

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA-1**

**Faculté de technologie**

**Département des sciences de l'Eau et Environnement**



## **MEMOIRE DE MASTER**

**Faculté de Technologie**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Ressources Hydrauliques**

**Thème :**

**Analyse en composante principales des transferts de nutriments de l'oued Mazafran vers la baie de Bou-Ismaïl. (Mitidja, Algérie)**

Présenté par :

**SELLAMI Rahima**

**ZITOUNI Imen**

Devant le jury composé de :

- Mr KHOULI. M.R	MCB USD Blida 1	Président
- Mr OULARBI.A	MCB USD Blida 1	Examineur
- Mr MESSAOUD-NACER. N	MCA USD Blida 1	Encadreur

Promotion : 2019 /2020

## ***Remerciements***

*Avant tout, nous remercions le bon Dieu pour la santé, la volonté, le courage et l'illumination qui nous a accompagné tout au long afin d'achever ce travail.*

*Une grande gratitude à notre promoteur Mr Messaoud Nacer pour ses précises orientations et son soutien pendant les étapes de réalisation de ce mémoire.*

*Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont permis d'acquérir des connaissances tout au long de notre période d'étude.*

*Nous remercions également les membres du jury pour avoir accepté de consacrer leur temps à évaluer notre humble travail.*

*Dans ces lignes nous voulons exprimer notre remerciements à nos parents pour leur compréhension et sacrifice, que dieu vous garder en bonne santé.*

## *Dédicaces*

*A mes chers parents*

*A mes deux petits frères*

*A toute ma famille et mes amies*

***Z.Imen***

## Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce mémoire de master à mes chères,

### *A ma très chère mère :*

Il est naturel que ma pensée aille vers ma mère, à qui je dois la vie et une part essentielle de ma personnalité. Qu'elle sache que l'Amour que me donne continue à m'animer et me permet d'envisager l'avenir comme un défi.

### *A la mémoire de mon père :*

Ce travail est dédié à mon père, décédé il y a 3 ans, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme, prie Dieu, le tout puissant en sa sainte miséricorde !

### *A mes chères sœurs :*

La petite Ibtissem, Kenza et son mari Mehdi et ses enfants Yasser et Racim .

Khadidja et son mari Makhloof.

### *A mon oncle :*

Rafik , et sa femme Sara.

### *A mes cousins(e) :*

Salim, Khaled, Mohamed, Zahida et Ines.

### *A mes amies :*

Hind et Imen.

***S. Rahima***

## Table des matières

Introduction générale : .....	1
-------------------------------	---

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

Introduction : .....	3
1-Présentation de la zone d'étude : .....	3
2-Le réseau hydrographique : .....	4
3-Le régime hydrologique : .....	6
4-Le climat : .....	6
5-Le relief : .....	7
6-Aperçus géologique et hydrogéologique: .....	7
Conclusion : .....	8

### **Chapitre II: Recherche bibliographique**

Introduction : .....	9
1-Pollution des estuaires : .....	9
2-Transformation des nutriments vers la mer: .....	13
3-Pollution dans la baie de Bousimail .....	15
Conclusion : .....	19

### **Chapitre III : Evolution spatio –temporelle des éléments nutritifs et des paramètres physiques**

Introduction : .....	20
1-Matériel et méthodes : .....	20
2-Résultats des analyses physico-chimiques des eaux aux stations Amont et Aval : .....	22
2.1-Les paramètres physiques : .....	22
2.1.1-Le débit : .....	22
2.1.2-Le pH : .....	23
2.1.3-La température : .....	24
2.1.4-La conductivité : .....	25
2.2-Les paramètres chimiques : .....	26
2.2.1-L'azote ammonium : .....	26
2.2.2-Les nitrates : .....	27

2.2.3-Les nitrites :	28
2.2.4-Le phosphate :	29
2.2.5-La silice :	30
2.3-Matière organique, DCO et DBO5 :	31
3-Résultats des analyses physico-chimiques des eaux à l'embouchure de l'oued Mazafran...	35
3.1-Paramètres physiques :	35
3.1.1-La température :	35
3.1.2-pH :	36
3.1.3-La salinité :	37
3.2-Les paramètres chimiques	38
3.2.1-L'ammonium :	38
3.2.2-Les nitrates :	39
3.2.3-Les nitrites :	40
3.2.4-Le phosphate :	41
3.2.5-La silice :	42
3.3-DCO et DBO <sub>5</sub> :	43
Conclusion :	44

## **Chapitre VI : Traitement des données par l'analyse en ACP**

Introduction :	45
1-Définition de L'ACP :	45
2-Station amont :	45
2.1-Valeurs propres :	46
3-Station aval :	48
3.1-Valeurs propres :	49
4-Embouchure :	51
4.1-Valeurs propres :	52
Conclusion.....	54
Conclusion générale .....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>N° Page</b>
Tableau 1	les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littorale)	16
Tableau 2	Principaux industries dans la région de Bousmail	17
Tableau 3	les principales industries	17
Tableau 4	Moyennes interannuelles des débits	22
Tableau 5	Concentrations moyennes, maximales et minimales de pH	23
Tableau 6	Evolutions mensuelles des températures	24
Tableau 7	Evolutions mensuelles de la conductivité	25
Tableau 8	Evolutions mensuelles de l'azote d'ammonium	26
Tableau 9	Evolutions mensuelle des nitrates	27
Tableau 10	Evolutions mensuelles des nitrites	28
Tableau 11	Evolutions mensuelles des phosphates	29
Tableau 12	Evolutions mensuelles des silices	30
Tableau 13	Concentrations moyennes annuelles de la MO, DCO et DBO5 à l'amont et l'aval de l'oued Mazafran	31
Tableau 14	Valeurs comparatives de quelques paramètres mesurées à différentes époques dans l'oued Mazafran et valeurs limites de qualité	34
Tableau 15	Evolutions mensuelles des températures à l'embouchure de l'oued Mazafran	35
Tableau 16	Evolutions mensuelles de pH à l'embouchure de l'oued Mazafran	36
Tableau 17	Evolutions mensuelles de la salinité à l'embouchure de l'oued Mazafran	37
Tableau 18	Evolutions mensuelles de l'ammonium à l'embouchure de l'oued Mazafran	38
Tableau 19	Evolutions mensuelles des nitrates à l'embouchure de l'oued Mazafran	39
Tableau 20	Evolutions mensuelles des nitrites à l'embouchure de l'oued Mazafran	40
Tableau 21	Evolutions mensuelles des phosphates à l'embouchure de l'oued Mazafran	41
Tableau 22	Evolutions mensuelles de silice à l'embouchure de l'oued Mazafran	42
Tableau 23	Concentrations moyennes annuelles de la, DCO et DBO5 à l'embouchure de l'oued Mazafran	43
Tableau 24	Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de l'amont de l'oued Mazafran	46
Tableau 25	Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de la station amont	47
Tableau 26	Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimique étudiés au niveau de l'aval de l'oued Mazafran	49

Tableau 27	Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de la station aval	50
Tableau 28	Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafra	51
Tableau 29	Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de l'embouchure	53

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>N° Page</b>
Figure 1	Situation géographique de la baie de Bou Ismail (Google Earth)	4
Figure 2	Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Mazafran (ANRH, 2005)	5
Figure 3	Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bousmail	18
Figure 4	Situation des prélèvements dans l'oued Mazafran (Google Earth)	21
Figure 5	Les variations mensuelles des débits en amont et aval	22
Figure 6	Variations mensuelles de pH	23
Figure 7	Variations mensuelles des températures	24
Figure 8	Variations mensuelles de la conductivité	25
Figure 9	Variations mensuelles de l'azote d'ammonium	27
Figure 10	Variations mensuelles des nitrates	28
Figure 11	Variations mensuelles des nitrites	29
Figure 12	Variations mensuelles des phosphates	30
Figure 13	Variations mensuelles de la silice	31
Figure 14	Variations annuelles de matière organique	32
Figure 15	Variations annuelles de la DCO	33
Figure 16	Variations annuelles de la DBO5	34
Figure 17	Variations mensuelles des températures à l'embouchure de l'oued Mazafran	36
Figure 18	Variations mensuelles de pH à l'embouchure de l'oued Mazafran	37
Figure 19	Variations mensuelles de salinité à l'embouchure de l'oued Mazafran	38
Figure 20	Variations mensuelles de l'ammonium à l'embouchure de l'oued Mazafran	39
Figure 21	Variations mensuelles des nitrates à l'embouchure de l'oued Mazafran	40
Figure 22	Variations mensuelles des nitrites à l'embouchure de l'oued Mazafran	41
Figure 23	Variations mensuelles des phosphates à l'embouchure de l'oued Mazafran	42
Figure 24	Variations mensuelles de la silice à l'embouchure de l'oued Mazafran	43
Figure 25	Variations annuelles de DCO et DBO5 à l'embouchure de l'oued Mazafran	44
Figure 26	Projection des variables physico-chimiques sur le plan factoriels de la station amont	47
Figure 27	Projection des mois sur le plan factoriels de la station amont	48
Figure 28	Projection des variables physico-chimique sur le plan factoriels de la de la station aval	50
Figure 29	Projection des mois sur le plan factoriels de la station aval	51
Figure 30	Projection des variables physico-chimique sur le plan factoriels de l'embouchure	53
Figure 31	Projection des mois sur le plan factoriel de l'embouchure	54

## Liste des abréviations

**ABH** : Agence des bassins hydrographiques.

**ACP** : Analyse en Composant Principale.

**AFB** : Agence Française pour la Biodiversité.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

**°C** : Degré Celsius.

**DCO** : La Demande Chimique en Oxygène.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biochimique en Oxygène

**MO** : Matière organique.

**ONM** : Office National de la Météorologie

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

## Résumé

La baie de Bou-Ismaïl est un écosystème alimenté par les eaux de l'oued Mazafran qui charrient également certains rejets urbains, industriels et agricoles dus aux activités sur une partie du bassin versant.

La dégradation de la qualité des eaux menace la biodiversité de l'écosystème et son rôle socio-économique.

Les résultats des analyses chimiques des eaux de l'oued Mazafran de l'amont à l'aval ne montrent pas une variation importante pendant la période d'étude, l'évaluation des teneurs de sel nutritif est saisonnière puisque les teneurs les plus importantes sont enregistrées pendant la saison d'étiage. Pour mieux apprécier la qualité de l'eau les résultats obtenus ont subi un traitement statistique par analyse en composantes principales (ACP), l'analyse a présenté une contamination des eaux dues à des actions anthropiques humaines d'une part : rejets d'eau brute et épurée des communes et des agglomérations de bassin versant qui sont la cause principale de cette pollution générée, leur rejet dans la zone estuaire peut également perturber et modifier la qualité de l'eau dans ce milieu aquatique. En plus l'emploi non raisonné des fertilisants et d'engrais dans cette région agricole se manifeste par des concentrations importantes de nutriments. Et d'une autre part la contamination des eaux par les actions naturelles notamment l'érosion et le lessivage des terrains agricoles.

**Mots clés :** Oued Mazafran, estuaire, pollution, nutriments

## **Abstract**

Bou-Ismaïl bay is an ecosystem fed by the waters of the Mazafran wadi which also carries certain urban, industrial and agricultural discharges due to activities in part of watershed.

The degradation of water quality threatens the biodiversity of the ecosystem and its socio-economic role.

The results of the chemical analyses of upstream and downstream Mazafran wadi waters do not show a significant variation during the study period, the evaluation of the nutrient contents is seasonal since the most important content are during the summer season. In order to better assess the quality of the water, the results obtained underwent a statistical treatment by principal component analysis (PCA), analysis presented water contamination due to human anthropogenic action on the one hand: discharges of raw and purified of communes and agglomerations of watershed which are the main cause of this pollution generated, their discharge into the estuary zone can also disturb and modify the quality of the water in this aquatic environment. In addition, the unwise use of fertilizers in this agricultural region is manifested by significant concentration of nutrients. And on the other hand of water contamination of water by natural action including erosion and leaching of agricultural land.

**Keywords:** Mazafran wadi, estuary, pollution, nutrients.

## الملخص

خليج بو سماعيل هو نظام بيئي يغذيها مياه واد ما زافران ، والذي تحمل ايضا بعض التصريفات الحضرية والصناعية و الزراعية بسبب الانشطة التي تتم على جزء من المستجمع المائي .

يهدد تدهور نوعية المياه التنوع البيولوجي للنظام البيئي و دوره الاجتماعي و الاقتصادي .

لا تظهر نتائج التحليلات الكيميائية لمياه وادي مازا فران من اعلى النهر الى المصب أي اختلاف خلال فترة الدراسة ، تقييم محتويات الملح المغذي موسمي لان اعلى المحتويات سجلت خلال موسم الصيف. لتقييم جودة المياه بشكل افضل ، خضعت النتائج التي تم الحصول عليها الى معالجة احصائية عن طريق تحليل المكونات الرئيسية ، قدم التحليل تلوثا للمياه بسبب الاجراءات البشرية من جهة : تصريف المياه الخام و المنقاة من البلديات و التجمعات في مناطق تجميع المياه التي تعد السبب الرئيسي لهذا التلوث الذي تولد عنها، كما يمكن ان يؤدي تصريفها في منطقة المصب الى اضطراب و تعديل جودة المياه في هذه البيئة المائية. بالإضافة الى ذلك يتجلى الاستخدام غير الحكيم للأسمدة في هذه المنطقة الزراعية من خلال تركيزات عالية من المغذيات . و من ناحية اخرى تلوث المياه بالأفعال الطبيعية بما في ذلك تعرية و تشريح الاراضي الزراعية.

**كلمات مفتاحية:** واد ما زافران، المصب ، التلوث، المغذيات.

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Le développement économique et social en Algérie comme partout dans le monde, s'accompagne par une demande en eau de plus en plus importante en raison de la croissance industrielle et de l'agriculture, cela a conduit à une pression accrue sur les ressources en eau et à une exacerbation de la situation, l'accès à l'eau est devenu de plus en plus difficile. En même temps, la qualité de cette eau devient de plus en plus toxique, chimique et inadapté à l'usage souhaité, cela rend le problème de la pollution de l'eau un sujet de préoccupation internationale.

Les pollutions aquatiques affectent beaucoup plus les zones côtières et les estuaires qui sont des écosystèmes complexes, fragiles soumis à de fortes pressions naturelles et anthropiques pouvant mettre en péril leur équilibre. La population côtière y est en expansion constante avec, de nos jours, environ deux tiers de la population mondiale vivant sur une étroite bande de zone côtière de 60 Km (**Gattacceca. J, 2009**). Ainsi, ces zones côtières sont le siège d'une activité humaine intense et soumis à des aménagements hydro-agricoles conduisant à des déversements de divers types de polluants qui perturbent le fonctionnement naturel en tant qu'écosystèmes (**EL Mohrit. M et al ,2012**). La manifestation la plus visible de ce type de pollution est l'eutrophisation des cours d'eau. (**Guergueb. S, 2016**).

La côte et le littoral algériens et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, sont sensibles aux changements environnementaux, aux changements créés par le développement économique et aux changements d'utilisation du sol. La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible. De 75 à 80% des pollutions marines sont d'origine terrestre, notamment agricole, parmi les quelles environ 30% sont apportées par l'atmosphère (**Bachari. F, 2009**). L'augmentation subséquente des charges d'éléments nutritifs a produit une dégradation des eaux de surface en raison des rejets d'eaux usées.

La baie de Bou-Ismaïl présente un intérêt particulier pour la mise en valeur du potentiel hydraulique. Elle constitue un pôle de développement économique et social très important. Sa richesse occupe désormais une place importante dans l'économie nationale.

C'est dans ce cadre que s'insère notre étude et qui consiste à évaluer l'état de la qualité des eaux de l'oued Mazafran et son évolution de l'amont vers l'embouchure. Il s'agit de

mettre en évidence les impacts éventuels des activités anthropiques ou des facteurs naturels sur ces eaux de surface.

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre, présentation de la zone d'étude et les méthodes de mesure.
- Le deuxième chapitre, une étude bibliographique pour mettre en évidence les facteurs qui contribuent à la propagation de la pollution par les nutriments dans les zones côtières.
- Le troisième chapitre, les analyses des paramètres physico-chimiques de l'oued Mazafran et les discussions des résultats obtenus.
- Le quatrième chapitre présente une interprétation par application d'ACP sur les données physico-chimiques.

# Chapitre I

---

Présentation de la zone d'étude

## Introduction

Les oueds d'Algérie sont devenus véritables dépotoirs, en ce sens ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides, Ceci a au pour incidence une dégradation de la qualité des eaux. Les apports d'eau aux oueds constituent un danger pour la population.

Notre site d'étude correspond à la Baie de Bou smail qui se caractérise par trois oueds déversent dans cette Baie : l'oued Mazafran, l'oued Nador et l'oued de Beni-Messous .

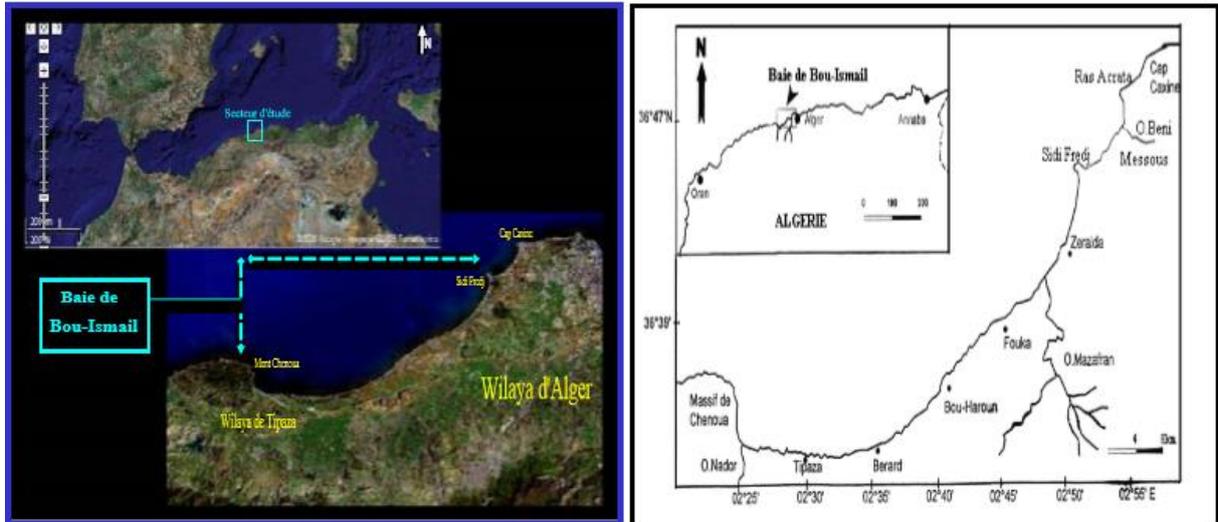
Le Mazafran est un oued côtier Méditerranéen, il appartenant au réseau hydrographique de la plaine de la Mitidja et il se situe à environ 30 Km à l'ouest d'Alger et son Bassin versant qui possède une superficie d'environ 427.5 Km<sup>2</sup>et une longueur de 24Km.

