

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES UNIVERSITAIRES
APPLIQUEES (D.E.U.A) EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

Qualité Des Eaux Au Niveau Des
Principaux Oueds Du Littoral Algérois.

Préparé par :

- MOULOUDJ Massinissa.
- BELARBI Mouloud.

Examiné par :

Mr ROUBAH.M (Maitre de conférences B) Promoteur
Mr DRICHE.M (Maitre Assistant A) Examineur

Session : Juillet/ 2010

Remerciements

Que tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, trouvent ici notre profonde reconnaissance.

Nous adressons nos vifs remerciements à tous les professeurs qui ont participé dans notre formation, et en particulier notre promoteur M^R M. ROUIBAH pour avoir bien dirigé ce travail, notre grande gratitude pour ses conseils et ses encouragements.

Nous tenons aussi à remercier tous les enseignants qui s'investissent avec passion dans leur travail, et nous remercions également tout ceux qui travaillent au laboratoire de chimie de l'ENSSMAL, sans oublier tous les administrateurs dont l'unique souci est d'accompagner, de soutenir et d'encourager les étudiants durant leurs cursus.

Dédicaces

C'est avec une vive joie, gratitude et reconnaissance que je dédie ce modeste travail ;

- **A mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur soutien moral et financier ;**
 - **A mes chers frère et sœurs (Essaid, Hinda, Dalila);**
 - **A la femme de ma vie (chaah) ;**
 - **Aux très chères personnes de ma vie pour leur affection et leurs exhortations (Lotfi, Hanafi, Ali, Djamel.L, Mus, Smail, Yacine, Abdelkrim, Djamel.B, Mouh, Amine, Mohamed amine, Lounes, Yani, Abdelhak, Hakim, Oussama, Chabha, Wassila, Amal, Kahina, Affaf, Hana, Souad, Abl....);**
- A toutes les personnes honnêtes qui portent ce cher et merveilleux pays dans leur cœur.**

MOULOUDJ.M

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	
I-1-Généralités sur la pollution des eaux	2
I-2-Origine de la pollution	3
I-2-1-Pollution accidentelle et pollution chronique	3
I-2-2-Pollution continentale (tellurique)	5
I-3-Types de pollution	6
I-3-1-Pollution biologique	6
I-3-2-Pollution physique	6
I-3-2-1-Les matières en suspension (MES)	6
I-3-2-2-Les rejets thermiques	7
I-3-2-3-Les rejets radioactifs	7
I-3-3-Pollution chimique	8
I-3-3-1-Matière organique (MO)	8
I-3-3-1-1- Indicateurs généraux de la pollution par la matière organique	8
I-3-3-1-2- L'eutrophisation	10
I-3-3-2- Les détergents	14
I-3-3-3- Les hydrocarbures	15
I-3-3-3-1- L'origine	15
I-3-3-3-2- Impacts de la pollution par les hydrocarbures sur les vivants	17
I-3-3-4- Les métaux lourds et risques toxicologique	18
I-3-3-4-1- Origine	18
I-3-3-4-2- Toxicité de certains métaux lourds	18
I-4-Conséquences de la pollution	20
I-4-1-Sanitaires	20

I-4-2-Ecologiques	20
I-4-3-Esthétiques	21
I-4-4-Industriels	21
I-4-5-Agricoles	21

Chapitre II : Zone d'étude et méthodologie.

II- Zones d'étude et méthodologie	22
II-1- Présentation de la zone d'étude	22
II-2- Méthodologie	25
II-2-1- Prélèvement de l'eau	25
II-2-2- Mesure des paramètres physico-chimiques	26
II-2-3- Mesure de la matière en suspension (MES)	26
II-2-4- Mesure de la matière organique	26
II-2-5- Détermination de la demande chimique en oxygène	27
II-2-6- Dosage des sels nutritifs	27
II-2-6-1- Les phosphates (PO_4^{3-})	27
II-2-6-2- L'ammonium (NH_4^+).....	28
II-2-6-3- Les nitrites (NO_2^-)	28
II-2-6-4- Les nitrates (NO_3^-)	28

Chapitre III : Résultats et discussion

III- Résultats et discussion	31
III-1- Les paramètres physico-chimiques.....	31
III-2- Les matières en suspension, matière organique et DCO	32
III-3- Les sels nutritifs	36
III-3-1- Les phosphates	36
III-3-2- Les sels azotés	37

III-3-1- L'ammonium	37
III-3-2- Les nitrites et les nitrates	38
Conclusion.....	40

Références bibliographiques

Liste des tableaux et des figures

Annexes

Liste des tableaux et des figures.

Liste des tableaux :

Tableau n°1 : Apports polluants en Kg/habit/an.

Tableau n°2 : Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eaux.

Tableau n°3 : Différences entre le cycle de l'azote et du phosphate.

Tableau n°4 : Origines des pollutions par hydrocarbures à l'échelle mondiale.

Tableau n°5 : Effets à courts et à long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et les peuplements.

Tableau n°6 : Quelques caractéristiques de ces oueds qui composent notre réseau hydrographique.

Tableau n°7 : Valeurs des paramètres physico-chimiques des différentes stations.

Tableau n°8 : Résultats obtenus : matière en suspension (MES), matière organique (MO), demande chimique en oxygène (DCO), phosphate, ammonium, nitrate et nitrite.

Liste des figures :

Figure n°1a : Origine de la pollution marine.

Figure n°1b : Origine de la pollution littorale.

Figure n°2 : Schémas explicatif de l'eutrophisation.

Figure n°3 : Carte représentative des différents oueds et stations de prélèvement.

Figure n°4 : Photo de la 1^{ère} station (El Hamiz).

Figure n°5 : Photo de la 2^{ème} station (El Harrach).

Figure n°6 : Photo de la 3^{ème} station (Beni Messous).

Figure n°7 : Photo de la 4^{ème} station (Mazafran).

Figure n°8 : Courbes d'étalonnage des sels nutritifs.

Listes des tableaux et des figures.

Figure n°9 : Teneur des MES (mg/l) dans les différentes stations.

Figure n°10 : Taux de la MO (%) dans la MES des différentes stations.

Figure n°11 : Variation de la DCO (mg/l) dans les différentes stations.

Figure n°12 : Concentration ($\mu\text{mol/l}$) du phosphate dans les différentes stations.

Figure n°13 : Concentration ($\mu\text{mol/l}$) de l'ammonium dans les différentes stations.

Figure n°14 : Concentration ($\mu\text{mol/l}$) de nitrate dans les différentes stations.

Figure n°15 : Concentration ($\mu\text{mol/l}$) de nitrite dans les différentes stations.

Introduction

La pollution est devenue le phénomène du siècle et suscite des inquiétudes croissantes. Elle affecte le milieu marin qui reçoit excessivement et constamment des rejets qui lui sont nuisibles. Ses divers effets touchant les organismes marins et les baignades dans les eaux polluées constituent des dangers potentiels pour la santé humaine.

Un des aspects de la pollution chimique, est l'enrichissement excessif en sels nutritifs et en matière organique des différents rejets qui engendrent l'eutrophisation du milieu marin.

Le travail porte sur l'analyse du substrat chimique particulièrement les sels nutritifs afin d'évaluer la qualité de l'eau au niveau des principaux oueds du littoral algérois.

Le présent document comporte trois chapitres. Le premier est consacré aux généralités sur la pollution et le second chapitre décrit le site de prélèvement et les méthodes utilisées. En fin dans le troisième chapitre, sont présentés les résultats d'analyse ainsi qu'une conclusion pour clôturer ce document.

Chapitre I

Généralités

I- GENERALITES

I-1-Généralités sur la pollution des eaux :

La pollution marine est définie comme étant «**O.N.U**»: « L'introduction par l'homme dans le milieu marin, y compris les estuaires, directement ou indirectement, des substances ou d'énergie pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommage aux ressources biologiques donc pour la santé humaine, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche, diminution de la qualité de l'eau de mer de point de vue de son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs ».

Les polluants peuvent être :

- Des substances naturelles (matières organiques surtout, substances minérales provenant de l'exploitation de mines, de carrières...), les substances organiques sont dégradables, surtout sous l'action des micro-organismes.
- Des substances de synthèse (plastiques, pesticides) dégradables ou non, toxiques ou non à rémanence variable.

La pollution de l'eau peut se présenter sous différentes formes (chimiques, bactériologiques, thermiques etc....) et les masses d'eaux concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou superficielles. Il peut même s'agir de la pluie ou des rosées.

Les eaux usées ou polluées sont celles de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles sont déversées.

I-2- Origine de la pollution :

I-2-1- Pollution accidentelle et pollution chronique :

* La pollution accidentelle :

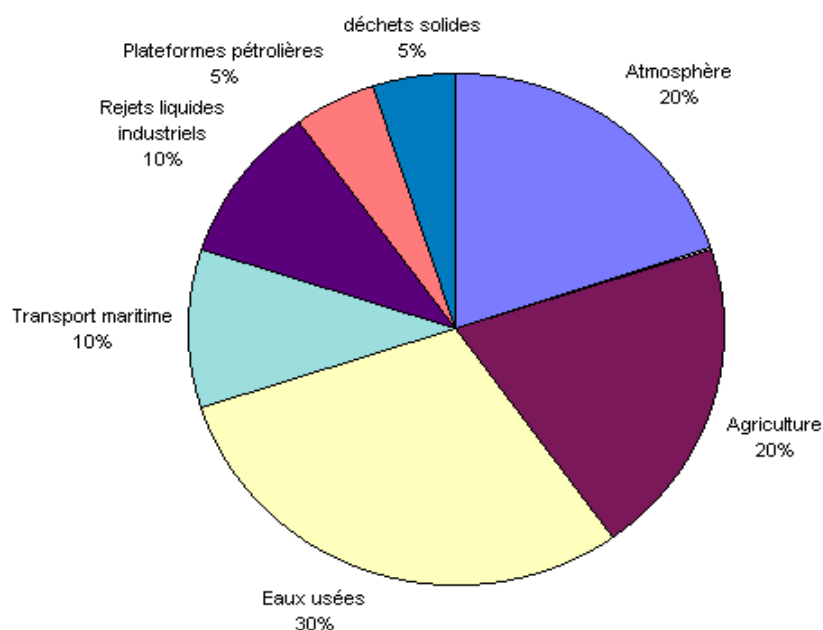
- En mer : collision, échouage de navire pétrolier, accidents sur plate-forme de forage.

- A terre : accidents dans une usine et accidents de transport.

* La pollution chronique (systématique) est faite de déversements volontaires, ou inconscients, étalés dans le temps:

- En mer : rinçage des cuves pétrolières, des ordures et eaux usées des navires (y compris la navigation de plaisance), déversement volontaire de déchets solides à partir de navire, rejet d'effluents par canalisation immergée.

- A terre : eaux usées des réseaux d'assainissement et des industries côtières, eaux de ruissellement des terres agricoles, eaux pluviales des zones urbaines et des axes routiers.



Origine de la pollution des océans (d'après National Geographic, 2002)

Figure n° 1a : Origine de la pollution marine.

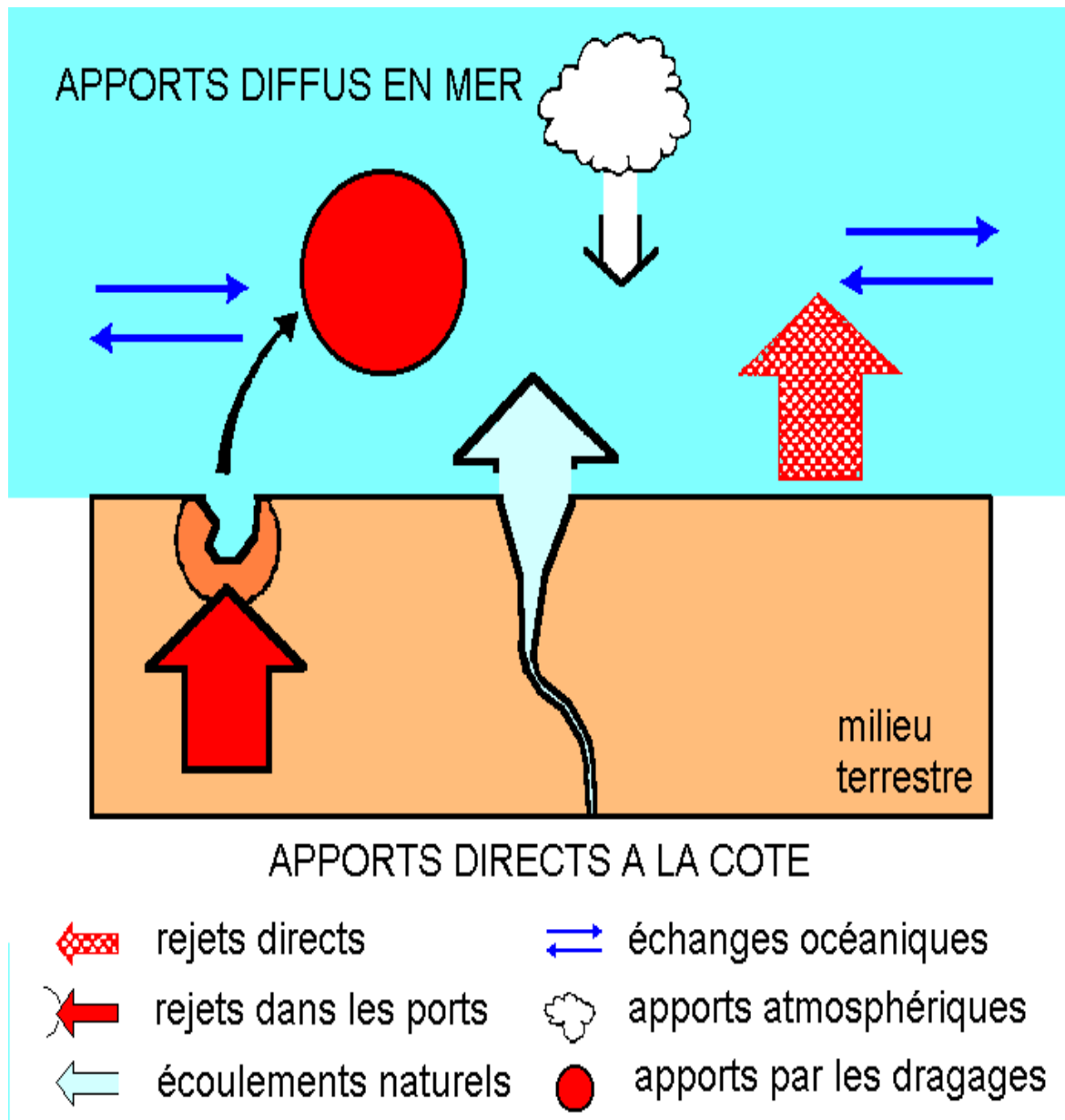


Figure n° 1b: Origine de la pollution littorale (modifié d'après Chaussepied et al, 1989)

