO)	Définie par la relation MO= (DCO+2DBO)/3	Direction de l'environnement et des établissements classés sénégalaise (2001)
Charge polluante (CP)	Définie par la formule CP=MES+MO= (MES-50) + [(DCO-200) +2(DBO ₅ -80)] /3 exprimé en mg. l ⁻¹	Direction de l'environnement et des établissements classés sénégalaise (2001)

RESULTATS

CHAPITRE II

CARACTERES
HYDROLOGIQUES

Chapitre 2 : Caractères hydrologiques

1. Approximation du débit

On constate cette année que le flux hydrique transitant Oued Boudjemâa est plus faible par rapport aux années précédentes, la variation est conditionnée par les lâchers des deux effluents d'Asmidal et le rythme de largage des eaux des stations de relevage et dans une certaine mesure des eaux issues des activités domestiques raccordées à l'Oued (Tableau 7). En fait, les données de l'Algérienne Des Eaux (ADE, com. Pers., 14 mars 2007) impliquent un volume d'eau usée d'environ 100 000 m³ par jour.

Tableau 7 : Intervalle de variation saisonnière des débits journaliers moyens des eaux usées domestiques véhiculées par Oued Boudjemâa durant l'année 2006 en m³.s⁻¹.

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Oued Boudjemâa	3	1	0,5	0,5

Les données de l'Algérienne Des Eaux (ADE) montre un taux de consommation journalière de l'ordre 100 000 m³.

2. Température et salinité des eaux

- *Température*

La température des eaux de Oued Boudjemâa a beaucoup fluctué et reste dépendante non seulement des conditions atmosphériques mais aussi des activités domestiques

(Fig. 2)

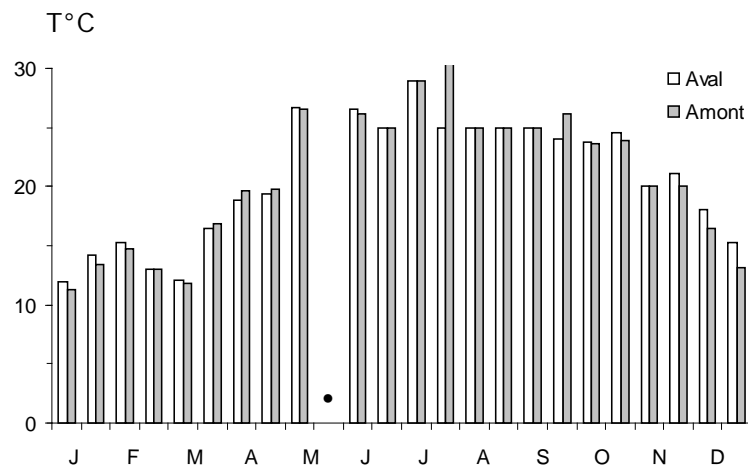


Figure 2 : Variations bimensuelles de la température des eaux dans les sites étudiées en 2006.

Aval : Boudjemâa aval. Amont : Boudjemâa amont. • : Pas de données.

La figure 2 donne les fluctuations mensuelles et saisonnières des conditions thermiques. Dans la station Amont, la température a fluctué entre 11,3°C en janvier et 31°C en juin. Par contre dans l'autre station les valeurs sont plus ou moins faibles et sont de l'ordre de 12°C en janvier et 29°C en juin. En comparaison avec la première station, les moyennes annuelles sont presque identiques.

Ces valeurs varient en raison de la faible profondeur de l'émissaire et les différents déversements des émissions domestiques de la zone.

- *Salinité*

Les données présentées dans la figure 3, indiquent que les eaux de Oued Boudjemâa amont présentent des salinités toujours beaucoup plus faibles que celles de la station aval (Fig. 3). En amont la salinité a seulement fluctué dans l'intervalle 0,50 -11 avec une moyenne de 2,7. A l'opposé la station aval soumise à la fois aux intrusions marines et aux effluents d'Asmidal montre des salinités parfois comparables à celle du littoral. Les valeurs ont en effet fluctué au cours des saisons (Fig. 3) entre 3 et 25 et la valeur moyenne s'élève à 13. Ces fortes salinités auront certainement des effets sur le chimisme des eaux usées avant leur aboutissement à la mer. L'une des conséquence et non la moindre est l'effet du sel marin sur les bactéries fécales. Une sélection biologique est supposée s'opérer déjà à ce niveau spatial. Les valeurs des salinités les plus élevées sont observées dans la partie aval du Oued Boudjemâa, elles sont provoquées par les lâchers des petits rejets industriels d'Asmidal qui s'y déverse.

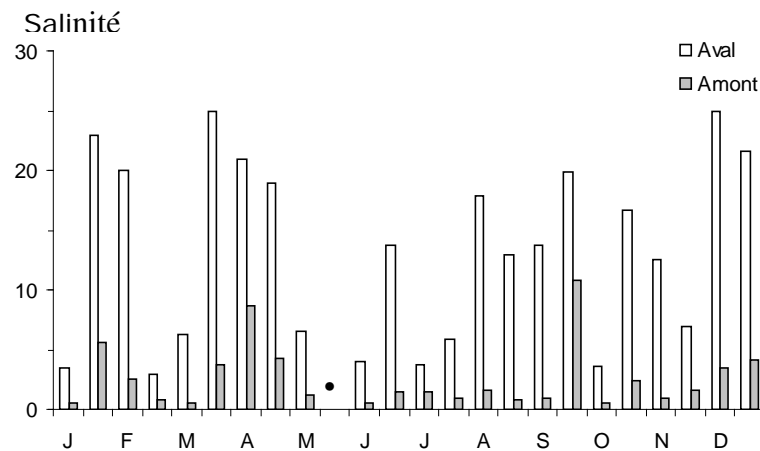


Figure 3 : Variations saisonnières de la salinité des eaux dans les sites étudiées en 2006. Aval : Boudjemâa aval. Amont : Boudjemâa amont. • : Pas de données.

CHAPITRE III

TENEURS, FLUX DES SELS NUTRITIFS & MATIERES ORGANIQUES DE L'ÉFFLUENT URBAIN

Chapitre 3 : Sels nutritifs et matières organiques des effluents urbains

1. Distribution des sels nutritifs dans l'effluent urbain

1.1. L'azote minéral

- L'azote ammoniacal (NH_4^+ , NH_3)

A quelques exceptions, les teneurs de l'ammonium sont toujours plus élevées dans la station aval (Fig. 4). A la station amont, les teneurs de l'ammonium (NH_4^+ : azote réduit) fluctuent énormément avec un maximum en été et une moyenne annuelle de 6 mg. l⁻¹. L'ammonium y représente 93% de l'azote inorganique dissous (NID). De même, cette forme reste dominante (85%) correspondant à une moyenne annuelle de 4,80 mg. l⁻¹

En l'été l'effluent urbain est fortement chargé en ammonium avec une concentration moyenne saisonnière de 7 mg. l⁻¹ mais ces valeurs diminuent jusqu'à 6.41 mg. l⁻¹ lorsque l'on passe à la station aval. A l'opposé, les teneurs minimales sont observées en hiver Janvier (1.80 mg. l⁻¹) en Amont et 1.70 mg. l⁻¹ dans le point aval.

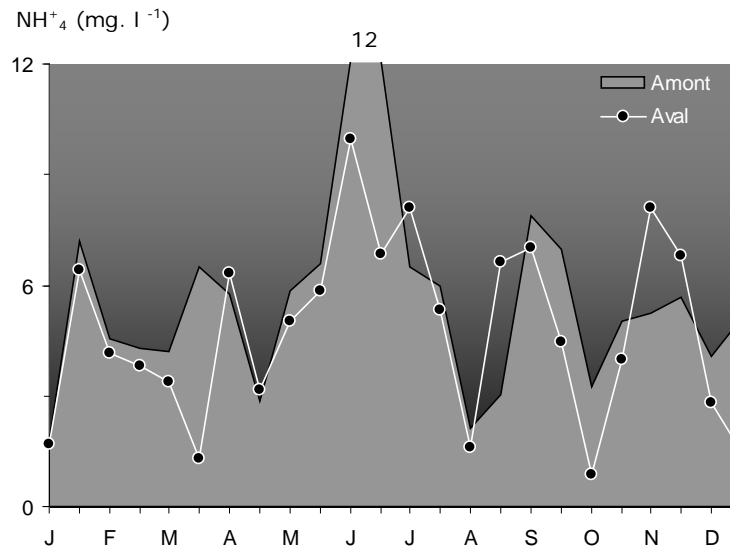


Figure 4 : Variations saisonnières des teneurs en azote ammoniacal (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

- Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites à l'inverse de l'ammonium, augmentent de l'amont à l'aval de l'émissaire urbain (Fig. 5). Les teneurs sont 3 fois plus importantes à l'aval (en moyenne 0,12 mg. l⁻¹ en amont contre 0,36 mg. l⁻¹ en aval). Cette libération des nitrites peut traduire des

conditions de nitrification où la forme nitrite étant transitoire. La diminution des valeurs de l'ammonium en aval suggère cette interprétation.

De façon globale, on peut remarquer que Oued Boudjemâa est très chargé en nitrites, avec des fluctuations importantes et deux pics d'origine inconnue, l'un en avril et l'autre en décembre (Fig. 5).