En effet il reçoit de Multiples rejets de polluants de toutes sortes (industriels, urbains et agricoles) provenant des agglomérations urbaines : Chiffa, Attatba, Berbessa, oued El-Alleug et Koléa .

## 1-Présentation de la zone d'étude

Notre région d'étude correspond à la baie de Bou-Ismaïl (ex : Golfe de Castiglione),. Elle est limitée l'Est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'ouest par le cap du Mont Chenoua. **(Figure 1)** .Elle à une superficie de 509 Km<sup>2</sup>. Dans ce vaste domaine maritime, se trouve incluse la baie d'El Djamila .La baie couvre une superficie de 350 Km<sup>2</sup> avec une ouverture de 40 Km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est , soit 2° 54 Est et 36° 48 Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord.

La région de Bousmail est une zone à vocation touristique et agricole ; sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas s'accroissant en période estivale. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels; à cela s'ajoute la pollution due l'activité de la pêche.( **Bachari. F, 2009**)



**Figure 1:** Situation géographique de la baie de Bou Ismail (Google Earth)

## 2-Le réseau hydrographique

Le bassin versant de l'oued Mazafran (y compris les affluents) est l'un des plus importants bassins du côtier Algérois, d'après la subdivision des bassins faite par l'ANRH avec une superficie totale de près de 1900 Km<sup>2</sup>. Il occupe la partie centrale de la Mitidja. Il est limité au Nord par le Sahel de direction Est-Ouest, au Sud par l'Atlas de Blida qui s'étend également d'Est en Ouest, à l'ouest par le lac de Halloula et les collines de Hadjout, et à l'est par l'oued El Harrach. (ABH, Agence National des bassins hydrographiques, 2013)

Caractéristiques des affluents de l'oued Mazafran :

- L'Oued Djer (rivière blanche, parce qu'elle charriait des boues blanchâtres) est long de 50 Km. Il constitue la limite naturelle entre les communes d'Attatba et Ameer El Ain. Une partie de son cours a été aménagé en canal d'assèchement en suivant approximativement la route départementale n°7, puis à l'latitude du Kandoury, il redevient un cours d'eau normal et reçoit le Bou Roumi. Son bassin versant possède une superficie de 396 Km<sup>2</sup>.
- l'Oued Chiffa vient de l'amont des gorges de Chiffa et traverse de part et d'autre le massif de Chréa et à l'ouest le massif de Mouzaia pour former l'oued Mazafran. Sa longueur est de 35 Km et la superficie de son bassin versant est de 316 Km<sup>2</sup>.
- L'Oued Bou Roumi (rivière des français, parce que ceux-ci y puisaient de l'eau) entre sur le territoire d'Attatba à la limite des communes d'El Affroun et Mouzaia. Il coule

- très près de l'oued Djer. Il s'étale sur une longueur de 72 Km et la superficie de son bassin versant est estimée à 680 Km<sup>2</sup>. Un barrage a été édifié et mis en service en 1985 dans la partie amont de l'oued entre le Djebel Chekirène au sud et le Djebel Draa El Ouest au Nord. (Ouahil, A, 2017)

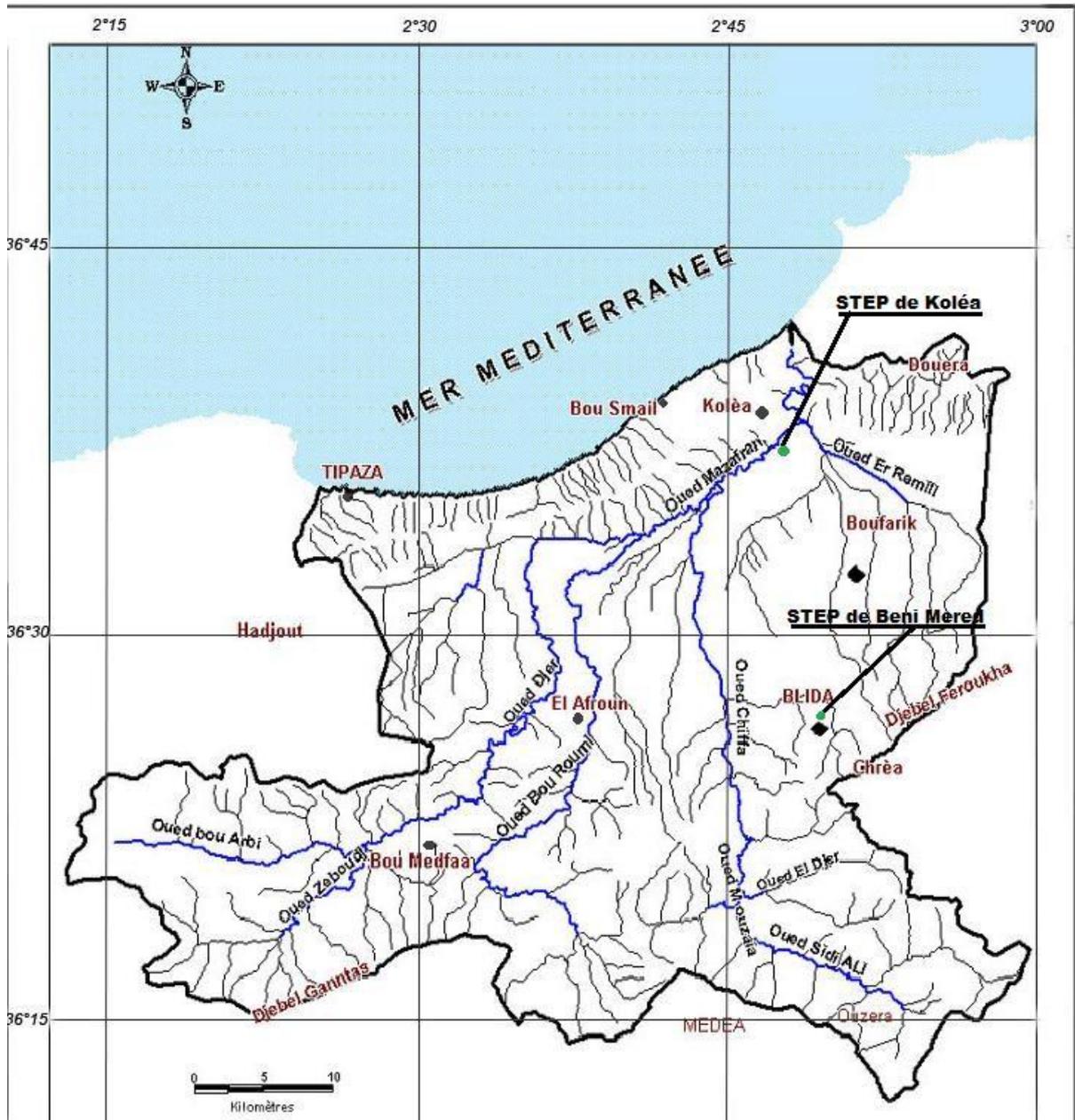


Figure 2: Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Mazafran (ANRH, 2005)

### 3-Le régime hydrologique

Le régime hydrologique de l'oued Mazafran répond à l'extrême irrégularité des impulsions climatiques, avec des crues périodiques, brutales et courtes, capables de faire passer l'oued en quelques heures de débits presque nuls à des débits instantanés supérieurs à 200 m<sup>3</sup>/s . L'étiage, caractérisé par l'absence totale d'écoulements est souvent long: de juin à septembre ou même certaines années à début décembre.

Le traitement des données de débit liquide du Mazafran sur une période de 15 ans (de 1981 à 1995 et de 2003 à 2005), indique non seulement une grande variété annuelle mais également interannuelle. Le rapport entre les débits moyens annuels peut en effet atteindre et même dépasser des valeurs de l'ordre de 10 fois; ainsi, au cours de la période considérée, les valeurs extrêmes (du débit moyen annuel) sont de 0,33 m<sup>3</sup>/s en 1989-1990 et de 7,72 m<sup>3</sup>/s en 1986-1987. **(Benslama. L, 2012)**

### 4-Le climat

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat sub -humide, avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés doux et humides .Elle est exposée aux vents dominants et aux grosses tempêtes, des vents d'Ouest Nord-Ouest durant la saison froide et des vents Est et Nord- Est en été. **(Office National de la Météorologie O.N.M, 2003)**

A cause du manque de données dû à l'absence d'un réseau météorologique dans la région d'étude, les données sont enregistrées par les stations météorologiques les plus proches :

- la station météorologique de Médéa pour caractériser les stations amont du bassin du Mazafran.
- la station météorologique d'Alger pour caractériser les stations aval du même bassin.

Ces deux stations météorologiques présentent l'avantage d'avoir des séries de données complètes sur une longue période, elles nous montrent ;

- Le régime climatique marqué par l'existence d'une période de sécheresse plus au moins prolongée de la saison estivale, et des hivers relativement humides avec des précipitations torrentielles et à grandes irrégularités inter -annuelles. **(Yasri. N, 2009)**

- Les variations spatiales des précipitations annuelles pour les stations sont faibles. La moyenne annuelle calculée (période 1995-2004) est de 620,1 mm pour la région de Médéa et de 599,3 mm pour la région d'Alger. **(ONM de Dar El Beida) in ( Yasri. N, 2009)**
- Les moyennes annuelles des températures calculées (période 1995-2004) sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne annuelle est de 15,51 °C à Médéa et de 17,96 °C à Alger. **(ONM de Dar El Beida) in (Yasri. N, 2009)**

#### **4-Le relief**

Les reliefs du bassin versant du Mazafran montrent des zones où les pentes sont assez importantes, en sachant que la pente influe sur la vitesse d'écoulement d'un cours d'eau. Elles se situent de part et d'autre de deux axes symétriques orientés ENE-WSW. L'un au nord constitue le versant sud du Sahel d'Alger et le versant Nord de l'Atlas de Blida avec les pourcentages les plus faibles, comprises entre 0 et 5 %. Les eaux que drainent ces versants.

Opposées viennent alimenter la plaine de la Mitidja. Le deuxième axe situé plus au sud dans la région montagneuse de l'atlas de Blida, présente des versants à pentes très fortes.

#### **5-Aperçus géologique et hydrogéologique**

La baie de Bou Ismaïl est encadrée par les massifs littoraux d'Alger à l'Est et du Chenoua à l'Ouest. Le sud est occupé par le Sahel occidental d'Alger qui sépare les formations côtières de la Mitidja. **( Benslama. L, 2012)**. Selon la morphologie et les caractéristiques géologiques spécifiques, le domaine de recherche est divisé en deux catégories :

- **Le sahel**

Le Sahel localisé à l'ouest d'Alger, est situé entre les massifs primaires du Chenoua et d'Alger et forme la bordure nord de la plaine de la Mitidja où l'altitude moyenne est de 200 m.

Il s'agit d'une structure anticlinale pliocène (Plaisancien) allongée sur plus de 70 kilomètres le long de la côte. Constitue d'un faciès gréseux et sableux. **(Kouba. R, 2015)**.

- **la plaine de Mitidja**

Au Sud du Sahel, elle s'étend sur une grande superficie. Elle est limitée par l'Atlas Blidéen au sud. Son altitude moyenne varie de 50 à 100 m. La pente au niveau de la plaine tend vers zéro ce qui favorise l'infiltration des eaux, là où les conditions géologiques le permettent. Nous rencontrons les oueds : Chiffa, Bouroumi et oued Djer et la grande partie de l'Oued Mazafran.

La formation de la plaine de Mitidja comprend des matériaux grossiers, graviers et galets avec des limons ou des argiles. On rencontre que les terrains bas de la plaine, sont constituées de limons gris et d'argiles limoneuses. **(Kouba. R, 2015).**

## **Conclusion**

Le réseau hydrographique de l'oued Mazafran qui est affecté par un climat méditerranéen relativement chaud, est caractérisé par trois oueds qui déversent dans cette baie : l'oued Djer, l'oued Chiffa et l'oued Bou Roumi.

Le régime hydrologique de l'oued Mazafran se caractérise par un long étiage et des crues d'hiver et de printemps soudaines, fortes et rapides. Par ailleurs, le relief se caractérise par une inclinaison très importante sur deux axes, qui affecte la vitesse de l'écoulement de l'eau.

Et enfin, la baie de Bou-Ismaïl est un terrain géologique diversifié composé de facies gréseux, sableux, de limons gris et d'argiles limoneuses.

# Chapitre II

---

Recherche bibliographique

## Introduction

Les zones côtières, y compris les estuaires, font partie des écosystèmes les plus sensibles aux changements climatiques globale et aux pressions induisent par les activités humaines, les estuaires participent à l'économie des écosystèmes marins, ils ont un rôle écologique fondamental ils sont accueillis par les activités industrielles, agricoles et portuaires qui modifient leur morphologie. En effet, la concentration d'activités anthropiques a fortement intensifié le problème de la pollution des estuaires.

### 1-Pollution des estuaires

Un estuaire c'est la zone de mélange des eaux douces avec les eaux marines, se formant à l'embouchure d'un fleuve lorsqu'il se jette dans la mer.

L'estuaire est un écotone mouvant dont les limites sont d'appréciation délicate. Elles s'appréciet généralement sur l'analyse du mouvement des masses d'eau douces et salées, sur la base du flot principal ou moyen de la marée.

Soumis à l'influence du fleuve d'une part et de la marée d'autre part, les estuaires possèdent des caractéristiques morphologiques et hydrologiques très variables selon la dominance de l'un ou l'autre de ces forçages naturels.

L'étude de la pollution estuarienne peut s'appliquer sans inconvénient à toutes les zones où l'on rencontre une large gamme de salinités ou/et une circulation à la fois influencée par les eaux douces et l'océan. Toutefois, bien qu'un grand nombre des processus être rencontrés dans les estuaires au sens large. **(Martin, J.M et al 1976)**

La salinité exerce une grande influence sur le milieu estuarien. Premièrement, elle détermine le patron de sédimentation dans l'estuaire : dans les estuaires bien mélanges, les matières en suspension (par exemple les sédiments fluviatiles) se coagulent et se déposent dans la zone d'interface eau salée - eau douce. Les réactions chimiques des colloïdes de ce coagulum influencent la chimie de l'estuaire, en particulier la distribution temporelle et spatiale des constituants dissouts et en suspension. Il se peut que les substances chimiques soient adsorbées aux particules de sédiment en suspension. **(Breard. G, 1988)**

En présence de matières organiques et surtout d'argiles, la plupart des toxiques minéraux se trouvent adsorbés et par voie de conséquence ré-concentrés dans les bouchons vaseux estuariens. Nous présentons donc toute l'importance de ces milieux, sensible et complexes sur le plan écologique. **(Breard. G, 1988)**

La pollution de l'environnement ne se limite pas aux zones directement concernées par les rejets de polluants comme les eaux usées chargées en déchets organiques des villes et villages qui ne sont pas encore équipés de station d'épuration industrielles des entreprises situées au bord de la voie d'eau ; les engrais agricoles lessivés par les pluies ; etc. Ces substances toxiques se dispersent dans l'hydrosphère, dans l'atmosphère, dans les sols et se trouvent parfois entraînées très loin des points de rejets.

Le comportement ultérieur du polluant dans l'estuaire et son impact sur les organismes estuariens seront bien souvent déterminés par l'origine de celui-ci.

Bien souvent l'origine est multiple (pollution polygénique) : rejets d'eaux usées, Pluviales, ménagères ou industrielles, lessivages des terrains agricoles, précipitations, Traitements directs de l'estuaire par les pesticides, accidents lors du transport et du stockage des hydrocarbures etc. On s'efforcera de déterminer ces différentes contributions. Le véhicule de la pollution vers le système n'est pas toujours unique non plus citons :

- les fleuves tributaires
- les eaux littorales
- les aquifère
- les organismes estuariens

Dans beaucoup de cas, l'introduction se fera directement dans le système estuarien lui-même.

Le mode d'apport de la pollution au système estuarien est très variable dans l'espace et dans le temps.

Dans le cas d'une introduction directe, on distinguera :

- la distribution topographique des sources ponctuelles (émissaire, égouts, .) ou diffuses
- leur situation verticale par rapport à la tranche d'eau : en surface ou près du fond

Les caractéristiques du milieu estuarien sont essentiellement variables dans le temps et ces variations couvrent une vaste gamme qui va de la minute au siècle. Parmi les échelles de temps les plus importantes citons :

- continue
- intermittente (périodicité moyenne)
- instantanée.

Pour être fructueuse, cette notion doit être rapportée aux unités de temps citées plus haut. En effet, selon l'échelle de temps caractéristique du problème posé une même pollution pourra être considérée comme continue ou instantanée. On parviendra généralement à réduire le problème à cette alternative dans la plupart des modèles.

Il est capital de préciser sous quelle forme bio-physico-chimique le polluant entre dans le système. Pour un même élément son comportement, les temps de réponse et l'impact même sur le milieu pourront.

Varier considérablement. Il pourra s'agir :

- d'un élément chimique simple.
- d'un composé chimique, organique ou minéral (ex : méthyl mercure)
- d'un élément associé à un support inerte (ex : pesticide adsorbé sur une argile)
- d'un élément associé à un organisme vivant (ex : plancton)
- d'un composé associé à un autre polluant (ex : pesticide concentré dans un film d'hydrocarbures), etc.

Si l'on appelle "polluant" l'élément et ce avec quoi il est associé, il ne faudra pas oublier que cette forme spécifique peut n'être que transitoire.

De nombreux estuaires sont traversés par des eaux contaminées par divers polluants ou abritent des ports.

