وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

École 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'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème :

Impact des eaux usées et des embouchures des oueds sur la qualité des eaux de la baie de Bouismail.

Présenté par :

- **ACHICHE Krimo**
- **LARBI Samir**

Soutenu le 18/07/2010 devant le jury suivant :

Mr.	**SEFIANE. O**	**Maître de conférences**	**Président**
M^{me}.	**BACHARI HOUMA. F**	**Maître de conférences**	**Promotrice**
M^{me}.	**BENTCHIKOU. L**	**Maître assistante A**	**Examinatrice**
M^{lle}.	**AMROUCHE. L**	**Maître assistante A**	**Examinatrice**

Promotion : (2010)

‘’Avec l’eau, nous avons fait toute chose vivante ‘’ (le Coran, XXI, v. 30).

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, Dieu le Miséricordieux, l'Unique, le Puissant, …. Pour son guide et sa protection ;

Nos parents qu'ont espèrent qu'ils seront toujours fiers de nous ainsi que ma très chère sœur Titem et ma cousine Soria (Krimo).

Nous tenons à remercier vivement Mme BACHARI Houma .F pour la confiance qu'il nous a accordé en acceptant de nous encadrer ; pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études, pour son aide, ses critiques et ses suggestions, qui ont été pour nous d'un grand apport ;

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble du membre de jury : Mr Sefiane qui a accepté de présider notre soutenance. Mlle Amrouche et Mme Bentchikou.

Ainsi que tous nos enseignants qui ont si soigneusement partagé leurs connaissances en sciences de la mer, passion qui nous a tous réuni à l'ENSSMAL spécialement Mr Belkassa ;
Sans oublier tous les autres employés de l'école, particulièrement ceux de la bibliothèque ;

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire, puissent trouver ici, toute notre reconnaissance spécialement Fatiha de l'USTHB.

SAMIR & KRIMO

Dédicaces

A la mer ;

À mes très, très chers parents, source d'amour et d'affection ;

À mes très chères sœurs, Khadidja, Nour El Houda, qui comptent énormément pour moi ;

À tous mes autres proches ;

À mes chers amis, Mahdi, Roufa, Amine1, Amine2, Amine3, Brahim, mais surtout, surtout à Allel et Fateh ; à qui je tiens plus particulièrement ; j'espère que je n'ai oublié personne ;

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables ;

À vous tous qui m'aimez ;

À Krimo, mon binôme qui est sérieux et toujours en bonne humeur;

Je dédie ce travail.

SAMIR

Sommaire

Introduction générale ....… …..……..…….…….…… 1

1ère PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Paramètres de pollution

Introduction ……..……..…….……..... 3

1. Définition ……..……..……...…….. 3

2. Origine et composition des eaux usées ……..……...……. 3

2.1. Les eaux usées domestiques …… 3

2.2. Les eaux industrielles …… 3

2.3. Les eaux agricoles …… 4

2.4. Les eaux pluviales …… 4

3. Caractéristiques des eaux usées …… 4

3.1. Les paramètres physico-chimiques ……..... 4

3.1.1. La salinité ……..…… 4

3.1.2. La conductivité électrique ……..……..…… 5

3.1.3. Oxygène dissous …… 5

3.1.4. La température …… 6

3.1.5. Le potentiel d'Hydrogène …… ……..... 6

3.1.6. La turbidité ……...……. 7

3.1.7. Les matières en suspension ……...…… 7

3.2. Les paramètres indicateurs de pollution…….……..... 8

3.2.1. La demande biologique en oxygène (DBO_5) ……..…… 8

3.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO) …… 8

3.2.3. Les matières oxydables (MO) …… 8
3.2.4. Le carbone organique total (COT) ……..... 8
3.3. Les sels nutritifs……..... 9
3.3.1. L'azote …… 9
3.3.2. Le phosphore ……..…… 10
3.4. Les oligoéléments et les toxiques minéraux…….…… 11
3.5. Les paramètres bactériologiques ……..... 11
3.5.1. Les coliformes totaux ……..……..…… 11
3.5.2. Les coliformes fécaux …… 12
3.5.3. Les Streptocoques fécaux …….. 12
3.5.4. Les Clostridiums sulfito-réducteurs ……..…… 13
3.5.5. Les salmonelles …… 13
3.5.6. Les staphylocoques …… 14
3.5.7. Les vibrions ……..…… 14
3.5.8. Les techniques d'évaluation de la qualité bactériologiques …….. 14
3.5.9. La qualité bactériologique des eaux de baignades …… 15
4. L'équivalent habitant ……..……..…… 15
5. Les normes algériennes de rejet d'effluents ……..…… 15
6. Benthos (Contribution a la biosurveillance du littoral) ……..…… 17
6.1. Les groupes écologiques …… 17
6.2. Les espèces indicatrices ou Bioindicateur……..…… 18
6.3. Les espèces indicatrices de pollution (IP) ……..…… 18
Conclusion …… 19

Chapitre 2 : Description de la zone d'étude

Introduction …… 20
1. La baie de Bouismail……..…… 20
1.1. Localisation géographique ……..…… 20

1.2. Topographie de la baie …….. ……. 21
1.3. Sédimentologie de la baie……. ……..……. 21
1.4. Réseaux hydrologique…….……. 21
2. Conditions météorologiques dans la baie……..……. 23
2.1. Climat ……..…… 23
2.2. Vents……..…… 23
2.3. Températures et précipitations……..……..…… 23
2.4. Pluviométrie…….……..…… 24
3. Facteurs hydrodynamiques……..……..……. 24
4. Géomorphologie de la baie……..…… 25
5. Sources de pollution dans la baie…… 26

2ème PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Introduction …… 29
1. Choix et localisations des stations …… 29
2. Prélèvement et échantillonnage …….…… 32
3. Conditionnement des échantillons …….……..…… 33
4. Conservation des échantillons ……... 34
5. Analyses et modes opératoires ……..…..... 34
5.1. Paramètres insitu ……..……..…. 34
5.1.1. La température de l'eau ……..…… 34
5.1.2. Le potentiel d'Hydrogène …….…..…… 35
5.1.3. Oxygène dissous ……..…….. 36
5.1.4. Salinité …….…… 37
5.1.5. Conductivité ……..…… 37
5.2. Paramètres mesurés au laboratoire ……..…… 38
5.2.1. Matières en suspension (MES) ……..... 38

5.2.2. La matière organique particulaire dans l'eau de mer …… 39
5.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO) 40
5.2.4. Demande biologique en oxygène (DBO_5) ……... 42
6. Classes de qualité des eaux …… 43
7. Dosage des sels nutritifs ……..…… 44
7.1. Principe des dosages des sels nutritifs dans d'eau ……..…… 44
7.2. Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau ……..…… 44
8. Étude bactériologique …… 46
8.1. Prélèvements ……..…… 46
8.2. Le dénombrement bactérien …… 46
8.2.1. Matériels …… 46
8.2.2. Mode opératoire ……..…… 46
9. L'étude de Benthos ……..……... 54
9.1. Stratégie d'échantillonnage ……..…… 54
9.2. Prélèvement de sédiment …… 55
9.3. Tamisage, fixation et conservation (in situ) ……..…… 55
9.4. Traitement des échantillons au laboratoire (macrofaune) ……... 55
9.5. Caractérisation de la macrofaune benthique ……..…… 56
9.5.1. Caractéristiques analytiques …… 56
9.5.2. Caractéristiques générales ……..…… 57
Conclusion ……..…… 59

Chapitre 4 : Résultats et interprétations

1. Variation des paramètres mesurés insitu …… 61
1.1. La température ……..…… 61
1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) ……..…… 62
1.3. Salinité ……..…… 62
1.4. Oxygène dissous ……..……..…… 63

2. Variation des paramètres mesurés au laboratoire …… 64
2.1. Les matières en suspension (MES) ……..…… 65
2.2. Matière organique particulaire dans l'eau de mer …….…… 66
2.3. Les Sels Nutritifs ……..…….…… 66
2.3.1. Ions nitrites NO_2 …… 66
2.3.2. Ions nitrates NO_3 ……..…… 67
2.3.3. Ammonium NH_4^+ …… 67
2.3.4. Orthophosphates PO_4^{3-} …… 68
2.4. Détermination des paramètres indicateurs de la pollution ……..…. 68
2.4.1. La demande chimique en oxygène (DCO) ……..…. 69
2.4.2. La demande biologique en oxygène (DBO_5) ……...…. 69
2.4.3. Rapport de biodégradabilité DCO/DBO5 …….…… 70
2.5. Variation des paramètres bactériologiques……..…… 71
2.5.1. Coliformes totaux …….……. 71
2.5.2. Coliformes fécaux …… 72
2.5.3. Streptocoques fécaux ……..…… 72
2.5.4. Étude de l'origine de la pollution …….. 73
2.5.5. Staphylocoques ……...…… 74
2.5.5. Sulfito-réducteurs …….……. 75
2.5.4. Salmonelles …..……...…… 75
2.5.5. Les Vibrions …….……. 75
2.6. Benthos ……..…. 76

Conclusion générale ……..…… 77

Bibliographie

Annexes

Liste des tableaux et figures

Tableau 1 : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.
Tableau 2 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade.
Officiel de la République Algérienne, 2006).
Tableau 4 : Caractéristiques du bassin versant de l'oued Béni Messous.
Tableau 5 : Températures mensuelles moyennes de la baie de Bou Ismail pour la période 1976 – 2005.
Tableau 6 : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza.
Tableau 7 : Principaux industries dans la région de Bouismail.
Tableau 8 : Classification des eaux d'après leur pH.
Tableau 9 : Valeurs typiques de DCO.
Tableau 10 : Valeurs typiques de DBO_5.
Tableau 11 : Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité.
Tableau 12 : Dénombrement des CT, CF, SF et Staphylocoques par la méthode de la filtration sur membrane.
Tableau 13 : Couleur des colonies sur la gélose SS.
Tableau 14 : Les résultats des paramètres mesurés in situ.
Tableau 15 : Résultats des paramètres mesurés au laboratoire dans la baie de Bouismail.
Tableau 16 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution dans la baie de Bouismail (DCO, DBO5, DCO/DBO5).
Tableau 17 : Échelle de biodégradabilité.
Tableau 18 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution fécale.
Tableau 19 : Le rapport CF/SF :
Tableau 20 : Les indicatrices de pollution 1 (IP1)
Tableau 21 : Les indicatrices de pollution 2 (IP2)

Figure 1 : Situation géographique de la baie de Bouismail.
Figure 2 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail.
Figure 3 : Réseau hydrographique de la baie de Bouismail.
Figure 4 : Morphologie côtière de la baie de Bouismail.
Figure 5 : Les principaux rejets dans la baie de Bouismail.
Figure 6 : Localisation des zones d'étude dans la baie de Bou-Ismaïl.
Figure 7: Localisation des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamila.
Figure 8 : Localisation des stations de prélèvement dans le port de plaisance de Sidi Fredj.
Figure 9 : Localisation des stations de prélèvement dans Fouka, Bouismail et Bouharoun.
Figure 10 : PH-mètre.
Figure 11 : Oxymètre.
Figure 12 : Conductimètres.