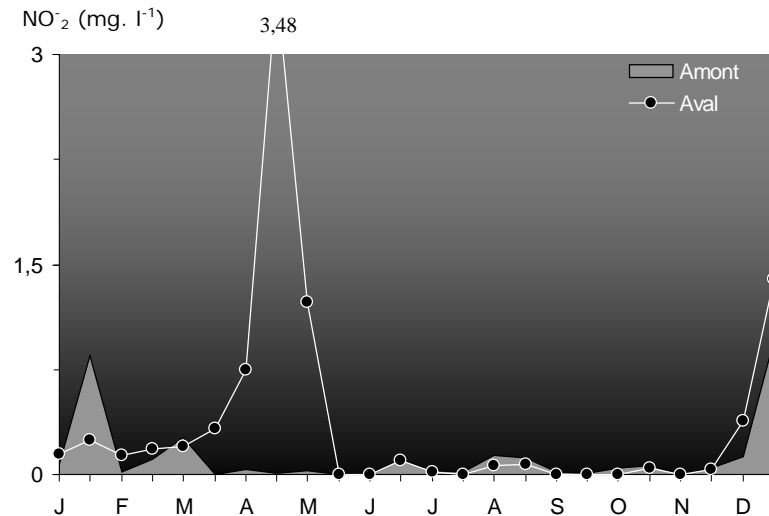


Figure 5 : Variations saisonnières des teneurs des nitrites (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

- *Les nitrates (NO₃⁻)*

Comme pour les nitrites, les ions nitrates apparaissent plus abondants à l'aval qu'en amont en raison de l'oxydation d'une fraction de l'ammonium (Fig. 6). Cette fraction peut être estimée à 20% à partir de la diminution des teneurs en aval par rapport à l'amont [(4,80/6) x100]. Or, si l'azote minéral évolue de façon conservative dans son trajectoire amont-aval, on s'aperçoit que le rajout en nitrate au niveau de l'aval ne représente que 16 % de la fraction de l'ammonium supposée sujette à oxydation sous forme de nitrate et de nitrite [(0,20/1,2)x100]. Au cours de son écoulement amont-aval, les eaux subissent des transformations chimiques d'oxydoréduction très rapides et très vives aboutissant l'oxydation de 38% de l'ammonium parvenu à l'aval.

Dans la station amont la moyenne annuelle est de 0,28 mg. l⁻¹ par contre dans la station aval elle est plus moins élevée elle est de l'ordre de 0,47 mg. l⁻¹.

Dans le temps, les teneurs ont fortement varié avec de fortes valeurs en hiver et au printemps, consécutives aux apports d'eaux douces que recèle l'oued en cette époque de l'année (Fig. 6) Il est vrai que des teneurs aussi élevées que 3 mg. l⁻¹. Caractérisent plutôt les eaux dulçaquicoles.

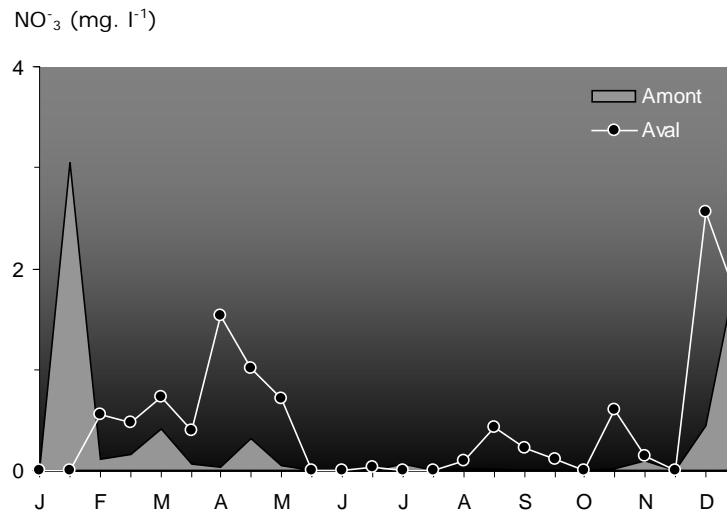


Figure 6 : Variations saisonnières des teneurs des nitrates (mg. l^{-1}) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

- *L'azote inorganique dissous (NID)*

La quantité de l'azote inorganique dissous (NID), c'est la somme des différentes fractions de l'azote sous forme d'ammonium, de nitrite et de nitrate. Les valeurs du NID fluctuent largement au cours de l'année (Fig. 7) entre 1,84 - 12,18 mg. l^{-1} dans la station amont avec des valeurs maximales observées en janvier (11) mg. l^{-1} et en juin (12,18) mg. l^{-1} . La moyenne annuelle y est de l'ordre de 6 mg. l^{-1} .

En aval, les teneurs évoluent au cours de l'année entre 0,90-10 mg. l^{-1} avec des maxima qui s'observent en juin (10) mg. l^{-1} et en novembre (8,22) mg. l^{-1} comme le montre la figure 8. Les valeurs moyennes saisonnières et annuelles sont données au tableau 8. On y constate que le maximum de 7 mg. l^{-1} relevé en été peut être en relation avec l'activité touristique que connaît la ville en cette saison. Il vrai que la moyenne en NID dans le reste des saisons est sensiblement comparable (5,5-5,8 mg. l^{-1}).

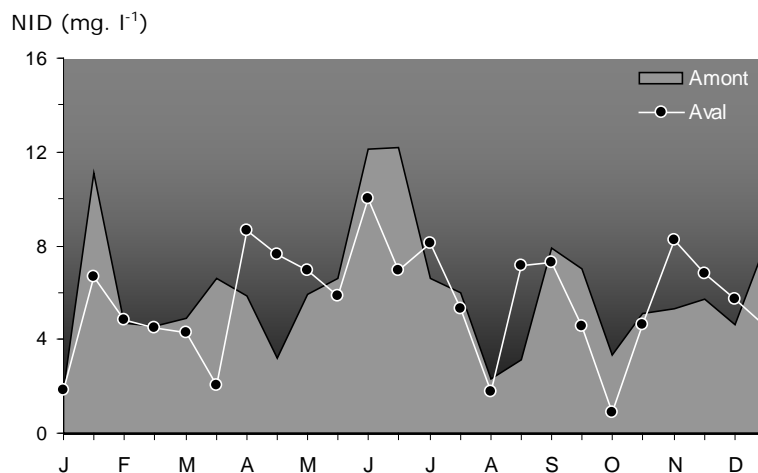


Figure 7 : Variations saisonnières des teneurs en azote inorganique dissous NID (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval

Tableau 8 : Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en azote minéral dissous exprimées en (mg. l⁻¹) relevées dans les deux stations de Oued Boudjemâa durant l'année 2006. NID : azote inorganique dissous. B.Amont : Boudjemâa amont. B.Aval : Boudjemâa aval.

Teneurs en (mg. l ⁻¹)	Hiver			Printemps			Été			Automne			Valeurs annuelles	
	Moy	Max	%	Moy	Max	%	Moy	Max	%	Moy	Max	%	Moy	%
B. Amont														
NH ⁺ ₄	4,49	7,18	77,41	5,30	6,59	96,36	6,98	12,14	99,0	5,67	7,88	99,12	5,61	93,15
NO ⁻ ₂	0,35	0,95	6,03	0,057	0,26	1,036	0,066	0,13	0,93	0,031	0,066	0,54	0,12	2,10
NO ⁻ ₃	0,95	3,05	16,38	0,14	0,40	2,54	0,10	0,062	1,41	0,018	0,092	0,31	0,28	4,66
NID total	5,80	11,08	-	5,50	6,59	-	7,05	12,18	-	5,72	7,90	-	6,02	-
B. Aval														
NH ⁺ ₄	3,39	6,41	72,28	4,16	6,32	70,50	6,41	9,97	98,01	5,20	8,09	9,47	4,79	85,08
NO ⁻ ₂	0,41	1,39	8,74	1,00	3,48	16,95	0,042	0,096	0,64	0,01	0,049	0,18	0,367	6,39
NO ⁻ ₃	0,88	2,55	18,76	0,73	1,53	12,37	0,091	0,42	1,391	0,178	0,59	3,30	0,47	8,34
NID total	4,69	6,66	-	5,90	8,61	-	6,54	9,97	-	5,39	8,22	-	5,63	-

1.2. Les phosphates (PO₄⁻³)

Les eaux de oued Boudjemâa sont fortement riches en phosphate tout au long de l'année avec de très fortes valeurs en été (Fig. 8). Les valeurs sont très généralement comparables aux deux stations mais avec une légère supériorité en aval. La moyenne annuelle en amont de 4,35 mg. l⁻¹, peut en effet être très comparable à celle de l'aval qui est de 4,83 mg. l⁻¹. Il semble que cette différence soit liée aux rejets d'effluents mineurs d'Asmidal.

Les variations saisonnières des teneurs montrent également l'augmentation des teneurs en été en raison probablement d'apport supplémentaire par la population touristique (Fig. 8). D'autre part, l'hiver paraît la saison la plus pauvre par suite de la dilution des eaux en cette période pluvieuse.

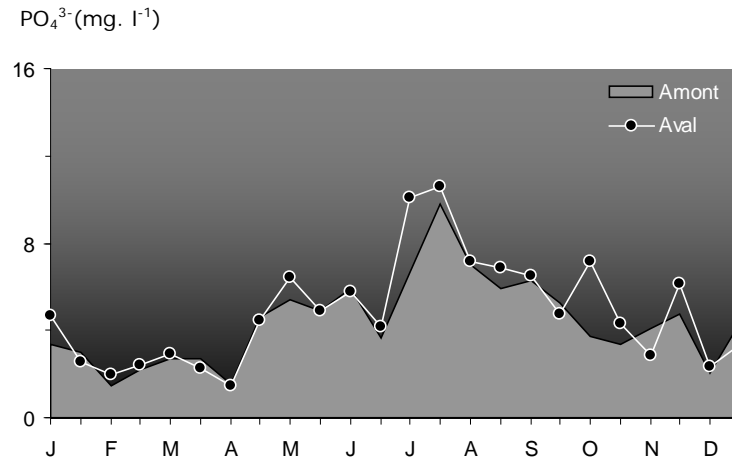


Figure 8 : Variations saisonnières des teneurs en phosphates (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

Tableau 9 : Valeurs moyennes et maximales saisonnières et annuelles des teneurs en phosphates (mg l⁻¹) relevées en amont et aval de Oued Boudjemâa durant l'année 2006.