Tableau n° 1: Apports polluants en Kg/habitant/an (modifié d'après LEROY, 1992)

Apports	M.E.S.	DCO	N	P	Pb
Atmosphère	80		9	0.3 - 0.7	
milieu rural	260	110	30	0.5	0.008
Routes	200 - 700	230 - 400			0.5 - 1.2
eaux pluviales	300 - 1100	160 - 460	3 - 16	0.6 - 5	0.2 - 0.4
eaux domestiques non traitées:	1642	2053	274	73	0.28
50 hab/ha	13140	16425	2190	585	2.20
(*) 400 hab/ha					
eaux domestiques traitées 50	82	328	137	5,5	0.14
hab/ha	657	2628	1095	44	1.10
(**) 400 hab/ha					

(*) 150 l/hab/jour avec MES= 600 mg/l et DCO=750 mg/l

(**) 150 l/hab/jour avec MES=30 mg/l et DCO=120 mg/l

I-2-2- Pollution continentale (tellurique) :

Les polluants sont introduits dans la zone littorale à partir du continent par les rejets d'effluents ou les dépôts de déchets solides sur la côte, par les apports des fleuves et des eaux de ruissellement en secteur urbain et agricole (eaux pluviales). Les effluents domestiques sont collectés dans les réseaux et conduits dans une station d'épuration, qui réduit mais ne supprime pas leur charge polluante, avant d'être rejetés mais ils peuvent être rejetés sans épuration dans certains cas. Les effluents industriels sont très variés, ils sont collectés par les réseaux d'assainissement ou rejetés directement.

Du point de vue nature des substances rejetées, il existe 3 catégories d'apport:

- * Apports à dominante bactérienne: égouts urbains, industries agro-alimentaires, abattoirs, traitement des peaux, élevages industriels...
- * Apports à dominante chimique: rejets industriels, canaux et ruissellements très contaminés chimiquement.
- * Apports mixtes: cours d'eau.

I-3- Types de pollution :

Les types de pollution se différencient selon les produits rejetés de plus, la gravité des différentes pollutions qui peuvent affecter le milieu marin dépend :

- Du type de la pollution « instantanée ou permanente ».
- Du milieu récepteur « ouvert, fermé, ou semi fermé ».
- De la nature et de la réactivité de la substance polluante : conservative ou non conservative.

I-3-1- Pollution biologique :

Ce type de pollution caractérisée essentiellement par la pollution microbienne d'origine domestique ; on estime que les selles humaines contiennent environ 10 coliformes par personne et par jour.

La pollution microbienne est plus ou moins dangereuse selon le type d'eaux (eau de large - côtière). Les eaux de baignade sont les 1^{ers} à soupçonner.

I-3-2- Pollution physique :

I-3-2-1- Les matières en suspension (MES):

L'eau de mer contient des matières en suspension de toutes formes (minérales, organiques, vivantes ou non), d'origine biogéniques, terrigènes, éoliennes ou enfin météoriques.

Les MES peuvent détenir un rôle défavorable dans les de mer :

- Elles déterminent la turbidité de l'eau donc elles réduisent leur transparence.

- Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau entraînant une diminution de la teneur en O₂ dissous ce qui influe sur le rendement de la production primaire.

I-3-2-2- Les rejets thermiques :

Certaines implantations industrielles côtières, en particulier les centrales électriques consomment de l'eau pour leur refroidissement et à la fin de cette opération cette eau utilisée est rejetée dans le milieu marin mais cette fois-ci avec d'autres caractéristiques physico-chimiques. Une centrale de **1000 Mw** utilise et rejette plusieurs dizaines de **m³** d'eau par seconde dont la température se trouve augmentée de **7 à 8° C**.

En milieu semi fermé cette élévation entraîne la diminution de la densité de l'eau, ce qui rend la teneur de l'eau en oxygène faible par conséquent elle stimule la vitesse de multiplication des algues unicellulaires entraînant l'eutrophisation.

I-3-2-3- Les rejets radioactifs :

Les éléments radioactifs sont d'origine industrielle (au niveau des centrales nucléaires et des centres de traitement des déchets installés sur le long des cours d'eaux. La contamination de l'homme par les radiations peut se faire de deux manières :

- **L'irradiation externe** : Par contact avec la matière irradiée (l'eau de mer, instrument de pêche, sable des plages).

- **L'irradiation interne** : Absorption de l'eau de mer, consommation de poissons touchés.

I-3-3- Pollution chimique :

I-3-3-1- Matière organique

I-3-3-1-1- Indicateurs généraux de la pollution par la matière organique

Constituant ubiquiste des sols, des eaux et des sédiments récents ou anciens, la matière organique est, par sa nature et sa réactivité, un composant tout à fait singulier. Elle participe au recyclage géochimique de nombreux éléments (**C, N, O, S, P, cations**). Elle a un rôle fondamental dans les phénomènes de diagenèse et elle est à l'origine de la formation des combustibles fossiles, de nombreux minerais métalliques sédimentaires (**Zn, Pb, Fe, Cu, U, V**) et de phosphorites. Elle contient de précieuses informations sur les environnements passés de la terre. La matière organique est également au cœur de nombreuses questions de sociétés en tant qu'acteur majeur du cycle du carbone (**Baudin et al, 2006**).

Dans les conditions normales du milieu marin, la production de matières organiques par photosynthèse est limitée par les quantités des sources d'azote et de phosphore disponibles (nitrates et phosphates). La dégradation des matières organiques par les bactéries se fait par des réactions d'oxydation qui restituent au milieu le gaz carbonique et les sels nutritifs précédemment prélevés.

Les substances organiques synthétisées et métabolisées par les êtres vivants sont ensuite dégradées par les micro-organismes pour retourner à leur état élémentaire: gaz carbonique, eau, composés minéraux de l'azote et du phosphore. Elles sont rejetées en grande quantité dans les eaux d'assainissement et les effluents des industries agro-alimentaires (laiteries, abattoirs, conserveries...). Ces matières "fermentescibles" ne sont pas directement toxiques mais elles entraînent de graves perturbations des cycles biologiques et du milieu naturel lorsqu'elles sont en trop grande quantité.

L'évaluation de la charge des eaux en matière organique se fait généralement par la détermination des paramètres non spécifiques suivants :

*** Demande chimique en oxygène (DCO):**

La DCO désigne la quantité d'oxygène exprimée en mg/l nécessaire pour oxyder les substances organiques à la fois non biodégradables et biodégradables présentes dans les eaux naturelles ou polluées (**Ramade, 2000**). Elle se mesure par oxydation de l'échantillon ou bichromate de potassium porté entre 140 et 150° pendant deux heures (**Rodier, 1984**). Comme cette réaction est perturbée par les chlorures à partir d'une concentration en chlore de l'ordre de 03g/l ainsi que par les autres halogénures, elle ne peut être appliquée aux eaux marines.

La DCO peut être importante dans les effluents de certaines industries (papeteries, fabricants de divers types de produits chimiques).

Dans les eaux usées d'origine urbaines, le rapport DCO/DBO5 est généralement de l'ordre de 2.

*** Demande biochimique en oxygène (DBO):**

La DBO représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biochimique (oxydation bactérienne) la matière organique biodégradable.

La mesure la plus couramment réalisée est celle de la DBO5 retenue par la directive Européenne du 21 mai 1991 (norme AFNOR NFT.90.103). La DBO5 correspond à la demande biochimique en oxygène après Cinq jours d'incubation de l'échantillon à une température de 20°C.

*** Carbone organique total (COT):**

C'est le seul critère vraiment représentatif de l'ensemble des matières organiques présentes dans un échantillon d'eau. Le principe est d'injecter un volume minime d'échantillon (de quelques dizaines à quelques centaines de microlitres).

Dans une cellule contenant une solution oxydante (méthode d'oxydation humide), ou, mieux, sur un support catalytique maintenu à haute température (oxydation sèche) et d'entraîner les gaz de combustion vers un détecteur (catharomètre, analyseur infrarouge) dont la réponse est proportionnelle à la quantité de CO₂ formé.

C'est donc bien le carbone initialement sous forme organique, que l'on mesure, et non la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation. Ces opérations se trouvent automatisées sur certains appareillages commerciaux. Avec des précautions particulières, on arrive à effectuer des mesures en eau de mer dans la gamme de 10µmoles à 100µmoles de COT/l (**Copin-Montaigut, 1993 selon Gaujous, 1995**).

I-3-3-1-2- L'eutrophisation :

L'eutrophisation désigne l'hyper fertilisation des eaux en substances nutritives due à un apport terrigène massif en nutriments ; particulièrement l'azote, et le phosphore. Cet état d'enrichissement est à tel point qu'il en résulte des nuisances telles que les poussées importantes d'algues et forte désoxygénation de milieu (**Lacaze, 1996**).

L'eutrophisation est un phénomène qui constitue un sérieux handicap pour les différentes activités liées à l'usage de l'eau par l'homme. C'est un phénomène qui se manifeste par une prolifération anarchique végétale, qu'il s'agisse (selon les sites et le type d'eutrophisation) de végétation fixée : herbes ou algues aquatiques (eutrophisation à macro - algue) ou microscopiques (eutrophisation à phytoplancton). Selon le cas nous aurons des conséquences différentes sur l'environnement marin (**Menesguen, 1990**).

En effet, les proliférations végétales si elles ne sont pas dispersées par les courants ou consommées par les herbivores, s'accumuleront (**tableau n°2**) puis se décomposeront sous l'action bactérienne avec consommation d'oxygène néfaste pour la faune; la poursuite de la dégradation bactérienne en anaérobiose productrice de molécules indésirables (**CO₂, SH₂, NH₃, CH₄**), voire, toxiques sera dramatique pour l'environnement aquatique.

La lutte contre l'eutrophisation porte sur la maîtrise des apports venant de l'agriculture ; mise en conformité des bâtiments d'élevage, stockage et épandage des lisiers, techniques de lagunage, fermentation et méthanisation...

Les "zones sensibles" du littoral sont les zones à priori sensibles à l'eutrophisation (estuaires), les zones sensibles à la pollution microbiologiques (zones de pêche et d'élevage de produits conchylicoles), les zones de frayères et de nourriceries (**Jacques, B 1994**).