Liste des tableaux et figures

Figure 13 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.
Figure 14 : Un four à moufle.
Figure 15 : Les creusets.
Figure 16 : DCO-mètre.
Figure 17 : Réactifs de GRIESS pour le dosage des nitrites.
Figure 18 : Technique de dénombrement des bactéries sulfitoréductrices dans l'eau.
Figure 19 : Technique d'enrichissement des salmonelles dans l'eau par la méthode MF.
Figure 20 : Technique d'enrichissement des vibrions dans l'eau.
Figure 21 : localisation des stations du port de Sidi Fredj.
Figure 22 : Benne Van Veen.
Figure 23 : Tamis.
Figure 24 : Variation de la température en °C dans la baie de Bouismail.
Figure 25 : Variation de pH dans la baie de Bouismail.
Figure 26 : Variation de la salinité dans la baie de Bouismail.
Figure 27 : Variation de la concentration de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bouismail.
Figure 28 : Variation de la matière en suspension dans la baie de Bouismail.
Figure 29 : Variation du taux de la matière organique particulaire dans la baie de Bouismail.
Figure 30 : Variation des nitrites dans la baie de Bouismail.
Figure 31 : Variation des nitrates dans la baie de Bouismail.
Figure 32 : Variation de l'azote ammoniacal dans la baie de Bouismail.
Figure 33 : Variation des Orthophosphates dans la baie de Bouismail.
Figure 34 : Variation de DCO (mg/l) dans la baie de Bouismail.
Figure 35 : Variation de DBO5 (mg/l) dans la baie de Bouismail.
Figure 36 : Variation de degrés de biodégradabilité dans la baie de Bouismail.
Figure 37 : Variations des concentrations des Coliformes Totaux dans la baie de Bouismail.
Figure 38 : Variations des concentrations des Coliformes Fécaux dans la baie de Bouismail.
Figure 39 : Variation des streptocoques fécaux dans la baie de Bouismail.
Figure 40 : Variation des Staphylocoque dans la baie de Bouismail.
Figure 41 : Variation des Sulfito-réducteurs dans la baie de Bouismail.
Figure 42 : Rapport des CF/SF dans la baie de Bouismail.

Liste des abréviations

ANPE : Agence Nationale de Protection de l'Environnement.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

BEA : Gélose Bile-Esculine-Azide.

C : Conductivité électrique.

CEEQ : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

CF : Coliformes fécaux.

Cl (‰) : Chlorinité.

CNDPA : Centre national de documentation pour la pèche et l'aquaculture.

COT : carbone organique total.

CT : Coliformes totaux.

DBO_5 : Demande biologique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DCO/DBO_5 : Rapport de biodégradabilité.

EH : Équivalent habitant.

EPA : Eau peptonée alcaline.

FAO: Food and alimentation organasation.

GPS : Système de positionnement global.

IBG : Indice biologique général.

IP1 : Indicatrices de pollution d'ordre 1.

IP2 : Indicatrices de pollution d'ordre 2.

LRE : Large répartition écologique (espèce à…).

MES : Matière en suspension.

MO : Les matières oxydables.

NH_4^+: Ammonium.

N-NTK: Azote Totale Kjeldahl.

NO_2^- : Nitrites.

NO_3^- : Nitrates.

OD : Oxygène dissous.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONM : Office National de Météorologie.

pH : Le potentiel d'Hydrogène.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement.

Liste des abréviations

PSU : Pratical Salinity Unit.

RDF : Diagrammes rang-fréquences.

S : Salinité.

SEED: Schlumberger Excellence in Educational Development

SF : Streptocoques fécaux.

SFB : Bouillon au sélénite de sodium.

SS : Salmonella et Shigella.

SSEP : Sans signification écologique précisée.

Staph : Staphylocoques.

T : Température.

Introduction Générale

Introduction générale

Considéré dans le passé comme une capacité illimitée d'accumulation des déchets, le milieu marin montre aujourd'hui un tout autre aspect. C'est le cas notamment des milieux semi-fermés et fermés (ports et certaines baies), qui représentent les réceptacles de la majorité des eaux usées domestiques et industrielles, ce qui fait de ces derniers le foyer d'une multitude de polluants. La concentration de ces polluants varie considérablement d'un milieu ambiant, d'une région, d'un site à l'autre, d'un groupe faunistique et même d'une espèce à une autre. De ce fait, il n'est pas aisé de confirmer une tendance. Il semble que toute tendance relevée dans la concentration d'un polluant majeur soit liée avant tout aux activités humaines puisque les variations dues aux processus naturels ont plus ou moins atteint un état d'équilibre (PNUD, 1995). Ainsi, les activités humaines entrainent des problèmes de contamination du milieu marin et menacent également l'habitat de nombreuses espèces de la flore et de la faune marines : poissons, tortues, oiseaux, mammifères, phanérogames.

Les zones côtières sont des régions de plus en plus affectées par l'activité humaine ; plus de 60 % de la population de la terre habite près des océans. Cependant, les eaux marines sont exposées à un grand nombre de conditions environnementales parmi lesquels on retrouve principalement, l'érosion côtière et le transport de sédiments. De plus, les côtes sont aussi soumises aux rejets des bassins versants pouvant provenir de zones urbaines, de l'agriculture ou des industries. La côte et le littoral algériens et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, connaissent de sérieux problèmes environnementaux. La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible.

Le littoral Algérois, à l'instar des régions du bassin méditerranéen à forte densité de population, subit des agressions permanentes notamment par le déversement des rejet d'eaux usées domestiques et industrielles directement en mer sans traitement préalable, résultat d'une importante défaillance du système d'assainissement actuel.

Dans ce contexte la baie de Bou-Ismaïl est l'une des régions qui connaît des interventions humaines intensives de différents types (industriels, agricoles, domestiques), ce qui provoque par suite des perturbations et des modifications sur le milieu récepteur et des risques pour la santé humaine en raison de son extension touristique surtout en période estivale.

De ce fait dans ce présent travail, nous nous somme intéressé plus précisément à l'impact d eaux usées et les embouchures des oueds qui déversent tous qui est déchets sur la baie de Bouismail, ainsi que une contribution à la biosurveillance des eaux des littorale par l'étude de benthos (macrofaune).

Ainsi notre approche méthodologique s'articule sur les, étapes suivantes :

- Une étude bibliographique composée de deux chapitres :
  - **Chapitre 1** : Généralité sur la pollution marine et les eaux usées et benthos ;
  - **Chapitre 2** : Description de la zone d'étude.
- Une étude expérimentale composée de deux chapitres :
  - **Chapitre 3** : Matériels et Méthode ;
  - **Chapitre 4** : Résultats et Discussions.

De ce fait dans ce présent travail, nous nous somme intéressé plus précisément à cinq région : baie d'El Djamila, port de Sidi Fredj, Fouka marine, Bouismail et le port de Bouharoun.

1ère Partie :

Étude Bibliographique

CHAPITRE 1

Paramètres de pollution

Introduction :

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'autoépuration. Celle-ci a pour effet de consommer de l'oxygène ; ce qui n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance d'un rejet excède cette capacité, la détérioration de l'environnement peut être durable. Il est donc indispensable d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel.

En effet, les zones privées d'oxygène par la pollution entrainent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables, empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation ; c'est-à-dire, la prolifération d'algues qui nui à la faune aquatique, peut rendre la baignade dangereuse et perturbe la production d'eau potable.

1. Définition :

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations (Bliefert et Perraud, 2001).

2. Origine et composition des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

2.1. Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Gomella et Guerree, 1978).

2.2. Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, d'après Gaujous (1995), elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

2.3. Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses (Bontoux, 1993).

Les épandages d'engrais nitratés et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures (Gomella et Guerree, 1978).

2.4. Les eaux pluviales :

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (Bontoux, 1993).

Dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution.

3. Caractéristiques des eaux :

L'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis.

3.1. Les paramètres physico-chimiques :

Selon Gaujous (1995), la pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération. Elle se traduit généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure par analyse de ces derniers (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) permet de l'étudier.

3.1.1. Salinité (PSU) (Pratical Salinity Unit) :

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (Aminot et Kérouel, 2004), il forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux) (Aminot et Chausse-Pied, 1983). Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer peut être mesurée et exprimée

de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (Rodier et al, 2005). Les premières définitions de la salinité et de la chlorinité ont été données par Sorensen en 1902 :

- « **La salinité** est la masse en grammes des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer ».
- « **La chlorinité** est la masse en gramme de chlore équivalent à la quantité totale d'halogènes, dans un kilogramme d'eau de mer ».

La relation entre la salinité et la chlorinité est donnée par l'équation suivante :

S (PSU) = 1.80655 Cl (‰)

Après la première définition de la salinité et de la chlorinité par Sorensen (1902), des techniques furent développées permettant de déterminer la salinité à partir de mesures de conductivité, de température et de pression. Dès 1978, l'échelle pratique de salinité (PSU) définit la salinité en termes de rapport de conductivité. (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

3.1.2. Conductivité électrique (C) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Rodier et al, 2005). Elle est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot et Kérouel, 2004), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (Ramade, 2000).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau. L'unité de conductivité est le micro-Siemens par mètre (µS/m) (Rodier et al, 2005). La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité, mais les conditions de mesure sont alors plus complexes. Dans ce cas, la conductivité d'un échantillon est déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 % (Rodier et al, 2005).

3.1.3. Oxygène dissous (O.D) :

Ce paramètre détermine la qualité du milieu (Aminot et Chausse-Pied, 1983), et gouverne la plus part des processus biologiques des écosystèmes aquatiques (Amino et Kérouel, 2004). La mesure de ce paramètre concerne exclusivement la mesure de l'oxygène moléculaire (O_2) en solution. Sa concentration et sa saturation dans l'eau de mer est régie par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques :

- Échanges à l'interface air-mer ;
- Oxydation chimique ;
- Diffusion et mélange au sein des masses d'eau ;
- Respiration et photosynthèse.

Les processus biologiques permettent soit :

- Sa saturation dans les zones eutrophies (accroissement important du phytoplancton) ;
- Ou sa sous-saturation dans les zones riches en matières carbonées (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Dans le cas de leur absence, sa concentration dans l'eau de mer en contact de l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation (Aminot et Kérouel, 2004).

Le processus de purification naturelle des cours d'eau requiert des niveaux d'oxygène adéquats pour assurer la vie aérobie dans l'eau. Lorsque les niveaux d'oxygène dissout dans l'eau tombent au-dessous de 5,0 mg/l, la vie aquatique est menacée (Seed, 2003).

3.1.4. La température :

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu. La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) (Gaujous, 1995).

Il est important de connaitre la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier et al, 2005).

Les activités humaines ne devraient pas modifier la température de l'eau, en dehors des fluctuations saisonnières naturelles, au risque de bouleverser les écosystèmes aquatiques. La température affecte la solubilité de l'oxygène et menace alors la survie des poissons. Les températures adéquates dépendent du type d'eau que vous étudiez (Seed, 2003).

3.1.5. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (Gomella et Gueree, 1978). Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique. La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales (Rodier et al, 2005).

En milieu côtier et estuarien, 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 (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité.

L'impact le plus important du pH sur l'environnement porte sur les effets synergiques (La synergie implique la combinaison d'au moins deux substances générant des effets supérieurs à leur somme). Ce processus est important pour les eaux de surface. Le ruissellement provenant des zones agricoles, urbaines et industrielles peut drainer du fer, de l'aluminium, de l'ammoniac, du mercure ou d'autres éléments. Le pH de l'eau déterminera les effets toxiques, le cas échéant, de ces substances (Seed, 2003).

3.1.6. La turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle est mesurée :

- soit visuellement par la hauteur d'eau à travers laquelle on ne distingue plus un objet (disque de Secchi, fil de platine) ; elle est alors exprimée en mètre.
- soit électroniquement (néphélométrie) par comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine) ; elle est alors exprimée en mg/l de silice, de mastic, … ou en unité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit, ou JTU -Jackson ou FTU, Formazine-) (Gaujous, 1995).
- La turbidité varie suivant les matières en suspension (MES) de l'eau.