Phosphate (mg. l ⁻¹)	Hiver		Printemps		Été		Automne		Moyenne Annuelle
	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	
B. Amont	2,73	4,39	3,62	5,37	6,47	9,75	4,57	6,28	4,35
B. Aval	2,88	4,67	3,73	6,40	7,44	10,56	5,26	7,13	4,83

2. Approximation des flux introduits au littoral

2.1. L'azote minéral

L'essentiel de NID déchargé à la côte est sous forme d'ammonium (78 %), avec un flux annuel de l'ordre de 160 tonnes correspondant à un flux journalier moyen de 435 kg. j⁻¹. C'est en hiver que le flux accuse la plus forte valeur (1 664 kg. j⁻¹) ce qui représente le triple de la moyenne annuelle (Figure 9 & tableau 10). Cette tendance est à relier avec le débit de l'effluent ramenant également les eaux pluviales de la ville et du bassin versant.

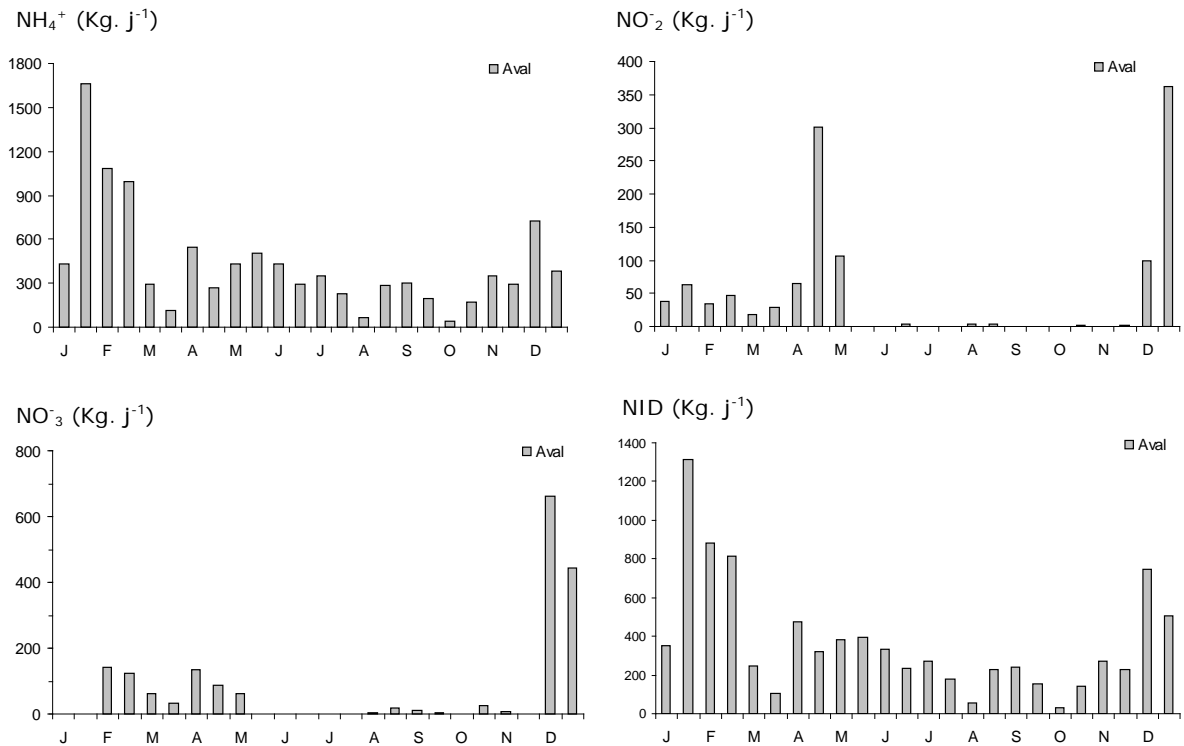


Figure 9 : Variations saisonnières des flux (kg. j⁻¹) des différentes formes de l'azote inorganique dissous dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

Les décharges en nitrites sont également importantes en particulier en hiver et au printemps où le flux moyen journalier avoisinant 100 kg. j⁻¹ (Figure 10), soit 100 fois plus important que le reste des saisons. Le flux moyen annuel est de l'ordre de 18 t. an⁻¹. De même, les flux les plus importants en nitrates se rencontrent en hiver avec une moyenne saisonnière de 229 kg. j⁻¹. Des valeurs aussi élevées que 663 kg. j⁻¹ sont observées en décembre. Non seulement la richesse des eaux en nitrate qui hausse les flux mais aussi le débit élevé de l'effluent en cette époque pluvieuse de l'année. Le flux en azote nitrique reste pourtant peu important (13 %) devant les quantités déchargées

en azote réduit (Fig. 9 et tableau 10. On estime que les introductions à la côte en cet élément d'azote oxydé soit de l'ordre de 20- 30 tonnes par an.

Plus généralement, on comprend que les quantités d'azote minéral libérées dans la mer sont considérables (560 t. an⁻¹), s'évacuant à raison de 1,5 tonnes par jour. Ces quantités de matières enrichissantes mais aussi très polluantes auront certainement de répercussions sur le milieu récepteur, à très faible résilience par ailleurs.

Tableau 10 : Flux journalier moyen (kg. j⁻¹) en chaque saison de l'azote transporté à la côte de et fractions (%) dû aux transformations après libération des rejets industriels dans Oued Boudjemâa en 2006.
Fjm : flux journalier moyen, Fta : Flux total annuel. NID : azote inorganique dissous.

Flux en (kg. j ⁻¹)	Hiver	Printemps	Eté	Automne	F.j.m (kg. j ⁻¹)	F.t.a (t. an ⁻¹)
Boudjemâa Amont						
NH ₄ ⁺	1 148,83	458,15	301,56	244,97	538,38	160
NO ₂ ⁻	92,13	4,95	2,87	1,34	25,32	9,24
NO ₃ ⁻	246,87	12,50	0,45	0,81	65,16	23,78
NID	1487,84	475,61	304,90	247,13	628,87	229,53
% NH ₄ ⁺	77,21	96,32	98,90	99,12	85,61	85,61
Boudjemâa Aval						
NH ₄ ⁺	880,06	360,17	276,98	224,70	435,47	158,95
NO ₂ ⁻	107,46	86,42	1,85	0,60	49,08	17,91
NO ₃ ⁻	229,03	63,29	3,96	7,72	76	27,74
NID total	1 216,55	509,88	282,79	233,02	560,55	204,60
% NH ₄ ⁺	72,34	70,63	97,94	96,42	77,68	77,68
Fraction transformée (%)						
NH ₄ ⁺	23,39	21,38	8,15	8,27	19,11	0,65
NO ₂ ⁻	-16,64	-1643,61	35,69	55,17	-93,80	-93,83
NO ₃ ⁻	7,22	-406,24	-773,19	-849,20	-16,64	-16,65
NID	18,23	-7,20	7,25	5,70	10,86	10,86

2.2. Les phosphates

L'effluent urbain décharge à la côte d'énormes quantités de phosphore (Fig. 10) surtout en hiver où on peut noter les flux les plus élevés. Près de la moitié (46 %) du phosphore est introduit à la mer durant l'hiver. Considérant la constance relative d'un rejet urbain en terme de phosphore, on peut souligner que la moitié de ce transfert revient incontestablement aux apports du bassin versant. Ces données auront beaucoup d'utilité pour la gestion des eaux urbaines. L'automne affiche les plus faibles transferts de phosphore au littoral par suite du débit affaibli lors de cette période.

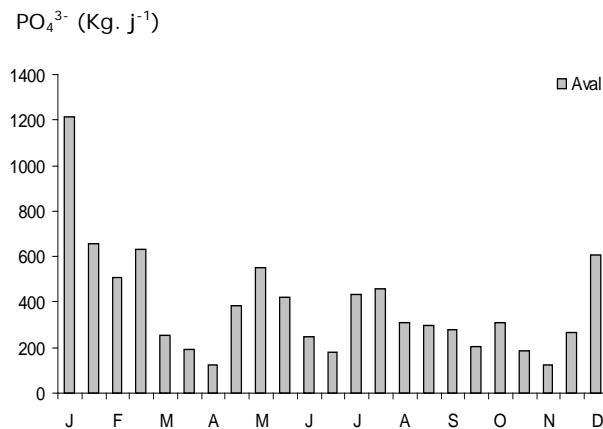


Figure 10 : Variations saisonnières s des flux (kg. j⁻¹) en phosphates dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

3. Distribution de la matière organique

3.1. Les matières en suspension (MES)

Les teneurs en matières en suspension sont souvent plus importantes en aval qu'en amont. Au cours de l'année, excepté en février, les teneurs n'ont pas beaucoup varié et fluctuent autour de 50 mg. l⁻¹ à la station aval et de 40 mg. l⁻¹ à la station amont

(Fig. 11). Ces différences peuvent être reliées aux ajouts et aux remous occasionnés par le déversement des petits effluents industriels d'Asmidal. A ce niveau, l'eau coule toujours franchement à l'inverse de la station amont où l'on peut avoir des eaux pratiquement stagnantes. Ces conditions font que dans la station amont, la sédimentation élimine une fraction qui s'échappe dans le sédiment. On peut alors même estimer cette fraction sédimentée à environ 500-1000 tonnes de MES par an.