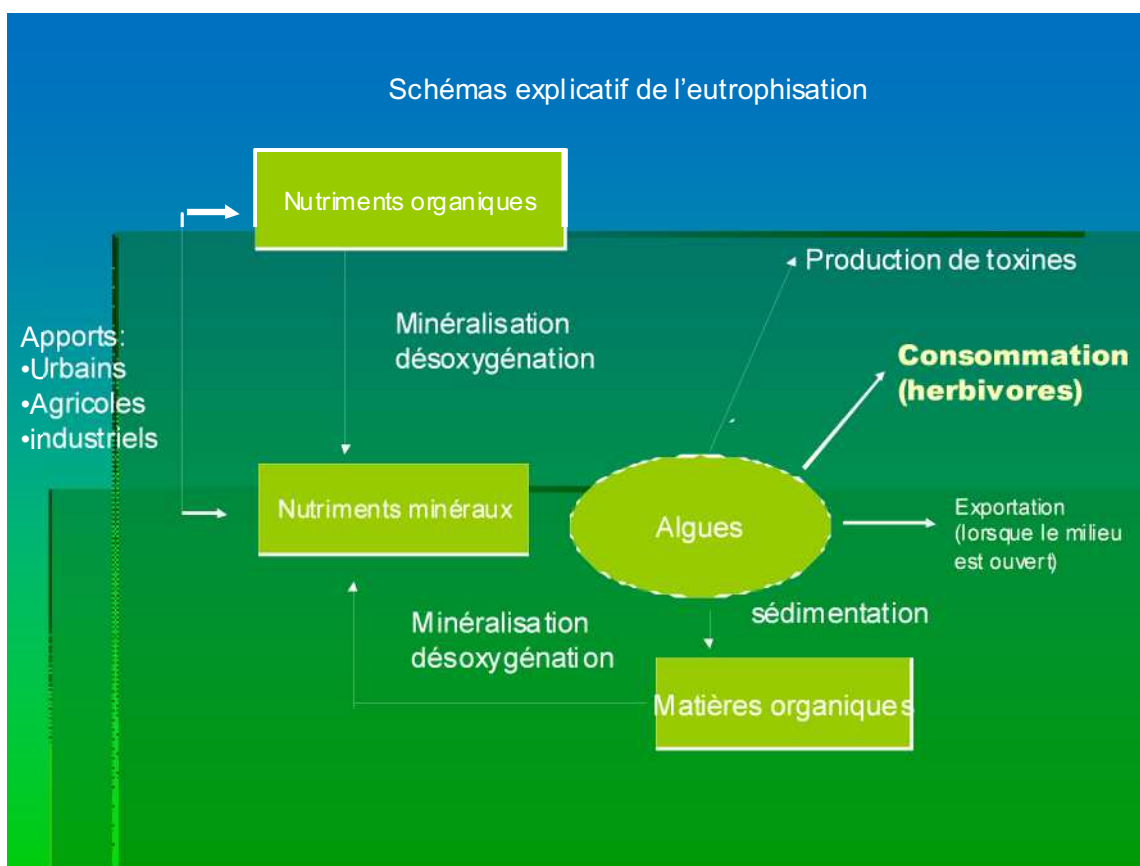


Figure n° 2 : Schémas explicatif de l'eutrophisation.

Tableau n° 2: Problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eaux (Lacaze, 1996).

Problèmes	Prolifération des micros algues planctoniques	Prolifération des macrophytes et algues littorales
1- Altération de la qualité d'eau : <ul style="list-style-type: none"> • Gout et odeur, couleur, filtration, floculation, sédimentation et autres difficultés de traitement. • Désoxygénation, formation de fer, manganèse, CO₂, NH₄, CH₄, H₂S. • Corrosion de tuyaux et d'autres réalisations humaines. 	<p align="center">+++</p> <p align="center">++</p> <p align="center">++</p>	<p align="center">+</p> <p align="center">+</p> <p align="center">+</p>
2- Altération des usages récréatifs de l'eau : <ul style="list-style-type: none"> • Aspect inesthétique. • Danger pour les baigneurs. • Risques sanitaires. 	<p align="center">++</p> <p align="center">-</p> <p align="center">+</p>	<p align="center">++</p> <p align="center">++</p> <p align="center">+</p>
3-Altération des pêches : <ul style="list-style-type: none"> • Mortalité des poissons. • Production d'espèces moins « nobles » 	<p align="center">+</p> <p align="center">++</p>	<p align="center">-</p> <p align="center">++</p>
4- Altération de la capacité de résistance des matériaux et des installations : <ul style="list-style-type: none"> • Envasement, colmatage des tuyaux et des filtres, réduction du débit. 	<p align="center">+</p>	<p align="center">+</p>

+++ : Très fréquent / ++ : Fréquent / + : Quelques fois.

Il existe selon **(Lacaze, 1996)** deux éléments minoritaires indispensables à la vie aquatique qui sont « l'azote et le phosphate » c'est la plus ou moins grande quantité disponible de ses deux éléments nutritifs qui, en présence de lumière, favorisera ou limitera la croissance de la biomasse, d'où l'intérêt que suscitent à plusieurs titres ces éléments et leurs composés.

En réalité, dans les conditions naturelles, les sels nutritifs ne sont pas des polluants, ils n'ont aucun effet néfaste directe sur la vie aquatique. Ce n'est qu'en cas d'excès important que certains composés azotés particuliers (nitrites, ammoniac) peuvent présenter une toxicité pour les formes supérieures de la vie aquatique telles que les poissons.

Les effluents déversés dans la mer sont également riches en sels nutritifs comme les nitrates, les phosphates, l'ammoniaque. Dans le milieu, l'azote et le phosphore ne sont plus des facteurs limitant, les microorganismes du plancton prolifèrent; la quantité d'oxygène dissous ne répond plus à la demande biologique.

Les mécanismes de dégradation bactérienne s'orientent vers l'utilisation de l'oxygène contenus dans les nitrates qui sont réduits en nitrites puis en ammoniacs, puis de celui des sulfates qui sont réduits à leur tour en hydrogène sulfuré et en méthane nuisibles aux autres organismes **(Jacques, 1994)**.

Les apports d'azote et du phosphore n'ont pas tout à fait les mêmes conséquences sur les écosystèmes aquatiques, du fait des différences existantes entre les cycles biogéochimiques de ces deux éléments **(tableau n° 3)**.

Tableau n° 3 : Différence entre les cycles de l'azote et du phosphate (Lacaze, 1996).

	Azote	Phosphore
Etat	Plusieurs, surtout abondant à l'état moléculaire et gazeux.	Une seule forme minérale : le phosphate.
Cycle	Une boucle entre la biosphère et l'atmosphère	
Comportement dans le sol et le sédiment	Très mobile.	Fortement retenu.
Origines des apports	Effluents agricoles (ils ont un apport N/P élevé, supérieur à 10 donc P limitant).	Effluents domestiques (ils ont un apport N/P faible, inférieur à 7 donc N limitant).
Moyens de lutte	Nitrification.	Déphosphoration.
Vitesse de minéralisation	Lente (plusieurs étapes bactériennes).	Rapide (phosphatase acide).
Toxicologie	Danger de nitrite et de l'ammoniac.	Pas de toxicité.
Types de pénurie	Difficulté d'assimilation d'un élément	Rareté effective.
Rôles dans l'eutrophisation	Important : (lorsque le rapport N/P est faible, inférieur à 7 : N limitant).	Important : (lorsque le rapport N/P est élevé, supérieur à 10 : P limitant).

I-3-3-2- Les détergents :

Ce sont des molécules de synthèse qui diminuent les tensions superficielles aux interfaces eau-lipides. Elles remettent en suspension les particules solides adsorbées par les fibres des tissus et émulsionnent les graisses en formant des mousses. La structure de la molécule est formée d'une partie hydrophile et d'une partie lipophile. Selon la nature du groupement polaire hydrophile, on les classe en trois catégories: anioniques, cationiques et non anioniques (**Jacques, 1994**).

Les détergents sont toxiques pour certaines espèces comme les mollusques, les crustacés, les poissons, les algues. Leurs nocivités tiennent à leurs formules chimiques et à leurs propriétés tensio-actives: altération de l'aération de l'eau, perturbation des échanges au niveau des branchies.

La nocivité des détergents a été mise en évidence involontairement lors de la marée noire produite en 1967 sur les côtes de Bretagne et de Cornouailles par l'échouage du pétrolier Torrey Canyon. Les détergents ont été utilisés d'une façon massive pour nettoyer les côtes. Les organismes benthiques ont été très touchés au point de disparaître complètement.

La biodégradabilité des détergents n'est pas un critère d'innocuité: certains sous-produits de dégradation peuvent être très toxiques. En plus des détergents, les lessives contiennent jusqu'à 50 % de polyphosphates qui contribuent à l'eutrophisation des eaux littorales.

I-3-3-3- Les hydrocarbures :

I-3-3-3-1- Origine :

Les hydrocarbures, sont des composés organiques constitués de carbone et d'hydrogène, proviennent de la fossilisation de la matière organique. Ils présentent une grande importance commerciale : on les utilise comme : carburant, combustibles, de huiles lubrifiantes et comme produits de base en synthèse pétrochimique.

Les hydrocarbures (pétrole et ses dérivés) représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Cette pollution résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis:

Carburants et lubrifiants.

La pollution par les hydrocarbures constitue l'essentiel des pollutions pélagiques qui fait suite aux rejets d'hydrocarbures effectués par les navires hors des eaux territoriales et qui se traduit par des plages souillées, des oiseaux englués et des mollusques bivalves immangeables. Elle peut être accidentelle mais la principale source est volontaire

- **Causes volontaires:** Déversements en mer liés au transport maritime et rejets systématiques des eaux de vidange des soutes, des eaux de rinçage des citernes, des eaux de déballastage, rejets des circuits de refroidissement des navires, vidange des eaux de cale, etc..

Les pétroliers qui naviguent à vide doivent remplir certaines de leurs cuves avec de l'eau de mer pour se stabiliser. A l'approche du port, ils vident leurs cuves mais l'eau qu'ils déversent contient du pétrole ou bien du fuel. Ces navires devraient être équipés de séparateurs permettant d'isoler le pétrole ou le fuel ou bien la garder à bord et la décharger au port dans des installations de recyclage spécialisées (les stations de déballastage).

Malheureusement peu de navires ont des séparateurs en état de marche, peu de ports ont des stations de déballastage opérationnelles et les capitaines peu scrupuleux qui déballastent des eaux huileuses en mer sont encore nombreux.

-**Causes accidentelles:** Naufrage, échouage, collisions de pétroliers. Il s'agit d'une pollution pélagique accidentelle: La plupart des accidents ont lieu au niveau des détroits, des ports ou près de la côte.

La part des accidents dans l'apport des hydrocarbures au milieu marin constitue entre 5 et 10% seulement: il est aisé de concevoir la gravité de ces accidents si l'on sait qu'un pétrolier pèse 400000 tonnes en lourd.

Tableau n° 4: Origines des pollutions par hydrocarbures à l'échelle mondiale (**Fattal, 2008**).

Sources	1973 (tonnes)	1981 (tonnes)	1990 (tonnes)	2000 (tonnes)
Rejets atmosphériques	600 000	300 000	200 000	3 750 000
Sources naturelles	800 000	200 000	200 000	250 000
Déversements continentaux	2 700 000	1 200 000	1 500 000	1 480 000
Transport maritime et off shore	2 210 000	1 470 000	500 000	1 060 000

I-3-3-2- Impacts de la pollution par les hydrocarbures sur le vivant :

Plusieurs facteurs déterminent l'importance d'une pollution sur les biocénoses (tableau n° 5) :

- La nature des hydrocarbures.
- La zone climatique.
- Des conditions hydrométéorologiques.
- Ou encore des espèces elles mêmes.

Tableau n° 5: Effets à cours et à long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et les peuplements (Fattal, 2008).

Peuplement	Sensibilité	Effets à cours terme	Effets à long terme
Algues.	Faible.	Engluement ou nécrose des tissus.	Bonne restauration.
Flore des marais marins et estuariens.	Variables suivant les espèces, l'état de développement des plantes et les périodes de l'année.	Engluement des parties aériennes.	-Restauration longue. -Erosion du marais -Modification de la diversité spécifique.
Mollusques intertidaux.	Forte en général.	Asphyxie ou contamination.	-Accumulation par les filtres. -Altération de la reproduction et de la croissance.
Ecosystèmes benthiques rocheux.	Forte en général.	Asphyxie ou contamination.	-Dépend de la durée de contact. -Dans la zone battue, l'effet est faible.
Poissons.	-Faible pour les pélagiques. -Forte pour les benthiques.	-Asphyxie par engluement sur les branchies. -Plaies chez les poissons fouisseurs dans des sédiments faiblement pollués	Désaffectation de la zone polluée.
Oiseaux	Variable (forte pour les plongeurs).	Engluement du plumage et contamination.	Désaffectation de la zone polluée.

I-3-3-4- Les métaux lourds et risques toxicologique :

I-3-3-4-1- Origine :

Les métaux lourds sont des constituants naturels de la croûte terrestre qui se retrouvent à l'état de traces dans les eaux marines. Dans l'eau de mer, les métaux lourds peuvent se trouver à : l'état ionique, complexe sous forme colloïdales ou adsorbés sur le matériel particulaire organique ou inorganique.

*** Origine naturelle :** Elle est essentiellement due:

- A l'activité sismique et volcanique fréquente dans la région Méditerranéenne.

- Au phénomène d'altération des roches par lixiviation ou par érosion éolienne.

- Au lessivage des terres agricoles par les pluies, les fleuves, les rivières et les oueds drainant une fraction importante de métaux.

- Au transfert non négligeable réalisé par la voie atmosphérique.

***Origine Anthropogène :** Les métaux lourds en mer, proviennent d'une large part :

- Des rejets domestiques provenant directement des systèmes d'égouts.

- Des déversements provenant de zones industrielles.

- De l'emploi de divers produits (herbicides, pesticides ...) dans l'agriculture.

I-3-3-4-2- Toxicité de certains métaux lourds:

L'évaluation des effets d'apports de l'activité humaine est une chose très délicate à réaliser compte tenu des sources naturelles existantes : l'érosion des roches à minerais, les poussières emportées par le vent et la pluie, les activités volcaniques, les feux de forêts, etc...