Comme le courant y ralentit et que l'effet des marées s'y fait sentir, certains polluants plus lourds ou s'adsorbant sur les sédiments peuvent s'y déposer et s'y accumuler puis être concentrés par les organismes vivants. D'autres s'adsorberont sur les particules en suspension du « bouchon vaseux ».

Alors, les pollutions mesurées dans les estuaires des grands fleuves européens sont préoccupantes. Et elles ont un impact non négligeable sur la faune et la flore. Chez certains poissons, par exemple, on enregistre des taux de polluants organiques très élevés au point que leur fonction de reproduction pourrait en être altérée.

Gorgés de nutriments d'origine humaine (nitrate, phosphate...), les estuaires et les eaux côtières peuvent être le théâtre de « blooms phytoplanctoniques », une explosion soudaine de la masse de ces micro-organismes photosynthétiques qui vivent en suspension dans la colonne d'eau. Dans certains cas, la croissance est si rapide qu'elle consomme tout l'oxygène de l'eau et asphyxie les autres organismes. Dans d'autres cas, les espèces de phytoplancton qui se développent ainsi produisent des toxines qui sont nocives pour la faune aquatique mais aussi pour l'homme via la consommation de poissons ou de coquillages. Les pêcheurs en Mer du Nord connaissent bien cette teinte brunâtre que peut prendre la mer au printemps. Leurs filets sont souillés par une écume qu'ils appellent « jus de tabac ». En fait, il s'agit d'une masse phytoplancton qui parfois se déverse sur les plages sous la forme d'une mousse blanchâtre peu ragoûtante, au grand dam des baigneurs.

En France et dans quelques pays, il existe une tradition de chasse aux oiseaux d'eau dans les estuaires, qui est responsable depuis au moins deux siècles d'un apport considérable de plomb sous forme de billes de plomb de chasse (30 à 40 grammes par cartouche). Ce plomb est notamment responsable du saturnisme aviaire.

Outre les eutrophisants d'origine agricole ou urbaine (nitrates, phosphates) et une eau rendue plus turbide par l'agriculture, de nouveaux polluants sont apparus au milieu du XXème siècle ; pesticides, perturbateurs endocriniens chimiques, dioxines, métaux lourds essentiellement apportés par les fleuves, et tout particulièrement lors des inondations. **(Martin. J.M et al, 1976)**

Au Maghreb, divers travaux scientifiques ont été menés sur les eaux. Ils ont donné plusieurs résultats pertinents. Au Maroc L'écosystème de l'estuaire de l'oued Loukkos présente plusieurs originalités liées, d'une part à son état perturbé sous l'action anthropique et, d'autre part, à sa situation naturelle, isolée sur une longue côte rectiligne, battue par les grandes zones de l'atlantique. L'étude des eaux de l'oued a permis de mettre en évidence la présence effective des métaux lourds dans les sédiments et la faune ichthyologique dans cet estuaire, qui est sérieusement perturbé par les divers rejets domestiques, industriels et agricoles (**El Morhit. M, 2009**). Dans une autre étude, sur la baie de Saïdia l'ensemble des résultats montre que les eaux de surface de la Moulouya présentent des signes de dégradation, puisque la majorité des analyses ont révélé des teneurs qui dépassent les normes marocaines, notamment en aval des agglomérations urbaines qui génèrent des quantités importantes d'eaux usées sans aucun traitement préalable et des déchets solides qui sont éparpillés sur les rives du cours d'eau. (**Makhoukh. M et al, 2011**)

En Algérie, l'analyse physico-chimique des eaux de l'oued Kébir-Est montre des teneurs excessives en ions chlorure et des concentrations élevées dépassant les normes en phosphates et en ammonium, mais elles sont en dessous des valeurs susceptibles de provoquer l'eutrophisation des eaux ou du milieu récepteur. Cependant, les quantités en matières azotées et phosphorées déversées par l'oued peuvent être favorables à l'installation du phénomène d'eutrophisation au niveau de l'embouchure. (**Guergueb. S, 2016**)

Par contre, l'oued Seybouse (Nord- Est de l'Algérie) se caractérise par un taux de pollution qui évolue de manière graduelle de l'amont vers et qui traduit une importante charge minérale et organique. (**Reggam. A et al, 2015**)

### **2-Transformation des nutriments vers la mer**

Le terme nutriments désigne l'ensemble des composés nécessaires à la nutrition des producteurs primaires (phytoplanction ,algues,...) dont les principaux sont le nitrate, le nitrite, l'ammonium , le phosphate et la silicate .les nutriments sont naturellement présent dans le milieu (lessivage des sols, dégradation de la matière organique).cependant des concentrations excessives peuvent avoir pour origine les rejets urbains (station d'épuration, assainissement non collectif),industriels (industrie agro-alimentaire, laverie,...)ou agricoles (engrais).

La méditerranée présente la particularité d'être l'une des régions océaniques où les concentrations en nutriments sont les plus faibles au monde. (**Orens Pasqueron de Fommervault, 2015**). Ces concentrations sont environ quatre fois plus faibles que celles des rivières européennes, mais en fonction de la taille et de l'emplacement des rivières, les gammes de concentration entre elles sont énormes sur un ordre de grandeur pour le nitrate et plus pour l'ammoniac et le phosphate. (**Künitzer. A, 2001**).

Une étude à montre que pendant la période de 2003 à 2007 ;  $1,87 \cdot 10^9$  Kg d'azote ;  $1,22 \cdot 10^9$  Kg de nitrates ;  $0,11 \cdot 10^9$ kg de phosphores ont été rejetés dans la mer méditerranée chaque année, principalement à travers les rivières du Nile, Po, Rhone et Ebro Ribro. (**Mulhern. G, 2019**)

En France, Les cours d'eau véhiculent jusqu'à la mer de nombreux nutriments en drainant l'ensemble du territoire. Les flux à la mer d'azote liés aux nitrates sont les plus importants en tonnage. Ils sont principalement d'origine agricole. En moyenne, de 1999 à 2013, 570 000 tonnes d'azote lié aux nitrates sont apportées annuellement en mer à partir du territoire métropolitain. Cela représente 18 kg par ha agricole et par an. Ces flux peuvent nettement varier d'une année à l'autre en fonction de la pluviométrie et des concentrations moyennes en nitrates des cours d'eau, comme ces dernières années. En revanche, on ne note pas d'évolution significative sur le long terme. Sur la période étudiée, la façade atlantique a reçu un peu moins de 51 % des flux de nitrates, le littoral de Manche - mer du Nord près de 33 % et la Méditerranée 16 %. Ces flux sont proportionnels aux surfaces drainées pour la façade atlantique, qui représente également 51 % des surfaces. En comparaison des surfaces drainées, ils sont, en revanche, plus importants pour la Manche et la mer du Nord qui drainent des territoires très agricoles et moins importants pour la Méditerranée.

Les flux de phosphore proviennent surtout des eaux usées urbaines et, dans une moindre mesure, des usages agricoles. De 2000 à 2013, ils ont représenté 21 400 tonnes/an, soit 0,43 kg par habitant et par an. On constate une baisse significative des flux jusqu'en 2011 puis une augmentation qui est liée aux débits des fleuves et à des mesures lors d'une crue de la Garonne. La baisse globale s'explique surtout par une amélioration des performances des stations d'épuration et par un meilleur taux de raccordement du bâti. Depuis 1999, la façade atlantique a reçu 44 % des flux totaux, la Manche - mer du Nord 26 % et la Méditerranée 30 %. Rapportés au nombre d'habitants, les flux sont un peu plus importants pour les façades méditerranéenne et atlantique. La diminution des flux de phosphore est significative pour la

Manche - mer du Nord et l'Atlantique. On ne note aucune tendance pour le pourtour méditerranéen sur la période étudiée. (AFB : Agence Française pour la Biodiversité)

### **3-Pollution dans la baie de Bou Ismail**

La baie de Bou Ismail est caractérisée par une agriculture bien développée et des terres fertiles utilisant des pesticides polluants la nappe phréatique par infiltration au niveau de la vallée de oued Damous, Messelmoun, et oued Bellah.

Ainsi une étude menée par les services de secrétariat d'état aux forêts et à la mise en valeur des terres (A.N.P.E) en (Mai,1983) in (Oueld Hocine et Hedrougue, 1993) a recensé 99 unités pour la fertilisation des sols, elles utilisent des produits phytopharmaceutiques tels que les organochlorés, engrais à base de nitrates, phosphates et potassium ou produits à base de cuivre. Les plus importants sont les suivants :

- Base centrale logistique de Béni Mered (rejets de cyanure, chrome, nickel et cuivre)
- Office nationale des aliments de bétail d'Attatba.
- Unité Satti de Koléa (utilisation de 44 colorants et 22 produits chimiques).
- Unités de tissage.
- Finissage et teinturerie utilisant des produits chimiques tels que les colorants à base de métaux (chrome, cadmium,etc.)

Les rejets domestiques et les rejets des complexes touristiques, du moment que la baie fait partie de la zone d'expansion touristique (ZET), qui s'accroissent en période estivale, en plus des nombreuses unités industrielles. Tous ces rejets sont évacués directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable.

**Tableau 1:** les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littorale) (Ouahil. A, 2017) .

	<b>Nombre de rejets</b>	<b>Débit (m3/j)</b>	<b>Lieu de rejet</b>
<b>Bousmail</b>	9	4000	Mer
<b>Bouharoun</b>	4	320	Oued Khemisti et Mer
<b>Khemesti</b>	6	400	Mer
<b>Fouka</b>	5	3600	Oued Mazafran
<b>Daouaouda</b>	5	1600	Mer
<b>Tipaza</b>	8	7140	
<b>Cherchell</b>	8	3600	
<b>Sidi Ghiles</b>	2	480	
<b>H.Ennous</b>	2	160	
<b>Meselmoun</b>	3	1100	
<b>Gouraya</b>	3	900	
<b>Larhat</b>	3	312	
<b>Damous</b>	3	960	
<b>Ain Tagourit</b>	6	320	
<b>Totale</b>	67	24892	

L'urbanisation ou la littoralisation s'accompagnera inévitablement d'un flux supplémentaire de populations sur les zones sensibles avec les effets négatifs. En plus de ces activités, les oueds entraînent vers la mer les eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Béni Meredau niveau de l'oued Macta Makhoulouf .Ce dernier n'est que la continuité de l'oued Béni Azza où se déversent les eaux usées de la tannerie du moulin, d'une unité d'électroglace, mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agro-alimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Béni Mered.

Les principales industries qui se trouvent dans la région de Bousmail sont indiquées dans le tableau N° 2 suivant :

**Tableau 2:**Principaux industries dans la région de Bou-Ismaïl.(Ouahil. A, 2017)

Industries textiles	Cuirs et peaux	Papeteries	Plastiques / caouthaxet verre
Ain Bénian (28)			
Daouada (02)	Ain Bénain (01)	Fouka (01)	Ain Benian (03)
Fouka (04)	Bousmail (02)	Zéralda (01)	Bousmail (01)
Bousmail (08)	Staouli (01)	Tonic (01)	Staouli (03)
Bouharoun (03)			Fouka (02)

D'après des données récentes communiquées par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et du tourisme

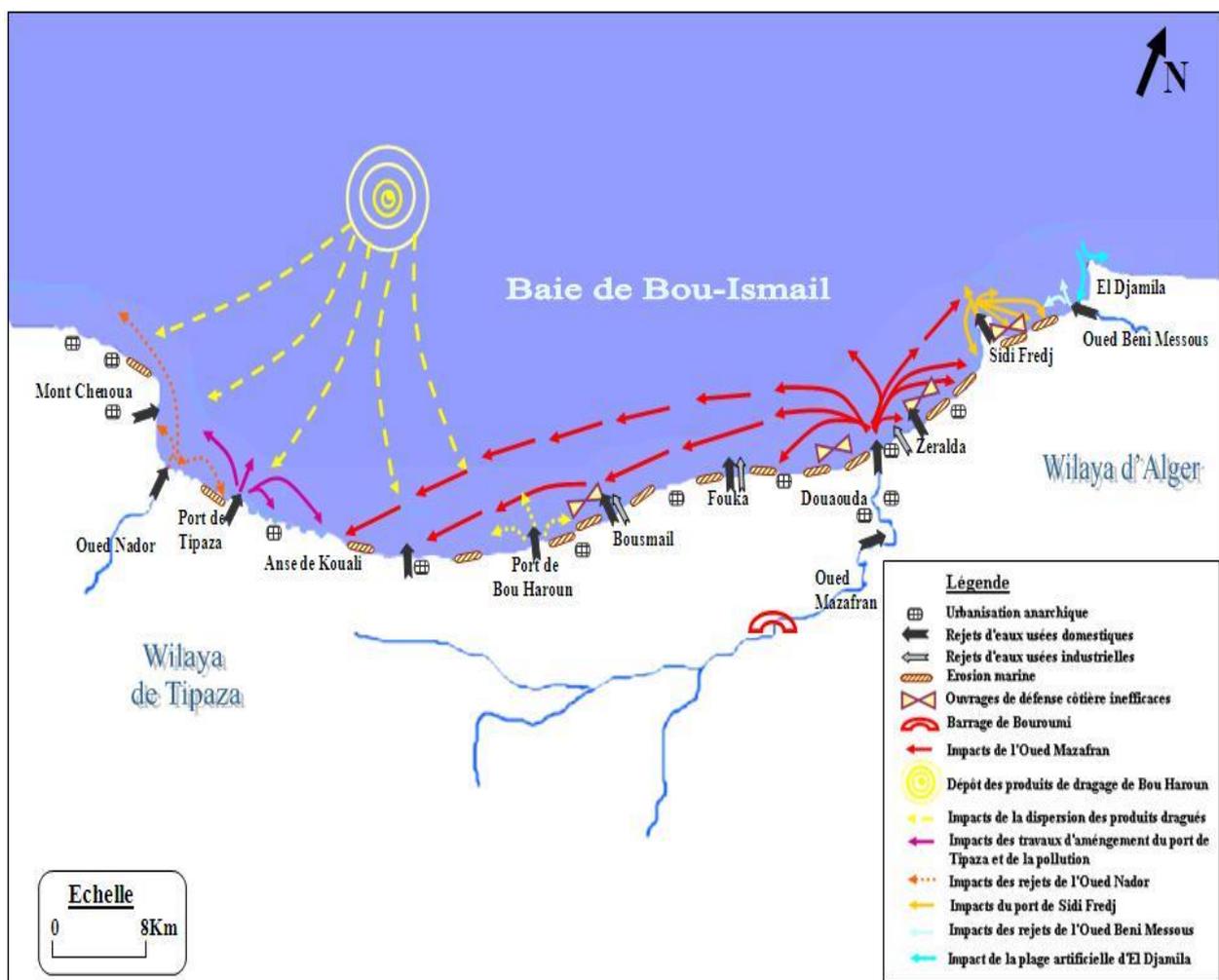
Les principales industries sont données dans le tableau N° 3 suivant :

**Tableau 3:**les principales industries. (Ouahil. A, 2017)

Domination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
SARL RESITECK	Production de peinture bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
ALUFER	Métallurgie	Chutes d'aluminium et poussières de Fer
ALUMINAL		
SARL PROCHIMAL	Fabrication de produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimiques ; rejets de savons, agent de lavage et rinçage caractérisé par une teneur élevée en savons saponifiés et en DBO
PLASTRAM	Transformation plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication des produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments chimiques
IMPRIMERIE SHELLIA	Utilisation importante d'encre	Déversement des encres avec les eaux domestiques
TONIC EMBALLAGE	Fabrication de boîte, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques +chutes de cartons, papiers
TERRA CERAMIQUE	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

Il faut signaler aussi que la baie a été sujette à de nombreux aménagements côtiers qui causent de notables dégâts sur les herbiers et les communautés benthiques par les remblayages incessants et l'apport de matériaux et produits artificiels.

- A tout ça s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : port de pêche de Bou Haroun, port de pêche de Khemisti, port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, abris de pêche El Djamila, Port de plaisance de Sidi Fredj et enfin le Port de plaisance de Palm Beach. (Ouahil. A, 2017).



**Figure 3:** Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl. ( Bachari. F, 2009)

## **Conclusion**

La contribution de matière organique dissoute et en nutriments dans le milieu peut d'un type allochtone

Les apports allochtones en matière organique ou inorganique sont liés au lessivage des sols, à la production primaire fluviale et aux activités anthropiques. Les différentes sources de nutriments dans les écosystèmes côtiers liés aux activités anthropiques sont : les eaux usées qui sont la somme des apports domestiques et urbains, l'agriculture telle que l'utilisation des engrais, les rejets des fermes et lessivage des terrains agricoles.

Pendant longtemps, la baie de a é Bou Ismail té dégradée en raison de la pollution, principalement en raison du rejet des eaux usées et des déchets des zones industrielles sans traitement préalable.

# Chapitre III

---

Evolution spatio –temporelle des éléments nutritifs et  
des paramètres physiques

## **Introduction**

Ces dernières années, en raison d'émissions industrielles incontrôlables et d'une utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture, la qualité de l'eau dans le monde s'est détériorée .ces derniers induisent une modification chimique de l'eau.

Au niveau de l'oued Mazafran les rejets industriels, les manifestations des activités liées aux agglomérations et les activités agricoles qui sont pratiquées sur le lit de l'oued sont déversées d'une façon précaire et sans traitement préalable dans l'oued. Ces rejets contiennent des concentrations importantes de micropolluant organique et nutriment qui entraîne une dégradation notable de ces caractéristiques physico-chimiques.

Dans ce but, et pour mieux comprendre les tests qualitatifs de l'eau d'oued Mazafran et de sa dégradation, des échantillons d'eau ont été prélevés de l'amont de l'oued jusqu'à son l'embouchure .Ces échantillons font l'objet d'une caractéristique physico-chimique, qui vise à se concentrer sur les principaux facteurs de dégradation de la qualité de l'eau de cet écosystème lotique.

## **1-Matériel et méthodes**

Devant l'impossibilité d'effectuer nos propres prélèvements à cause du confinement, nous avons été contraintes d'utiliser des données antérieures que nous avons interprétées.

Les prélèvements ont été effectués à la rosette dans des flacons en polyéthylène de 20 ml préalablement rincés à l'acide chlorhydrique 10 % puis 3 fois avec l'eau de prélèvement.