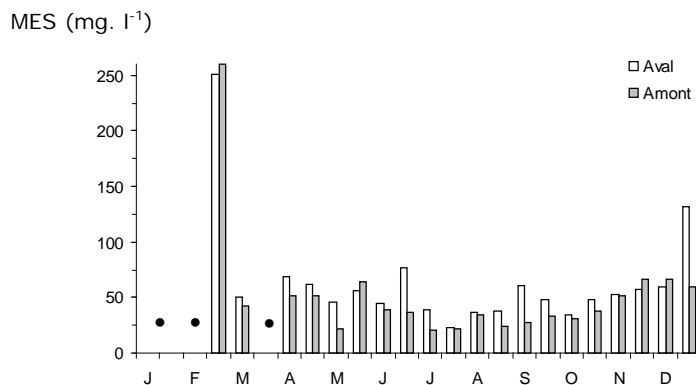


Figure 11 : Variations saisonnières des teneurs en matière en suspension (MES en mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval. • : Pas de données

3.2. Le carbone organique particulaire (COP)

Les teneurs en carbone organique particulaire varient le long des saisons entre 2 et 9 mg. l⁻¹ et ne montrent pas de tendances saisonnières dans les deux points d'étude. Bien que le rapport MES/COP soit de l'ordre de 4-5, il n'y a pas cependant une corrélation entre ces deux éléments. Si les valeurs moyennes sont sensiblement comparables dans les deux points d'étude (5,13 et 5,45 mg. l⁻¹ pour l'amont et l'aval respectivement), il faut remarquer ponctuellement de fortes différences (Fig. 12). La sédimentation organique peut être estimée à 250 à 400 tonnes par an (1000/4 à 2000/5)

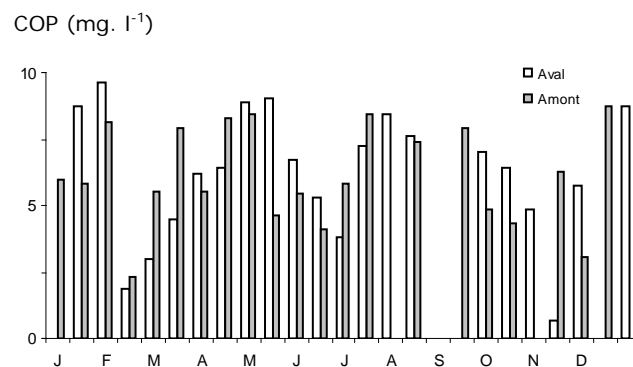


Figure12 : Variations saisonnières des teneurs en carbone organique particulaire COP (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

3.3. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Comme pour l'azote et le phosphore, les teneurs en DBO augmentent en été, par suite probablement d'apports supplémentaires dû à la population touristique (Fig. 13). Les valeurs de la DBO paraissent paradoxalement faibles par rapports à celles habituellement rencontrées dans les eaux usées urbaines. Il semble que les eaux ayant parcourus plusieurs kilomètres, se déchargent progressivement de leurs apports bactériens. Les faibles valeurs s'expliquent donc par l'âge du rejet. Les eaux de Oued Boudjemâa présentent des DBO toujours plus faibles à la station aval. En moyenne, la DBO diminue presque de moitié de l'amont à l'aval, de 106 mg. l⁻¹ les valeurs baissent jusqu'à 69 mg. l⁻¹. Cette diminution est incontestablement en relation avec les effluents d'Asmidal ayant un effet antibiotique ou épurateur. Le tableau 11 et la figure 14 donnent le pourcentage de réduction de la DBO à la station aval. On y remarque, une épuration maximale en été et une épuration moyenne annuelle de 36%.

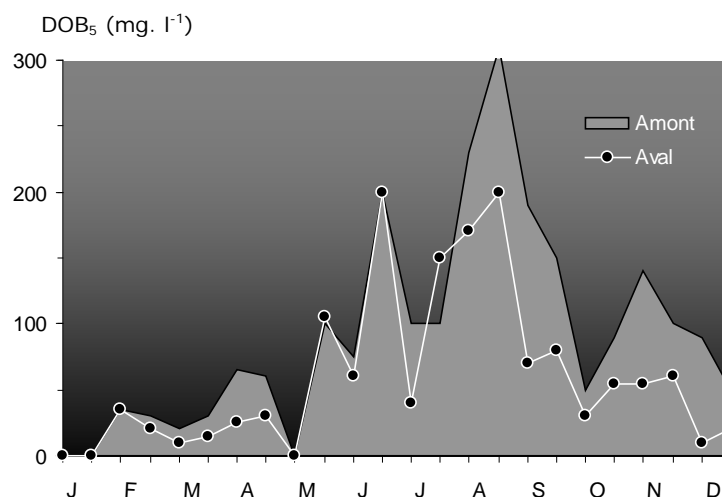


Figure 13 : Evolution saisonnière des teneurs en DBO₅ de Oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

Tableau 11 : Charge moyenne saisonnière de la DBO₅ exprimée en (mg. l⁻¹) et taux de réduction (%) [(Amont - Aval)/Amont] de Oued Boudjemâa en amont et en aval en 2006.

DBO ₅ (mg. l ⁻¹)	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Valeurs annuelles
B. Amont	51,25	55	169,16	120	98,85
B. Aval	21,25	37	136,66	58,33	63,31
Fraction réduit	30	18	32,5	61,67	35,54

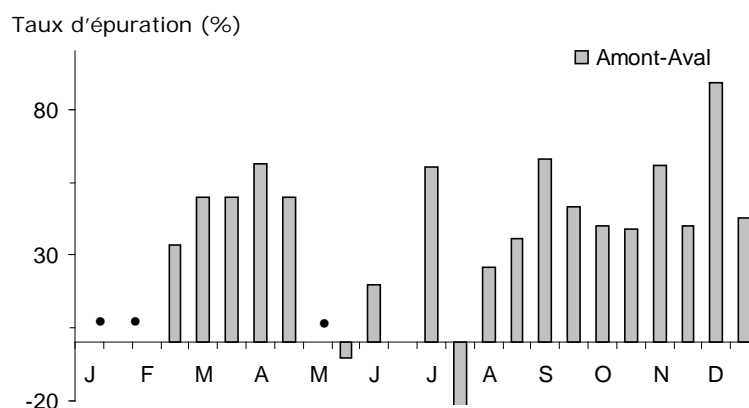


Figure 14: Evolution saisonnière du taux d'épuration [(Amont - Aval)/Amont x100] dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval. • : Pas de données.

3.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est fonction directe de la demande biologique en oxygène et évoluent donc parallèlement (Fig. 15). Le commentaire sur la DBO reste valable également pour la DCO. Par suite des lâchers d'Asmidal, les conditions chimiques sont largement modifiées et la DCO peut ne pas suivre linéairement la DBO, comme le

prévoit le fabricant. Cette constatation suppose une prudence dans l'exploitation des données.

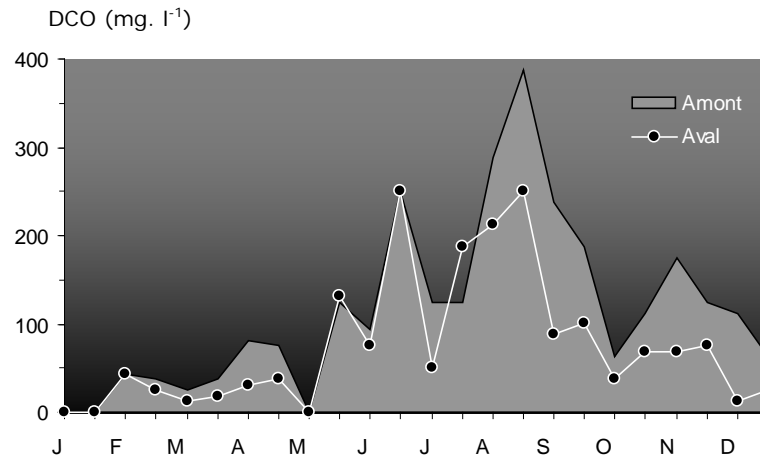


Figure 15 : Evolution saisonnière de la demande chimique en oxygène DCO (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

3.5. La charge polluante (CP)

Les valeurs de la charge polluante sont variables avec celles des MES, de la DBO et la DCO. L'essentiel de la pollution organique s'observe en été où la charge polluante atteint son maximum (Fig. 16). C'est en aval que la pollution organique est plus accusée avec une valeur moyenne annuelle de 35 mg. l⁻¹. L'effet des lâchers d'Asmidal s'affirme par un rajout moyen de 40%.

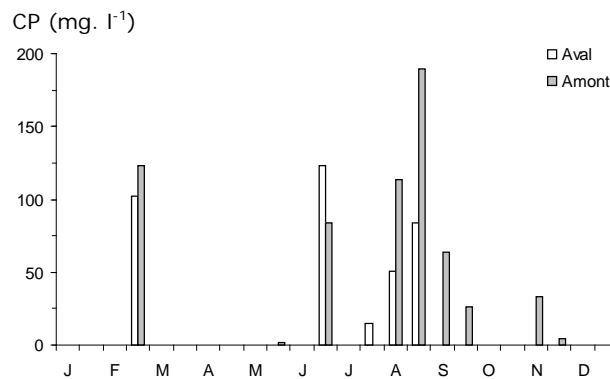


Figure 16: Evolution saisonnière de la charge polluante CP (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

3.6. La matière oxydable (MO)

Les valeurs de la matière oxydable sont très variables, cette variabilité est due aux quantités de la DBO5, de la DCO en présence. Dans le point amont, les teneurs varient dans un intervalle de 22-336 mg. l⁻¹ et les valeurs maximales sont observées en été. A la station aval, la matière oxydable a diminué presque de moitié contrairement aux valeurs de la charge polluante (Fig. 16 et 17).