La turbidité mesure la quantité de particules suspendues dans l'eau. Les algues, les sédiments en suspension et les matières organiques augmentent la turbidité de l'eau jusqu'à des niveaux nuisibles pour certains organismes. La turbidité est un élément important, car une forte présence de particules suspendues dans les rivières diffuse davantage de lumière solaire et absorbe de la chaleur, augmentant ainsi la température et réduisant la lumière bénéfique aux plantes. La turbidité s'accroît avec l'érosion des berges, la croissance excessive des algues et les modifications du courant des rivières.

3.1.7. Les matières en suspension :

En plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, détritus déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique (Ivanoff, 1972).

La détermination des matières en suspension (MES) est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre pollution dissoute et pollution sédimentable, car le devenir de ces deux composantes est très différent, tant dans le milieu naturel que dans les systèmes d'épuration.

Dans une eau usée urbaine, prés de 50 % de la pollution organique se trouve sous forme de matières en suspension. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables,

il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas, sauf en période de crue des cours d'eau.

La composition des matières en suspension peut être appréciée par analyse directe : plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. Les erreurs sur les valeurs résultantes sont alors élevées (Bontoux, 1993). Les matières en suspension sont exprimées en mg/l.

3.2. Paramètres indicateurs de pollution :

3.2.1. La demande biologique en oxygène (DBO_5) :

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux (Bontoux, 1993). Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5.

Berne et Cordonnier (1991) définissent la DBO_5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée.

La DBO_5 est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'(O_2)/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre (Gomella et Guerree, 1978).

3.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O_2)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (Grosclaude, 1999). Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

3.2.3. Les matières oxydables (MO) :

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau, il se définit à partir de la DBO_5 et de la DCO selon la formule suivante (Badia-Gondard, 2003) :

$$\mathbf{MO = (2 \times DBO_5 + DCO)/3}$$

3.2.4. Le carbone organique total (COT) :

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés

chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent êtres pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (cellulose, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (COD) ou le carbone total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO.

Les méthodes de dosage du carbone organique utilisent toutes le même principe, qui consiste à oxyder le carbone organique en dioxyde de carbone. Cette oxydation peut être obtenue par combustion, irradiation UV, oxydation chimique ou par tous autres procédés appropriés. Le dioxyde de carbone est ensuite mesuré, soit directement, par un analyseur infrarouge ou par toutes méthodes covenant à son dosage, soit réduit en méthane et analysé par un décanteur à ionisation de flamme (Rodier et al, 2005).

3.3. Les Sels nutritifs (azote et phosphore) :

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

3.3.1. L'azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du $N\text{-}NH^{4+}$ La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant (Grosclaude, 1999).

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (Gaujous, 1995).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour designer l'azote ammoniacal (Aminot et Chausse-Pied, 1983). En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène (Gaujous, 1995).

- **Nitrites (NO_2^-) :**

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

$$4\ NH_4^+ + 7\ O_2 \longrightarrow \text{(Nitrosomonas)} \longrightarrow 4\ NO_2^- + 6\ H_2O + 4\ H^+$$

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie (Sevrin-Reyssac et al, 1995).

- **Nitrates (NO_3^-) :**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.
Cette réaction appelée nitratation s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène (Sevrin-reyssac et al, 1995).

$$2\ NO_2^- + O_2 \longrightarrow \text{(Nitrobacters)} \longrightarrow 2\ NO_3^-$$

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites.

Azote global = Azote Kjeldahl + Nitrites + Nitrates (Sevrin-Reyssac et al, 1995)**.**

3.3.2. Phosphore :

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique … ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage.

C'est un agent d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel (Bontoux, 1993).

Rôle et sources des sels nutritifs :

Les éléments nutritifs qui limitent l'activité photosynthétique des organismes autotrophes sont : l'azote, le phosphore et le silicium sou leur forme oxydée, d'où leur appellation « éléments bio limitant » (Copin-Montégut, 1996). Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externes et internes).

- Source externe : elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviatile.
- Source interne : elle représente l'origine la plus importante, elle est assurée par des flux verticaux et leur régénération à partir de la matière organique issue de la photosynthèse

effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique (Levitus et al, 1993). Ainsi par les excrétions des microorganismes marins qui libèrent aussi certaine forme de sels nutritifs. Et enfin, par diffusion des sédiments marins (1%).

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines. Ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leur variation est gouverné par les facteurs physiques, chimiques et biologique (Jacques et al, 1986). Pour cela ils forment un outil très important pour la caractérisation et l'identification des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine.

3.4. Oligo-éléments et les toxiques minéraux :

Les oligo-éléments sont toujours présents dans l'eau en quantités très faibles. Leur présence est généralement indispensable au développement des êtres vivants, et leur absence peut entraîner des carences. A plus fortes concentrations, ils deviennent toxiques.

La plupart sont désignés comme étant "métaux lourds", bien que tous ne soient pas des métaux ; ces éléments sont soumis à des normes, particulièrement en eau potable, mais aussi en rejets industriels, pour les boues d'épuration valorisable en agriculture, pour les épandages de boues de curage de rivières … (Gaujous, 1995).

3.5. Les paramètres bactériologiques :

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale (Gaujous, 1995).

L'OMS (1979) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences ; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de Lancfield (1933), et parfois les *Clostridium perfringens*.

La raison de ce choix réside dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple est rapide entre 24 et 48h, que celle des germes pathogènes ; généralement plusieurs jours avec nécessité d'identification sérologique (Gauthier et Pietri, 1989).

3.5.1. Les coliformes totaux (CT) :

Les coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulant permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C (OMS, 1979).

Les coliformes regroupent les genres *Escherichia, Citrobacter, Entérobacter, Klébsiella, Yersinia, Serratia* (Rodier et al, 2005 ; Joly et Reynaud, 2003).

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier et al, 2005).

3.5.2. Les coliformes fécaux (CF) :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, on les désigne souvent sous le nom d'*Escherichia coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aérogènes*, *Klebsiella pneumoniiae* …etc.) (OMS, 1979 ; Rodier et al, 2005 ; Joly et Reynaud, 2003).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine (Rodier et al, 2005).

3.5.3. Les Streptocoques fécaux :

Sont considérées comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales (OMS, 1979). Ils se disposent, le plus souvent, en diplocoques ou en chainettes (Leclerc et al, 1995 ; Joly et Reynaud, 2003).

Selon la classification sérologique de Lancefield (1933), 5 espèces sont reconnues parmi les streptocoques fécaux (streptocoques du groupe D). Il s'agit de : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium*, car les autres streptocoques ont une origine fécale douteuse.

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant, y compris dans les milieux salés (Gaujous, 1995). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1979).

Le rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux < 1 veut dire que la contamination est d'origine animale et dans l'autre cas elle est d'origine humaine. Le tableau ci-après représente la source de contamination selon le rapport CF/SF.

Tableau 1 : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.

Rapport CF/SF	Source de contamination
R < 0,7	Principalement ou entièrement d'origine animale
0,7< R <1	Mixte à prédominance animale
1< R <2	Origine incertaine
2 < R < 4	Mixte à prédominance humaine
R> 4	Source exclusivement humaine

3.5.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs :

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux ; ce sont aussi des germes telluriques, et de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne chercher que les espèces les plus susceptibles d'être fécales, c'est le cas en particulier de *Clostridium perfringens* (Rodier et al, 2005). Les *Clostridium perfringens* sont des bâtonnets anaérobies, Gram (+), sporulants et qui réduisent les sulfites en sulfures en 24 à 48 heures (OMS, 1979).

Ils sont excrétés par l'homme et les animaux, on les trouve régulièrement dans les matières fécales humaines, leur densité est la suivante (OMS, 1979) :

- Excréments humains 10^6 à 10^8 /g ;
- Eaux usées non traitées 10^3 /ml.

Ils sont employés comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (OMS, 1979) :

- Ils se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine ;
- Ils ne se multiplient pas dans les sédiments ;
- Ils survivent longtemps dans les sédiments, ce qui permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente (Rodier et al, 2005).

3.5.5. Les salmonelles :

Elles appartiennent au groupe des Entérobactéries, elles sont en forme de bâtonnet, Gram (-), anaérobies facultatives. Les salmonelles sont pathogènes pour l'homme et peuvent causer des fièvres entériques, des gastroentérites et des septicémies (Ceaeq, 2005). Ce sont des microorganismes non sporulant, habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriche ou immobiles, mésophiles avec une température optimale de croissance 37°C (Bourgeois, 1990). Les salmonelles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine.

Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles (Leclerc et al, 1995).

Le genre Salmonella comprend de nombreuses espèces pathogènes. La contamination se fait par ingestion de l'eau de mer ou à la suite d'une consommation des fruits de mer. Des sérotypes tels que *Salmonella typhi*, *salmonella paratyphi A*, certaines souches de *Salmonella paratyphi B* sont strictement humains ; d'autres concernent les animaux (bovins, volailles…), mais les sérotypes les plus nombreux sont ubiquistes (Delarras et Trebaol, 2003).

3.5.6. Les staphylocoques :

Ces bactéries appartiennent à la famille des Micrococcaceae (Bergey, 1984). Ce sont des cocci à Gram (+) arrangés en paires, en tétrades ou en grappes. Ils sont immobiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, asporulés (OMS, 1995). Ils sont catalase (+) et fermentent les sucres en produisent de l'acide lactique (Leclerc et al, 1995).

L'espèce *staphylococcus aureus* ou « staphylocoque doré » possède toutes ces caractéristiques, ajoutant à cela qu'elle est coagulase (+), il est à noter que les staphylocoques sont ubiquistes, très largement distribués dans l'environnement (Leclerc et al, 1995).

L'espèce *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution des eaux littorales et des fruits de mer. Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important.
La recherche des staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade (Gaujous, 1995 et Rodier et al, 2005).

3.5.7. Les vibrions :

Cette famille comprend des bacilles à Gram (-) qui sont soit mobiles par une ciliature polaire péritriche contenue dans une gaine, ou bien immobile. Ils sont aéro-anaérobies facultatif, réduisent les nitrates et dégradent des glucides par métabolisme fermentatif. Au sein de cette famille, on distingue quatre genres : *Vibrio, Aeromonas, Plesiomonas et Photobacterium.*

Le genre Vibrio revêt une importance particulière dans la contamination des eaux et des fruits de mer. La plupart des vibrions sont d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl (FAO, 1996). On distingue une trentaine d'espèces différentes, les plus importantes qui sont réputés pathogènes pour l'homme sont : *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* et *V. vulnificus*. *V. cholerae* est l'espèce la plus connue du genre vebrio. Elle ne se trouve pas à l'état naturel dans l'eau propre, mais elle est introduite par les eaux usées non traitées.

3.5.8. Les techniques d'évaluation de la qualité bactériologiques du milieu marin :

Il existe plusieurs méthodes de dénombrement des bactéries dans les eaux de mer. La plus part sont basées sur la mise en culture des échantillons dans ou sur des milieux nutritifs sélectifs.

Parmi ces technique la méthode de filtration sur membrane, cette technique consiste à filtrer sur des membranes montées dans un appareil à filtration un volume d'eau brute (ou diluée), puis à appliquer ces membranes sur des milieux sélectifs, coulés en boites de Pétri. Après incubation, les colonies développées seront dénombrées et éventuellement prélevées pour être confirmées ou étudiées.

Cette méthode a été mise au point dés 1929 par Cholodny. L'avantage de cette méthode est sa simplicité, sa rapidité, sa rentabilité et l'économie du temps (Brisou et Denis, 1980).