Les efforts réalisés pour une bonne connaissance des sources de pollution et du comportement de chacun de ces métaux dans le milieu marin ont essentiellement dépendu de leur toxicité et des précédents existants en matière d'effets sur la santé humaine

A) Le cadmium : Le Cadmium est après le mercure le plus toxique des métaux lourds pour les animaux aquatiques; il est associé au zinc et rejeté notamment par les mines et les usines de traitement du minerai dans l'atmosphère et les eaux superficielles. Il est utilisé dans les pots catalytiques et dans certains accumulateurs.

Les sources principales sont l'industrie métallurgique et les incinérateurs urbains sans traitement de fumée. La limite de rejet dans les effluents industriels est fixée à 0,2 mg/l.

L'intoxication par le Cadmium chez l'homme produit des atteintes du sang, des reins et du squelette « **maladie d'Itaï-Itaï au Japon** »

B) Le mercure : Le mercure est tristement célèbre depuis les graves intoxications survenues à Minimata. La "maladie de Minimata" est apparue au Japon en 1953, dans un village de pêcheurs ; dont il a même nom, à partir de **1954**. Elle provoqua la mort de plus d'une centaine de personnes tandis que plusieurs centaines de survivants restaient gravement handicapés (paralysie, déficience mentale) et incurables. Ces habitants se nourrissaient de poissons dont la chair avait accumulé un composé organo-mercuriel (methyl-mercure). L'origine du mercure se trouvait dans les effluents d'une usine chimique produisant de l'acétaldéhyde avec du sulfate de mercure comme catalyseur. C'est ainsi qu'une étude épidémiologique a montré que les populations humaines d'Asie contenaient dans leur sang beaucoup plus de mercure et de cadmium que leurs homologues européennes ou américaines, et ce en raison d'un régime alimentaire essentiellement basé sur les produits de la mer. Les quantités rejetées étaient très faibles et bien au-dessous du seuil de détection dans l'eau de mer, mais le mercure était accumulé le long des chaînes alimentaires jusqu'à atteindre le seuil de toxicité pour l'homme (bioaccumulation et bioconcentration dans la chaîne alimentaire). La chair des poissons en contenait de 10 à 20 mg/kg, ce qui correspondait à un facteur de concentration de 100 000.

D) L'arsenic : Un élément dont les concentrations mesurées dans l'environnement marin sont relativement élevées en comparaison d'autres

contaminants. Il est utilisé essentiellement en agriculture comme antifongique ou insecticide. D'autres sources plus discrètes contribuent à la pollution atmosphérique : le grillage de divers minerais (cuivre, plomb, zinc) et la production d'acier.

C) Le Plomb: Des formes organiques (tétra-éthyle, tétra-méthyle) facilitant l'absorption par les organismes marins. Essentiellement véhiculé par voie aérienne, pénètre par les voies respiratoire et digestive.

Sa toxicité peut causer des troubles digestifs, un retard dans le développement physique, intellectuel et psychomoteur, effets sur le développement du fœtus et de son système nerveux. Des voies de détoxification existent. Toxicité connue depuis plusieurs siècles : Plumbisme et Saturnisme.

En fait, il peut être toxique, même à très faible dose pour le phytoplancton, mais n'est toxique pour les échelons trophiques supérieurs qu'à partir de concentrations qui n'ont jamais été mesurées dans le milieu marin. La toxicité pour l'homme par consommation de produits de la mer n'a jamais été démontrée.

I-4- Conséquences de la pollution :

D'après **Gaujous (1995)** on distingue les conséquences suivantes :

I-4-1- Sanitaires : sont celles à prendre avec une très grande considération car elles peuvent être liées à l'ingestion d'eau, de poisson..., mais aussi au simple contact avec le milieu aquatiques (comme les parasites). Ses conséquences pouvant intervenir à travers des phénomènes complexes (comme l'intoxication au mercure, à MINAMATA au japon). Cette conséquence sanitaire est variable avec le temps selon l'usage de l'eau.

I-4-2- Ecologiques : Ce sont des conséquences qui se traduisent parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel et qui sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, aquaculture, tourisme,...) à court et long termes.

I-4-3- Esthétiques : La pollution perturbe l'image d'un milieu (par exemple des bouteilles en plastiques ou du goudron sur une plage) ou bien les problèmes des goûts de l'eau.

Les conséquences esthétiques sont les plus perceptibles, et c'est donc celles dans les riverains et le grand public auront, en premier, conscience. Cette catégorie de conséquence est la plus subjective mais pas vraiment importante.

I-4-4- Industriels : La qualité requise pour les utilisations industrielles et souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problème de biofouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes).

I-4-5- Agricoles : Largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation dans certaines régions, l'eau est souvent sous forme brute (non traitée).

Les boues issues du traitement des eaux usées, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds pouvant être à l'origine de la pollution des sols).

Chapitre II

Zone d'étude et méthodologie

II- Zone d'étude et méthodologie :

II-1- Présentation de la zone d'étude :

La zone d'étude s'étend sur 80Km de long, de l'oued Mazafran ($2^{\circ} 48'E$) à l'ouest jusqu'au marais de Reghaia ($2^{\circ} 20'E$) à l'est.

Elle englobe la baie d'Alger, d'El Djamilia et celle de Bou Ismail.

La côte algéroise est soumise à trois types de pollution (Urbaine, industrielle et pétrolière). Le choix des stations est déterminé par les sources de pollution.

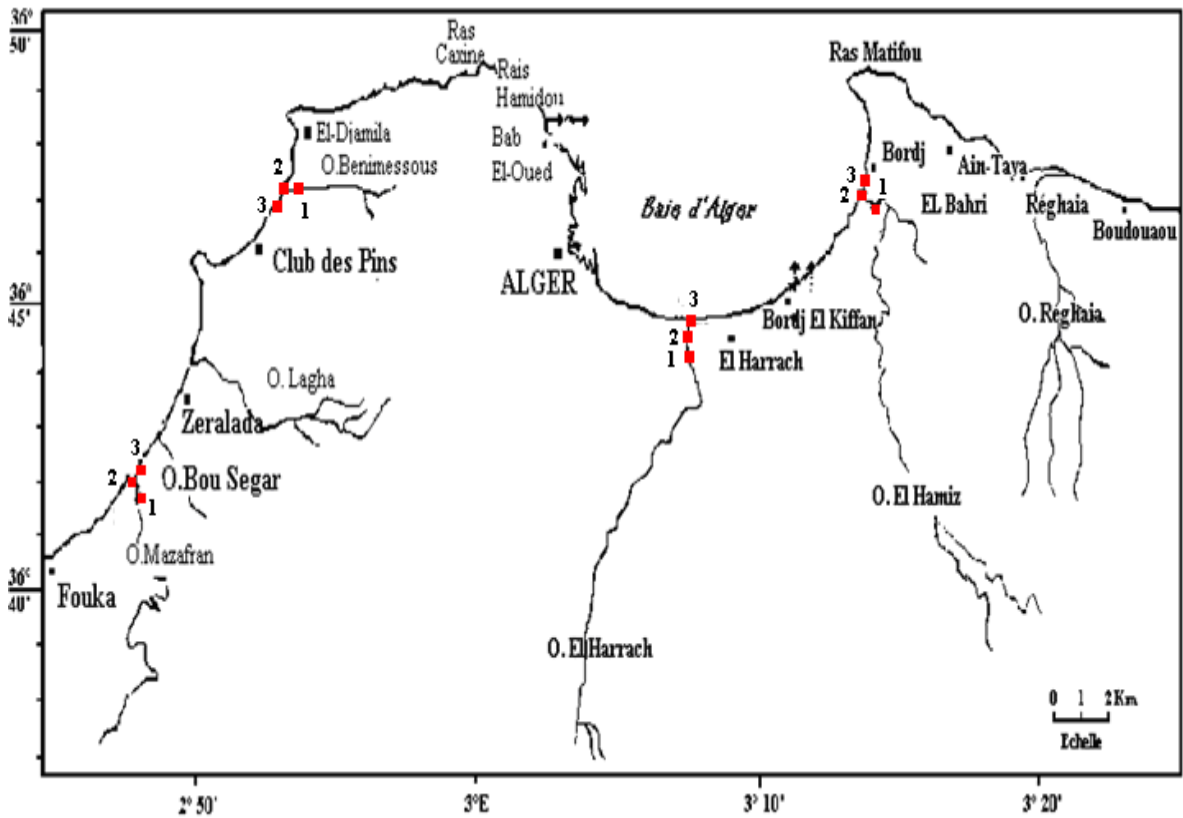


Figure n° 3 : Carte représentative des différents oueds et stations de prélèvement.

A- Oued El Hamiz : C'est le deuxième cours d'eau de la baie d'Alger après celui d'El Harrach ; couvrant une surface de 270Km², il reçoit des affluents d'origine urbaine, industrielle et agricole (produits phytosanitaires tel que les pesticides et les engrais). L'oued se déverse à l'est de la baie, avec un débit qui est régularisé par le barrage d'El Hamiz réduisant ainsi considérablement ses apports solides vers la mer. Les principaux affluents qui se déversent dans l'oued sont :

-Oued Segia (Oued Bouira) : avec un bassin versant de 54Km³

-Oued Barek (délivré artificiellement d'oued El Hamiz) : avec un bassin versant de 58 Km³.



Figure n° 4 : Photo de la 1^{ère} station (El Hamiz).

B- Oued El Harrach : Prend source de l'atlas Blidien, cet oued s'étend sur 67Km de longueur; il traverse la plaine de la "Metidja" (siège d'une très forte activité agricole, qui est à l'origine de la pollution par les insecticides, herbicides, engrais ...). L'oued passe par la zone industrielle d'Alger, il draine tous les types de pollution (physique, chimique, et biologique) et les rejette directement dans la baie d'Alger.



Figure n° 5 : Photo de la 2^{ème} station (El Harrach).

C- Oued Béni Messous : Cet oued est situé entre Ras Acrata et Sidi Fredj, à 18 km de l'ouest d'Alger, ses apports en eaux usés sont chargés de rejets domestiques et industriels du fait qu'il traverse les communes de Cheraga et Béni Messous.

Muni d'une station d'épuration, sa longueur estimée à 11,5km, débouchant dans la baie d'El Djamila, Son débit est estimé en moyenne à 0,245m³/s.



Figure n° 6 : Photo de la 3^{ème} station (Béni Messous)

D- Oued Mazafran : Il se situe à 30Km à l'ouest d'Alger. L'oued prend sa source de la plaine de la Mitidja et il débouche entre Zeralda et Douaouda avec un débit moyen de 11,5 m³/s. Il reçoit des eaux usées des rejets d'origine domestique et industrielle et aussi des terres agricoles situées près des principaux oueds qui l'alimentent.



Figure n° 7 : Photo de la 4^{ème} station (Mazafran)

Tableau n° 6 : Quelques caractéristiques de ces oueds qui composent le réseau hydrographique.

Oued	DB05	DCO	Azote Total	Phosphate
EL HAMIZ	411 96 T/an	123 465 T/an	3 193 T/an	2 342 T/an
EL HARRACH	412 92 T/an	123 465 T/an	3 193 T/an	2 342 T/an
BENI MESSOUS	5 439 Kg/j Charge journalière	8 640 Kg/j Charge journalière	1 571 Kg/j	/
MAZAFRAN	10 880 T/an 29 808 Kg/j	47 146 T/an 129 167 Kg/j	5440 T/an	1 813 T/an

II-2- Méthodologie :

II-2-1- Prélèvement de l'eau :

Les prélèvements d'échantillons d'eau ont été effectués le 13 Avril au niveau des principaux oueds du littoral algérois (El Hamiz, El Harrach, Beni Messous, Mazafran). Trois prélèvements (oued, mélange, eau de mer) ont été choisis pour chaque oued (**figure n° 3**).

Les échantillons manuellement prélevés sont mis dans des flacons en polyéthylène et des bouteilles préalablement rincées à l'eau distillée puis lavées avec l'eau prélevée.

Les bouteilles dont la capacité est de 1,5L sont destinées à la mesure des matières en suspension et de la matière organique et les flacons de 100ml sont destinés pour le dosage des sels nutritifs et la DCO.

Ces flacons et bouteilles remplis d'eau sont mis dans une glacière afin de préserver les paramètres physico-chimique, puis amenés au laboratoire dans lequel tous les échantillons ont été mis au congélateur avant les mesures et dosages.

II-2-2- Mesure des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimiques (température, oxygène dissous, PH, salinité) ont été mesurés in situ lors du prélèvement au niveau des différentes stations à l'aide des appareils appropriés (Valise multi-paramètres).

II-2-3- Mesure de la matière en suspension :

* **Principe de la méthode :** Il consiste à filtrer l'eau à travers une membrane filtrante, afin de retenir les particules de tailles supérieures à 0.45µm.

* **Mode opératoire :** (voir annexe A).

* **Calcul de la teneur en MES :**

Selon (Aminot et Chaussepied, 1983) : $MES (mg/l) = (P_2 - P_1) / V$.