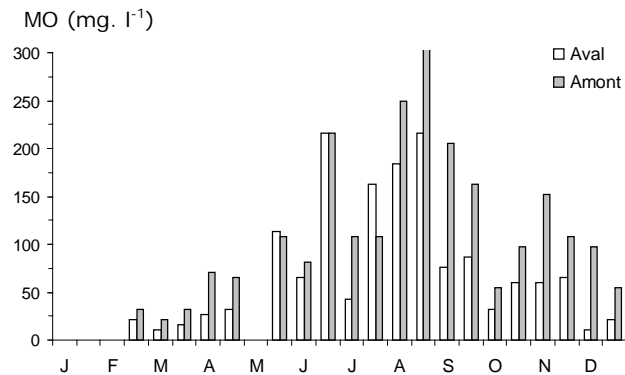


Figure 17: Evolution saisonnière de la matière oxydable MO (mg. l⁻¹) dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa amont, Aval. : Boudjemâa aval.

4. Flux de matières organiques urbaines au littoral

4.1. Les matières en suspension (MES)

Les flux des matières en suspension exportées au littoral sont considérables allant jusqu'à 65 t. j⁻¹ en hiver (Fig. 18). En raison du faible débit de l'effluent, les flux les plus faibles sont rencontrés en été où les valeurs s'abaissent jusqu'à moins de 1 tonne par jours. Plus globalement, on peut estimer que le flux moyen annuel introduit au littoral s'élève à 2 976 tonnes. Ces matières en suspension sont ainsi déchargées à la côte à raison de 8 tonnes par jours.

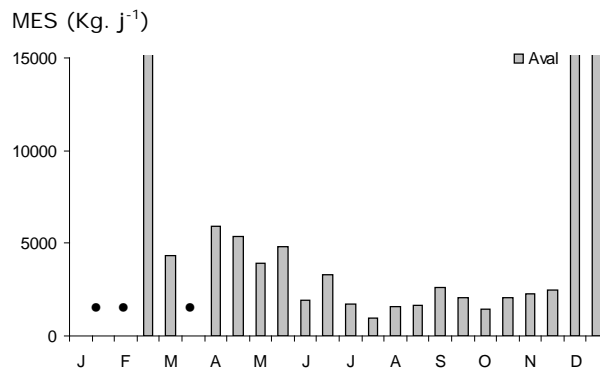


Figure 18 : Variations saisonnières des flux (kg. j⁻¹) des matières en suspension dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa aval. •: Pas de données.

4.2. Le carbone organique particulaire (COP)

En terme de charge en matière organique le site étudié est chargé par le carbone organique particulaire qui en hiver oued Boudjemâa donne une quantité moyenne en matière organique saisonnière de 16 538 kg. j⁻¹ (Fig. 19) Ce flux diminue d'une saison à une autre. Le flux journalier moyen est de l'ordre de 7 171 kg.j⁻¹ Le flux moyen annuel introduit en matière organique est environ 2 618 t. an⁻¹.

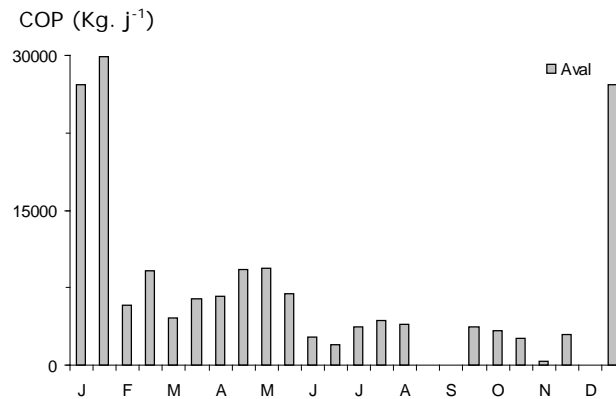


Figure 19 : Variations saisonnières des flux (kg. j⁻¹) en carbone organique particulaire dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa Aval.

4.3. La demande biochimique en oxygène (DBO)

Les flux de la DBO ont fluctué 173-1 814 kg. j⁻¹ avec une moyenne annuelle de 860 kg. j⁻¹ (Fig. 20 et tableau 12). Les flux les plus importants se rencontrent en période chaude, entre mai et août. Si on compare les charges en DBO aux points d'étude, on s'aperçoit que les flux diminuent en moyenne à aval de 44%. D'autre part, l'épuration paraît beaucoup plus importante en hiver et en automne qu'en été (tableau 12). En effet, des 557 tonnes présent en amont, il en disparaît 244 tonnes et ne parvient à la côte que 313 tonnes par an. Les transferts de DBO à la côte diminuent cependant largement au printemps.

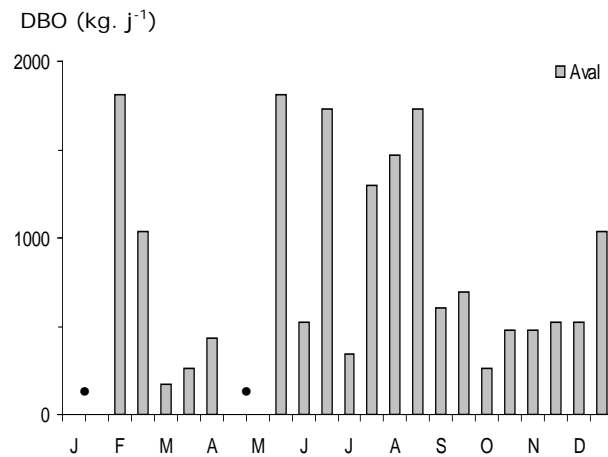


Figure 20: Variations saisonnières des flux (kg. j^{-1}) de la demande biologique en oxygène dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa Aval. • : Pas de données.

Tableau 12 : Flux journalier moyen (F.m) en chaque saison (Kg. j^{-1}) et charge totale annuelle (F.t.a) en DBO transférée au littoral par Oued Boudjemâa en Amont et en Aval. en 2006.

DBO (Kg. j^{-1})	Hiver	Printemps	Eté	Automne	F.m (kg. j^{-1})	F.t.a (t. an^{-1})
Boudjemâa Amont	2 656,80	950,40	1 461,60	1 036,80	1 526,40	557,13
Boudjemâa Aval	1 101,6	639,36	1 180,8	504	856,44	312,60
Taux de réduction (%)	58,53	32,72	19,21	51,38	43,89	43,89

4.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

Exprimé en fonction de la DBO, les flux de la DCO suivent sensiblement ses fluctuations (Fig.20 et 21) les flux de la demande chimique en oxygène DCO de oued Boudjemâa varient au cours de l'année entre 1 080 et 11 340 kg. j^{-1} (Fig. 21). Les valeurs maximales sont remarquablement élevées en février, mai (11340) kg. j^{-1} et en été (10800) kg. j^{-1} . La moyenne annuelle des décharges de la Demande Chimique en Oxygène introduites au littoral est de l'ordre de 5 t. j^{-1} (Fig. 21)

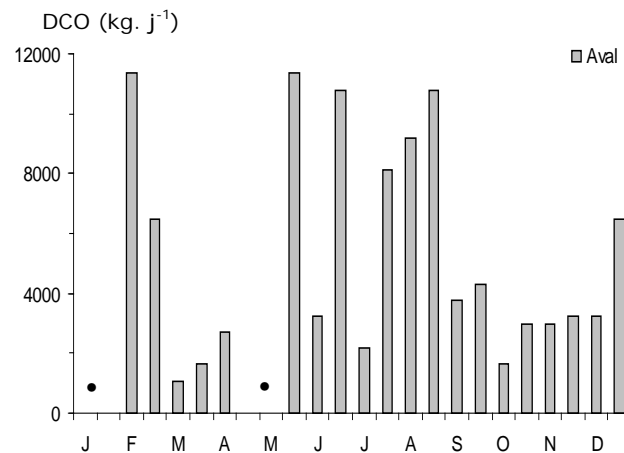


Figure 21 : Variations saisonnières des flux (kg. j^{-1}) de la demande chimique en oxygène dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa Aval. • : Pas de données.

4.5. La charge polluante (CP)

Comme on peut le remarquer à la **figure 22**, la charge polluante s'accroît en été pour atteindre des valeurs de l'ordre de 4 000 kg. j⁻¹. Une charge polluante exceptionnelle est rencontrée en février en relation avec les quantités de MES. Durant le reste de l'année la pollution organique reste mineure, comparée au flux des matières minérales.

La valeur de la moyenne annuelle est de l'ordre de 2 t. j⁻¹ (**Fig. 22**).