3.5.9. La qualité bactériologique des eaux de baignades :

La qualité des eaux de baignade est principalement mesurée par la teneur de contamination fécale (coliformes, streptocoques) qui accompagnent fréquemment des germes pathogènes, porteurs de maladies, dont la détection est plus difficile.
Selon l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993, les eaux de baignade doivent répondre aux normes suivantes :

Tableau 2 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1).

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeur guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli / 100 ml	/100ml	100	2000
Streptocoques fécaux / 100 ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1L	-	0
Vibrion cholérique	/450 ml	-	0

- **Valeurs guide** : caractérise une qualité pour la baignade.
- **Valeur impérative** : constitue la limite supérieure au-delà de laquelle l'eau est considérée de mauvaise qualité (baignade interdite).

Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

4. L'équivalent habitant (EH) :

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (Badia-Gondard, 2003).

5. Les normes algériennes de rejet d'effluents :

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2 (Voir Annexe 2), définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel et fixe, en son annexe, les valeurs limites de ce rejet.

Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3 (Voir Annexe 3). Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

PARAMÈTRES	UNITÉS	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO_5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993.

6. Benthos (Contribution a la biosurveillance du littoral) :

La biosurveillance est l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement.

La surveillance des milieux aquatiques repose sur deux approches complémentaires : la quantification de certains polluants dans les matrices environnementales et la recherche de perturbations au niveau des populations (invertébrés, diatomées, poissons).

Le benthos, maillon de la chaîne alimentaire, a toujours intéressé les écologistes car la macrofaune benthique s'est révélée être un bon paramètre dans la mise en évidence des perturbations des écosystèmes ; son biotope dépend de la nature du sédiment et sa signification écologique est de plus en plus précise. Ainsi, malgré les étapes d'identification des espèces, longues et coûteuses, les études de la macrofaune benthique suscitent un grand intérêt scientifique étant donné que le macrobenthos est un bon indicateur et un bon intégrateur des variations des conditions environnementales aussi bien d'origine naturelle qu'anthropique.

Les milieux anthropiques et les milieux portuaires en particulier doivent être envisagés et utilisés comme de véritables laboratoires naturels permettant l'étude et la compréhension des mécanismes biologiques tels que les liens qui régissent les variations du milieu et les variations des espèces.

6.1. Les groupes écologiques :

Les organismes vivant dans un écosystème particulier sont normalement adaptés à l'ensemble des composantes physiques, chimiques et biotiques de leur environnement et par conséquent, les conditions du milieu correspondent aux exigences écologiques de chaque espèce.

Il paraît donc nécessaire de présenter brièvement les différents groupes écologiques, en insistant sur la notion d'espèces indicatrices, utilisés au cours de la présente étude. Cette démarche permet de dégager les différentes particularités spécifiques qui peuvent exister au cours d'un cycle annuel et à un moment donné dans une station donnée.

Pour chaque peuplement, les espèces sont classées en 5 groupes écologiques suivants :

- Les espèces caractéristiques,
- Les espèces à large répartition écologique (Lre),
- Les espèces indicatrices,
- Les espèces sans signification écologique précisée (Sspr),
- Le groupe des divers est constitué d'espèces appartenant à des groupes écologiques différents de ce qui sont cités précédemment. La dominance de ce groupe n'excède pas 5%,

Nous à notre étude les espèces intéressées sont les espèces indicatrices qui sont décrits ci-après.

6.2. Les espèces indicatrices ou Bioindicateur :

L'intérêt des indicateurs biologiques réside dans le fait qu'ils peuvent révéler un déséquilibre de l'écosystème qui ne serait pas facilement décelable ni quantifiable et de fournir un diagnostic rapide de l' « état de santé » de l'écosystème (Bellan *et al*, 1990 ; in Rebzani, 2003).

Pour notre étude, les espèces indicatrices qui ont été utilisées sont :

6.3. Les espèces indicatrices de pollution (IP) :

Ce groupe d'espèces a été décrit par plusieurs auteurs notamment Reish (1959), Bellan (1964) et Péres et Picard (1964). Bellan (1993) (in Rebzani, 2003) signale que les indicateurs biologiques les plus connus sont les « espèces indicatrices de pollution organique » ; il remarque que la teneur en carbone organique du sédiment est comprise entre 2 et 10 g pour 100g ; il s'agit de *Capitella capitata, Cardium exigum, Cirriformis (Audouinia) tentaculata, Malacoceros (Scolelepis) fuliginosus, Nereis caudata, et Staurocaphalus (Dorvillea) rudolphii*. Ces espèces sont d'abord faiblement représentées puis au fur et à mesure que le milieu s'anthropise, elles deviennent plus abondantes, finalement seules *Malacoceros fuliginosus* et *Capitella capitata* subsistent ; cette dernière résistera aux conditions les plus extrêmes. Nous avons séparé en deux groupes ces espèces ; ainsi nous avons :

- **IP d'ordre 1 (IP1)** : *Capitella capitata* et *Malacoceros (Scolelepis) fuliginosus* ; elles sont beaucoup plus résistantes et peuvent subsister soit ensemble soit séparément en fonction du siège de la pollution (eau, sédiment).
- **IP d'ordre 2 (IP2)** : *Cirriformis (Audouinia) tentaculata, Cardium exigum, Nereis caudata, Polydora antennata et Staurocaphalus (Dorvillea) rudolphii* ; ces espèces résistent assez mal à une trop forte pollution comme l'ont signalée Nodot et al. (1984) (in Rebzani, 2003).

Conclusion :

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaitre l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

La présente étude s'intègre aussi dans une approche écosystémique, qui permet une caractérisation du milieu marin par l'utilisation d'outils biologiques que sont les espèces « indicatrices de pollution marine ». Ces dernières se caractérisent généralement par une importante vulnérabilité face aux perturbations du milieu.

CHAPITRE 2

Description de la zone d'étude

Introduction :

La baie de Bouismail a intéresse beaucoup de scientifiques selon les thèmes qui les est préoccupés, c'est ainsi que nous retrouvons des travaux effectués dans les domaines se rapportant à la biologie, le benthos, la sédimentologie, les paramètres physicochimiques….etc.

1. La Baie de Bou-Ismaïl :

1.1. Localisation géographique :

La baie de Bouismail (ex golfe de Castiglione) est située à l'ouest d'Alger du Ras Acras (ou Acrata) jusqu'au Cap Mont Chenoua entre 2° 54' E et 36° 48' N à 2° 24 E et 36° 38' N, d'une superficie de 350 km^2, est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de Bouzaréah. L'ouverture de la baie s'oriente selon un axe nord-ouest d'environ 40 km.

La baie de Bou-Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques (Figure 1) :

- La baie d'El Djamila limitée à l'Est par Ras Acrata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- Le secteur Sidi Fredj – Oued Mazafran, constitué sur environ 12 km de plage de sables fins.
- Une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30 km dont la limite à l'Ouest est Tipaza.
- La baie du Chenoua ou se jette l'oued Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sables fins.

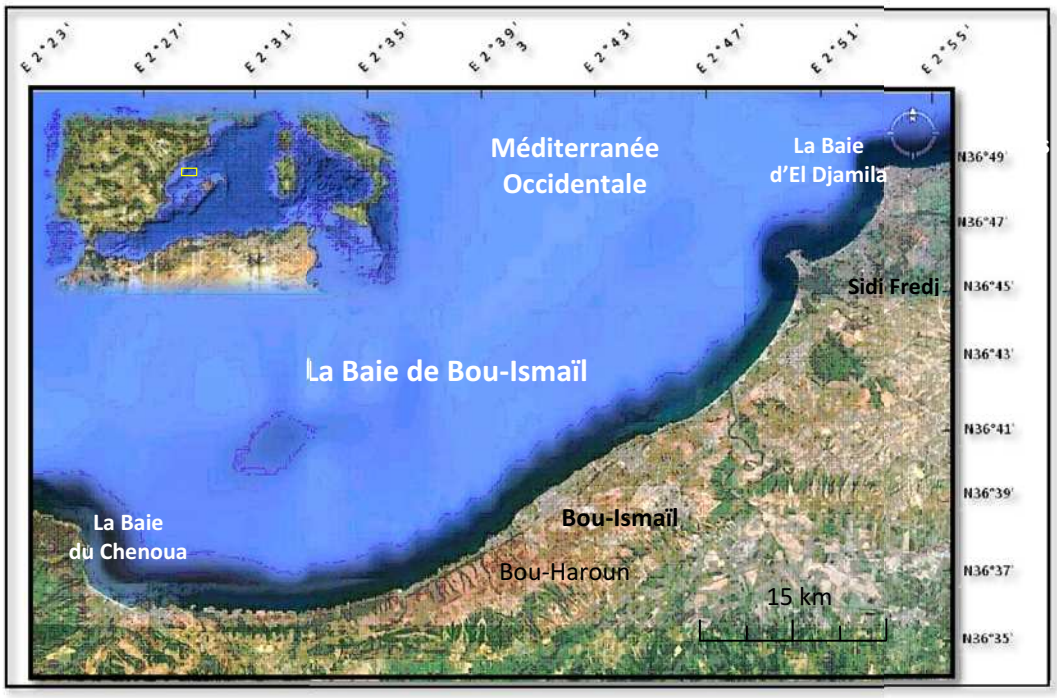


Figure 1 : Situation géographique de la baie de Bouismail (Google Earth, 2010).

1.2. Topographie de la baie :

Le plateau continental est d'une manière générale, très étroit selon Vaissiere et Fredj; 1963 (in Asso, 1982). La limite la plus extrême du plateau continental au niveau du mont Chenoua atteint 7 milles. Ainsi, la surface du plateau continental de la baie de Bouismail est de 509 Km2 (Chavance et Girardin, 1986) (in Zeghdoudi, 2006). Le plateau continental est caractérisé par une faible déclinaison de l'ordre 1% (Asso, 1982),

1.3. Sédimentologie de la baie :

L'analyse des sédiments de la baie de Bouismail montre une grande diversité sur le plan sédimentaire, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (Figure 2) et l'herbier *Posidonies océanica* (Leclaire, 1972). La dynamique sédimentaire dans la baie de Bouismail est régie essentiellement par :

- La dérive littorale due aux houles du Nord Ouest.
- La dérive littorale dus aux houles du Nord Est.

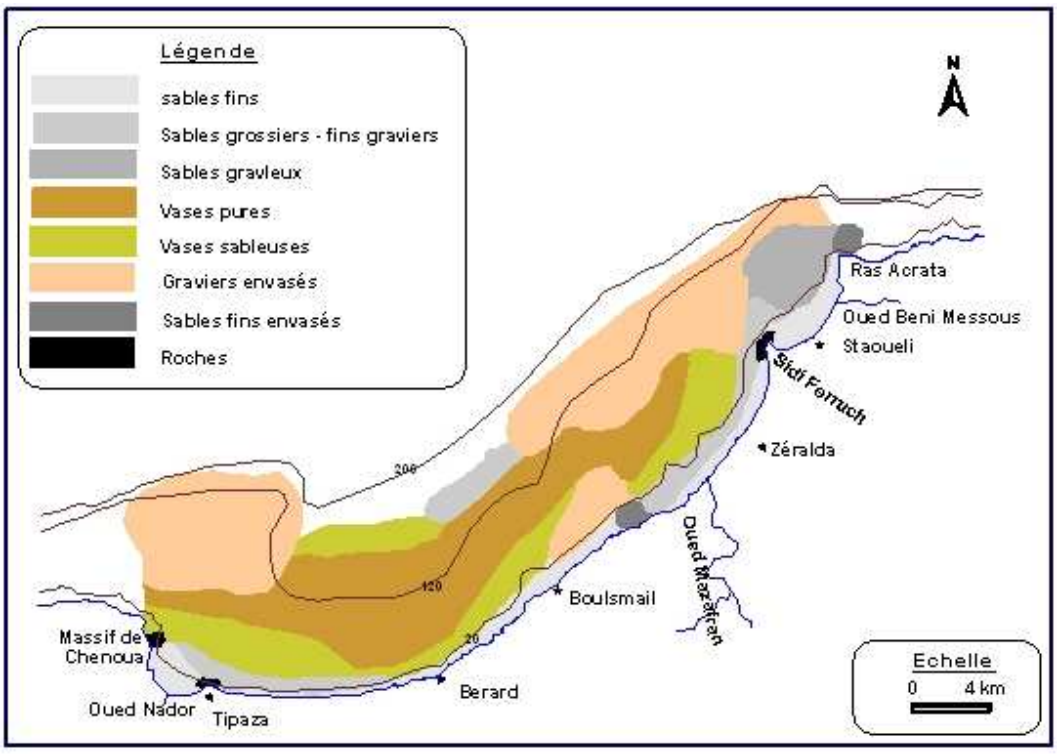


Figure 2 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (PAC, 2005).