P_1 : poids du filtre avant filtration (mg).

P_2 : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume d'eau filtrée (L).

II-2-4- Mesure de la matière organique :

* **Principe de la méthode :** Selon (Aminot et Kerouel, 2004), la méthode décrite par Rodier (1984), consiste à brûler les filtres contenant les MES dans un four à moufle.

* **Mode opératoire :** (voir annexe B)

* **Calcul du pourcentage de la MO :**

$MO (\%) = MO_{(MES)} \times 100 / MES$.

$MO_{(MES)}$: la matière organique dans les MES.

MES : teneur en matière en suspension.

II-2-5- Détermination de la demande chimique en oxygène :

* **Principe de la méthode :** Méthode de dichromate de potassium (**Aminot et Kerouel, 2004**). Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

*** Calcul de la DCO :**

La DCO est exprimée en milligramme d'oxygène par litre d'échantillon.

$$\text{DCO} = [8000 \times (V_1 - V_0) \times T] / V \text{ (mg/l)}$$

V₀: Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

V₁ : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai blanc (ml).

T : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V : Volume de la prise d'essai (ml).

*** Réactifs et mode opératoire (voir annexe C)**

II-2-6- Dosage des sels nutritifs :

Les sels nutritifs ont été mesurés au laboratoire à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS (SHIMADZU) type MINI 1240.

On a effectué une série de standard pour l'étalonnage de chaque sel nutritif (**figure n° 8**) afin de calculer des concentrations en se basant sur l'équation de la courbe d'étalonnage de l'ordre I : $Y = a X$.

II-2-6-1- Les phosphates (PO₄³⁻) :

*** Principe de la méthode :**

Le dosage des phosphates s'effectue selon la méthode de (**Murphy et Riley, 1962**). Le principe de cette méthode : les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine, pour former un complexe que l'on

réduit par l'acide ascorbique. Cette forme réduite de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885nm.

*** Réactifs utilisés et mode opératoire : (voir annexe D).**

II-2-6-2- L'ammonium (NH_4^+) :

*** Principe de la méthode :**

Le dosage s'effectue selon la méthode de **(Koroleff, 1969)**. Dans un milieu alcalin, l'ammonium forme une monochloramine avec l'hypochlorite.

Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbant à 630nm. La réaction est accélérée par le nitroprussiate.

*** Réactifs et mode opératoire (voir annexe E).**

II-2-6-3- Les nitrites (NO_2^-) :

*** Principe de la méthode :**

Le principe de base est la réaction de **Griess** où le nitrite réagit avec une première amine aromatique pour former un diazoïque qui est couplé à une seconde amine aromatique pour former une coloration rose. **(Bendschneider et Robinson, 1952)** ont réexaminé cette réaction et proposé une version optimisée dans laquelle la sulfanilamide réagit d'abord avec le nitrite en milieu acide, puis le diazoïque avec le N-naphtyl-éthylènediamine.

*** Réactifs et mode opératoire (voir annexe F).**

II-2-6-4- Dosage des nitrates (NO_3^-) :

L'analyse des nitrates se fait par leur réduction quantitative (>95%) en nitrite **(Wood et al, 1967)**. On mesure en réalité la somme des concentrations des ions NO_2^- et NO_3^- . Par déduction de la concentration en nitrite, déterminée sans réduction, on obtient la concentration en nitrate.

*** Calcul de la concentration :**

$$[\text{NO}_3^-]_{\mu\text{mol/l}} = C * 1/R - [\text{NO}_2^-] * r/R$$

C: Concentration totale en nitrites après passage de l'échantillon sur la colonne.

R: Rendement de réduction des ions nitrates. $R \leq 1$.

r: Fraction des ions nitrites non réduites par la colonne. $r \leq 1$.

La réduction est effectuée par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre.

La méthode décrite ici comporte seulement une petite modification par rapport à la méthode d'origine. On a utilisé du chlorure d'ammonium au lieu de l'EDTA 5 (Grasshoff, 1964).

*** Réactifs et mode opératoire voir annexe G).**

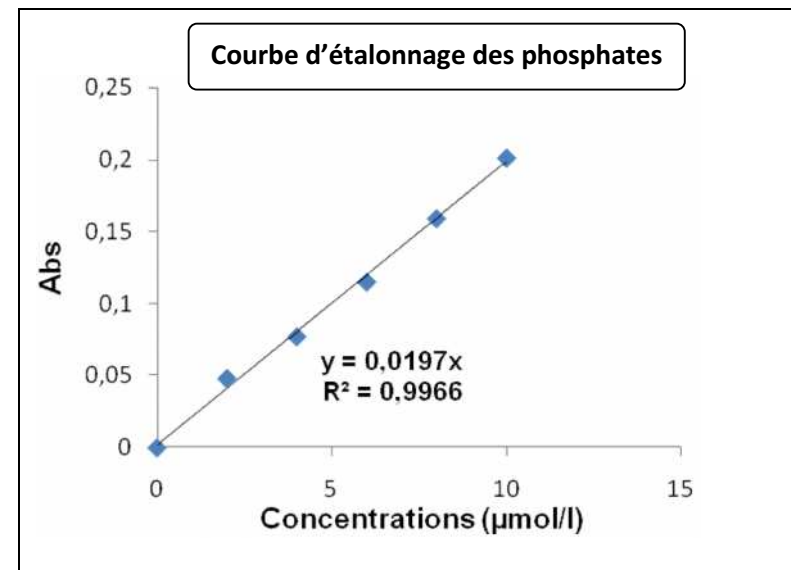
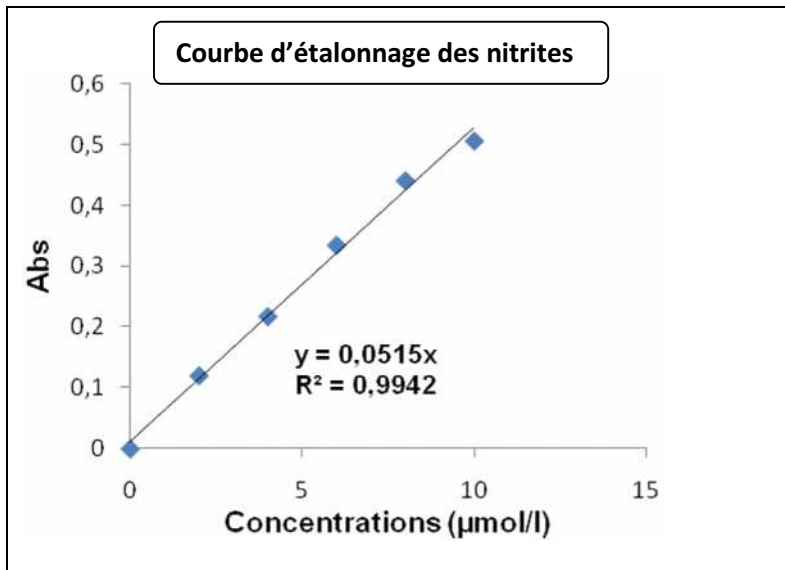
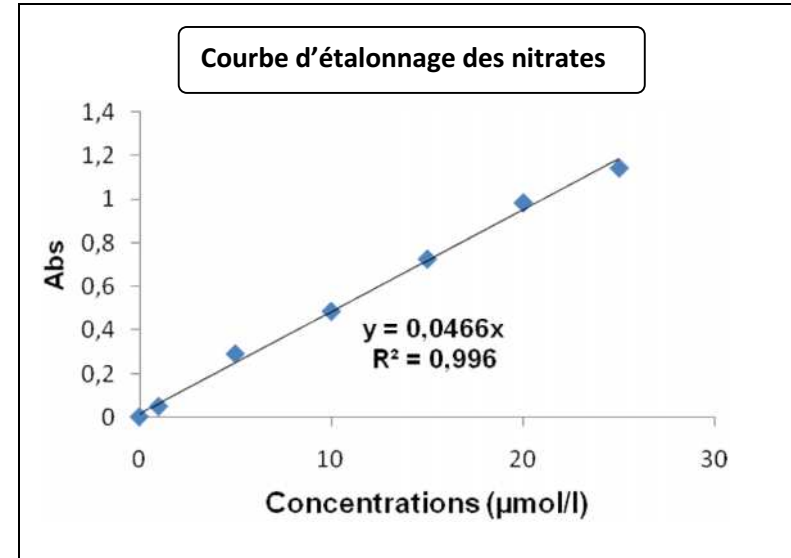
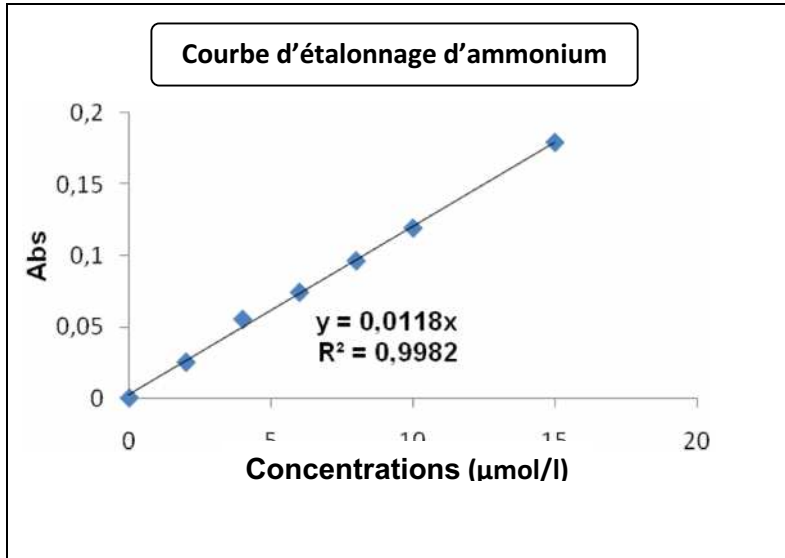


Figure n° 8 : Courbes d'étalonnage des sels nutritifs.

Chapitre III

Résultats et discussion

III- Résultats et discussion :

III-1-Paramètres physico-chimiques :

Généralement les eaux superficielles sont directement soumises aux influences des conditions météorologiques. En effet les valeurs de la température enregistrées au niveaux des différentes stations varient entre 17,60°C et 21,8°C (**tableau n° 7**). Au niveau des eaux des oueds elles sont supérieures à celles des eaux de mélange (embouchure) et celles de la mer, ce qui traduit une interaction directe avec les conditions atmosphériques.

Pour le potentiel d'Hydrogène les valeurs mesurées sont alcalines et varient entre 7,28 et 8,24 pour les différentes stations (**tableau n° 7**). Les valeurs les plus élevées sont celles enregistrées dans les eaux de mer dont leurs salinités varient entre 33psu et 36psu et celles qui sont les plus faibles correspondent aux eaux des oueds et des mélanges.

Les teneurs en oxygène sont faibles et comprises entre 1,4 et 4,8 mg/l (**tableau n° 7**), ce qui traduit l'importance des eaux usées rejetées quotidiennement très chargées en matières organiques entraînant une importante désoxygénation des eaux.

Les valeurs en oxygène les plus basses sont celles relevées aux niveaux des oueds et un gradient net croissant de l'oued vers la mer sous l'effet de la dilution par les eaux de mer.

III-2- Matière en suspension, matière organique et DCO :

Les teneurs des MES subissent une variation remarquable allant d'une zone vers une autre (**figure n° 9**). Elles varient entre 12 mg/l et 215 mg/l (**tableau n° 8**) et le maximum est observé au niveau d'El Harrach aussi bien dans l'oued que dans les eaux de mélange. Les résultats observés au niveau de Beni Messous sont aussi importants. Alors que dans l'oued Mazafran et celui d'El Hamiz les teneurs sont plutôt faibles.

Les eaux de mélange montrent une légère augmentation par rapport aux eaux des oueds en relation avec la turbulence et l'agitation des eaux en contact.

Tandis que les eaux de mer présentent normalement les teneurs les plus faibles à l'exception de l'oued Mazafran où la teneur dans l'eau de mer est légèrement supérieure à celle de deux autres stations.

Les taux de la Matière organique dans les MES varient entre 16,28% et 83,33% (**tableau n° 8 et figure n°10**). Le taux le plus élevé est situé au niveau de l'oued El Hamiz et le plus faible est observé au niveau de l'oued El Harrach.

Pour le taux de la DCO, il varie entre 40 mg/l et 196 mg/l (**tableau n° 8 et figure n° 11**). Comme pour la matière organique la teneur la plus élevée en DCO est localisé au niveau de l'oued El Hamiz indiquant une richesse en matière organique à la fois dissoute et particulaire. Alors que dans les eaux de l'oued El Harrach la matière organique serait plus importante en phase dissoute.

Toutes les stations de prélèvement au niveau du mélange indiquent une augmentation plus ou moins importante qui serait probablement en relation avec la teneur en chlore.

La différence dans les valeurs de salinité entre les eaux du mélange et celles de l'oued explique l'intensité du mélange et les fluctuations observées en DCO.

Ces résultats dans les eaux des oueds se rapprochent plus ou moins de celles observées antérieurement (Kaci et Nemmar, 2009), mais l'observation concernant les eaux de mélange reste à expliquer.