Les dosages des sels nutritifs avaient été effectués au laboratoire d'analyses des eaux de l'ANRH de Blida par des méthodes colorimétriques classiques définies par Rodier (1996).

Ce procédé se déroule en deux étapes, l'extraction et la distillation :

- L'extraction consiste à filtrer l'échantillon et enfin récupérer le filtrat par une solution de KCl de normalité 2N.
- La distillation et le dosage du filtrat précédemment formé à l'aide d'une solution de MgO et on titre par la suite avec de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Le choix de la station prélèvements a été effectué le long de l'oued Mazafran, 3 stations ont été choisies :

- La première station de prélèvement est située à l'amont au même emplacement que celui de la station permanente de l'ANRH de Blida et se trouve juste après la STEP de Koléa
- La deuxième station a été choisie dans l'estuaire de l'oued dans sa partie aval
- la troisième station a été choisie en mer à l'embouchure de l'oued Mazafran.



Figure 4: Situation des prélèvements dans l'oued Mazafran (Google Earth)

## 2-Résultats des analyses physico-chimiques des eaux aux stations Amont et Aval

### 2.1-Les paramètres physiques

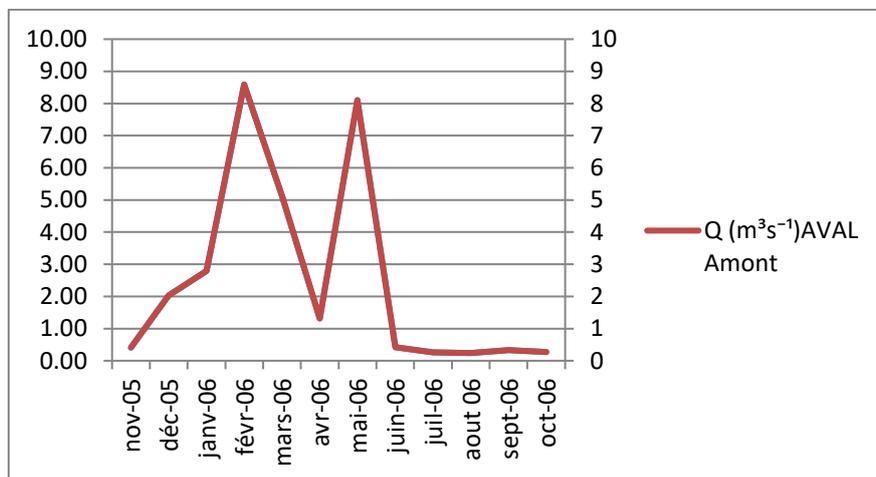
#### 2.1.1-Le débit

L'absence de données sur la vitesse des écoulements nous a conduit à considérer le débit, ces deux paramètres évoluant dans le même sens, bien que le débit ne soit pas lui-même un facteur écologique (HUBERT. P, 1998).

**Tableau 4:**Moyennes interannuelles des débits

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Annuelles
Amont	0.33	0.30	4.84	4.47	2.48
Aval	0.33	0.30	4.84	4.47	2.48

En amont et en aval, les débits saisonniers sont analogues. Ils sont de l'ordre 0.30 ( $m^3.s^{-1}$ ) à 0.33 ( $m^3.s^{-1}$ ) en hiver et en automne, en printemps et en été ils varient entre 4.47 ( $m^3.s^{-1}$ ) à 4.84 ( $m^3.s^{-1}$ ). Des valeurs exceptionnelles sont enregistrées aux mois de février et mai, alors qu'elles sont pratiquement nulles du mois de juin au mois d'octobre.



**Figure 5:**les variations mensuelles des débits en amont et aval

L'augmentation de débit est due au crue puissant, tandis que la diminution s'explique par l'absence d'un apport hydrique.

### 2.1.2-Le pH

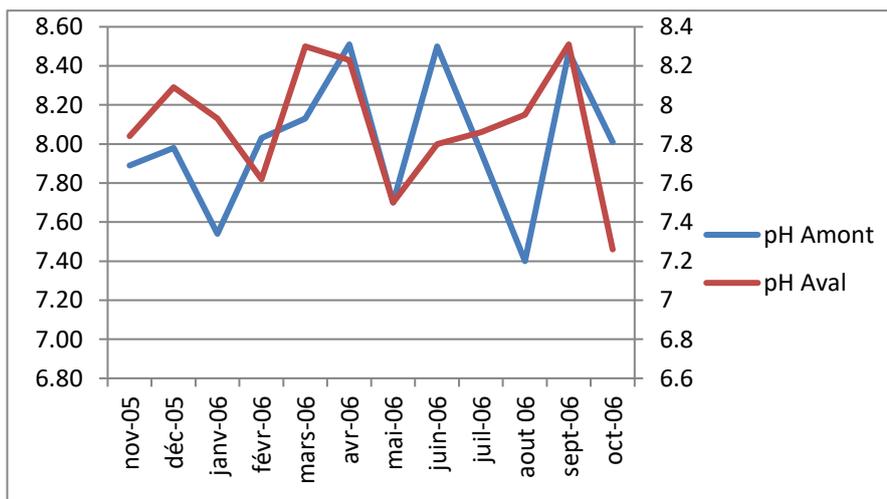
C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire. (Aminot. A, Kérouel. R, 2004)

Les valeurs de pH obtenues au niveau de l'amont et l'aval sont en faibles variations, en amont avec un minimum de 7.4 et un maximum de 8.51 et une moyenne de 8.01. En aval avec un minimum de 7.26, un maximum de 8.31 et une moyenne de 7.89.

**Tableau 5:**Concentrations moyennes, maximales et minimales de pH

Stations		pH
Amont	Moy	8.01
	Max	8.51
	Min	7.4
Aval	Moy	7.89
	Max	8.31
	Min	7.26

Les teneurs les plus élevées sont enregistrées au mois de mars, juillet et septembre. Alors que les valeurs minimales sont enregistrées pendant la saison hivernale et au mois de mai et aout dans la station amont.



**Figure 6:** Variations mensuelles de pH

Le pH augmente pendant la période d'étiage en raison de l'évaporation des eaux et des rejets anthropiques. Par contre, la réduction peut être expliquée par la dilution en période de crue.

### 2.1.3-La température

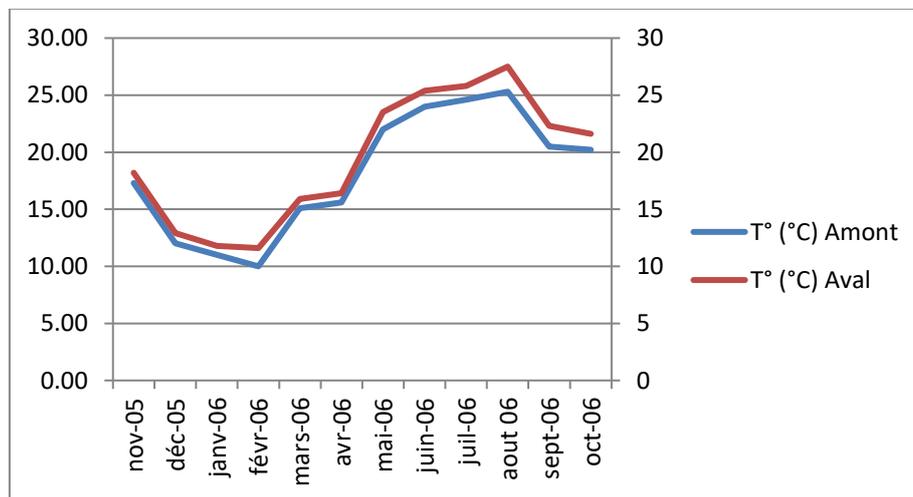
En amont et en aval, les températures moyennes varient entre 10 à 28°C. Les plus basses (**tableau 6**) sont enregistrées de décembre à février (10 à 13° C), les plus hautes sont enregistrées de juillet à septembre (20 à 28°C).

**Tableau 6:**Evolutions mensuelles des températures

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Amont	17.30	12	11	10	15.10	15.60	22	24	24.60	25.3	20.5	20.2
Aval	18.2	12.9	11.8	11.6	15.9	16.4	23.5	25.4	25.8	27.5	22.3	21.6

En allant de l'amont vers l'aval, les courbes de variations des températures indiquent une même allure pour les deux stations.

Les températures enregistrées (**figure 7**) oscillent entre 10°C à 25.3 °C en amont, et entre 11.8°C à 25.8°C en aval. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées durant la période hivernale tandis que les valeurs les plus fortes sont enregistrées durant la période estivale.



**Figure 7:**Variations mensuelles des températures.

Les profils des variations mensuelles (**figure 7**) des températures sont pratiquement les mêmes avec cependant des amplitudes légèrement plus importantes pour la station aval durant les mois les plus chauds, ceci peut s'expliquer par le fait que durant cette période les eaux ne

circulent que très faiblement, leur température augmente rapidement. Cette tendance s'inverse durant l'automne.

Ces variations de température de l'eau sont fortement influencées par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout au climat régnant. **(Reggam. A et al, 2015)**

### 2.1.4-La conductivité

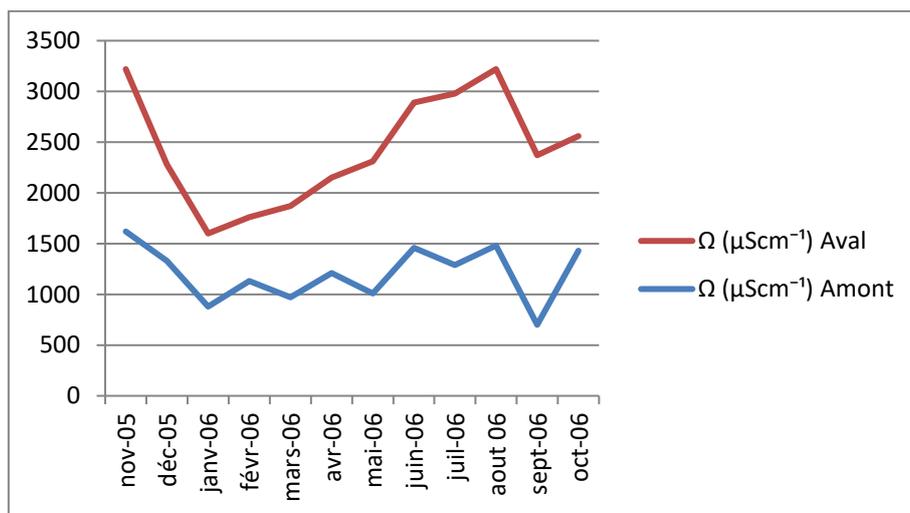
La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. **(Pescod. M. B, 1985 et Rodier. J, 1984)**

Les valeurs de la conductivité varient de 700 à 1620 à  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à l'amont et de 630 à 1970  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aval.

**Tableau 7:** Evolutions mensuelles de la conductivité.

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O
Amont	1620	1330	880	1130	970	1210	1010	1460	1290	1480	700	1430
Aval	1600	950	720	630	900	940	1300	1430	1690	1740	1970	1130

Les courbes de variations de la conductivité indiquent une même allure pour les deux stations, les valeurs les plus faibles sont enregistrées (**figure 8**) durant la période hivernale tandis que les valeurs les plus fortes sont enregistrées durant la période estivale, avec des amplitudes légèrement plus importantes dans la station.



**Figure 8:** Variations mensuelles de la conductivité.

L'augmentation de la conductivité durant la saison estivale peut être liée au faible débit de l'oued et aux eaux usées des villes avoisinantes. Par contre, les valeurs minimales enregistrées durant la saison d'hivernal pourraient être attribuées aux phénomènes de dilution des eaux pendant la période de précipitation.

## 2.2-Les paramètres chimiques

### 2.2.1-L'azote d'ammonium

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes. (Aminot. A et Chaussepied. M, 1983).

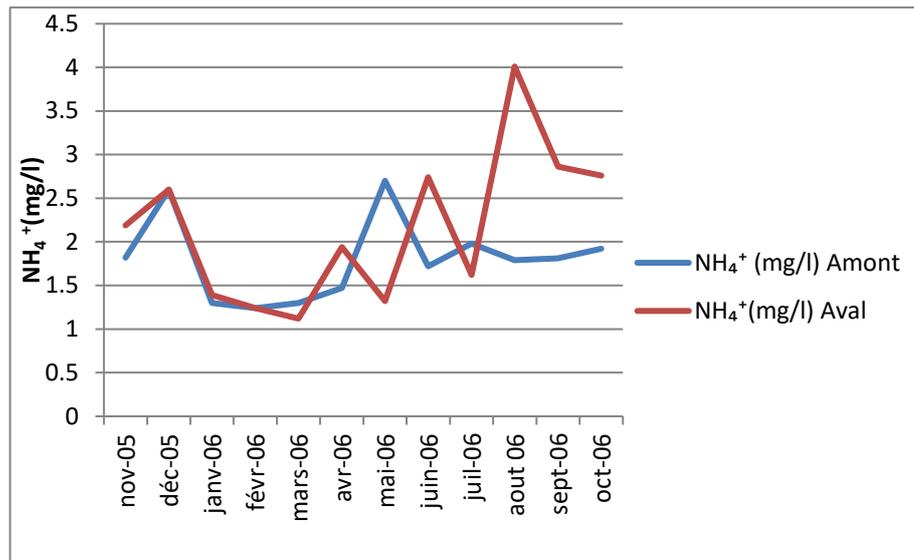
Les concentrations de l'azote ammonium varient de 1.3 à 2.7 mg/l à l'amont et de 1.12 à 4.01 mg/l en aval.

**Tableau 8:**Evolutions mensuelles de l'azote d'ammonium

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Amont	1.82	2.6	1.3	1.24	1.3	1.47	2.7	1.72	1.98	1.79	1.81	1.92
Aval	2.19	2.6	1.39	1.24	1.12	1.94	1.32	2.74	1.62	4.01	2.86	2.76

De fortes concentrations sont enregistrées (**figure 9**) dans la station aval entre novembre et décembre et entre avril et octobre durant la saison printanière, estival et automnale.

La concentration d'ammonium diminue fortement de début de mois de janvier jusqu'au mois de mars et plus nettement dans la station aval.



**Figure 9:** Variations mensuelles de l'azote d'ammonium

L'augmentation provient principalement du lessivage des terres ainsi que des eaux usées d'origine municipale et industrielle. (Hébert. S et Légaré. S, 2000). Cela indique également une source locale d'ammonium (station d'épuration de kolèa). Tandis que, les faibles valeurs pourraient s'expliquer par le phénomène de dilution suite aux précipitations en période des crues.

### 2.2.2-Les nitrates

Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (nitrobacter) lors de la réaction de nitratisation. Elles entrent dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanctonique. (Aminot. A et Chaussepied. M, 1983).

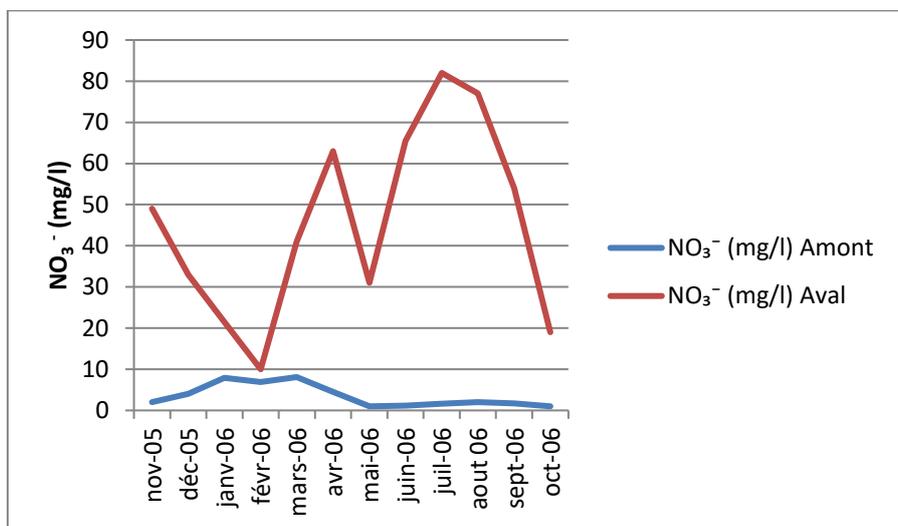
Les concentrations de nitrates varient entre 1 à 8.1 mg/l dans la partie amont, et de 10 à 82 mg/l dans la partie aval.

**Tableau 9:** Evolutions mensuelles des nitrates

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Amont	2	4	7.9	6.9	8.1	4.5	1	1.2	1.6	2	1.7	1
Aval	49	33	21.5	10	41	63	31	65.5	82	77	54	19

Les eaux de l'oued Mazafran présentent de fortes concentrations en nitrates (**figure 10**) rencontrées dans la partie aval durant le printemps et en été seraient favorisées, les variations

saisonniers et les teneurs de nitrate dans cette station sont liés au développement du phytoplancton.



**Figure 10:** Variations mensuelles des nitrates.

Les sources de nitrates dans l’eau comprennent les matières animales et végétales en décompositions, des engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles. (Adam. JWH, 1980)

### 2.2.3-Les nitrites

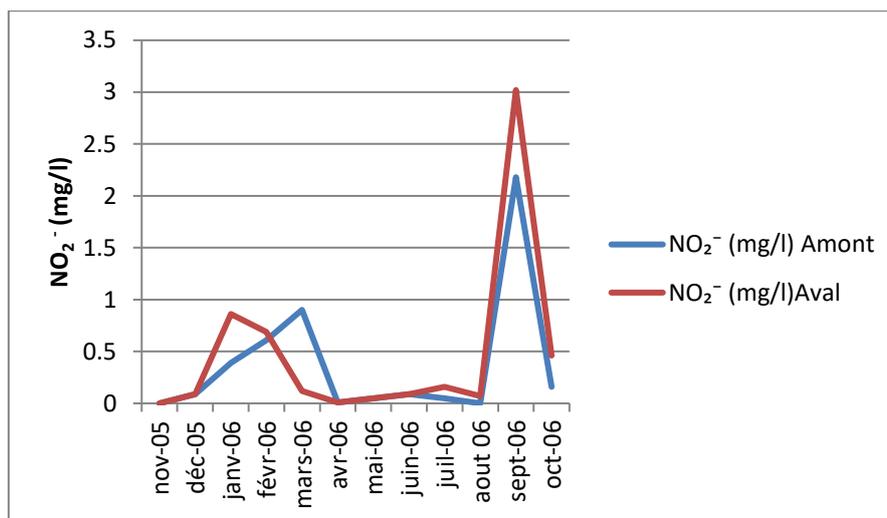
Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l’azote ammoniacal (RODIER. et al, 1984)

Dans l’oued Mazafran les concentrations de nitrites varient entre 0 à 2.18 mg/l dans la partie amont de l’oued, et de 0 à 3.02 mg/l dans la partie aval de l’oued.