1.4. Réseau hydrographique :

Les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismaïl sont l'oued Nador dans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran centre de la baie et l'oued Béni Messous en baie d'El Djamila (Annane et al, 2007) (Figure 3).

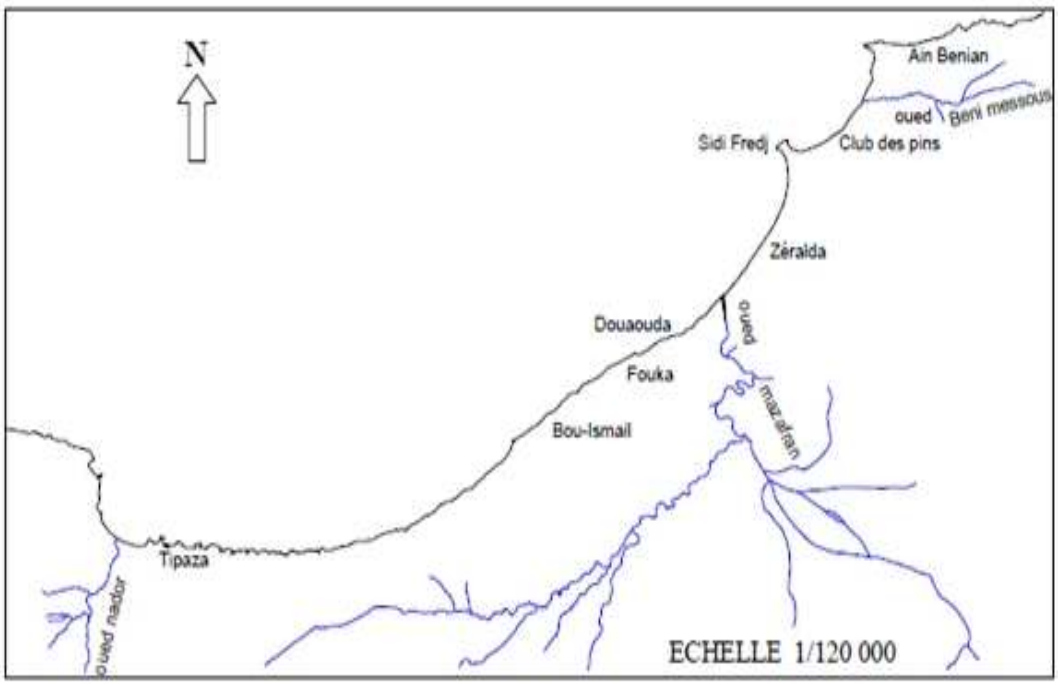


Figure 3 : Réseau hydrographique de la baie de Bouismail.

- ***L'oued Mazafran :***

Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : long étiage (six mois), crues hivernale et printanière soudaines, fortes et de courte durée.

- ***L'oued Nador :***

Situé sur la partie occidentale, ne prend sa naissance que dans la cluse de Tipasa avant de débouchement dans la baie de Chenoua. Son bassin versant est drainé par un réseau d'affluents : l'oued Bou Yersen, oued Bouardoin ; oued Merad et oued Bourkika.
La surface de son bassin versant est de l'ordre de 230 km^2 avec un débit de 890 l/s, son écoulement moyen annuel est de l'ordre de 36.3 km^3/année.

- **L'oued de Béni Messous :**

Il prend naissance dans le massif de Bouzaréah, reçoit un grand nombre d'affluents et se jette dans la baie d'El Djamila. Son bassin versant s'étend sur 33 km^2, prés de 7 km^2, soit 21.2% de l'aire occupée par le bassin est perméable, 11 km^2 (33.3%) semi-perméable et 15 km^2 (45.5%) imperméable (M.A.Dergali, 1997), (Tableau 4).

Le sol du bassin versant de l'oued Béni Messous est considéré comme semi-perméable, avec une tendance imperméable. Ce caractère hydrologique limite l'infiltration et réduit l'importance des nappes phréatiques, ce qui favorise le lessivage du sol par les eaux de ruissellements.

En l'absence de données sur les débits liquides et solides au niveau de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) nous avons pris en considération celui calculé par Mahout, 1989, in M.A.Dergali, 1997) par la méthode du coefficient de ruissellement, il est de l'ordre de 245 l/s en moyenne.

Tableau 4 : Caractéristiques du bassin versant de l'oued Béni Messous (ANRH).

Surface bassin versant (km^2)	Longueur (km)	Pente (%)	Altitude		perméabilité		
			min	max	perméable	Semi-perméable	Imperméable
33	11.50	3	00	360	$7km^2$ 21.2%	$11km^2$ 33.3%	$15km^2$ 45.5%

Dans la baie de Bouismail se jettent de nombreuse ravines et ravins, surtout au niveau du Sahel à cause de sa topographie. Ces ravines et ravins sont responsables de la formation des anses au niveau de la baie.

2. Conditions météorologiques dans la baie de Bouismail:

2.1. Climat :

Le facteur climatique influt directement sur les ressources hydriques, la couverture végétale, la population …etc. Du fait de sa proximité de la mer méditerranée, la baie de Bou- Ismail est caractérisée par un climat sub-humide, un hiver humide et un été chaud et sec (CNDPA, 2005).

2.2. Vents :

Le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La baie de Bouismail est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduisent par une prédominance :

- Des vents d'Ouest en Hiver et Printemps induisant des houles de grandes amplitudes, d'une vitesse moyenne de 2m/s.
- Des vents de l'Est en Été et début Automne avec des faibles amplitudes, avec une vitesse moyenne supérieur de 2m/s et peuvent être très violents de 15 à 20m/s durant 3 jours consécutifs (Asso, 1982 in Zeghdoudi, 2006).

2.3. Température et précipitations:

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution, géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction. Il existe deux périodes durant l'année

- Période chaude (Avril-Octobre), elle se caractérise par des faibles précipitations et une moyenne thermique de 23°C.
- Période froide (Novembre-mars), elle se caractérise par des précipitations ayant une moyenne saisonnière de 89.49 mm et une moyenne thermique de 15°C (Korichi, 1988).

Tableau 5 : Températures mensuelles moyennes de la baie de Bou Ismail pour la période 1976 – 2005 (ONM : Office national de la météorologie).

Mois		Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T(C°)	Min	5.5	5.9	7.1	8.8	12.3	16.1	18.9	19.8	17.6	14.2	9.8	7.2
Moye	Max	16.7	17.4	19.2	20.9	23.9	28.2	31.2	32.2	29.6	25.9	20.8	17.9

2.4. Pluviométrie:

La zone d'étude fait partie du bassin méditerrané connu par deux saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse durant le moi Octobre jusqu'au moi d'Avril.
- Une saison sèche de Mai à Septembre avec des pluies très rares dues aux orages notamment en Août (Annane et al, 2007).

3. Facteurs hydrodynamiques:

La connaissance des actions hydrodynamiques marines est fondamentale pour l'étude de l'évolution des formes côtières, elle doit être à la base de toute opération d'aménagement littoral.

- **Les courants :**

La baie de Bouismail est soumise a un courant générale de l'ouest vers l'est, entre en surface par le détroit de Gibraltar, il résulte d'un écoulement d'eau atlantique pouvant atteindre selon (Millots 1987) 0.5 à 0.7 m/s, passant à quelques milles au larges de cotes (in Dergali. M.A, 1997).
Les courants génèrent par les vagues apparaissent à proximité des cotes, essentiellement au niveau de leur déferlement. Le mouvement de va et vient engendrer produit un effet de cisaillement sur le fond qui entraine les particules.

- **Les courants de dérive littorale :**

De nombreux auteurs (Eckman, 1923 ; Munk, 1949 ; Shepard et Inman, 1950) ont noté que les vents et les houles interviennent dans la création des courants parallèles à la cote ; par conséquent dans le transit littoral des sédiments selon les travaux de Laras la dérive littorale n'est présente que lorsque la houle atteint la cote avec une certaine obliquité, la vitesse de courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°.
La dérive littorale a pour conséquence de modifier la morphologie littorale et d'alimenter la plage par des sédiments venant d'autres régions. (In Dergali.M.A, 1997),

- **Les houles :**

D'une manière générale la houle est définie comme une oscillation de la partie superficielle du plan d'eau et dépend du régime des vents.

- **Les houles hivernales :** sont de direction Ouest et Nord-Ouest. Elles engendrent des courants de retour dés leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants entraînent le transport d'un sédiment fin (Kadari-Meziane, 1994).
- **Les houles estivales :** sont de direction Nord-est, et entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-ouest, dés leurs arrivées tangentiellement à la cote avec transfert des sédiments qui engraissent le rivage (Braik ; 1989) (in Aouidad 1997).

4. Géomorphologie de la baie :

La baie de Bouismail est caractérisée par une morphologie côtière diversifiée composée des côtes rocheuses, de falaises, de plages et de dunes (Grimes ; 2004).

- **Les falaises :** La falaise la plus importante dans la baie de Bou Ismail est celle de Mont Chenoua qui est située à l'Ouest de la commune du chef lieu de Tipaza.
- **Les côtes rocheuses :** Il s'agit de formes rocheuses quelconques localisées entre Tipaza (les différentes anses) et Bou Haroun (rocher plat).
- **Les plages :** La baie de Bouismail comprend 16 plages dont la plus développée est celle de Colonel Abbas (située dans la commune de Douaouda) qui s'étale sur une longueur de 3.000 m. La granulométrie de ces plages est constituée de sable fin, moyen et de galets.
- **Les dunes :** C'est des formations qu'on retrouve immédiatement sur la continuité des plages puisqu'elles sont à l'origine de leur formation (Figure 4).