Tableau n° 7: Valeurs des paramètres physico-chimiques des différentes stations.

Zone de prélèvement	Stations	pH	O2 (mg/l)	Salinité (psu)	(T° C)
EL HAMIZ	Oued	7.29	1.4	0.6	18.7
	Mélange	7.34	2.8	0.8	18.5
	Mer	7.94	4	33	18.1
EL HARRACH	Oued 1	7.28	2.9	0.7	21.3
	Oued 2	7.60	3.8	9.8	20.3
	Mélange	7.63	4	13.4	20.5
BENI MESSOUS	Oued	7.87	3.6	0.6	21.8
	Mélange	8.07	3.6	2.7	21.1
	Mer	8.12	4.6	35.3	18.2
MAZAFRAN	Oued	7.83	2.1	0.5	20.3
	Mélange	7.85	3.3	10	19.5
	Mer	8.24	4.7	36.4	17.6

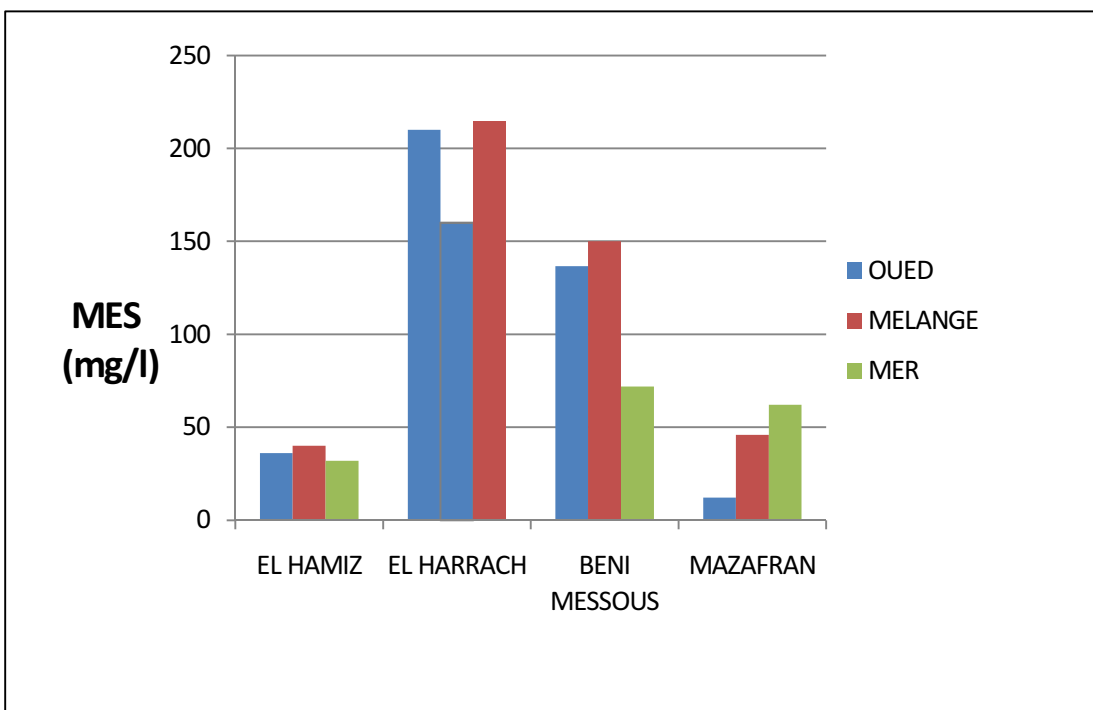


Figure n° 9: Teneur en MES (mg /l) dans les différentes stations.

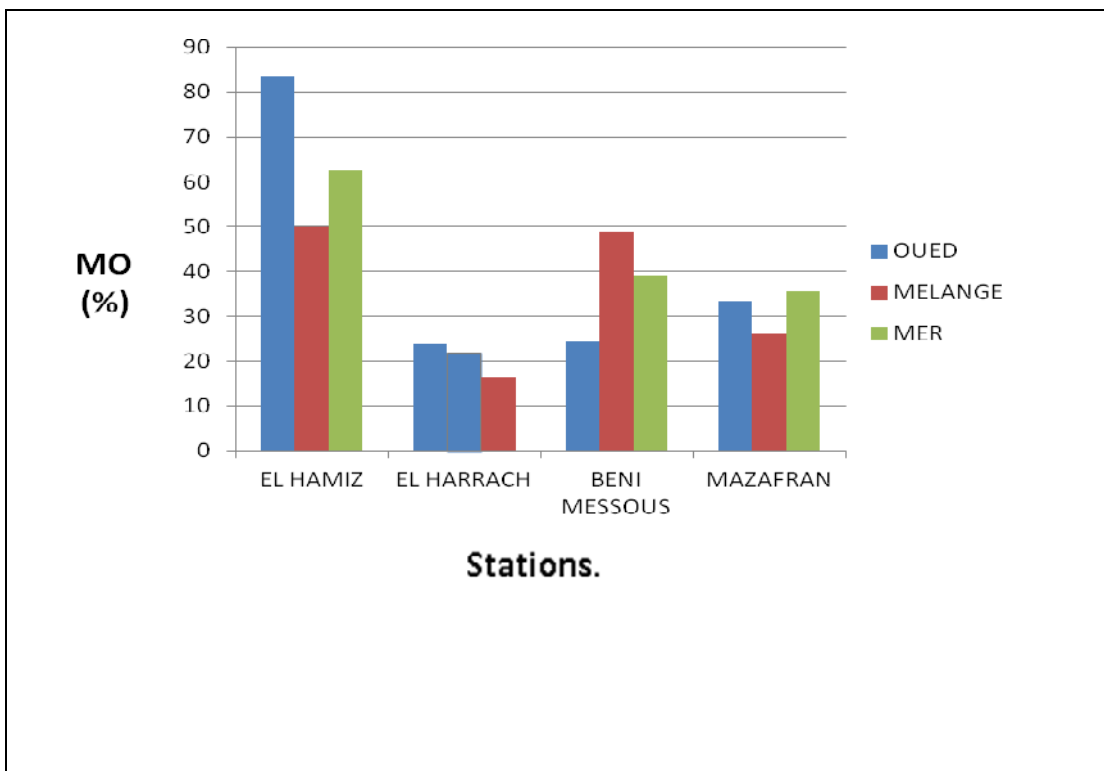


Figure n° 10: Taux de la MO(%) dans la MES des différentes stations.

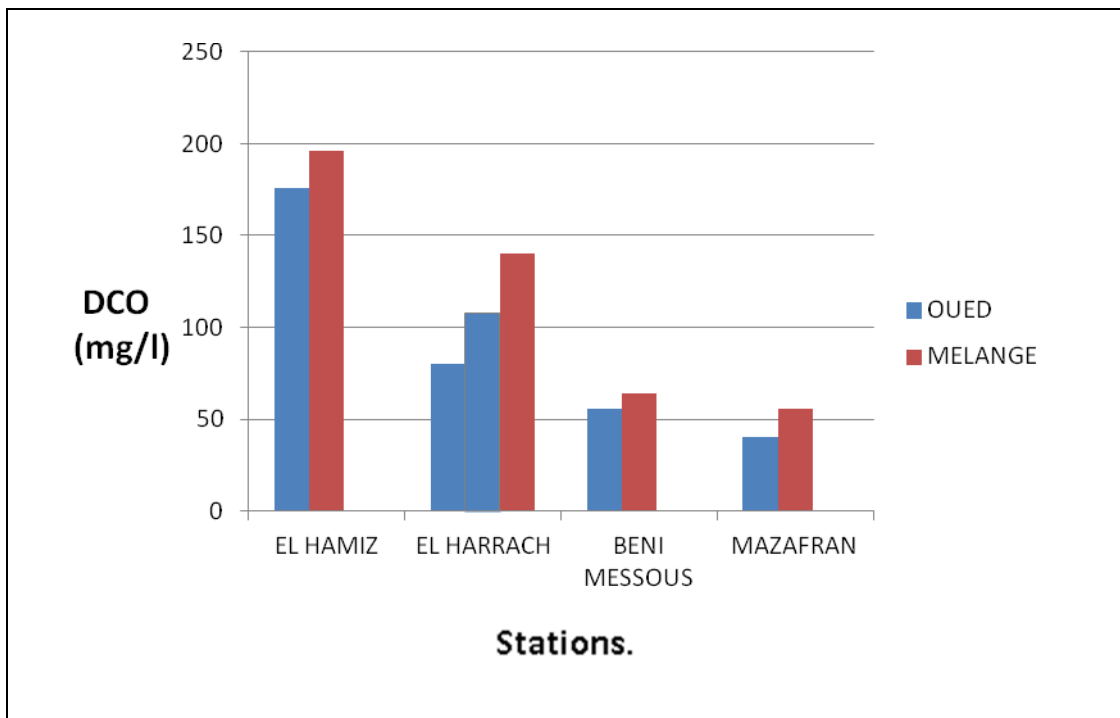


Figure n° 11: Variation de la DCO (mg/l) dans les différentes stations.

Tableau n° 8 : Résultats obtenus : matière en suspension (**MES**), matière organique(**MO**), demande chimique en oxygène (**DCO**) et phosphate, ammonium, nitrate et nitrite. (**NA : Analyse non adaptée pour l'eau de mer**).

Zone de prélèvement	station	MES (mg/l)	MO (%)	DCO (mg/l)	PO³⁻₄ (µmol/l)	NH⁺₄ (µmol/l)	NO₃⁻ (µmol/l)	NO₂⁻ (µmol/l)
EL HAMIZ	Oued	36	83,33	176	125	1087,87	17,41	1,60
	Mélange	40	50	196	76,25	590,80	15,39	6,40
	Mer	32	62,50	NA	10,40	496,90	21,33	1,00
EL HARRACH	Oued 1	210	23,81	80	53,40	942,40	17,41	5,11
	Oued 2	160	21,87	108	36,90	975	17,39	2,23
	Mélange	215	16,28	140	32	75,75	18,20	1,67
BENI MESSOUS	Oued	136,67	24,39	56	92	67,09	394,97	43,90
	Mélange	150	48,88	64	83	86,80	376,59	29,70
	Mer	72	38,89	NA	4,5	37,50	29,76	09
MAZAFRAN	Oued	12	33,33	40	51,75	276,70	19,17	3,45
	Mélange	46	26,08	56	34	145,90	17,76	2,61
	mer	62	35,48	NA	0,75	76,50	17,74	1,19

III-3-Les sels nutritifs :

III-3-1- Les phosphates :

Pour l'ensemble des stations de prélèvement, la concentration en phosphate varie entre 0,75 $\mu\text{mol/l}$ et 125 $\mu\text{mol/l}$ (**tableau n° 8 et figure n° 12**).

Un gradient décroissant de l'oued vers la mer et les teneurs en phosphates dans les oueds dépassent celles des eaux mélange du fait de la dilution particulièrement observée au niveau d'El Hamiz. Cette diminution a été indiquée également dans les études antérieures (Belaidi et Aissaoui, 2005 ; Benarab et Ait Hatrit, 2006 ; Fahem et Azzi, 2007 ; Bournissa et Marouf, 2008 ; Kaci et Nemmar, 2009).

La plus forte concentration se trouve au niveau d'El Hamiz, en relation avec la nature argileuse constituant un site favorable à l'adsorption des phosphates et de la matière organique.

Au niveau de Béni Messous, la concentration reste également élevée en relation probablement avec le traitement des eaux au niveau de la station d'épuration

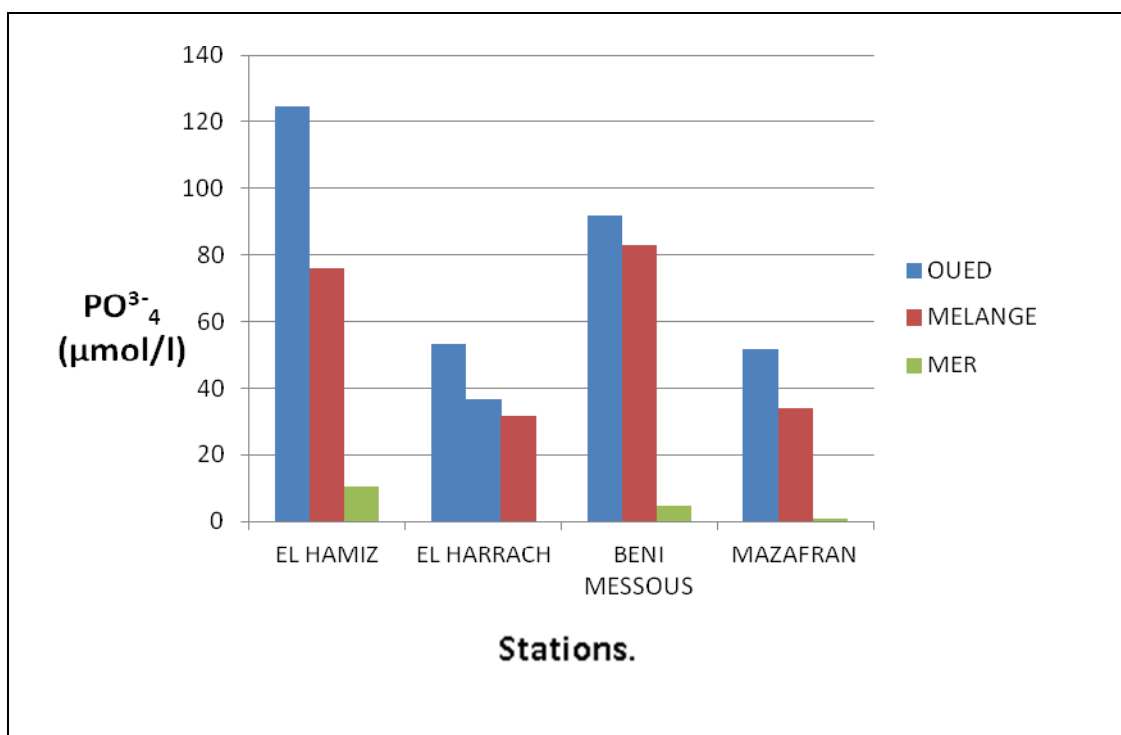


Figure n° 12: Concentration ($\mu\text{mol/l}$) du phosphate dans les différentes stations.