**Tableau 10 :** Evolutions mensuelles des nitrites.

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>l</sup>	A	S	O
Amont	0	0.09	0.39	0.61	0.9	0.01	0.05	0.09	0.05	0	2.18	0.16
Aval	0	0.09	0.86	0.69	0.12	0.01	0.05	0.09	0.16	0.07	3.02	0.46

En allant de l’amont vers l’aval, de fortes concentrations sont enregistrées (**figure 11**) pendant l’hiver de janvier jusqu’au mois de mars, et exceptionnellement au mois de septembre.



**Figure 11:** variations mensuelle des nitrites

L'augmentation des concentrations de nitrite provient soit d'oxydation incomplète de l'ammonium, ou d'un dysfonctionnement du système d'épuration de la station de Koléa.

#### 2.2.4-Le phosphate

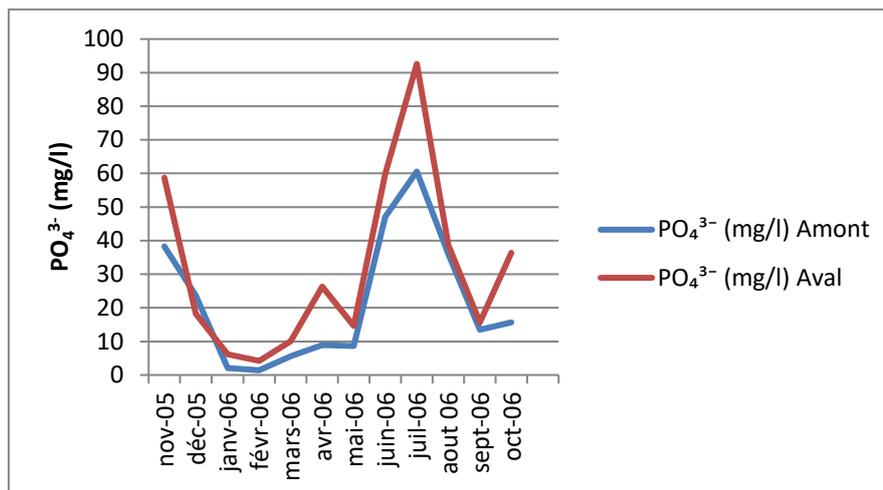
Le phosphore, l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Claude et al. 1998) in (Guergueb. S, 2016)

La concentration de phosphate varie de 1.41 à 60.58 mg/l dans la partie amont et de 4.2 à 92.6 mg/l dans la partie aval qui relève de fortes concentrations comparées à celle de l'amont.

**Tableau 11:** Evolutions mensuelles des phosphates.

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O
Amont	38.31	23.68	2.03	1.41	5.55	8.95	8.64	47.12	60.58	36.03	13.45	15.63
Aval	58.7	18.2	6.2	4.2	10.1	26.3	14.6	59.9	92.6	38.7	15.64	36.4

Les eaux de l'oued Mazafran présentent de fortes concentrations en phosphate (figure 12) rencontrées dans la partie aval durant le printemps et en été seraient favorisées, les variations saisonnières et teneurs de nitrate dans cette station sont liés au développement du phytoplancton.



**Figure 12:** Variations mensuelles des phosphates

Les faibles concentrations sont enregistrées en hiver pour les deux stations dues au phénomène de dilution par les précipitations de la période hivernale (**Guergueb. S, 2016**), qui atténuent les concentrations de phosphate présent dans les cours d'eau. Tandis que, les fortes concentrations de phosphates indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole, ainsi que l'existence de contributions directes provenant d'activités anthropiques.

### 2.2.5-La silice

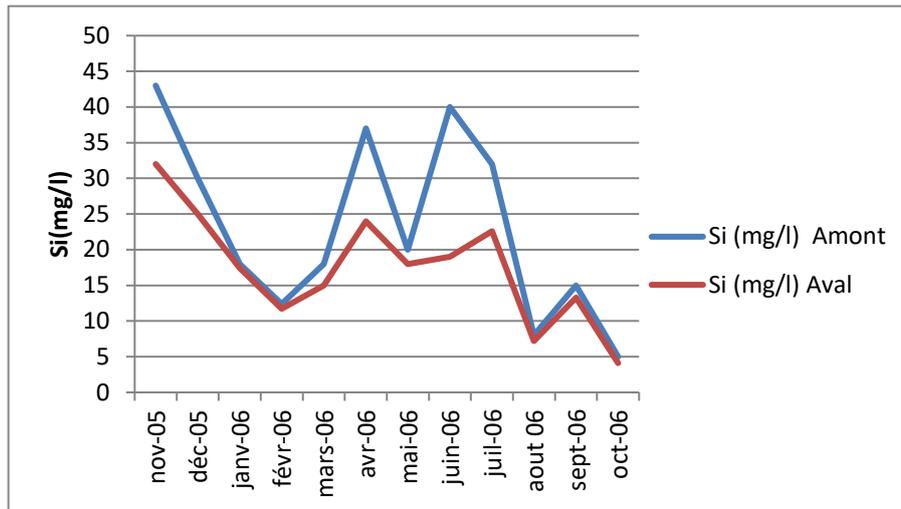
L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques. (**Aminot. A et Chaussepied. M, 1983**).

En comparant les valeurs des deux stations, la silice varie de 5 à 43 mg/l en amont et de 4.1 à 32 mg/l en aval.

**Tableau 12:** Evolutions mensuelles des silices

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Amont	43	30	18	12.4	18	37	20	40	32	8	15	5
Aval	32	25	17.4	11.7	15	24	18	19	22.6	7.2	13.3	4.1

les courbes de variations des concentrations en silice (**figure 13**) semblent indiquer une même allure pour les deux stations, dans la station amont on relève des concentrations assez élevées au mois d'avril et au mois de juin et juillet comparée à la station aval, les concentrations minimales sont enregistrées au mois de février, mai, août et octobre.



**Figure13:**Variations mensuelles de la silice

Les fortes valeurs de la concentration peuvent être expliquées par le lessivage des roches et le taux d'érosion qui reçoit la station amont. Tandis que les faibles concentrations sont dues à une diminution de ces sources.

### 2.3-Matière organique, DCO et DBO5

Par manque de données de ces paramètres, nous avons pris les résultats des concentrations moyennes annuelles étudiés dans l'oued Mazafran.

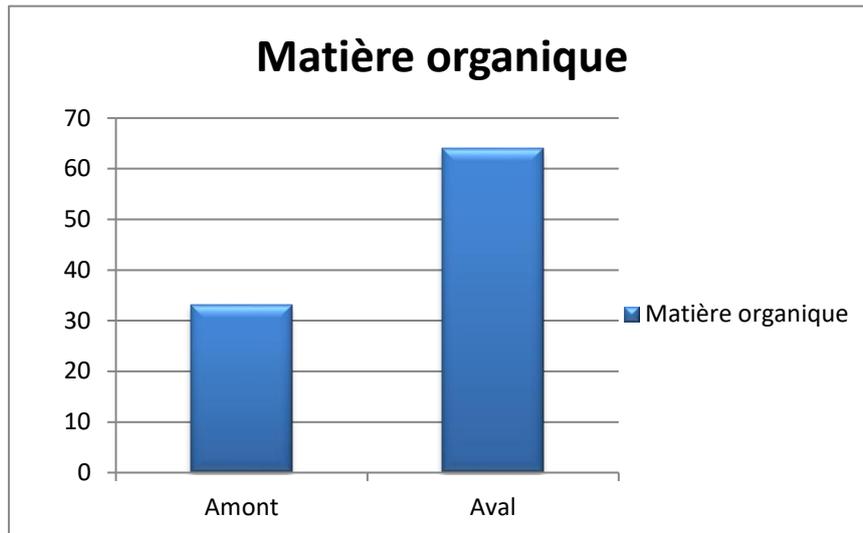
**Tableau 13:**Concentrations moyennes annuelles de la MO, DCO et DBO5 à l'amont et l'aval de l'oued Mazafran

Paramètres chimiques en mg /l			
Prélèvements	Matière Organique	DCO	DBO
<b>Amont</b>	33	120	48.70
<b>Aval</b>	64	145.6	68.84

#### ➤ la Matière organique (MO)

D'importants aspects du fonctionnement des écosystèmes aquatiques sont basés sur le cycle de la matière organique(MO), qui est étroitement couplé à celui de l'oxygène dissous.

D'après les résultats du tableau, les concentrations moyennes annuelles de la matière organique sont de 33 mg/l dans la partie amont et de 64 mg/l en aval.



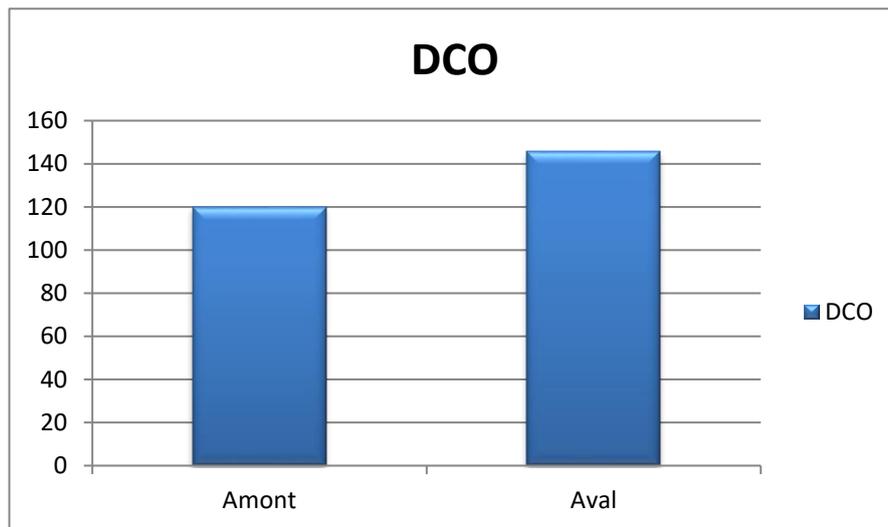
**Figure 14:** Variations annuelles de matière organique.

On constate que les concentrations en MO augmentent légèrement de l’amont vers l’aval, l’augmentation des teneurs en MO peut s’expliquer par l’existence des rejets agricoles et industriels, l’enrichissement de l’oued Mazafran en espèces végétales et une faune diversifiée. Ces valeurs sont probablement liées aussi à la station d’épuration de Koléa situé en amont de l’oued.

➤ **La Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène représente la quantité d’oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l’eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures.etc). (Makhouk. M et al, 2011)

Dans l’oued Mazafran les teneurs en DCO de la partie amont sont de 120 mg/l et de 145.6 mg/l dans la partie aval de l’oued.



**Figure 15 :** Variations annuelles de la DCO

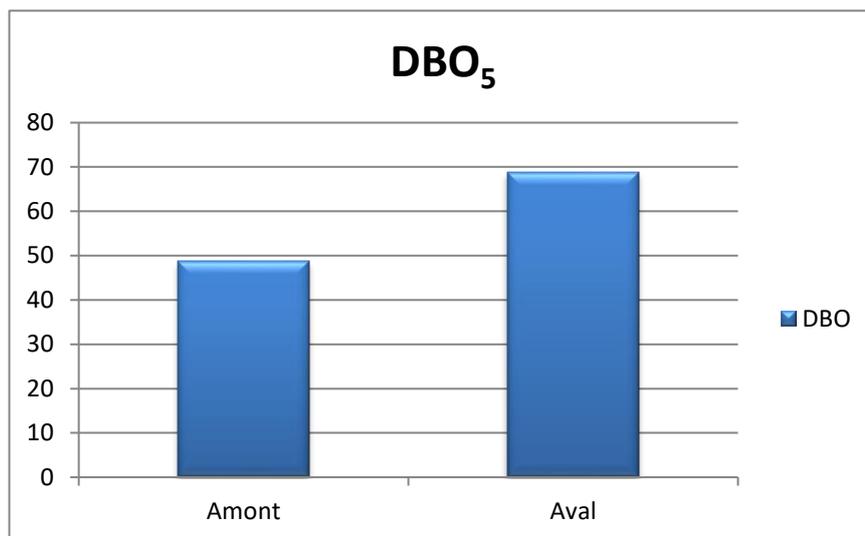
L'augmentation de DCO est un signe des apports de matière organique des eaux usées domestiques et industrielles provenant de la ville et évacuées par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration et au niveau de l'oued.

Par contre, selon (Merghem.KA et al, 2016), la diminution de la teneur en DCO nous renseigne que la fraction biodégradable de la DCO est soumise au phénomène d'auto-épuration qui contribue à la réduction de cette fraction par oxydation biologique par des microorganismes présents dans les eaux de l'Oued. La fraction particulaire et non biodégradable de la DCO est soumise à des phénomènes physiques telles que leur décantation le long de l'oued et surtout au niveau des petits barrages qui jouent le rôle de décanteur ce qui par conséquent réduit leur teneur au niveau de l'eau de l'oued.

➤ **La demande biochimique en oxygène (DBO5)**

La DBO<sub>5</sub> (demande biochimique en oxygène), est la quantité d'oxygène dissoute consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Elle permet l'évaluation des matières organiques biodégradables. (Makhoukh. M et al, 2011).

Les teneurs en DBO<sub>5</sub> dans l'oued Mazafran sont de 48.70 mg/l dans la partie amont et de 68.84 mg/l dans la partie aval de l'oued.



**Figure 16:** Variations annuelles de la DBO5

L'augmentation de DBO<sub>5</sub> est un signe de l'accumulation de matière organique des engrais utilisés en agriculture et rejets occasionnels des habitants.

Par contre, selon (Merghem.KA et al, 2016), la diminution de la teneur en DBO5 nous renseigne d'une part sur la nature biodégradable de la matière organique et d'autre part sur le degré de réduction de celle-ci par le phénomène d'auto-épuration. Ce phénomène se traduit par la mise en place de processus de biodégradation de la matière organique par des microorganismes présents dans les eaux de l'Oued.

Par manque de données de ces paramètres, nous avons pris les résultats précédemment étudiés de la même période et les résultats de la période (1984-1998) par (M. Messaoud – Nacer et al).

**Tableau 14:** Valeurs comparatives de quelques paramètres mesurées à différentes époques dans l'oued Mazafran et valeurs limites de qualité.

Paramètres (mg/l)	Période 1984-1998 (Messaoud-Nacer et al)	Période (2005-2006)	Limite de qualité (mg/l)
Matière organique	12.3	24.7	10
DCO	43	128	<1.5 à 2 DBO
DBO5	10	47.8	<5

Dans le but d'estimer la biodégradation, on compare les valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> à l'estuaire qui sont de 4.3 (**Messaoud Nacer et al**) et les valeurs obtenues dans notre étude 2005-2006 sont égales à 2.6, ce qui confirme une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique.

Ces valeurs élevées confirment que les eaux de l'oued Mazafran sont polluées par les eaux usées en raison des normes des rejets urbains et industriels non respectés.

### **3-Résultats des analyses physico-chimiques des eaux à l'embouchure de l'oued Mazafran**

#### **3.1-Paramètres physiques**

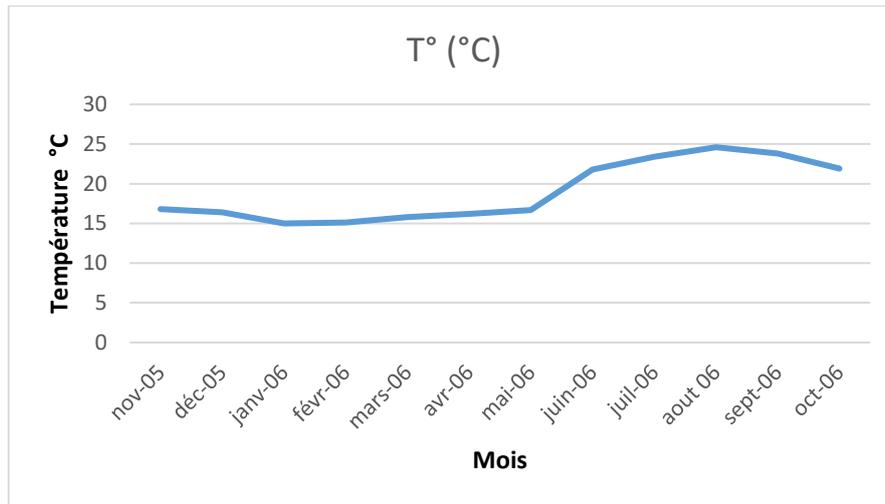
##### **3.1.1-La température**

Dans l'embouchure de l'oued Mazafran la température varie de 15°C enregistrée au mois de janvier 2006 à 24.6°C enregistrée au mois d'aout 2006. La température moyenne est de (18.9° C).

**Tableau 15:**Evolution mensuelles des températures à l'embouchure de l'oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
T°C	16.8	16.4	15	15.1	15.8	16.2	16.7	21.8	23.4	24.6	23.8	21.9

Comparées à celle-ci enregistrée dans l'oued, les températures en mer sont plus élevées en hiver. Tandis qu'en été les températures sont plus élevées dans l'oued (27.2°C) que l'embouchure.



**Figure 17:** Variations mensuelles des températures à l’embouchure de l’oued Mazafran

Cette différence est due à l’eau de l’oued qui est moins volumineuse donc plus exposée au froid continental.