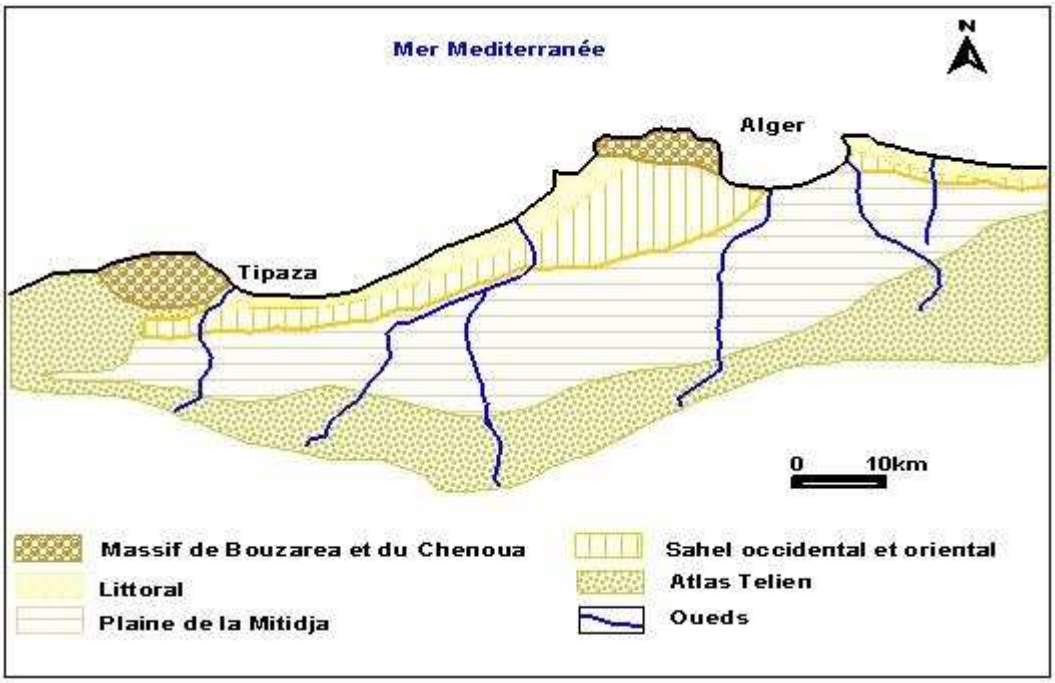


Figure 4 : Morphologie côtière de la baie de Bouismail (Grimes ; 2004).

5. Sources de pollution dans la baie de Bouismail :

La baie de Bouismail est caractérisée par une agriculture bien développée et plus fertile utilisant des pesticides polluants les nappes phréatiques 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 forets 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 importantes sont les suivantes :

- 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).
- Unité de tissage.
- Finissage et teinturerie utilisant des produits chimiques tels que les colorants à base de métaux (chrome …etc.).

Les rejets domestiques et les rejets des complexes touristiques par ce que la baie fait parti de la zone d'expansion touristique (ZET) qui s'accentuent en période estivale, plus les nombreuses unités industrielles, tous ces rejets sont évacués directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable (Tableau 6).

Tableau 6 : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littorale .Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic (2006).

Communes	Nombre de rejets	Débit (m^3/j)	Lieu de rejet
Bouismail	9	4000	Mer
Bouharoun	4	320	Oued Khemisti et Mer
Khemisti	6	400	Mer
Fouka	5	3600	Oued Mazafran et Mer
Douaouda	5	1600	Mer
Tipaza	8	7140	
Cherchell	8	3600	
Sidi Ghiles	2	480	
H.Ennous	2	160	
Meselmoun	3	1100	
Gouraya	3	900	
Larhat	3	312	
Damous	3	960	
Ain Tagourait	6	320	
Total	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 Mered aux niveaux de l'oued Macta Makhlouf qui n'est que la continuité de l'oued Béni Azza ou 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 Bouismail sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Principaux industries dans la région de Bouismail (Aouidad ; 1997).

Industries textiles	Cuire et peaux	Papeteries	Plastiques/Caouthax et verre
Ain Bénian (28) **Douaouda (02)** **Fouka (04)** **Bouismail (08)** **Bouharoun (03)**	Ain Bénian (01) Bouismail (02) Staoueli (01)	Fouka (01) Zéralda (01)	Ain Bénian (03) Bouismail (01) Staoueli (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 qui est pratiqué a l'heure actuelle :

Dénomination 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 boite, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques + Chutes de cartons, papiers
TERRA CÉRAMIQUE	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

Autres unités :		
KN Mine	Eurl CCNBH	Sarl SAFCF Poterie
Matelot	La sahelienne	Sarl Fouka Emballage Touhami
CPKD	Sarl SOAL BIC	Sarl Roxal
ECOREP	Société Algérie Lumière	Sarl Castihygiene
Sarl Irsal	Intrace	Céramique Hyppocampe
Céréales d'or		

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. De plus, très peu inventoriée, la pollution biologique, notamment, par *Caulerpa racemosa* n'est plus à négliger puisque cette algue colonise de vastes espaces de l'étage infralittoral dans la baie.

A tous 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 d'El-Djamila, Port de plaisance de Sidi Fredj, Port de plaisance de Palm Beach (Figure 5).

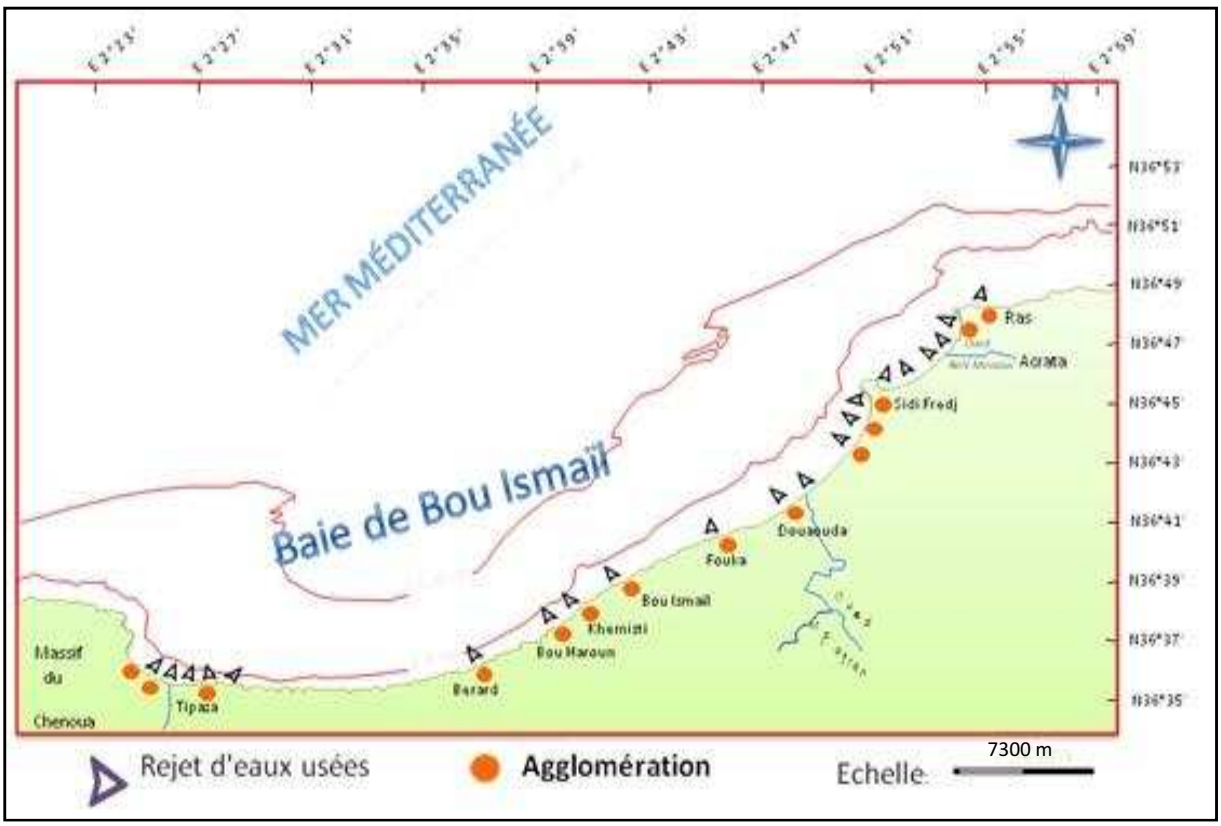


Figure 5 : Les principaux rejets dans la baie de Bouismail (Grimes ; 2004).

Les différentes pressions exercées sur les zones de prélèvement sont synthétisées dans un tableau récapitulatif (Voir Annexe 4).

2ème Partie :

Étude Expérimentale

CHAPITRE 3

Matériels et Méthodes

Introduction :

Le contrôle et le suivi de la pollution au niveau de la baie de Bouismail se réalisent par des tests bactériologiques, dosage des sels nutritifs, paramètres physico-chimiques, matière en suspension et matière organique.

1. Choix et localisations des stations :

Dans le but d'avoir une variété de mesures et une vue sur l'état de la pollution dans la baie de Bouismail, nous avons réalisé plusieurs prélèvement dans différentes stations. Trois sorties en mer ont été organisées ; au total de 18 stations pour l'étude des différents paramètres.

Les zones de prélèvement ont été choisies selon l'importance de pollution le long de la baie et chaque zone à ces stations (Figure 6)

Avec :
Z1 : La baie d'El Djamila (Figure 7).
Z2 : Le port de Sidi Fredj (Figure 8).
Z3: Fouka.
Z4: Bouismail. } (Figure 9).
Z5 : Le port de Bouharoun.

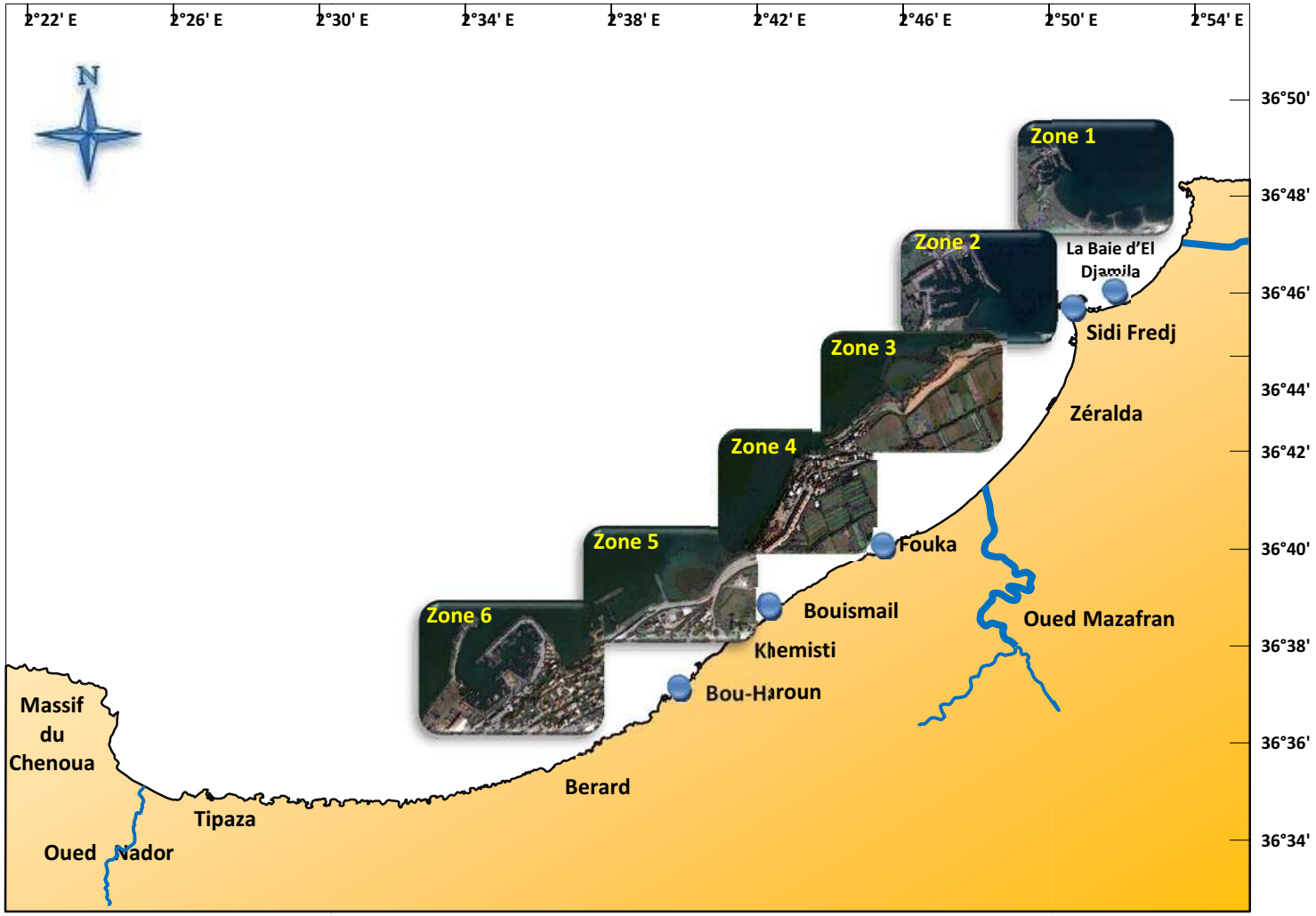


Figure 6 : Localisation des zones d'étude dans la baie de Bou -Ismaïl

Le procédé utilisé pour le prélèvement de l'eau de mer de surface est de récoltée à l'avant du navire (à bord de l'embarcation BABA AROUDJ) en arrêt afin de réduire les risques de contamination par le bateau.