III-3-2- Les sels azotés :

III-3-2-1-L'ammonium :

Les concentrations en ammonium varient entre 37,50 $\mu\text{mol/l}$ et 1087,87 $\mu\text{mol/l}$ (tableau n° 8 et figure n° 13).

Les concentrations en ammonium sont très élevées dans les stations oueds et mélange dues aux apports importants d'eaux usées. Ces fortes concentrations particulièrement au niveau des oueds (El Hamiz et El Harrach) sont liées à l'oxydation de la matière organique dans les eaux usées des rejets urbains qui constituent la principale source d'ammonium. Un gradient décroissant est observé vers les eaux de mélange du fait de la dilution qu'elles subissent

Dans les eaux des stations « mer », les concentrations en ammonium diminuent considérablement particulièrement au niveau de Beni Messous où la valeur minimale est observée.

Ces teneurs se rapprochent de celles observées dans les deux dernières années (Bournissa et Marouf, 2008, Kaci et Nemmar, 2009), mais dépassent largement celles obtenues antérieurement (Benarab et Ait Hatrit, 2006 ; Fahem et Azzi, 2007).

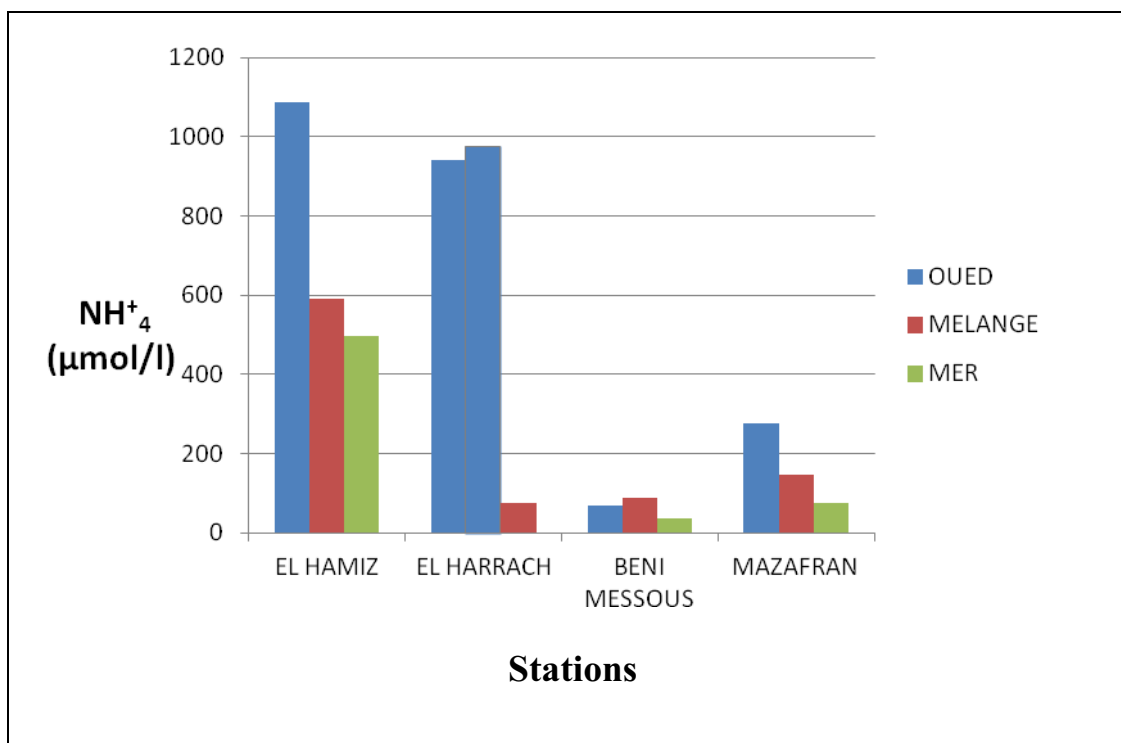


Figure n° 13: Concentration ($\mu\text{mol/l}$) d'ammonium dans les différentes stations.

III-3-2-2-Les nitrites et les nitrates :

Les concentrations varient considérablement entre 15,39 $\mu\text{mol/l}$ et 394,97 $\mu\text{mol/l}$ pour les nitrates (**tableau n° 8 et figure n° 14**) et entre 1 $\mu\text{mol/l}$ et 43,90 $\mu\text{mol/l}$ pour les nitrites (**tableau n° 8 et figure n° 15**).

Les concentrations en nitrate restent homogènes et celles en nitrite dans les eaux de mer demeurent inférieures par rapports aux eaux des oueds et de mélange à l'exception de valeurs distinguées au niveau de Béni Messous dues probablement à l'oxydation d'importantes quantités d'ammonium donnant un enrichissement spectaculaire en ses deux sels azotés.

Ces fortes concentrations en nitrite ont été également signalées au cours des deux dernières années (Bournissa et Marouf, 2008, Kaci et Nemmar, 2009) et qui sont liées vraisemblablement au passage des eaux au niveau de la station d'épuration entraînant une forte nitrification (oxydation de l'ammonium, en nitrite puis en nitrate).

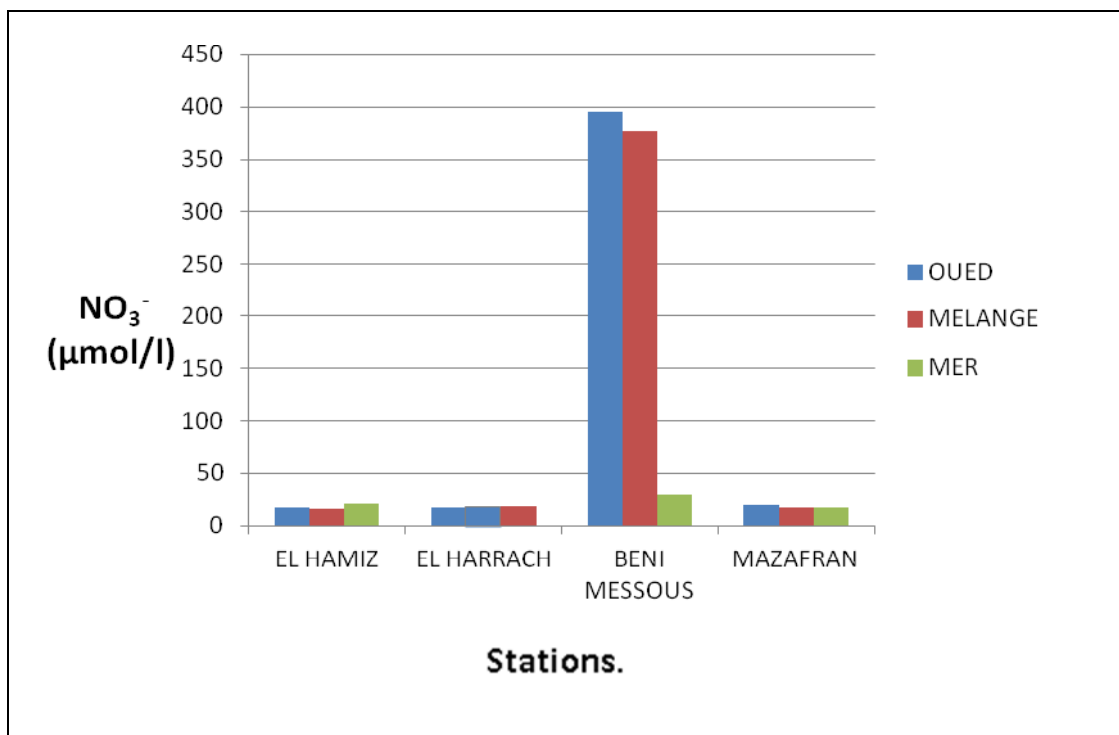


Figure n° 14: Concentration ($\mu\text{mol/l}$) de nitrate dans les différentes stations.

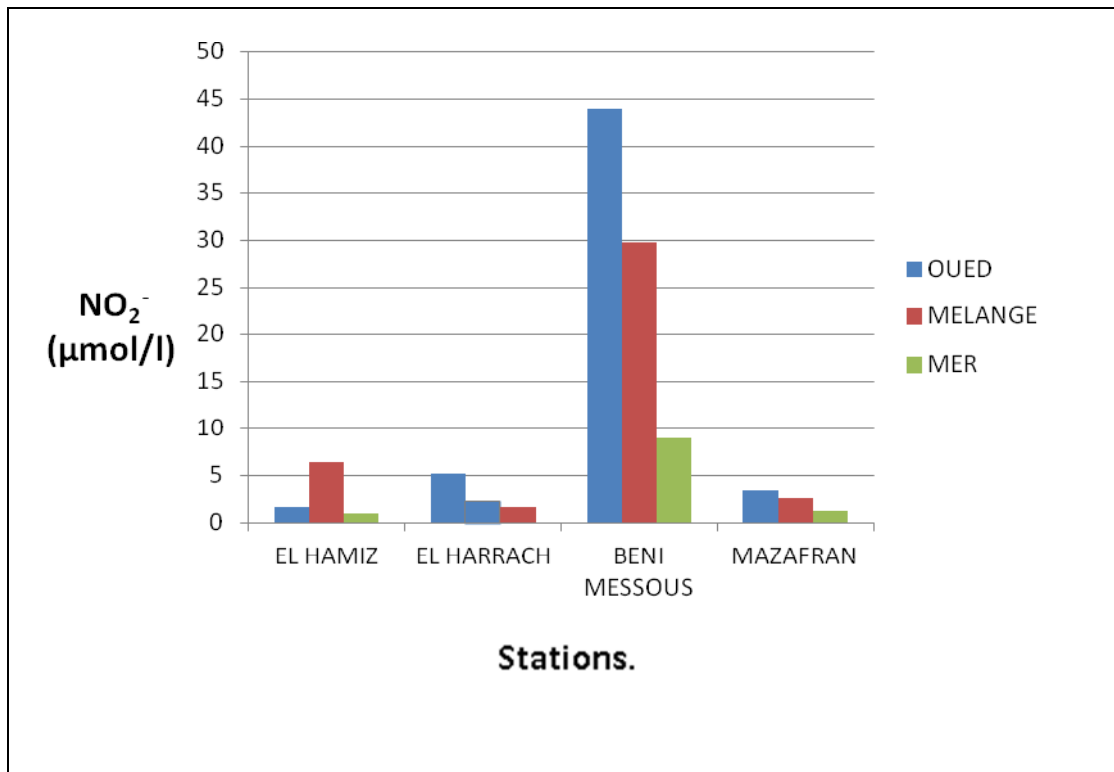


Figure n° 15: Concentration ($\mu\text{mol/l}$) de nitrite dans les différentes stations.

CONCLUSION

Le littoral algérois a fait l'objet de plusieurs études réalisées durant ces dernières années consécutives dans le but d'évaluer l'état de pollution de cette frange de la capitale.

La mesure in situ des paramètres physicochimiques (température, pH, oxygène et salinité), a permis de différencier les caractéristiques des stations étudiées.

Différents paramètres ont été étudiés, à savoir les matières en suspension, la matière organique particulaire, la demande chimique en oxygène et les sels nutritifs.

On enregistre les plus fortes concentrations en MES au niveau de l'oued El Harrach, généralement d'origine anthropique. Tandis que les teneurs les plus importantes en matière organique et DCO sont observées au niveau de l'oued El Hamiz.

Parmi les oueds étudiés, les eaux de l'oued Béni Messous indiquent un enrichissement excessif en nitrite et en nitrate probablement liées à une forte oxydation de l'ammonium issu de la dégradation de matière organique des eaux domestiques suite à leur passage au niveau de la station d'épuration.

Enfin, la pollution ne cesse de s'amplifier au niveau du littoral algérois, et un travail de sensibilisation et la mise en place de stations d'épuration restent les meilleures perspectives de l'avenir.

Références bibliographiques.

Références bibliographiques

Aminot A. et Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Édit cnexo, Brest, 395P.