### 3.1.2- pH

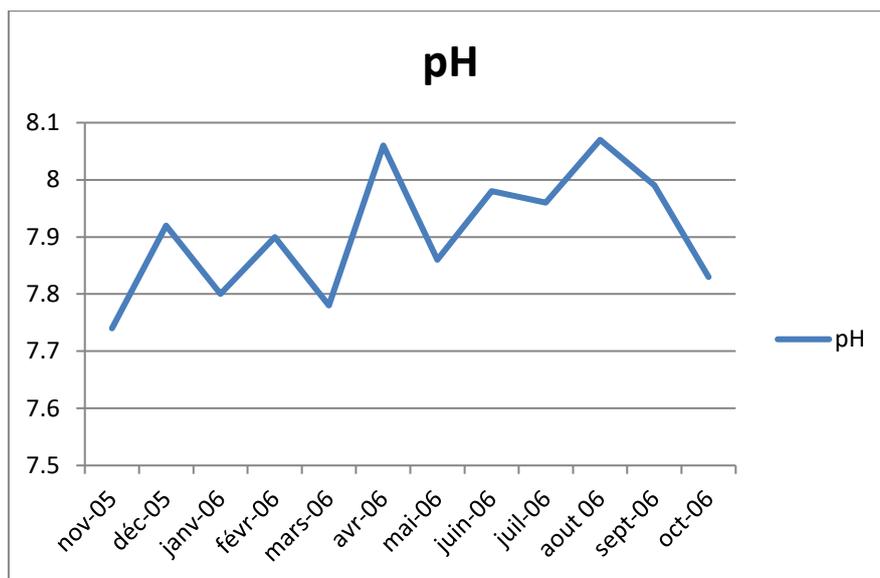
Le pH de l’eau de mer voisin de 8.2 est principalement fixé par la présence des carbonates :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}^{-3}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ , les modifications des concentrations  $\text{CO}_2$  (respiration, photosynthèse ou échange air-océan) ou en  $\text{CO}_3^{-2}$  (précipitation) entraîne donc une modification du pH. (Aminot. A et Chaussepied. M, 1983).

Les valeurs de salinités à l’embouchure de l’oued Mazafran oscillent entre 7.7 à 8.07 selon les mois.

**Tableau 16:** Evolutions mensuelles de pH à l’embouchure de l’oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Embouchure	7.74	7.92	7.8	7.9	7.78	8.06	7.86	7.98	7.96	8.07	7.99	7.83

Les valeurs les plus basses sont enregistrées pendant toute la saison humide, de novembre jusqu’à mars. Au mois d’avril le pH augmente rapidement et atteint son maximum.



**Figure 18:** Variations mensuelles de pH à l’embouchure de l’oued Mazafran

En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d’eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s’avère être dans ce cas un indice de pollution, mais cette variation reste très localisée aussi bien dans le temps que dans l’espace et cela du fait du « pouvoir tampon » de l’eau de mer (Aminot. A et Chaussepied. M, 1983). Le phénomène de l’eutrophisation pendant la saison sèche peut contribuer aussi à l’augmentation des teneurs de pH.

### 3.1.3-La salinité

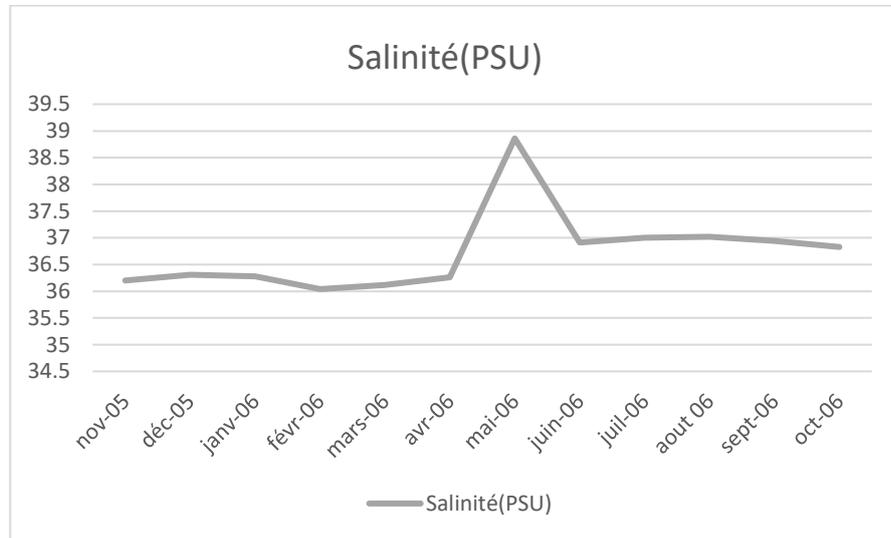
La mesure de la salinité est importante dans l’étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l’eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d’identifier les masses d’eau d’origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot. A et Chaussepied. M, 1983). La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l’eau de mer.

Les valeurs de salinités à l’embouchure de l’oued Mazafran oscillent entre 36.04 PSU à 37.02 PSU selon les mois.

**Tableau 17:** Evolutions mensuelles de la salinité à l’embouchure de l’oued Mazafran.

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Emb	36.2	36.31	36.28	36.04	36.12	36.26	36.86	36.91	37	37.02	36.94	36.83

Les valeurs les plus basses sont enregistrées pendant toute la saison humide, de novembre jusqu'en avril. Au mois de mai la salinité augmente rapidement et atteint un maximum de 38.89 PSU, elle régresse pendant la saison de l'été et l'automne.



**Figure 19:** Variations mensuelles de salinité à l'embouchure de l'oued Mazafran

Les valeurs minimales sont liées à l'intensité et à la durée des pluies. (Vieillefeon. J, 1977), pendant la période de crue. Cependant, en printemps et même en été, en l'absence de l'eau douce la salinité augmentent.

### 3.2-Les paramètres chimiques

#### 3.2.1- L'ammonium

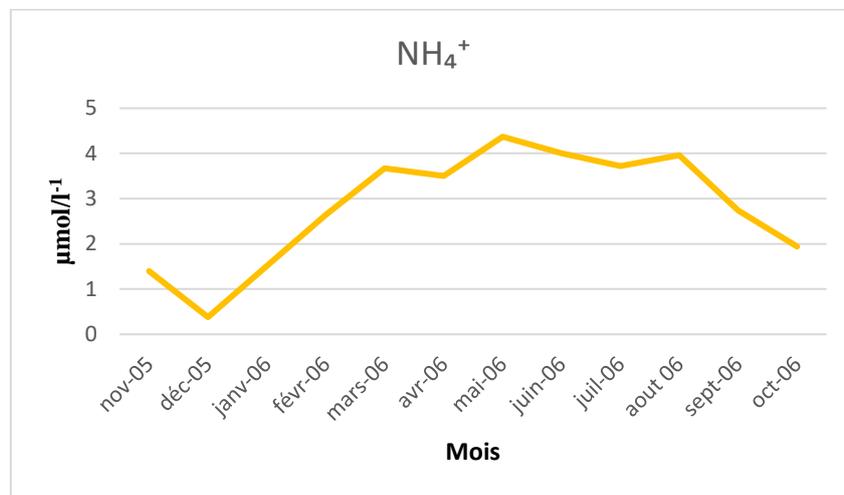
En littoral, l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) provient des excréations animales et de la composition bactérienne des composés organiques azotés ; il est un bon traceur de la pollution urbaine ou agricole ( Drévès. L, et Chaussepied. M, 2001.)

À l'embouchure de l'oued Mazafran les concentrations de l'ammonium varient de  $0.38 \mu\text{mol l}^{-1}$  à  $4.37 \mu\text{mol l}^{-1}$ .

**Tableau 18:** Evolutions mensuelles de l'ammonium à l'embouchure de l'oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Emb	1.4	0.38	1.51	2.64	3.67	3.5	4.37	4	3.72	3.96	2.74	1.94

En novembre et décembre, nous observons un minimum dans la période d'étude, puis les valeurs augmentent au printemps et en été, la période à partir de laquelle ils oscillent d'environ  $4\mu\text{mol/l}^{-1}$  jusqu'en aout et régressent pendant l'automne.



**Figure 20:** Variations mensuelles de l'ammonium à l'embouchure de l'oued Mazafran

L'activité d'ammonification aqueuse est également beaucoup plus faible à basse température. Par contre, elle est plus intense à des températures plus élevées pendant l'été et printemps à cause de la condition anaérobie d'écosystèmes.

### 3.2.2-Les nitrates

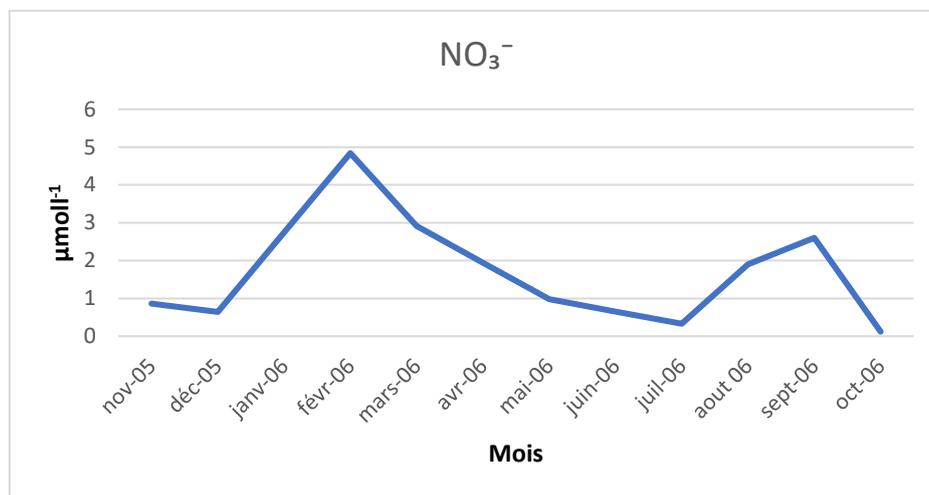
En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement  $0,45\text{ mg/l}$ . Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants azotés utilisés en agriculture (**Chapman. D, Kimstach. V, 1996**). Les concentrations dans l'eau de mer varient de 0 à  $50\mu\text{M}$  et les plus grandes teneurs se trouvent dans les couches profondes. (**Drévès. L, et Chaussepied. M, 2001**).

À l'embouchure de l'oued Mazafran les concentrations de nitrates varient de  $0.33\mu\text{mol}^{-1}$  à  $4.87\mu\text{mol}^{-1}$ .

**Tableau 19:** Evolutions mensuelles des nitrates à l'embouchure de l'oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Emb	0.86	0.64	2.74	4.84	2.91	1.94	0.98	0.65	0.33	1.9	2.6	0.72

La teneur en nitrate la plus élevée est de janvier à avril, et le maximum est atteint en février. Jusqu'à l'été, les teneurs sont régulièrement réduites jusqu'à ce que la valeur minimale en juillet soit inférieure à  $1\mu\text{mol}^{-1}$ ; Ensuite, les teneurs augmentent d'août jusqu'au début de l'automne, puis diminuent fortement en octobre.



**Figure 21:** Variations mensuelles des nitrates à l'embouchure de l'oued Mazafran

Pour la station située à l'embouchure de l'oued Mazafran les teneurs enregistrées seraient liées au drainage des terrains agricoles dans la région occidentale de Mitidja qui contient une grande quantité de nitrate. Au printemps et en été, les nitrates sont consommés par la respiration, une activité bactérienne de l'eau chaude.

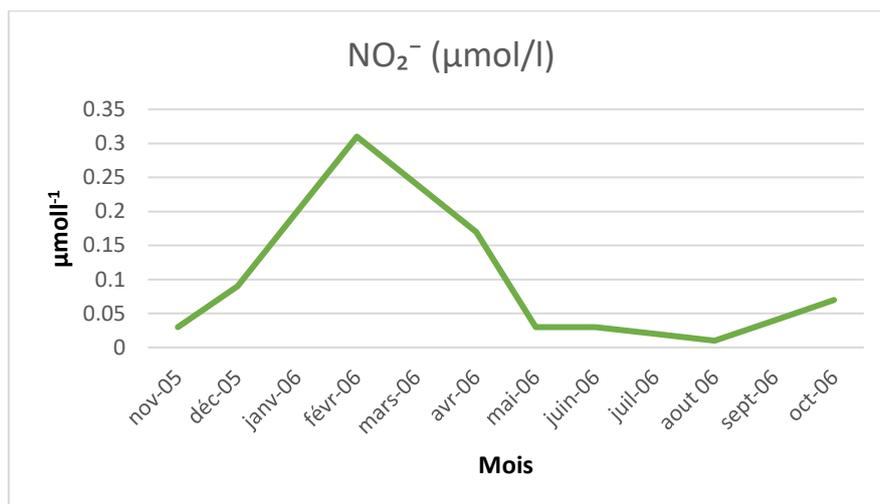
### 3.2.3-Les nitrites

Les nitrites varient de  $0.02\mu\text{mol}^{-1}$  à plus de  $0.03\mu\text{mol}^{-1}$ .

**Tableau 20:** Evolutions mensuelles des nitrites à l'embouchure de l'oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O
Emb	0.03	0.09	0.2	0.31	0.24	0.17	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	0.07

La valeur la plus élevée a été atteinte en février. En été, les valeurs de nitrite restent très basses en dessous de  $0.05\mu\text{mol}^{-1}$  puis à l'automne les valeurs augmentent très légèrement.



**Figure 22:** Variations mensuelles des nitrites à l'embouchure de l'oued Mazafran

Les faibles concentrations enregistrées pendant la période estivale correspondent à La dénitrification biologique qui est la réduction du nitrate (NO<sub>3</sub>) ou du nitrite (NO<sub>2</sub>) en oxydes d'azote gazeux et en azote moléculaire essentiel de bactéries anaérobies. (ONUAA ,2003)

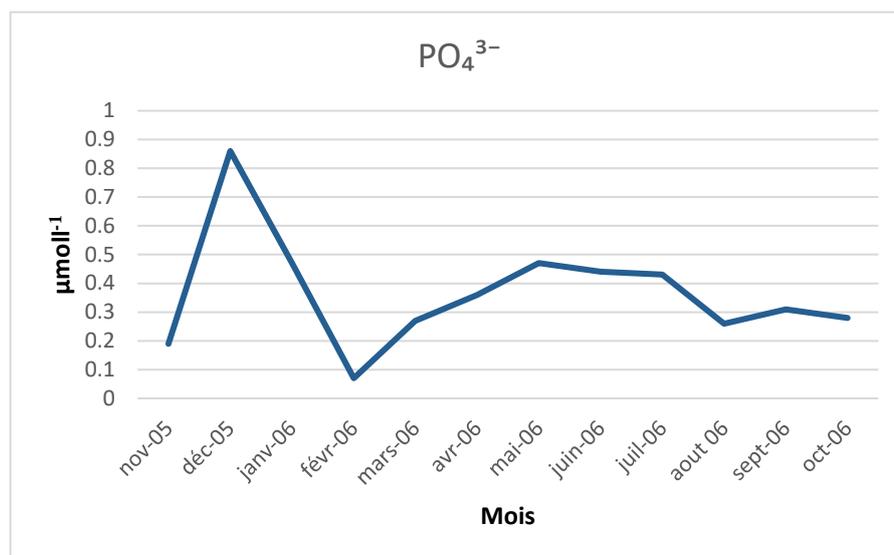
### 3.3.4-Le phosphate

À l'embouchure de l'oued Mazafran les concentrations en phosphate varient de 0.07μmol<sup>-1</sup> à 0.86 μmol<sup>-1</sup>.

**Tableau 21:** Evolutions mensuelles des phosphates à l'embouchure de l'oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A	S	O
Emb	0.19	0.86	0.47	0.07	0.27	0.36	0.47	0.44	0.43	0.26	0.31	0.28

Les teneurs les plus élevées et les plus basses ont été enregistrées au cours de l'hiver en décembre et en février, respectivement. À partir de février, les valeurs augmentent considérablement tout au long du printemps et diminué légèrement à la fin de l'été et au début de l'automne. Le phénomène de l'eutrophisation pendant la saison sèche peut contribuer à l'augmentation des teneurs des phosphates.



**Figure 23:** Variations mensuelles des phosphates à l’embouchure de l’oued Mazafran.

La forte concentration enregistrée en décembre peut être interprétée comme une remonté d’eau profonde causée par les vents de terre. En plus du phénomène naturel, les fortes concentrations en phosphate indiquent l’existence d’un apport polluant : industriel, agricole ou urbain.

### 3.2.5-La silice

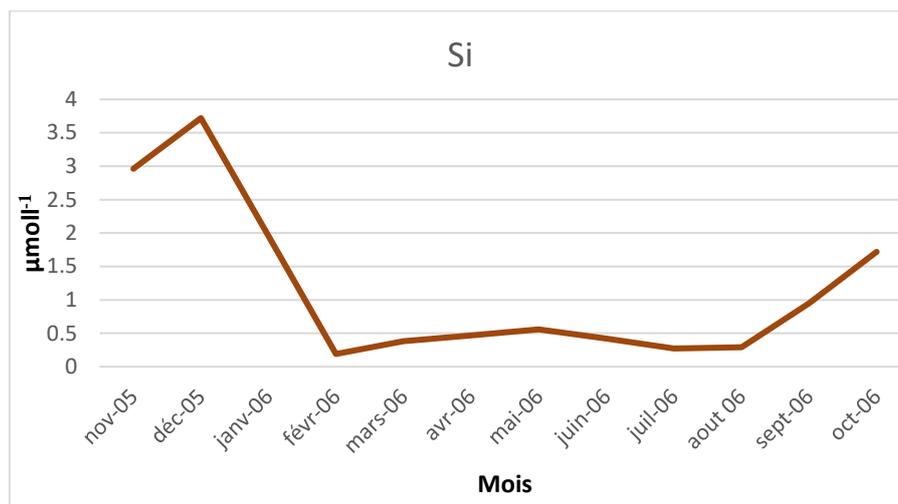
L’enrichissement du milieu en ce nutriment peut entraîner des efflorescences algales nuisibles ou toxiques (**Officer. CB, Ryther. JH, 1980**). À l’inverse, un manque de silice peut exacerber le phénomène d’eutrophisation en réduisant le rôle des diatomées dans le réseau trophique côtier. (**Officer. CB, Ryther. JH, 1980**).

À l’embouchure de l’oued Mazafran les concentrations en silice varient de 0.19 μmol l<sup>-1</sup> à 3.72 μmol l<sup>-1</sup>.

**Tableau 22:** Evolutions mensuelles de silice à l’embouchure de l’oued Mazafran

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O
Emb	2.96	3.72	1.96	0.19	0.38	0.47	0.56	0.42	0.27	0.29	0.95	1.72

Les concentrations les plus élevées sont enregistrées en automne et au début de l’hiver. Au printemps et en été, les concentrations restent faibles dépassant à peine 1 μmol/l. Les teneurs remontent à la fin de l’été jusqu’au mois d’octobre.