Plusieurs prélèvements ont été réalisés pour les mesures des différents paramètres tels que les paramètres physico-chimiques, indicateurs de pollutions, Sels nutritifs, étude bactériologique et Benthos.

La première sortie en mer a été effectuée le 19/04/2010 dans la baie d'El Djamila.

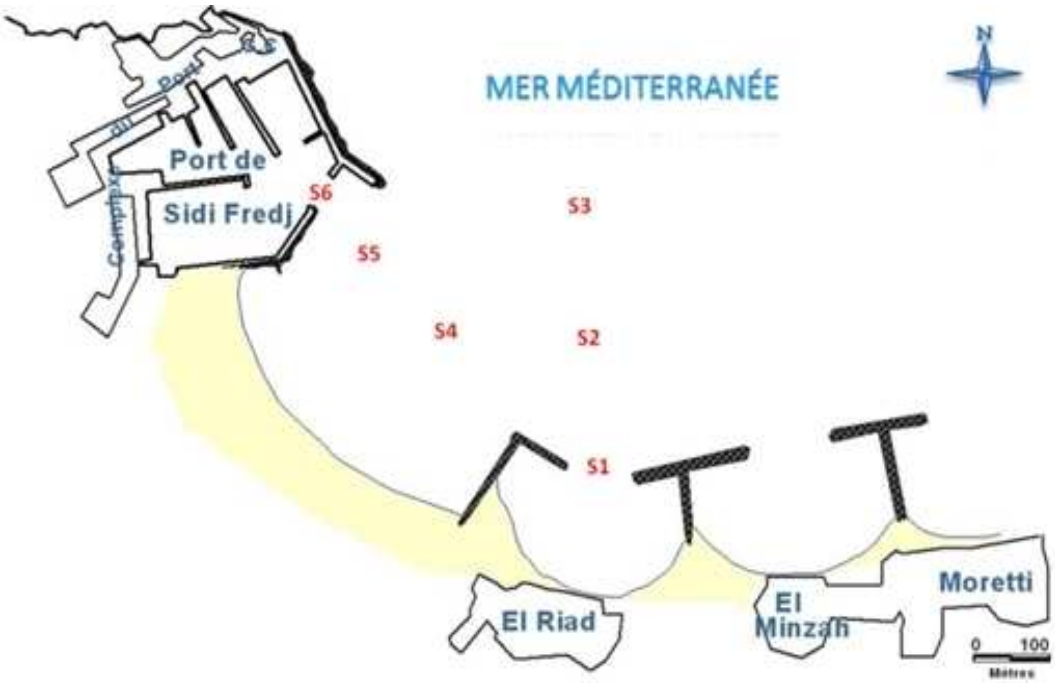


Figure 7: Localisation des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamila.

La deuxième a été effectuée le 12/05/2010 dans le port de plaisance de Sidi Fredj.

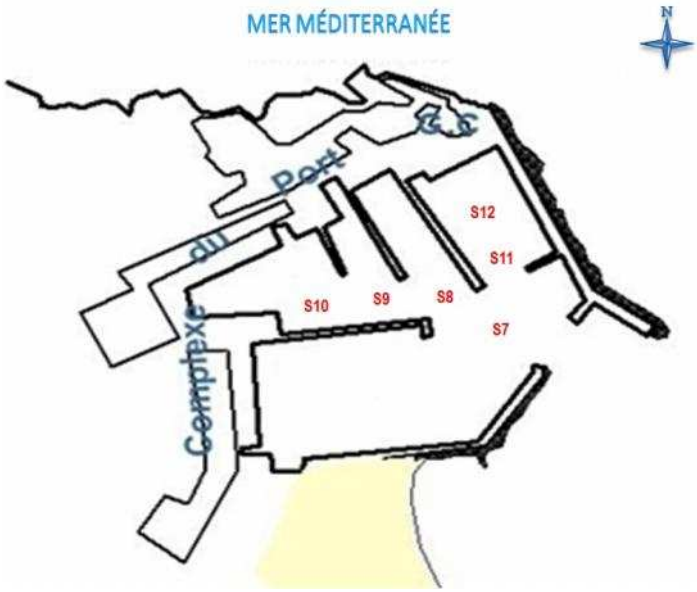


Figure 8 : Localisation des stations de prélèvement dans le port de plaisance de Sidi Fredj.

La troisième a été effectuée le 20/05/2010 dans trois zones déférentes : Fouka, Bouismail, Bouharoun.

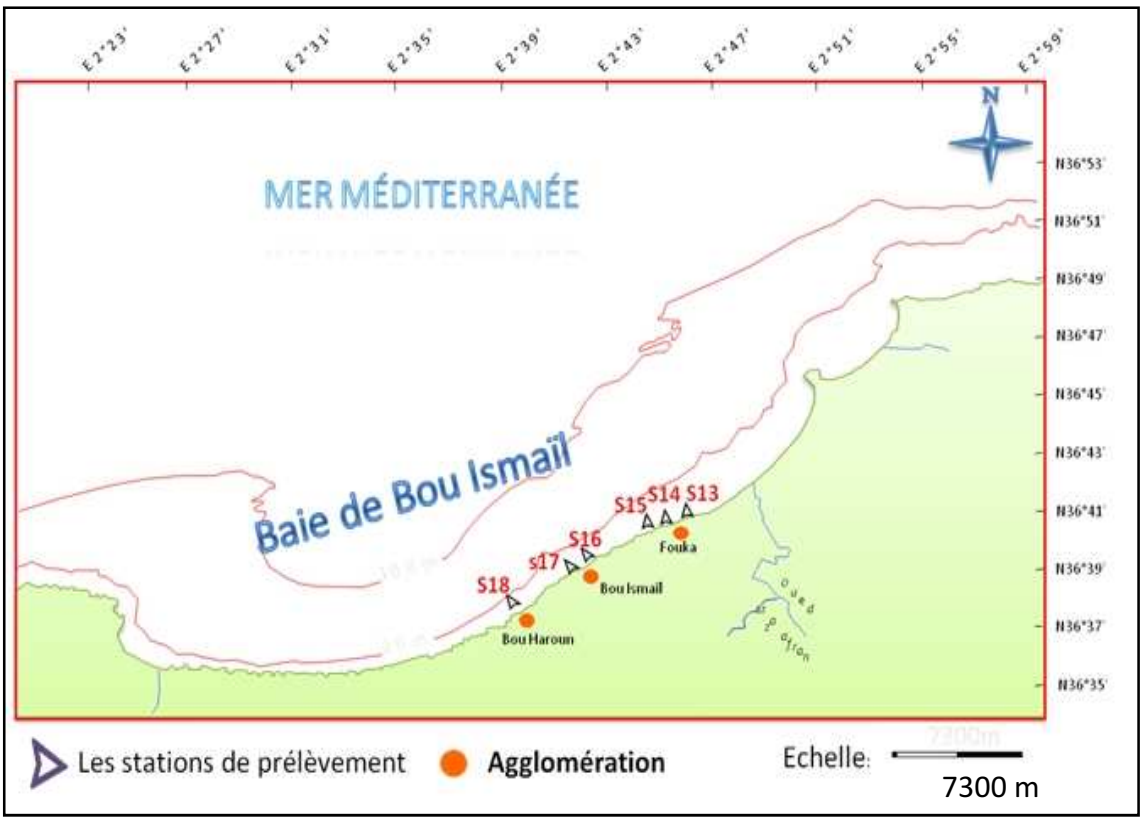


Figure 9 : Localisation des stations de prélèvement dans Fouka, Bouismail et Bouharoun.

- Les indicateurs de la pollution tels que : La demande chimique en oxygène, la demande biochimique en oxygène, l'oxygène dissous ; l'étude bactériologique et Benthos ont été pas réalisés a toutes les stations.
- Les cordonnées géographiques les images satellitaires des stations se trouve à l'annexe 5.

2. Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre une partie aliquote du milieu à étudier ; alors que l'échantillonnage consiste à retenir une fraction du prélèvement sur laquelle sera effectuée l'analyse.

A l'aide d'un GPS, sont déterminées les coordonnées des points de prélèvement.

L'échantillonnage peut se faire sans prélèvement intermédiaire, l'eau est prise directement dans des flacons sans transiter par une bouteille de prélèvement, c'est l'étape la plus délicate dans la chaine de mesure de la qualité des eaux, car elle conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. Il conviendra donc que :

- d'une part, toutes les précautions soient prises pour que l'eau prélevée subisse le minimum de modification entre l'instant du prélèvement et celui de l'analyse.
- d'autre part, les échantillons soient homogènes et aussi représentatif que possible du milieu.

On distingue deux types d'échantillons :

A- L'échantillon ponctuel :

L'échantillon ponctuel est celui où l'ensemble du volume constituant l'échantillon est prélevé en une seule fois. Ce type d'échantillons est utile pour déterminer la composition d'une eau résiduaire à un instant donnée. Ce type d'échantillon est généralement prélevé manuellement en utilisant des récipients ou flacons, mais l'emploi d'équipement automatique est également possible.

B- L'échantillon composite :

Ce sont des échantillons préparés par mélange de plusieurs échantillons ponctuels. Il existe deux types d'échantillons composites :

- échantillons dépendant du temps ;
- échantillons dépendant du débit.

3. Conditionnement des échantillons :

Lors de l'échantillonnage, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons. Le matériel d'échantillonnage doit être, de préférence, constitué d'un matériau inerte non susceptible de perturber les analyses effectuées sur l'échantillon, la pratique courante consiste à employer des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté.

Le tableau en annexe 6 récapitule le type de récipients appropriés aux différents paramètres à étudier.

Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent puis le rincer à l'eau (voir annexe 7). On peut avant utilisation, rincer le matériel d'échantillonnage dans l'eau dans laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination.

La désignation des échantillons se traduit dans la pratique par l'étiquetage ou le marquage de chaque flacon d'échantillon d'eau. Il est indispensable de repérer l'ensemble des récipients contenant les échantillons de façon claire et durable afin de permettre leur identification sans ambigüités en laboratoire. La solution la plus judicieuse consiste à opérer par une des deux désignations possibles suivantes (voir annexe 8) :

- soit les flacons sont désignés par une étiquette où sont indiquées l'origine de l'échantillon et les conditions dans lesquelles il a été prélevé ;
- soit il est possible de simplifier cette opération en utilisant un système d'étiquettes numérotées ou codées.

4. Conservation des échantillons :

Pour avoir des résultats analytiques significatifs, il est très important de connaitre le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'analyse. Le moyen le plus courant de conservation des échantillons d'eaux consiste à les garder dans une mallette isotherme de température comprise entre 0 et 4°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire dans un temps ne dépassant pas les 24 heures.