Aminot. A et Kerouel. R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

Azzi A et Fahem Z, 2007. Evaluation de la pollution par les sels nutritifs dans les principaux rejets du littoral algérois, 36P.

Bachouche S. et Abbou M., 2004. Mesure des paramètres physico-chimiques et analyse des sels nutritifs au niveau du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA en science de la mer.

Baudin F., Tribovillard N et Trichet J., 2007. Géologie de la matière organique. Paris. Edition Vuibert, 263P.

Belaidi T et Aissaoui A., 2005. Analyse des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs au niveau des embouchures des oueds du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA science de la mer.

Benarab A. et Ait Hatrit D., 2006. Evaluation de la pollution chimique dans les principaux rejets du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém DEUA en sciences de la mer, 30P.

Benschneider K et Robinson R. J, 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. M. Mar. Res. 11, 87-96. In manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edit Cnexo, Brest, 395P.

Bournissa M et Marouf M., 2008. Qualité des eaux des principaux rejets au niveau du littoral algérois. Alger. ISMAL. Mém. DEUA en sciences de la mer. 50P.

Copin-Montaigut G, 1996. Chimie de l'eau de mer. Paris. Edition Technip, 248P.

Références bibliographiques

Fattal P, 2008. Pollution des côtes par les hydrocarbures. Edition presse universitaires de RENNES, 395P.

Ferhat N et Djellali M., 1992. Analyse des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques en milieu marin, lagunaire et embouchures des oueds.

Jacques B, 1994. La pollution du littoral. Paris, 36P.

Jacques J. et Treguer P., 1986. Ecosystèmes pélagiques marins collection d'écologie. Edt Masson. Paris, 243P.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Paris. Edition Lavoisier TEC & DOC, 220P.

Grasshoff K., 1962. Untersuchungen über die sauerstoffbestimmung im Meerwasser. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

Kaci L Nemmar M, 2009. Evaluation de la pollution des principaux rejets au niveau du littoral algérois. Alger. ENSSMAL. Mem. DEUA en sciences de la mer, 37P.

Koroleff F., 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

Lacaze J.C., 1996. Eutrophisation des eaux marines et continentales. Paris. Edition ellipses, 191P.

Lefebvre G., 1978. Chimie des hydrocarbures. Paris. Edition Technip, 248P.

Menesguen A., 1990. Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. In la mer et les rejets urbains. Bendor, Ifremer : acte de colloque N°11 : 35-52.

Références bibliographiques

Murphy J., Riley J P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. In Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. Paris. Edition Ifremer, 336P.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Des polluants de l'environnement à l'homme. Paris. Edition internationale Edi. science, 690P.

Rouibah M., Boulahdid M., Boudjellal B., Eddalia N. et Ounadi F., 2005. Etude de la pollution du littoral algérois et du lac de Reghaia. Contrat ISMAL-APPL, 72P.

Rodier J.P., 1984. Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. DUNOD. 3^{ème} édition, Dunod, 259P.

Taoudiat S, 2009, Hydrologie et sels nutritifs dans les eaux de la baie d'Alger. Alger. ENSSMAL. Mem. Ingeniorat en science de la mer.55P.

Wood E D., Armstrong F A J and Richards F A., 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction of nitrite. J. Mar. Biol. Assoc. U. K.

Annexes

Annexe A :

A-1 : Mode opératoire :

1ère étape : conditionnement et préparation des filtres :

On a utilisé les filtres (Wattman type GF/F).

- Mettre les filtres dans des boites à filtre numérotées de façon indélébile.
- Peser chaque filtre à l'aide d'une balance (Kerne W220-3 NM) de précision de 0,01g).
- Replacer chaque filtre dans leurs boites avec le couvercle pour éviter la poussière.

2ème étape : filtration de l'eau :

- Placer chaque filtre dans le dispositif de filtration.
- Agiter le flacon pour homogénéiser l'échantillon puis verser l'eau sur le dispositif contenant les filtres progressivement.
- Remettre les filtres dans leurs boites.

3ème étape : séchage et pesée des filtres :

- Mettre les boites sans le couvercle dans l'étuve à 75°C pendant 24h.
- Peser les filtres un par un.
- Remettre chaque filtre dans sa boite afin d'éviter la poussière.

Annexe B :

B-1 : Mode opératoire :

- Numéroté les creusés de façon indélébile.
- Peser les creusés vides à l'aide de la balance utilisée auparavant.
- Mettre les filtres contenant les MES dans les creusés.
- Mettre les creusés dans un four à moufle à une température de 600°C pendant 2 heures.
- Laisser les creusés se refroidir et peser les filtres.

Annexe C :

C-1 : Les réactifs utilisés pour la détermination de la demande chimique en oxygène.

- Eau distillée fraîchement préparée.
- Sulfate de mercure cristallisé.

Solution de sulfate d'argent :

- Sulfate d'argent cristallisé : 6.6g.
- Acide sulfurique (d=1.84) : 1000ml

Solution de sulfate de fer et d'ammonium :

- Sulfate de fer et d'ammonium : 98g.
- Acide sulfurique (d=1.84) : 20ml.
- Eau distillée : 1000ml.

Solution de dichromate de potassium : 0.25N.

- Dichromate de potassium (séchée à 110°C) : 12.2588g.
- Eau distillée : 1000ml.

Solution de ferroïne :

- 1.10-phénanthroline : 1.485g.
- Sulfate de fer : 0.695g
- Eau distillée : 100ml.

C-2 : Mode opératoire :

- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un ballon de 500ml.
- Ajouter 1g de sulfate de mercure cristallisé et 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.

Annexe :

- Chauffer jusqu'à parfaite solution.
- Ajouter 25ml de solution de dichromate de potassium 0.25N, puis 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir
- Diluer à 350ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne. Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage violacé.
- Procéder aux mêmes opérations sur 50ml d'eau distillée.

Annexe D :

D-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des phosphates :

Solution d'heptamolybdate d'ammonium :

- Dissoudre 7,5g de paramolybdate d'ammonium $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}]$ dans 250ml d'eau distillée.

Acide sulfurique 2,5mol/l :

- Dans une bouteille de verre, ajouter petit à petit avec précaution, 70ml d'acide sulfurique (densité=1,84) dans 450ml d'eau distillée et laisser refroidir.

Solution d'acide ascorbique :

- Dissoudre 57g d'acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) dans 250ml d'eau distillée.

Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine :

- Dissoudre 0,34g d'oxytartrate de potassium et d'antimoine (3), $\text{K}(\text{SbO}) \text{CH}_4\text{O}_6$ dans 250ml d'eau distillée.

D-2 : Mélange réactif :

Mélanger les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes :

- 100ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250ml d'acide sulfurique 2,5mol/l.
- 100ml de solution d'acide ascorbique.
- 50ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.

Solution étalon primaire de phosphate :

- Dissoudre 0,680g dans 1l d'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme.

Solution étalon secondaire de phosphate :

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10ml complétés à 1000ml de l'eau distillée avec 1ml de chloroforme.

D-3 : Mode opératoire :

On procéde comme suite :

- Préparer le mélange réactif.
- Mesurer 50ml d'échantillon.
- Ajouter 5ml du mélange réactif et homogénéiser.
- Atteindre 5 min et mesurer l'absorbance à 885nm.

D-4 : Etalonnage :

- Introduire, dans des fioles de jugées de 500 ml, 5-10-20-60-80-100ml de solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentration suivante : 0,5-1-2-6-8-10 μ mol/l.
- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.

D-5 : Blanc de réactif :

- Prendre 50 ml d'eau distillée et ajouter 5ml de mélange réactif. Ce blanc n'est pas négligeable et doit mesurer chaque série d'analyse.

Annexe E :

E-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage de l'ammonium :

Réactif 1 : Solution de phénol-nitoprussiate :

- Dissoudre 70g de phénol et 100mg de nitoprussiate de sodium ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{NC})_5\text{NO}$, $2\text{H}_2\text{O}$) dans 250ml d'eau distillée.

Réactif2 : Solution alcaline d'hypochlorite :

- Dissoudre 70g de citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, $2\text{H}_2\text{O}$) et 5,5g de soude dans 200ml d'eau distillée.
- Ajouter 11ml de solution d'hypochlorite de sodium à 10 degrés chlorométriques.
- Compléter à 250ml.

Solution étalon primaire d'ammonium :

- Dissoudre 0,165g de sulfate d'ammonium dans 250 ml d'eau distillée.

Solution étalon secondaire d'ammonium :

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire. Ajouter 1ml du chloroforme, (12,5ml de la solution primaire compléter à 250 ml avec de l'eau distillée.

E-2 : Mode opératoire :

- Prendre 50ml d'échantillon dans un flacon.
- Ajouter 1,5ml du réactif 1 et agiter.
- Ajouter 1,5ml du réactif2 et agiter.
- Les flacons sont conservés pendant une nuit et à l'abri de la lumière.
- Mesurer l'absorbance à 630nm.

E-3 : Etalonnage :

- Dans les fioles jaugées de 500 ml, on introduit 2,5-10-30-50-60ml de la solution étalon et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme d'étalonnage : 2,5-5-10-30-50-60 $\mu\text{mol/l}$.
- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau distillée et tracer la droite d'étalonnage.

Annexe F :

F-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des nitrites :

Réactifs 1 : Solution de sulfanilamide :

- Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré dans environ 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 ml.

Réactif 2 : solution de N-naphtyl-éthylènediamine :

- Dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine dans 500ml d'eau distillée.

Solution étalon primaire de nitrite :

- Dissoudre 0,345g de nitrate de sodium anhydre dans 1l de l'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme.

Solution étalon secondaire de nitrite :

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire.

F-2 : Mode opératoire :

La température de l'échantillon doit être comprise entre 15 et 20°C.

- Introduire 50ml de l'échantillon dans une éprouvette.
- Ajouter 1ml du réactif1 et mélanger, laisser reposer 2 à 8min.
- Ajouter 1ml du réactif2 et mélanger.
- Attendre 10 min et mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543nm.

F-3 : Etalonnage :

- Introduire dans ces fioles de jaugées de 500 ml, 5-10-20-50 ml de l'étalon secondaire et compléter à 500ml avec de l'eau distillée afin d'obtenir une gamme d'étalonnage de concentrations : 0,5-1-2-5 μ mol/l.
- Retrancher des mesures avec l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.

Annexe G :

G-1 : Les réactifs utilisés pour le dosage des nitrates :

Même réactifs 1,2 et la solution étalon primaire pour l'analyse des ions nitrite.

Solution étalon nitrate :

- Dissoudre 0,506g de nitrate de potassium anhydre dans 1l d'eau distillée, et ajouter 1ml de chloroforme.

Solution concentrée de chlorure d'ammonium :

- Préparer une solution à 250g de chlorure d'ammonium NH_4Cl par litre dans de l'eau distillée.

Solution diluée de chlorure d'ammonium :

- Diluer 40 fois la solution concentrée de chlorure d'ammonium.

Solution de sulfate de cuivre :

- Diluer 10g de sulfate de cuivre pentahydraté ($\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$).

G-2 : Colonne réductrice :

G-2-1 : préparation de cadmium :

- Laver 50g de grain à l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement à l'acide nitrique 0,3 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver à nouveau par l'acide chlorhydrique pour chasser les ions nitrates et rincer abondamment à l'eau distillée.

Annexe :

- Traiter alors le cadmium par 100 à 150 ml de solution de sulfate de cuivre : dans un Erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes, la solution se décolore.
- Laver abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'Erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact le cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.

G-2-2 : Remplissage et traitement de la colonne :

- Remplir la colonne avec le cadmium et laver abondamment avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.
- Laisser la colonne en milieu NH_4Cl diluée pendant 48h.

G-3 : Mode opératoire :

Analyse de la concentration totale nitrite+nitrate :

- Prendre 50ml d'échantillon, ajouter 1ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5ml de cette solution dans la colonne et laisser écouler.
- Verser alors le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 15ml première.
- Rincer une éprouvette graduée de 50ml avec quelques millilitres de la solution sortant de la colonne et recueillir 12,5ml de l'effluent.
- Ajouter aussitôt 0,25ml du réactif1 et mélanger.
- Laisser reposer 1 à 8min.
- Ajouter 0,25ml du réactif 2 et mélanger.
- Attendre 10 min et mesurer l'absorbance à 543nm.

Analyse des ions nitrate :

- Prendre 50ml d'échantillon, ajouter 1ml de solution concentrée de NH_4Cl et mélanger et poursuivre le dosage comme sur 50ml d'effluent de la colonne.

G-4 : Etalonnage :

Du fait que les ions nitrate sont réduits en nitrite par passage sur la colonne, l'étalonnage est effectué avec des solutions de nitrite.

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml : 5-10-20-50 ml de la solution étalon de nitrite et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme d'étalonnage de concentrations : 0,5-1-2-5 μ mol/l.
- Prendre 50ml de chacune de ces solutions, ajouter 1ml de solution concentrée de NH_4Cl et mélanger. Poursuivre l'analyse comme pour l'analyse normale.
- Retrancher des mesures la valeur de l'absorbance obtenue avec de l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.