**Figure 24:** Variations mensuelles de la silice à l’embouchure de l’oued Mazafran

Les fortes concentrations enregistrées à l’embouchure de l’oued Mazafran en automne et au début de l’hiver correspondent aux transports de charges polluants depuis les côtes, en raison de fortes précipitations. Les faibles concentrations durant la saison estivale peuvent correspondre à la production des diatomées.

### 3.3-DCO et DBO<sub>5</sub>

Par manque de données de ces paramètres, nous avons pris les résultats des concentrations moyennes annuelles étudiés dans l’oued Mazafran.

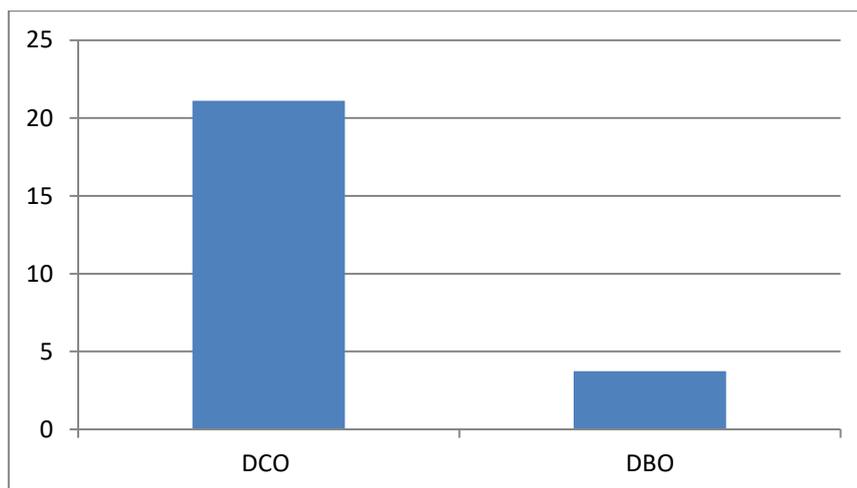
Dans l’embouchure de l’oued Mazafran les teneurs en DCO sont de 21.11 mg/l et les teneurs en DBO<sub>5</sub> sont de 3.74 mg/l.

Comparées à celles-ci enregistrées dans l’oued, les valeurs en mer sont plus faibles.

**Tableau 23:** Concentrations moyennes annuelles de la, DCO et DBO<sub>5</sub> à l’embouchure de l’oued Mazafran

Paramètres chimiques en mg /l			
Prélèvements	Matière Organique	DCO	DBO
Embouchure	---	21.11	3.74

Les faibles valeurs enregistrées à l’embouchure de l’oued Mazafran peuvent être expliquées par le phénomène de dilution par les eaux salées.



**Figure 25:** Variations annuelles de DCO et DBO5 à l’embouchure de l’oued Mazafran

## Conclusion

L’évolution de la qualité physico-chimique des eaux de l’oued Mazafran a mis en évidence une différenciation dans le suivi spatio-temporel de plusieurs variables physico-chimiques ( $T^{\circ}$ , pH, conductivité, la salinité, azote ammoniacal, nitrite et nitrate), qui nous a donné l’image d’une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge nutritive et organique.

L’ensemble des stations présentent un pH saisonnier et une forte minéralisation enregistrée dans la station amont et aval dû aux sources anthropiques.

Sur le plan temporel, en amont pendant la saison estivale la qualité physico-chimique de l’eau se caractérise par une forte concentration de polluants suite à l’insuffisance de traitement réalisé par la station de koléa en raison du faible débit durant cette période. Pendant la saison humide, la qualité de l’eau de l’oued s’améliore grâce aux phénomènes de dilution suite aux creux rencontrés par la région durant cette saison.

En effet, l’enrichissement de l’estuaire et l’embouchure par les apports d’eau provenant de l’oued ont également provoqué l’accroissement de la biomasse phytoplanctonique.

À la fin, l’étude physico –chimique de l’embouchure de l’oued Mazafran est fortement affectée par les activités humaines, celles –ci entraînent une dégradation de la qualité de l’eau en raison des eaux usées domestiques et des eaux industrielles brutes et épurées.

# Chapitre VI

---

Traitement des données par  
l'analyse en ACP

## Introduction

L'activité anthropique reçue par l'oued Mazafran influence actuellement les propriétés physico-chimiques de l'eau. Les résultats obtenus à partir de l'analyse physico-chimique ont été traités statistiquement en utilisant la méthode d'analyse en composant principale (ACP).

L'interprétation des données, la corrélation existante entre les différents paramètres et la distribution des paramètres dépendent de l'origine de la pollution naturelle ou anthropique. Par conséquent, elle est donc un meilleur outil de gestion des ressources en eaux permettant de trouver des solutions rapides aux problèmes de pollution (**Ouyang et al, 2005 ; Mencio et al, 2008**).in (*Diallo. A.D et al, 2014*)

## 1-Définition de L'ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) a essentiellement été présentée comme une méthode descriptive, visant à explorer la structure d'un tableau de données par la prise en considération des liaisons qui existent entre les variables. Elle conduit à une vision synthétique du tableau des données et peut faire apparaître une éventuelle structure dans les données qui n'était peut être pas soupçonnée au départ. (**Palm. R, 1998**).

Le logiciel utilisé dans cette étude est **XLSTAT**.

## 2-Station amont

Une forte association significative et négative est observée entre les ions nitrates et les paramètres suivants : la température ( $r=-0.814$ ,  $p<0.05$ ) et la l'ion ammonium ( $r=-0.642$ ,  $p<0.05$ ). Les ions nitrites présentent aussi une très forte corrélation significative et négative avec la conductivité électrique ( $r=-0.744$ ,  $p<0.05$ ).il est à noter qu'une forte association significative négative est constatée entre les ions phosphores et les paramètres suivants : débit ( $r=-0.614$ ,  $p= 0.14$ ) et l'ion nitrate ( $r=-0.612$ ,  $p<0.05$ ), une corrélation significative positive et aussi observée entre l'ion phosphore et les deux paramètres suivants : la conductivité électrique ( $r= 0.640$   $p<0.05$ ) et la température ( $r= 0.675$  , $p<0.05$ ).

**Tableau 24:** Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de l'amont de l'oued Mazafran

Variables	Q	T	pH	$\Omega$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	Si
Q	<b>1.000</b>								
T	-0.449	<b>1</b>							
pH	-0.187	-0.004	<b>1</b>						
$\Omega$	-0.417	0.305	-0.134	<b>1</b>					
$\text{NH}_4^+$	-0.022	0.354	-0.185	0.186	<b>1</b>				
$\text{NO}_3^-$	0.468	<b>-0.814</b>	-0.088	-0.437	<b>-0.642</b>	<b>1</b>			
$\text{NO}_2^-$	0.050	-0.119	0.386	<b>-0.744</b>	-0.259	0.171	<b>1</b>		
$\text{PO}_4^{3-}$	<b>-0.614</b>	<b>0.675</b>	0.006	<b>0.640</b>	0.276	<b>-0.612</b>	-0.372	<b>1</b>	
Si	-0.279	0.032	0.399	0.369	0.118	-0.157	-0.354	0.492	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

### 2.1-Valeurs propres :

Le premier axe principal exprime **41.67 %** de la variation totale, le deuxième exprime **18.25 %**. Ainsi F1 et F2 expriment **59.93 %** de la variance totale. L'axe F3 exprime **16.53%** de la variance, il sera donc pris en considération pour l'interprétation.

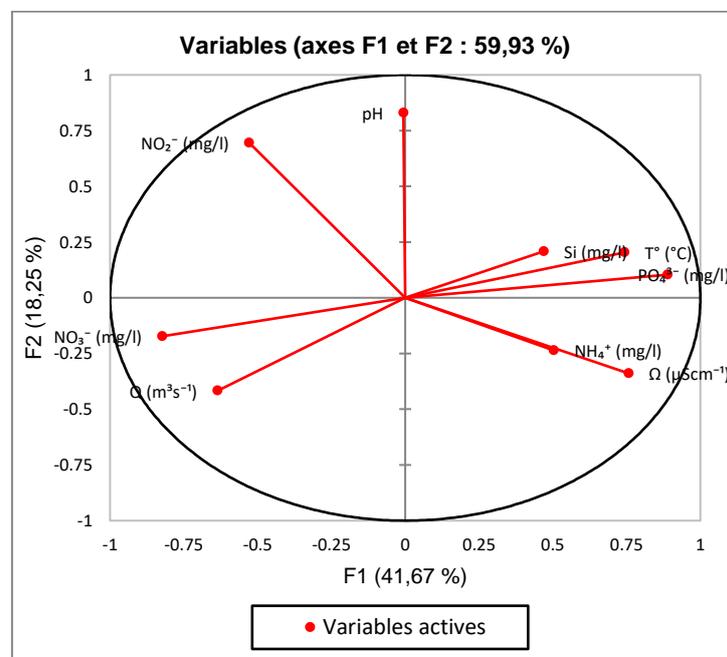
Le tableau (tab 25) montre que (41.67%) des variables sont corrélées avec l'axe 1 : **le phosphore, le nitrate, la conductivité, la température et le débit**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution anthropique et naturelle d'origine agricole et industrielle, due au lessivage des formations géologiques, rejets de matières organiques (lisiers, purins et fumiers), station d'épuration Koléa, d'engrais chimiques et fertilisants qui peuvent avoir lieu pendant la saison printanière et durant le mois de juillet afin d'être transportés vers les cours d'eau par le ruissèlement.

Le tableau (tab 25) montre que (18.25%) des variables sont corrélées avec l'axe 2 : **le pH et nitrite**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une origine anthropique due à l'épandage des fertilisants ruisselés durant la saison hivernale des terrains agricoles et d'une pollution industrielle en raison des eaux usées. Il représente aussi le phénomène de dénitrification caractérisant les mois d'été.

Le tableau (tab 25) montre que (16.53%) des variables sont corrélées avec l'axe 3 : la silice. Nous pouvons en déduire qu'il représente une origine naturelle due au lessivage par les eaux de ruissellement pendant le mois de mai et au taux d'érosion.

**Tableau 25:** Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de la station amont

	F1	F2	F3
Valeur propre	3.750	1.643	1.488
Variabilité (%)	41.671	18.255	16.533
Q m <sup>3</sup> /s	-0.635	-0.417	-0.107
T °C	0.743	0.203	-0.473
pH	-0.006	0.830	0.301
C (µs/cm)	0.757	-0.339	0.363
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µmol/l	0.504	-0.239	-0.472
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol/l)	-0.823	-0.173	0.443
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µmol/l	-0.529	0.695	-0.377
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µmol/l	0.889	0.104	0.108
Si µmol/l	0.469	0.208	0.677



**Figure 26:** Projection des variables physico-chimiques sur le plan factoriel de la station amont

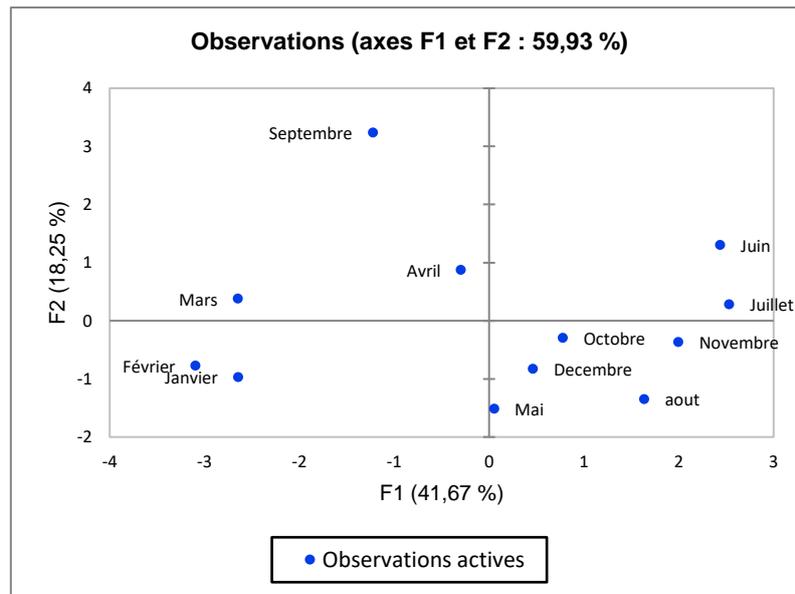


Figure 27:Projection des mois sur le plan factoriels de la station amont

### 3-Station aval

Une forte association significative et positive est observée entre les ions nitrates et les paramètres suivants : la température ( $r=0.692$ ,  $p<0.05$ ) et la conductivité ( $r=0.749$ ,  $p<0.05$ ). Les ions nitrates présentent aussi une très forte corrélation significative et négative avec le débit ( $r=-0.617$ ,  $p<0.05$ ).il est à noter qu'une forte association significative positive est constatée entre les ions phosphores et les paramètres suivants : Température( $r=0.633$ ,  $p<0.05$ ) ,conductivité ( $r=0.683$ ,  $p<0.05$ ) et nitrate( $r=0.700$ ,  $p<0.05$ ), l'ion phosphates présente aussi une très forte corrélation significative et négative avec le débit ( $r=-0.609$ ,  $p<0.05$ ). Une forte association significative et positive est observée entre les ions d'ammonium et la conductivité ( $r= 0.585$ ,  $p<0.05$ ), une corrélation significative négative est aussi observée entre l'ammonium et le débit ( $r= -0.683$ ,  $p<0.05$ ).la conductivité présente une forte association significative et positive avec la température ( $r= 0.865$ ,  $p<0.05$ ), elle présente aussi une association significative et négative avec débit ( $r= -0.582$ ,  $p<0.05$ )

**Tableau 26:** Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimique étudiés au niveau de l'aval de l'oued Mazafran

Variables	Q	T	pH	$\Omega$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	Si
Q	<b>1.000</b>								
T	-0.429	<b>1</b>							
pH	-0.230	-0.194	<b>1</b>						
$\Omega$	<b>-0.582</b>	<b>0.865</b>	0.037	<b>1</b>					
$\text{NH}_4^+$	<b>-0.683</b>	0.538	0.039	<b>0.585</b>	<b>1</b>				
$\text{NO}_3^-$	<b>-0.617</b>	<b>0.692</b>	0.422	<b>0.749</b>	0.440	<b>1</b>			
$\text{NO}_2^-$	-0.111	-0.017	0.287	0.140	0.137	-0.109	<b>1</b>		
$\text{PO}_4^{3-}$	<b>-0.609</b>	<b>0.633</b>	-0.161	<b>0.683</b>	0.255	<b>0.700</b>	-0.317	<b>1</b>	
Si	-0.123	-0.228	0.327	0.077	-0.292	0.244	-0.297	0.322	<b>1</b>

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$*

### 3.3-Valeurs propres

Le premier axe principal exprime **45.11 %** de la variation totale, le deuxième exprime **18.92%**. Ainsi F1 et F2 expriment **64.03 %** de la variance totale. L'axe F3 exprime **17.15%** de la variance, il sera donc sera pris en considération pour l'interprétation.

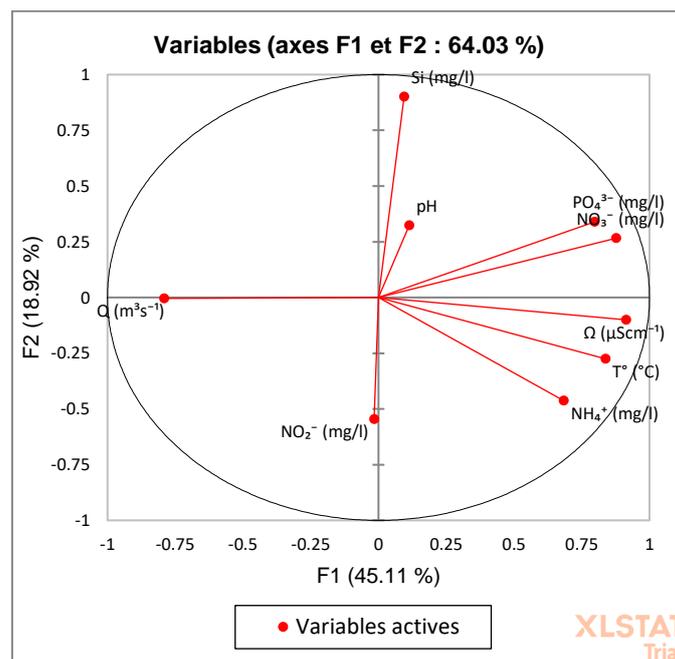
Le tableau (tab 27) montre que (45.11%) des variables sont corrélées avec l'axe 1 : **le débit, la température, la conductivité, l'ammonium, le nitrate, le phosphore**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution anthropique, d'origine agricole et industrielle de la station d'épuration, l'utilisation de fertilisants qui émettent des quantités importantes de nitrates, phosphates et ammoniums, les détergents phosphorés. Ainsi la conductivité dans cet axe indique une pollution urbaine des eaux usées des villes avoisinantes.

Le tableau (tab 27) montre que (18.92%) des variables sont corrélées avec l'axe 2 : **la silice**, nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution d'origine naturelle due à l'érosion et lessivage des sols caractérisant le mois d'avril.

Le tableau (tab 27) montre que (17.15%) des variables sont corrélées avec l'axe 3: **le pH et nitrite**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution anthropique d'origine industrielle due à la station d'épuration et des eaux usées.