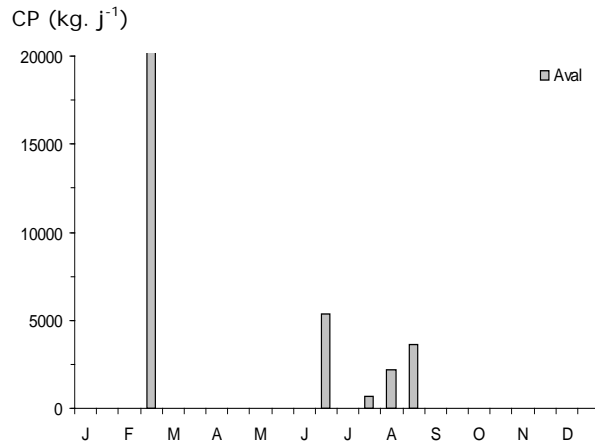


Figure 22 : Variations saisonnières des flux (kg. j⁻¹) de la charge polluante dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa Aval.

4.6. La matière oxydable (MO)

L'effluent urbain est très chargé en matière oxydable en particulier en été où l'on peut enregistrer des valeurs atteignant 9 000 kg. j⁻¹ (**Fig.23**). Les flux fluctuent énormément (936-9828 kg. j⁻¹) autour d'une moyenne de 4 657 kg. j⁻¹. Cette variabilité est due aux quantités de la DBO₅, DCO et surtout des MES de l'effluent de Oued Boudjemâa.

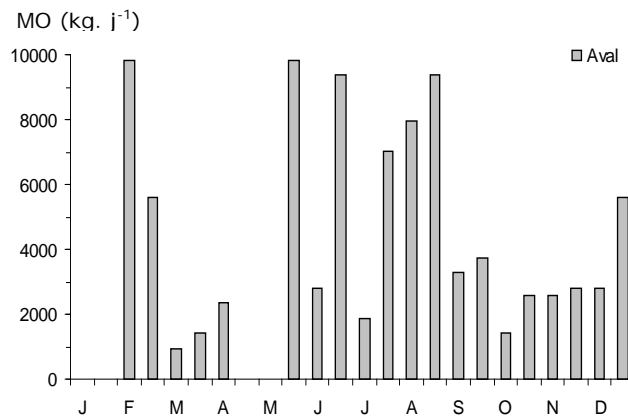


Figure 23 : Variations saisonnières des flux (kg. j⁻¹) en matière oxydable dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Aval. : Boudjemâa Aval.

DISCUSSION & CONCLUSION

L'objectif de cette étude est la caractérisation chimique de l'effluent urbain majeur de la ville d'Annaba, se déversant directement dans la mer sans traitement.

L'examen des résultats permet de constater l'ensemble des caractères chimiques et biochimiques de l'effluent se trouvent fortement modifié au passage des lâchers d'Asmidal. C'est en particulier, l'azote oxydé et la DBO qui caractérisent cette épuration. Si l'azote oxydé a doublé en aval, la DBO a en revanche diminué de 36% et témoignent ainsi d'une épuration certaine (tableau 13). Il semble que la fraction ajoutée de l'azote oxydé provient plutôt d'une nitrification à partir de l'ammonium qui diminue en effet à l'aval de 15% que d'un apport d'Asmidal. Il ne faut pas perdre de vue qu'un effluent urbain est toujours dépourvu d'azote oxydé (Ribeiro, 2002; Guillaud et Aminot, 1991 ; Béthoux *et al*, 1992), ce qui laisse à suggérer l'effet du rejet d'Asmidal dans l'apparition de cette forme d'azote. Par ailleurs, on peut souligner le fait que la nitrification est en grande partie freinée à l'étape nitrite. Cet élément représente ainsi 50% du stock convertible. On observe en effet que l'ammonium domine les formes du NID à 73% et que l'azote oxydé ne forme que 27% et est entraîné à la côte à raison de 160 t. an⁻¹.

Tableau 13 : Modification du chimisme de Oued Boudjemâa après libération des rejets d'Asmidal en 2006.

Paramètres (flux kg. j ⁻¹)	Moyenne Annuelle		Moyenne Annuelle
Azote		Matière En Suspension	
Boudjemâa Amont	629	Boudjemâa Amont	10 113
Boudjemâa Aval	561	Boudjemâa Aval	11 771
Fraction épurée par l'effluent d'Asmidal	68	Fraction ajoutée par l'effluent d'Asmidal	-1 658
Phosphore		Carbone Organique Particulaire	
Boudjemâa Amont	375	Boudjemâa Amont	6 977
Boudjemâa Aval	148	Boudjemâa Aval	7 171
Fraction adsorbée par l'effluent d'Asmidal	227	Fraction ajoutée par l'effluent d'Asmidal	-194
Demande Biologique en Oxygène		Charge Polluante	
Boudjemâa Amont	1 526	Boudjemâa Amont	8 930
Boudjemâa Aval	856	Boudjemâa Aval	7 131
Fraction épurée par l'effluent d'Asmidal	4 106	Fraction épurée par l'effluent d'Asmidal	1 798
Demande Chimique en Oxygène		Matière Oxydable	
Boudjemâa Amont	9 506	Boudjemâa Amont	8 863
Boudjemâa Aval	5 400	Boudjemâa Aval	4 426
Fraction épurée par l'effluent d'Asmidal	4 106	Fraction épurée par l'effluent d'Asmidal	8 424

S'agissant de la qualité des eaux, on peut s'apercevoir que le rapport N/P est fortement altéré et s'écarte beaucoup des valeurs habituellement rencontrées dans les eaux usées (Aminot et Guillaud, 1991 ; Béthoux *et al.*, 2002). Les valeurs de N/P sont ainsi de

l'ordre de 1,6/1 et sont beaucoup plus inférieures aux données de 2003 (Laabed, 2006) comme le montre le **tableau 14**.

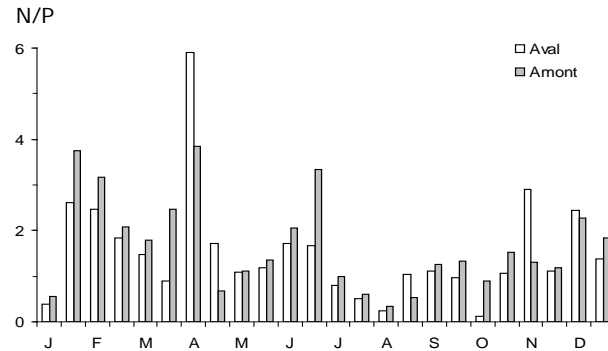


Figure 24: Evolution du rapport N/P dans l'oued Boudjemâa durant l'année 2006. Amont. : Boudjemâa Amont, Aval. : Boudjemâa Aval.

Tableau 14 : Valeurs moyennes du rapport N/P calculés sur des données bimensuelles des différents sites étudiées de Oued Boudjemâa en 2006 et l'autre en 2003 d'après l'étude de Laabed et Gouiez (2006).

Rapport N/P	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyenne Annuelle
Boudjemâa Amont 2003	-	1	1	2	1
Boudjemâa Aval 2003	8	4	5	4	6
Seybouse 2003	17,37	14,43	0,94	1,58	2,02
Boudjemâa Amont 2006	2,28	1,87	1,31	1,25	1,68
Boudjemâa Aval 2006	1,86	2,04	1,00	1,22	1,53

En terme de flux, il faut remarquer qu'une quantité importante d'azote oxydé se forme en réaction aux ajouts d'Asmidal (100 tonnes par an environ). D'autre part, la décharge en DBO à l'aval souligne également l'effet épurateur du rejet d'Asmidal et peut représenter 44% ou 244 tonnes par an. Bien que réduit à l'aval, les transferts d'azote réduit et de DBO restent pourtant importantes et entachent le littoral par plus d'une centaine de tonnes ($160 \text{ t. an}^{-1} \text{ N}$) et par quelques centaines de tonnes de DBO (313 tonnes par an). Ces transferts auront de graves répercussion sur le système littoral déjà fragilisé par les apports de Seybouse (Ounissi *et al.*, 1998, Laabed *et al.*, 2006, **tableau 14**).

Si ces résultats concordent dans une large mesure avec les données de Laabed (2006), il n'en est pas de même pour le phosphore évoluant plutôt à l'augmentation en aval (**tableau 14**), à l'inverse des résultats de Laabed (2006). D'autre part, les flux en phosphore sont de l'ordre de 150 t. an^{-1} et restent très inférieurs aux valeurs de 2003.

Si on les compare avec les résultats de Saker (2006) On observe que le flux moyen annuel de l'industrie (Asmidal) est de l'ordre de 950 t. an^{-1} d'azote minéral et de 161 t. an^{-1} de phosphore, pour l'estuaire de la mafrag les quantités d'azote minéral est de 570 t. an^{-1} et de phosphore est environ 70 t. an^{-1} (Khelifi *et al.*, 2006 ; Gouiez, 2006).

Si la zone Est (la Mafrag) très pauvre en terme d'enrichissement mais qui reste une source d'un écosystème propre et fertile, la partie Ouest (Oued Boudjemâa) est la source principale d'enrichissement de milieu littoral par ces forts apports de polluants susceptibles d'occasionner de graves problèmes d'eutrophisation.

En terme de flux spécifique, on peut s'apercevoir que la population d'Annaba rejette peu d'azote comparée à la valeur habituellement rencontrée dans la littérature (tableaux 15.16). Ces faibles valeurs traduisent directement la qualité de vie. A l'opposé, le flux spécifique à la population d'Annaba en terme de phosphate est bien supérieur, comme l'avait déjà rapporté Laabed (2006). L'excès de phosphate dans l'effluent urbain peut également traduire l'usage sanitaire de cet élément et exprime un indice de propreté de la population (Konovalove, 1995 ; Barth *et al*, 1990). De même, le flux spécifique en MES est très élevé alors que celui de la DCO étant faible si l'on tient compte des équivalents-habitants type (tableau 16). Il s'agit ainsi en particulier d'une pollution organique que chimique.

Tableau 15 : Valeurs moyennes de l'équivalent par habitant calculé sur des données bimensuelles de Oued Boudjemâa en 2006.

Equivalent habitant	Azote	Phosphore	MES	DBO	DCO
Oued Boudjemâa Aval	5	4	82	9	54

Tableau 16 : Charges polluantes des eaux usées domestiques d'après Kafi-Benyahia (2006).

(g/hab/j)	MES	DCO	DBO ₅	N
France				
Rambaud <i>et al.</i> (1997)	35	75	40	6
Bureau Véritas et SIVOM de Metz (1994)	42-51	82-103	37-47	9-11
Pujol <i>et al.</i> (1990)	25-30	75-80	30-35	8-9
Blanic <i>et al.</i> (1989)	28	89	34	9
Besse <i>et al.</i> (1989)	41	98	37	10
Canada				
Ministère de l'environnement du Québec (1989)	60	-	50	10

D'un point de vue pollution organique, il est clair que le flux spécifique de la DBO et du COP reste largement en deçà des valeurs types témoignant encore une fois des transformations des matières soit durant leur parcours, soit sous l'action des effluents d'Asmidal.

Si on extrapole les flux spécifique à Annaba sur la population algérienne (20 Millions riverains raccordés au réseau d'assainissement), on estime que le littoral algérien reçoit des quantités énormes de polluants d'origine domestique (tableau 17). Ces masses de polluants devront avoir de graves répercussions sur le fonctionnement du littoral et des

peuplements associés. On comprend, par exemple, que les 30 000 tonnes de phosphore introduit annuellement au littoral génère une production organique potentielle de 300 000 tonnes auxquelles s'ajoute une demande d'oxygène de 500 000 tonnes par an.

Tableau 17 : Charge des polluants (domestique et industriels et rivières nationales) des pays de la mer noire d'après Sarikaya *et al.*, (1999).

Composants	DBO (%)	MES (%)	Total N (%)	Total P (%)
Bulgaria	3,9	0,6	34,8	8,3
Georgia	4,2	0,2	0,8	3,2
Romania	19,6	1,2	20,9	3,9
Russian federation	12,4	12,0	6,2	7,6
Turkey	30,5	73,2	17,5	43,0
Ukraine	29,4	12,8	19,8	34,0
Total (t. an ⁻¹)	206 093	5 852 416	216 754	13 620
Algérie (présente étude) (t. an ⁻¹)	66 000	600 000	40 000	30 000

Si l'on se compare aux pays de la mer noire (pays en voie de développement ayant un niveau de vie comparable à l'Algérie), on peut en noter que l'Algérie est un pays fortement consommateur de phosphore et surpasse même les flux en phosphore de plusieurs nations (tableau 17).

Au sein des sources de pollution du littoral, l'effluent urbain d'Annaba représente une faible fraction variant de 3 à 8% selon l'élément, contrairement à certains effluents urbains de France (tableau 18) où la fraction liée est beaucoup plus élevée en terme de phosphore ou en terme d'azote.

Tableau 18 : Comparaison des apports journaliers moyens d'origines urbaines et fluviale sur le littoral méditerranéen français Aminot et Guillaud (1991) et algériens (présente étude). Valeurs entre parenthèse d'après Gouiez (2006).

Site et origine	Azote (t. j ⁻¹)	Phosphore (t. j ⁻¹)
Méditerranée	-	-
Rhône	200	20
Effluent (5.10 ⁶ eq- hab.)	54	5
Estuaire de Morlaix		
Rivières	1,5	0,08
Effluents (22.10 ³ eq-hab)	0,23	0,05
Annaba (effluent)	0,60 (1,80)	0,40 (1,90)
Annaba (Seybouse)	(15)	(3)
Annaba (industrie)	(2,8)	(1,50)

Enfin, cette étude qui s'est centrée sur la caractérisation chimique des effluents urbains d'Annaba aboutissant au littoral sans traitements, devrait considérer le devenir de cette pollution. Des études se poursuivant actuellement sur le traitement des eaux urbaines, devront permettre de déterminer le niveau de leur épuration par les effluents d'Asmidal livrés également sans traitement au littoral. Ces premières observations de terrain,

laissent à encourager un prétraitement de l'effluent urbain par les eaux de refroidissement d'Asmidal. En l'absence de station de traitement des eaux urbaines, des possibilités d'épuration par les rejets d'Asmidal représente une solution réelle.

Références bibliographiques

Almeida M.C., Butler D. et Friedler E., 1999. At-source domestic wastewater quality. London. Urban Water, Vol 1, 1, p45-55.

Aminot A., J.F.Guillaud., 1991. Apports en Matière organique et en sels nutritifs par les stations dépuración. *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

Agence Européenne de l'environnement, 1999. State and pressure of the marine and coastal Mediterranean environment. *Environnemental assessment series* 5, 37,38 : 137 p.

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

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

Barth H., Fegan L., 1990. Eutrophication-related phenomena in the Adriatic Sea and in other Méditerranéan coastal zones: proceedings of a workshop held in Rome, 28-30 May 1990. *Water pollution Research report* **16**, C.EC (EUR 12978), 1-255.

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.

Besse P., Pouessel M., Soubestre P., Le pluart A., Bechac JP. (1989). L'assainissement collectif en Ille-et-Vilaine, Détermination statistique de l'équivalent habitant en milieu rural. Techniques Science et Méthode, septembre 1989.

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., Madec C., Gentili B., 1992. Phosphorus and nitrogen behavior in the Mediterranean sea, *deep sea research*, **39** (9), 1641-1654.

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

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.

Billen C., Deligne C., Billen G., Garnier J., 1998. Estimation des charges en nutriments liées aux activités domestiques et industrielles aux XIX^{ème} siècle. *Rapport de l'atelier de Dourdan (3-4 Novembre 1998)*.**5** :8 pp.

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

Bureau Vertitas & Sivom de Metz., 1994. Etude de quantification de pollution. Rapport de synthèse.

Butler D., Thedchanamoorthy S., Payne J.A., 1992. Aspects of surface sediment characteristics on an urban catchment in London. Water Science and Technology, vol. 25, n°8, p13-19.

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.

Degrément, 1989. *Memento Technique de l'eau*. 9^{ème}, 1459 p.

Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés sénégalaises (DEECS), 2001. Eaux usées : Normes de rejet (NS 05-061). Rapport annuel de Juillet 2001, *Editée par l'institut sénégalais de Normalisation (ISN)*. **26** : 27pp.

European Environment Agency (EEA), 1999. State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment. Environmental assessment series. Office for Official Publications/EE, L-2985 Luxembourg. **5**: 137 pp.

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.

Gesamp D., 1990. *The state of marine environment*, Blackwell scientific publication. 146.

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. Memoire de Magistere, Univ. 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.

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.

Helmer R., 1977. Pollution from land-based sources in the Mediterranean. *Ambios*, **6** (6): 312-316.

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*, **134-138**.500p

Kerr S. R., Ryder R. A., 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.

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. 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.

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., 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

Laabed S., Gouiez H., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Khelifi-Touhami M., et Abdennour C., 2006. Apport en sels nutritifs et matières organiques au littoral d'Annaba par les effluents urbains et industriels

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* (pp. 68±78). Michigan, USA: Ann Arbor.

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.

Lesouef A., Siboug J., Rogalla F., 1990. Elimination de l'azote et du phosphore : *état de l'art et perspectives d'avenir*. Bendor, 13-15 juin 1990. IFREMER. Actes de colloques **11**: 53-72.

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

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.

Mébariki 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.

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.

Ministère de l'Equipement (ME) ,1990.Stratégies de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen,Alger,Algérie,p130-163.

Ministère des ressources en eau (MRE), 2001. Les ressources en eau d'Algérie, *rapport de synthèse*, Alger, Algérie,73p.

Ministère de L'Environnement du Québec (MENVIQ) ,1989. Guide techniques sur la réalisation des études préliminaires, novembre 1989.

Ounissi M., Fréhi H., Khélifi-Touhami M., 1998. Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golf d'Annaba (Algérie). *Analyse 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.

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

Pujol R., Lienard A.,1990. Qualitative and quantitative characterisation of waste water for small communities. CEMAGREF.

Rambaud A., Alozy C., Reboul B., Bontoux J., 1997. Etude séquentielle des variations des rejets journaliers d'eaux usées au niveau d'une habitation individuelle. Travaux de la société de pharmacie de Montpellier.

Ribeiro Cezar H.A., Kjerve B., 2002. Anthropogenic influence on the water quality in Ganabara bay, Rio de Janeiro. Brésil, *Reg. Environ. Change*, **3**:13-19 p

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

Ros J., 1994. La santé de la Méditerranée, pour la science, **202**: 80-88.

Sarikaya H.Z., Sevemli M.F and Çitil E., 1999. Region-wide assessment of the land-based sources of pollution of the Black Sea. Istanbul technical university. *Water pollution Research*. **39** (8), 193-200 p.

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.

Tamrabet L., 2002. La réutilisation des eaux usées en agriculture : insuffisances et solution des méthodes de traitement des effluents en Algérie. *Actes du colloque international sur l'eau dans le bassin méditerranéen watmed : ressources et développement Durable. Volume I. 10-13 octobre 2002 Monostir –Tinia*. **3-5** .8p

Vienneras B., 2001. Faecal separation and urine diversion of nutrient management of household biodegradation waste and wastewater. Licentiate Thesis. Institutionen, för lantbruksteknik. Swedish University of Agricultural Sciences. Report 244 ISSN 00283-0086, ISRN SLU-LT-R-244-SE.