**Tableau 27:** Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de la station aval

	F1	F2	F3
Valeur propre	4.060	1.703	1.543
Variabilité (%)	45.11	18.920	17.15
Q m <sup>3</sup> /s	-0.791	-0.004	-0.253
T °C	0.838	-0.276	-0.289
pH	0.114	0.324	0.882
C (µs/cm)	0.914	-0.100	-0.015
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µmol/l	0.683	-0.463	0.135
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol/l)	0.877	0.266	0.165
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µmol/l	-0.016	-0.546	0.653
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µmol/l	0.798	0.340	-0.355
Si µmol/l	0.095	0.901	0.141



**Figure 28:** Projection des variables physico-chimiques sur le plan factoriels de la de la station aval

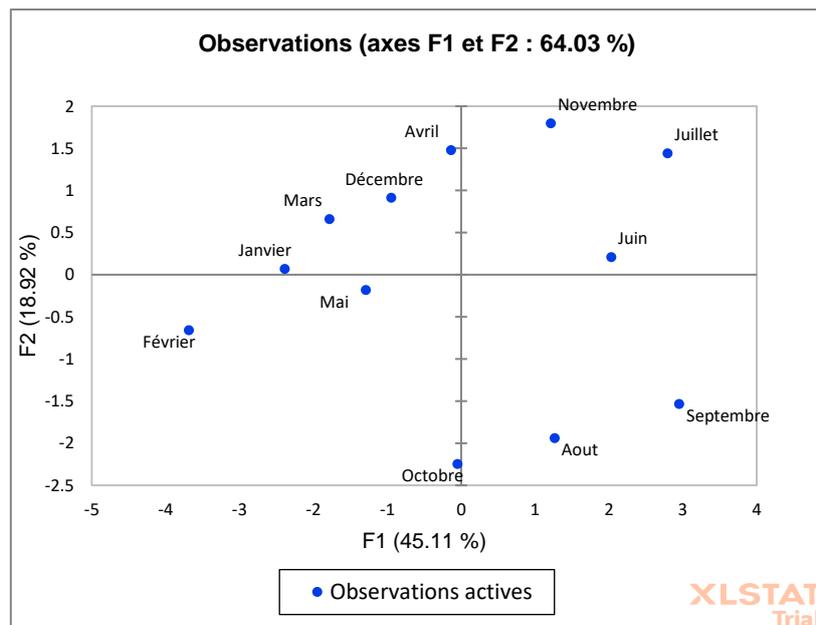


Figure 29:Projection des mois sur le plan factoriels de la station aval

#### 4-Embouchure

Une forte association significative et négative est observée entre les ions nitrites et la température ( $r=-0.704$ ,  $p<0.05$ ). Les ions nitrites présentent aussi une très forte corrélation significative et positive avec les ions de nitrites ( $r=0.797$ ,  $p<0.05$ ). Une corrélation significative négative est observée entre la silice et les ions de l'ammonium ( $r=-0.908$ ,  $p<0.05$ ).

Tableau 28:Matrice de corrélation (Pearson (n)) des différents paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran

Variabes	T	pH	Salinité	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si
T	<b>1.000</b>							
pH	0.535	<b>1</b>						
Salinité	0.305	0.138	<b>1</b>					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.342	0.432	0.527	<b>1</b>				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.397	-0.006	-0.392	0.052	<b>1</b>			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>-0.704</b>	-0.259	-0.575	-0.151	<b>0.797</b>	<b>1</b>		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0.085	0.114	0.184	-0.314	-0.498	-0.277	<b>1</b>	
Si	-0.296	-0.448	-0.282	<b>-0.908</b>	-0.354	-0.148	0.502	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0.05$

#### 4.1-Valeurs propres

Le premier axe principal exprime **38.33%** de la variation totale, le deuxième exprime **32.209%**. Ainsi F1 et F2 expriment **70.548%** de la variance totale. . L'axe F3 exprime **12.22%** de la variance, il sera donc pris en considération pour l'interprétation.

Le tableau (tab 29) montre que (38.33%) des variables sont corrélées avec l'axe 1 : **la température, la salinité, l'ammonium et nitrite**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution anthropique due à l'utilisation abusive de fertilisation et pesticides, et les apports côtiers d'eau usée pendant le mois de janvier.

La température influence la salinité durant la saison d'étiage, plus la température augmente plus l'évaporation de l'eau est plus forte, ceci contribue à une salinité plus élevée, cet axe indique le phénomène dénitrification caractérisé par une augmentation favorable de la température et du pH pour la réaction.

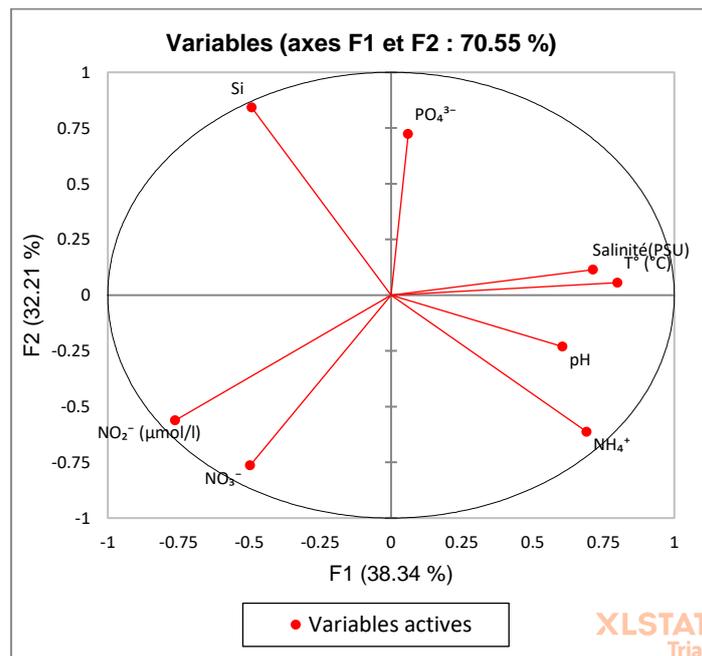
Le tableau (tab 29) montre que (32.209%) des variables sont corrélées avec l'axe 2 : **les nitrates, le phosphore et la silice**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution naturelle et anthropique due à l'origine agricole en raison de l'utilisation intensive des produits de fertilisants utilisés dans les bordures de l'oued, de l'érosion des roches et de lessivage des formations géologiques.

Le tableau (tab 29) montre que (12.22%) des variables sont corrélées avec l'axe 3 : **le pH**. Nous pouvons en déduire qu'il représente une pollution anthropique d'une origine industrielle et urbaine.

-

**Tableau 29:** Valeurs propres, variance expliquée et corrélations des variables aux axes principaux (facteurs) de l'embouchure

	F1	F2	F3
Valeur propre	3.067	2.577	0.978
Variabilité (%)	38.339	32.209	12.22
T	0.800	0.056	0.395
pH	0.606	-0.231	0.620
Salinité	0.713	0.114	-0.589
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μmol/l	0.691	-0.63	-0.262
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	-0.497	-0.763	0.110
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> μmol/l	-0.762	-0.562	-0.003
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> μmol/l	0.061	0.723	0.055
Si μmol/l	-0.492	0.842	0.084



**Figure 30:** Projection des variables physico-chimiques sur le plan factoriels de l'embouchure

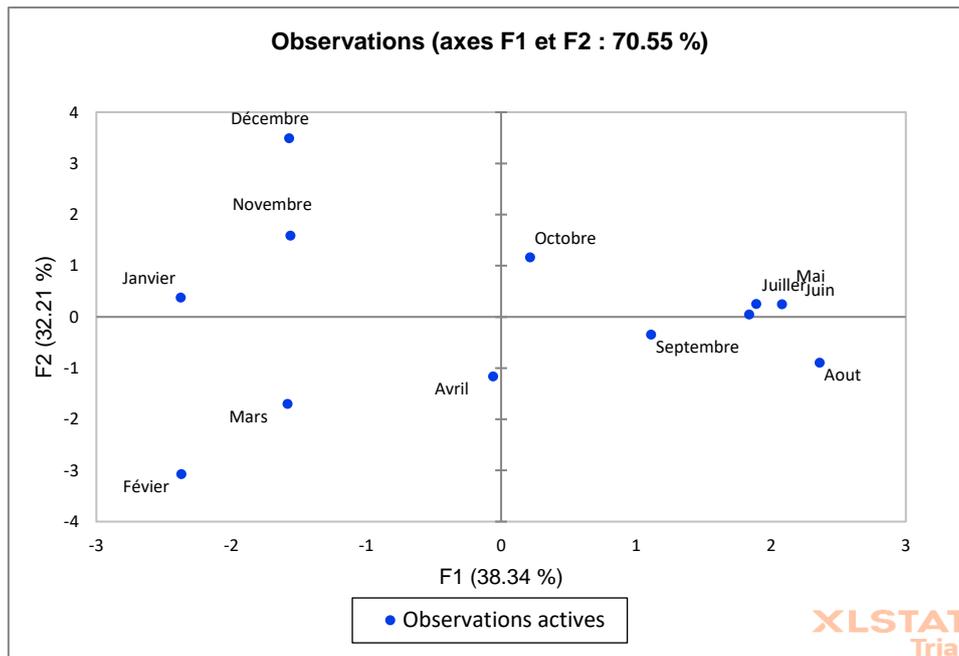


Figure 31:Projection des mois sur le plan factoriel de l'embouchure

## Conclusion

La pollution industrielle et urbaine due aux rejets d'eaux usées qui contiennent des déchets organiques est la principale source de toutes les charges polluantes. En outre, l'enrichissement des eaux de surface en azote principalement dû à l'utilisation intensive de l'usage de l'agriculture qui a généré de grandes quantités d'engrais chimiques et de pesticides ruisselant du sol vers les cours d'eau. En plus, l'élevage d'animaux qui engendre des concentrations importantes de sel nutritif.

En effet la pollution de ce milieu aquatique peut avoir une origine naturelle telle que l'érosion des roches et le lessivage des sols, qui est l'un des facteurs les plus importants de l'existence de la silice dans les zones côtières et les oueds.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Les zones côtières et les estuaires sont des systèmes écologiques importants qui subissent l'impact des activités naturelles et anthropiques. Ces activités ont entraîné une pollution qui a un impact sur l'écosystème de l'oued Mazafran qui est considéré comme l'un des plus importants oueds du côtier Algérois.

Le suivi spatio-temporel et l'analyse en composants principales de la charge minérale et organique de l'oued Mazafran et de son embouchure nous à fourni une image de l'impact des activités anthropiques qui ont conduit à une baisse considérable de la qualité de ce système fluvial et de son estuaire.

Les résultats obtenus montrent que les eaux de l'oued Mazafran sont impactées par des sources de pollution industrielle et agricole telles que les engrais, les pesticides et le lessivage des terrains agricoles avec des concentrations significatives de l'amont vers l'aval. La contamination des eaux se fait selon une variation saisonnière, généralement faible durant la saison hivernale et intense pendant la saison d'étiage. Ainsi, l'augmentation rapide de la teneur en nutriments à un impact sur ce milieu aquatique principalement par un processus d'eutrophisation.

La concentration de matières organiques,  $DBO_5$  et DCO varient d'une station à une autre, elles sont plus faibles dans l'embouchure de l'oued et elles augmentent de l'amont vers l'aval.

L'ACP a souligné que les propriétés physiques et chimiques de l'eau à l'embouchure de l'oued Mazafran montrent des changements saisonniers évidents. Tous les résultats obtenus par cet outil indiquent que la source de pollution du milieu aquatique est d'origine naturelle et anthropiques.

L'axe 1 : présente une variation de 41.67% en amont, 45.11% en aval et 38.33% au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran. La pollution dans cet axe met en évidence des apports d'eaux usées, une fertilisation excessive des cultures, utilisation des pesticides et l'élevage des animaux. En amont et même en aval les éléments dans l'axe F1 semblent influencés par une pollution naturelle et anthropique, industrielle et d'urbaine.

L'axe 2 : présente une variation de 18.25% en amont, 18.92% en aval et 32.209% au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran. La pollution dans cet axe met en évidence une pollution d'origine naturelle due au lessivage de sol et l'érosion.

L'axe 3 : présente une variation de 16.53% en amont, 17.15% en aval. Il met en évidence des apports d'eau chargés de substance de pesticide, une utilisation inquiétante de fertilisation, des apports côtiers exclusivement des eaux usées comme la station de Koléa.

Cependant, il est essentiel de trouver des solutions pour protéger cet écosystème aquatique de toute pollution dans le but de préserver sa biodiversité ainsi que son rôle socio-économique et touristique.

Pour cela nous proposons un certain nombre de recommandations :

- la mise en place de réseaux d'assainissement permettant de regrouper tout les rejets, et le traitement de ces eaux avant leurs rejets dans le milieu naturel.
- Traitement et épuration des eaux industrielles afin d'éliminer les polluants qu'elle contient avant leurs rejets.
- La surveillance régulière de la qualité physico-chimique des eaux.
- La réduction des quantités de produits phytosanitaires et l'épandage d'engrais afin de limiter les apports de nutriments dans les eaux de surface.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### Références bibliographiques :

- **Adam. JWH, 1980**, Health aspects of nitrate in drinking-water and possible means of denitrification (Literature Review). *Water SA*, vol 6 No 2 April 1980 pp79.
- **Aminot. A., Chaussepied. M, 1983**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 395
- **Aminot .A., et Kérouel .R, 2004**. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Edition : Ifremer, France, 336 P
- **AFB, O.-.** (s. d.). *Evolution des flux de nutriments a la mer.* à l'adresse [HTTP://www.onml.fr/onml\\_f/fiche\\_aretenir.php?id\\_fiche=116&auth=NOK](HTTP://www.onml.fr/onml_f/fiche_aretenir.php?id_fiche=116&auth=NOK)
- **Bachari Houma Fouzia, 2009**. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat, Université de VAL DE MARNE PARIS XII.274p
- **Benslama Lazreg, 2012**. Dépôts quaternaires et évolution du précontinent Ouest algérois. Thèse de doctorat, USTHB. 95p
- **Breard Guy, 1988**. Milieu estuarien et écotoxicologie. In: *Noroi*, (Avril –Juin1988) n°138.223-230p
- **Chapman. D, Kimstach. V, 1996**. Selection of water quality variables. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sédiments and water in environment monitoring*, Chapman édition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.
- **Diallo. A. D, Ibno Namr. K, N'diaye. A. D, Garmes. H, Kankou. M,Wane. O, 2014**. L'intérêt des méthodes d'analyses statiques dans la gestion du suivi de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°17, Mars 2014, pp. 101-114.
- **Drévès, L. et Chaussepied, M, 2001**. Restauration des écosystèmes côtiers. Brest, 8-9
- **El Mohrit Mohammed, 2009**. Hydrochimie, Eléments traces métalliques incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos).Thèse de doctorat. UNIVERSITE MOHAMMED Université Mohamed V. 232p

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **El Morhit. M, Mohamed. F, Serghini, A, Blidi. S, Abdallah. E. A, Yahyaoui. A, & M, H. 2012.** Étude de l'évolution spatio-temporelle des paramètres hydrologiques caractérisant la qualité des eaux de l'estuaire du Loukkos (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 34, 151-162.
- **Evolution des principaux flux de nutriments à la mer.** (s. d.). à l'adresse [https://www.onml.fr/onml\\_f/fiche\\_aretenir.php?id\\_fiche=78&auth=NOK](https://www.onml.fr/onml_f/fiche_aretenir.php?id_fiche=78&auth=NOK).
- **Gattacceca Julie, 2009.** Etude de l'estuaire souterrain dans la lagune de Venise a l'aide des isotopes du radium et du radon. Thèse de doctorat, Université PAUL CEZANNE.202p
- **Guergueb Salha, 2016 .**Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf). Thèse de doctorat. Université Badji Mohtar –Annba .126
- **Hébert, S. et S. Légaré, 2000.** *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.
- **Hubert. P, 1998.** Eaupuscule : une introduction à la gestion de l'eau. 1998. 2° Edition. HGA, Bucuresli, Romania.
- **Künitzer Anita, 2001.** Eutrophication in Europe's coastal waters. Offece for Official Publications of the European Communities. 86p
- **Kouba Raihana, 2015.** Caractérisation physico- chimique et microbiologique des eaux de l'oued Mazafran et étude de l'antibiorésistance des bactéries productrices de bétalactamases. Mémoire de master, Université Blida1. 67p
- **Makhoukh. M, Sbaa, M, Berrahou, A, Clooster M. Van, 2011.** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulaya (Maroc Oreintal). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011, pp. 149-169
- **Martin, J. M, Meybeck, M, Salvador, F, Thomas, 1976.** Pollution chimiques des estuaires : Etat actuel des connaissances (Juin1974). n°22.286
- **Merghem Kamal Abbas, El Halouani Hassan, Alnedhary Anass Ali, Dssouli Khadija , Gharibi Elkhadir , Qaid Alansi Raya , Fuad al-Nahmi , 2016.** Etude de l'impact des rejets d'eaux usées brutes et épurées sur la qualité de l'Oued Bani Houat (Bassin de Sanaa) : Etude

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

spatio-temporelle (Impact of raw and treated wastewater on quality surface water of Wadi Bani Houat (Sanaa Basin) Study spatial – temporal). *Journal. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) (2015) 1417-1425

- **Mulhern. G, 2019.** *Modelling nutrients in the Mediterranean Sea* . EU Science Hub - European Commission. <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/modelling-nutrients-mediterranean-sea>

- **Officer .CB, Ryther. JH, 1980.** The possible importance of silicon in marine eutrophication *Mar École Progr Ser 3* :83-91

- **O.N.M** (Office National de la Météorologie), **2003.** Centre climatologique national BP 153 DAR EL BEIDA 16100 ALGER. ALGERIE.

- **Orens Pasqueron de Fommervault, 2015.** Dynamique des nutriments en Méditerranée : des campagnes océanographiques aux flotteurs Bio-Argo. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI. 196p

- **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2003.** Estimation des émissions gazeuses de **NH<sub>3</sub>, NO et N<sub>2</sub>O** et par les terres agricoles à l'échelle mondiale.112p

- **Ouahil. Amina, 2017.** Etat de la pollution par matières particulaires et dissoutes dans le système fluvio-marin d'Oued Mazafran- embouchure (baie deBousmail).Memoire de master, Ecole Nationale Supérieure D'hydraulique-Arbaoui Abdellah .50p

- **Palm. R., 1998.** L'analyse en composantes principales : principes et applications. Notes stat. Inform. gembloux ,98 (2) : 1-2.

- **Pescod. M.B, 1985.** Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescodand Arar, 93-114.

- **Reggam. A, Bouchelaghem. H, Houhamdi. M, 2015.** Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis) .*Journal. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) :1417-1425

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **Rodier. J, 1984.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>ème</sup> édition, Dunot, Paris.
  
- **Vieillefefon. J, 1977.** Les sols des mangoves et des tannes de Bassa-Casamance (Sénégal) : importance du comportement géochimique du soufre dans la pédogenèse. Paris, Mémoire ORSTOM, n°83,312p
  
- **Yasir nabila, 2009.** Diversité , écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran, Mémoire de Magister , Université des sciences et de la technologie Houari Boumediène ,88p