Résumé

Oued Boudjemâa est un effluent urbain qui coule à ciel ouvert sur la plaine ouest d'Annaba et occasionne de véritables problèmes d'environnement. Il est le siège d'incubation de bactéries, de pontes de moustiques, de production de mauvaises odeurs générant divers contraintes environnementales de type esthétique et sanitaires. Les possibilités de gestion et de traitement de ces eaux usées reposent sur la caractérisation chimique et biochimique de l'effluent. Dans cette ordre d'idée, une étude des paramètres physico-chimiques, chimiques et biochimiques a été menée au cours de l'année 2006 sur deux stations, l'une soumise aux rejets d'Asmidal avant d'aboutir à la mer et l'autre située plus en amont recevant les eaux usées domestiques brutes à partir essentiellement de stations de relevage de la plaine ouest.

Les caractères chimiques et biochimiques de l'effluent en amont se trouvent se sont fortement modifiés en se mélangeant avec les lâchers d'Asmidal en aval. Il s'agit d'une épuration qui s'exprime en particulier par l'oxydation d'une fraction importante d'ammonium qui s'est transformée en nitrate et par une diminution de 36% de la DBO en aval. L'ammonium domine les formes de l'azote minéral à 73% et est entraîné à la mer à raison de 500 kg par jour dont 20% se trouvent réduits à l'aval sous l'effet d'oxydation. Le phosphore également présent à de fortes teneurs (5 mg. l⁻¹), se décharge à la mer à raison de 400 kg par jour. Dans les formes particulières, l'effluent introduit d'énormes masses en MES atteignant en moyenne de 12 000 kg par jour susceptibles d'envaser les aires littorales adjacentes. Dans cette forme particulière, le COP représente 60%. L'ensemble de ces éléments chimiques et biochimiques (DBO) induirait annuellement 1800-4000 tonnes de matière primaire à laquelle s'ajoute 2000 tonnes de demande biologique en oxygène et devrait avoir de sévère répercussion sur l'environnement littoral. D'un point de vue flux spécifique, la population d'Annaba libère 5 grammes par habitant par jour et une quantité comparable de phosphore, ce qui représente une pollution excessive en phosphore.

Mots Clés : Pollution, effluent urbain, azote, phosphore, environnement littoral

Abstract

Boudjemâa wadi is an urban sewage that flows in the open on the west plain of Annaba and cause real problems of environment. He is the seat of incubation of bacteria, of punters of mosquitos, of production of bad odors generating various environmental constraints of type aesthetic and sanitary. The possibilities of management and treatment of these worn-out waters rest on the chemical and biochemical characterization of the sewage. In this order of idea, a survey of the physico-chemical, chemical and biochemical parameters has been led during the year 2006 on two stations, one subject to the dismissals of Asmidal before succeeding to the sea and the other situated receiving the raw domestic worn-out waters to leave essentially from stations of releavage of the west plain more upstream.

The chemical and biochemical characters of the sewage are upstream altered strongly while mixing itself/themselves downstream with the lâchers of Asmidal. It is about a purification that expresses itself in particular by the oxidization of a fraction important of ammonium that turned into nitrate and by a reduction of 36% of the DBO downstream. Ammonium dominates the shapes of the mineral nitrogen to 73% and is driven to the sea at the rate of 500 kg per day of which 20% are reduced to the downstream under the effect of oxidization. The phosphor also present to strong contents (5 mg. l⁻¹), unload himself at the sea at the rate of 400 kg per day. In the shapes particulaires, the sewage introduces enormous masses in MY reaching 12 000 kg on average per day susceptible to silt up the adjacent coastal areas. In this shape particulare, the COP represents 60%. The set of these chemical and biochemical elements (DBO) would lead 1800-4000 tons of primary matter to which are added 2000 tons of biologic demand in oxygen annually and should have stern repercussion on the coastal environment. Of one point of view specific flux, the population of Annaba frees 5 grams per capita by day and a comparable quantity of phosphor, what represents an excessive pollution in phosphor.

Key words: Pollution, urban sewage, nitrogen, phosphor, coastal environment

ملخص

اهتم هذا البحث بدراسة الخواص الكيماوية للمصارف البشرية التي تطرح في وادي بوجمعة ومنه إلى الساحل المحاذي دون علاج. هذا المصرف الحضري هو مصدر أساسي للتلوث حيث انه يشكل محضنة للبكتيريا وتكاثر البعوض بالإضافة إلى طرح روائح كريهة وفساد المناظر الجمالية للبيئة وانعكاساته على الصحة العمومية.

إن إمكانية تسيير ومعالجة هذه المياه القذرة يتركز أساسا على التشخيص الكيم اوي والبيوكيم اوي لهذا المصرف، و على هذه الفكرة أتت هذه الدراسة التي تمت خلال سنة 2006 وذلك لتقييم الخواص الكيماوية والبيوكيماوية في محطتين: المحطة الأولى تقع في الضفة القبلية للمصرف حيث تستقبل المياه الناجمة عن المخطات الجامعة للمياه بمنطقة السهل الغربي والمحطة الثانية معرضة للمياه الصناعية المطروحة لمركب الأسمدة اسمدال قبل وصولها إلى البحر.

إن الخصائص الكيماوية والبيوكيماوية لمياه هذا المصرف في النقطة الأولى تتغير عند التقائها مع المياه الآتية من اسمدال ونرى الفرق في النقطة الثانية القريبة من البحر، مما يبين لنا انه تمت نسبة كبيرة من المعالجة وذلك من خلال أكسدة كمية معتبرة من الامونيوم الذي تتحول إلى نترات ونقصان بنسبة 36% من الطلب البيولوجي للأكسجين بين المحطة الأولى والمحطة الثانية البحرية. نلاحظ أن الامونيوم هو السائد في مختلف كميات النيتروجين المعدني حوالي 73% حيث يخرج إلى البحر بكمية تقدر ب: 500 كغ في اليوم، أين نرى أن نسبة 20% قد أرجعت وذلك في المحطة البحرية وذلك تحت تأثير الأكسدة.

بالنسبة للفسفور يقدر تركيزه ب 5 ميلي غرام للتر الواحد، حيث يطرح في البحر بمعدل: 400 كغ في اليوم.

أما بالنسبة للمواد العالقة بالماء فالكمية المطروحة يوميا تقدر ب: 12000 كغ مما تؤدي إلى خلق الأوحال في المناطق الساحلية القريبة، كذلك نلاحظ أن بسنة الكربون تقدر ب: 60% من هذه المواد العضوية .

إن مجموع هذه العناصر الكيماوية والبيوكيماوية تنجم عنها حوالي: 1800-4000 طن من المادة الأولية يضاف إليها 2000 طن من الطلب البيولوجي للأكسجين كل هذا له انعكاسات على البيئة الساحلية.

فيما يخص التلوث الفردي، سكان مدينة عنابة يطرحون كمية من النيتروجين تقدر ب 5غرام للفرد الواحد في اليوم ونفس الكمية من الفسفور هذه الأخيرة تمثل كمية هائلة لها تأثير كبير على التلوث البيئي.

الكلمات المفاتيح: التلوث، مصرف حضري، نيتروجين، فسفور، بيئة ساحلية

Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba

Auteur : KHAMMAR Hichem

Département des sciences de la mer, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba.

E-mail : khammar_hich@yahoo.fr

Résumé

Oued Boudjemâa est un effluent urbain qui coule à ciel ouvert sur la plaine ouest d'Annaba et occasionne de véritables problèmes d'environnement. Il est le siège d'incubation de bactéries, de pontes de moustiques, de production de mauvaises odeurs générant divers contraintes environnementales de type esthétique et sanitaires. Les possibilités de gestion et de traitement de ces eaux usées reposent sur la caractérisation chimique et biochimique de l'effluent. Dans cette ordre d'idée, une étude des paramètres physico-chimiques, chimiques et biochimiques a été menée au cours de l'année 2006 sur deux stations, l'une soumise aux rejets d'Asmidal avant d'aboutir à la mer et l'autre située plus en amont recevant les eaux usées domestiques brutes à partir essentiellement de stations de relevage de la plaine ouest.

Les caractères chimiques et biochimiques de l'effluent en amont se trouvent se sont fortement modifiés en se mélangeant avec les lâchers d'Asmidal en aval. Il s'agit d'une épuration qui s'exprime en particulier par l'oxydation d'une fraction importante d'ammonium qui s'est transformée en nitrate et par une diminution de 36% de la DBO en aval. L'ammonium domine les formes de l'azote minéral à 73% et est entraîné à la mer à raison de 500 kg par jour dont 20% se trouvent réduits à l'aval sous l'effet d'oxydation. Le phosphore également présent à de fortes teneurs (5 mg. l⁻¹), se décharge à la mer à raison de 400 kg par jour. Dans les formes particulières, l'effluent introduit d'énormes masses en MES atteignant en moyenne de 12 000 kg par jour susceptibles d'envaser les aires littorales adjacentes. Dans cette forme particulière, le COP représente 60%. L'ensemble de ces éléments chimiques et biochimiques (DBO) induirait annuellement 1800-4000 tonnes de matière primaire à laquelle s'ajoute 2000 tonnes de demande biologique en oxygène et devrait avoir de sévère répercussion sur l'environnement littoral. D'un point de vue flux spécifique, la population d'Annaba libère 5 grammes par habitant par jour et une quantité comparable de phosphore, ce qui représente une pollution excessive en phosphore.

Mots Clés : Pollution, effluent urbain, azote, phosphore, environnement littoral