Pour stabiliser un échantillon ou du moins, ralentir toutes réactions éventuelles, il n'existe pas de panacée. On recommande de prendre pour chaque analyse des précautions particulières et parfois, d'ajouter des agents chimiques (conservateurs) (voir annexe 6) afin d'éviter certaines transformation lors du transport ou certaines interférences au moment de l'analyse en laboratoire.

5. Analyses et modes opératoires :

Les analyses doivent être faites le plus tôt possible après le prélèvement pour permettre d'avoir des résultats représentatifs. Elles regroupent la mesure de paramètres insitu ainsi que de paramètres au laboratoire :

5.1. Paramètres insitu :

Un certain nombre de paramètre physicochimique de l'eau ne peuvent être mesurés que sur terrain car les valeurs peuvent évoluer très rapidement dans les échantillons prélevés. Ce sont principalement : la température de l'eau et son pH.

5.1.1. La température de l'eau :

La température de l'eau est l'exemple même du paramètre qui évolue très vite après le prélèvement, en particulier quand l'écart avec celle de l'air est important. Par ailleurs, la nécessité de transporter les échantillons à basse température rend obligatoire la mesure sur site.

A- Appareillage :

La mesure de la température de l'eau est aujourd'hui réalisée à l'aide d'un appareil électro métrique. Le pH mètre affiche la valeur de température (voire figure 10).

B- Mode opératoire :

La température de l'eau sera prise en même temps que le prélèvement de l'échantillon. L'immersion dans le milieu à étudier devra être d'une durée suffisante pour que la valeur affichée soit stabilisée. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée, en laissant la sonde dans l'eau.

C- Expression des résultats :

La précision recherchée pour ce paramètre est habituellement de l'ordre de 0,5°C. Avec les appareils électrométriques, la précision sur la mesure proprement dite peut atteindre ± 0,1°C.

5.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

Parmi tous les paramètres physico-chimiques analysés sur le terrain, c'est un des plus délicats à mesurer correctement.

Il est recommandé de déterminer le pH des eaux in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans des flacons. Le pH est mesuré avec un appareil électrométrique avec électrode de verre, le pH-mètre.

A- Appareillage :

Un pH-mètre est composé d'une électrode de verre, d'une électrode de référence au calomel-KCl saturé et d'un dispositif potentiométrique. Indépendamment du dispositif potentiométrique dont les caractéristiques techniques peuvent varier, il existe un très grand nombre d'électrodes dont les spécificités sont propres à chaque constructeur et à chaque domaine d'utilisation.

Le préleveur se rapportera donc aux recommandations établies par le fabricant (domaine et gamme d'utilisation, fréquence d'étalonnage, solution tampon, durée de vie de la sonde…).

Figure 10 : pH-mètre.

B- Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation du pH-mètre ce qui peut prendre plusieurs minutes. Veiller à ce que la température de l'échantillon ne varie pas pendant la mesure.

C- Expression des résultats :

Le plus souvent la précision recherchée est de l'ordre de ± 0,05 unité pH. Une manipulation rigoureuse, avec des contrôles d'étalonnage fréquents, permet d'atteindre une précision de ± 0,02 unité pH. Les résultats sont exprimés en unités de pH, à la température de mesure qui doit être indiquée.

Tableau n° 8 : Classification des eaux d'après leur pH.

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

5.1.3. Oxygène dissous OD :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O_2 diminue lorsque la température augmente.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

C'est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface. Au niveau de la mer à 20°C, la concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8,8 mg/l d'O2 à saturation. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présente de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau.

A- Appareillage :

La mesure de l'oxygène dissous dans l'eau est réalisée à l'aide d'un appareil électrométrique, un Oxymètre.

Figure 11 : Oxymètre.

B- Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation de la concentration ou le pourcentage de saturation ce qui peut prendre plusieurs minutes.

C- Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en (mg/l) ou (%) de concentration.

5.1.4. Salinité :

Elle indique la teneur en sels dissous. D'après Kadari-Meziane (1994), la salinité moyenne annuelle en baie de Bouismail fluctue entre 37.18 p.s.u. et 38.18 p.s.u, selon l'importance des précipitations en hiver et de l'évaporation en été. Elle varie de 1% à 2% entre la surface et le fond, ces basses salinités s'expliquent par des apports locaux, sans oublier l'influence du courant atlantique (Dezgiovanni et Moueza, 1972 in Dahamni, 2000).

A- Appareillage :

La mesure de la salinité dans l'eau est réalisée à l'aide d'un appareil électro métrique (conductimètre voire figure 12).

B- Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation de la salinité ce qui peut prendre plusieurs minutes.

C- Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en (P.S.U).

5.1.5. Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

A- Appareillage :

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain à l'aide d'un conductimètre.

Figure 12 : Conductimètre.

B- Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation de conductivité ce qui peut prendre plusieurs minutes.

C- Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en (mS/cm).

5.2. Paramètres mesurés au laboratoire :

Aussi tôt arrivés au laboratoire, les échantillons sont soumis à une série d'analyses qui permettent d'apprécier la qualité de l'eau brute et traitée, de mesurer leur degré de pollution et de contrôler l'efficacité du traitement qu'elles ont subi.

Nous nous intéressons principalement dans la baie de Bouismail à la détermination de la pollution tellurique par l'estimation des paramètres : matière en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO) et demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5) dont le mode opératoire est décrit ci-après.

5.2.1. Matières en Suspension (MES) :

Selon le domaine d'application, la quantité d'eau à analysé et la qualité présumée des matières suspendues dans l'eau, Le protocole de détermination des matières en suspension (MES) se basera sur l'une des méthodes expérimentales suivantes :

- La néphélométrie ;
- La centrifugation ;
- La filtration.

Dans le cas de l'analyse des eaux usées, il est recommandé de procéder par filtration sur couche d'amiante ou sur filtre en fibre de verre pour les échantillons d'eaux traitées et par centrifugation pour les échantillons d'eaux brutes et chargées afin d'éviter le colmatage des filtres.

Le choix de la filtration sous vide avec membrane filtrante en fibre de verre s'est imposé, dans notre cas, d'une part, en raison de sa rapidité et de sa simplicité à mettre en œuvre.

A- Principe de la filtration :

Cette méthode se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre en fibre de verre de 0,47 µm. le poids de matière retenue par le filtre, noté **P** est déterminé par pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé.

B- Matériel utilisé :

- Dispositif de filtration ;
- Balance ;
- Capsules ;
- Filtres en fibre de verre avec une porosité de 0,47 µm ;
- Étuve.

C- Mode opératoire :

- Rincer le filtre à l'eau distillée et le sécher à l'étuve à 105 °C environ 30 à 60 min ;
- Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter son poids **P1** ;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser ;

- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. Son poids est noté **P2**.

c Ne mettre l'eau que petit à petit, toujours en homogénéisant bien pour ne pas avoir à filtrer de trop grands volumes sur un filtre colmaté.

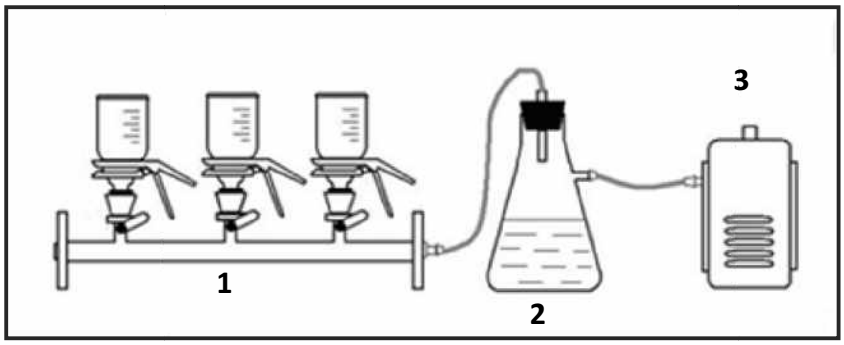


Figure 13 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

D- Expression des résultats :

La concentration de la matière en suspension en mg/l dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$[MES] = ((P2 - P1)/V).\ 10^3$$

Où :

P0 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg) ;
P1 : Poids du filtre sec après filtration (en mg) ;
P1 – P0: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;
V : Volume de la prise d'eau (en ml).

5.2.2. La matière organique particulaire dans l'eau de mer (MO) :

Les filtres utilisés pour la détermination de la matière en suspension dans l'eau de mer sont mis dans des creusets, et pesés avec précision, soit P1 ce poids. Après les avoir passé au four à moufle à 520°C pendant deux heures, les creusets et les filtres sont à nouveau peser, soit P2 ce poids. La différence de ces deux poids (P1, P2) nous donne le poids de la matière organique brûlée.

$$M.O\ (mg) = P2 - P1$$

Figure 14 : Un four à moufle.

Figure 15 : Les creusets.

5.2.3. Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium, $K_2Cr_2O_7$ dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures (Norme NF T 90-10, équivalente ISO 6060). D'une manière simplifiée, on peut décrire cela par la réaction :

$$\textbf{Composés organiques} + Cr_2O_7^{2-} \xrightarrow[H^+]{\text{Catalyseur}} CO_2 + H_2O + Cr^{3+}$$ (Bliefert et Perraud, 2001)

Plus il y a de substances oxydables dans un échantillon d'eau, plus on utilise de dichromate. La DCO est déterminée par le dosage de l'excès de dichromate titré avec du sulfate de fer et d'ammonium (sel de Mohr) car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit.

A- Matériel nécessaire :

- DCO-mètre ;
- Granules : pierres ponces ou billes de verre.

Figure 16 : DCO-mètre.

B- Réactifs à utiliser (voir annexe 7 pour leur préparation) **:**

- Solution d'acide sulfurique et sulfate d'argent ;
- Solution sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2\ Fe(SO_4)_2\ 6H_2O]$ à 0,12 mol/l ;
- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,04 mol/l et contenant du sulfate de mercure (II) ;
- Hydrophtalate de potassium ($KC_8H_5O_4$) à 2,0824 mmol/l ;
- Ferroïne.

C- Mode opératoire :

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium et quelques régulateurs d'ébullition (granules : billes de verre) ;
- Ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccorder immédiatement le tube au réfrigérant ;
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour deux échantillons à blanc (10 ml d'eau distillée) et un essai témoin (10 ml d'hydrogénophtalate de potassium) ;
- Amener le mélange réactionnel à l'ébullition pendant 120 minutes à 150°C ;
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes ;
- Enlever le réfrigérant et diluer à 75 ml et laisser refroidir ;
- Titrer l'excès de dichromate avec la solution de sel de Mohr en présence d'une ou de deux gouttes de l'indicateur coloré Ferroïne.

D- Expression des résultats :

La DCO exprimée en mg d'O_2/l est donnée par la formule :

$$DCO = 8000 \times C_{Fe} (VT - V_E) / E$$

Où :

C_{Fe} : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l **;**

E : Volume de la prise d'essai en ml ;

VT : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à blanc;

V_E : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'échantillon

8000 : Masse molaire en mg/l de ½ O_2.

c On doit vérifier la validité de la méthode en calculant la DCO de l'essai témoin, qui doit être de 500 mg d'O_2/l, en remplaçant dans l'équation V_E par V_R.

Où : **V_R :** Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai témoin ;

Avec la valeur de la DCO, contrairement à la valeur de la DBO_5, les composés difficilement dégradables ou non dégradables biologiquement sont également mesurés.

Tableau 9 : Valeurs typiques de DCO (Bliefert et Perraud, 2001).

DCO (en mg/l)	Type d'eaux usées/substrat
5 … 20	eaux courantes
20 … 100	eaux usées communales après épuration biologique
300 … 1000	eaux usées communales non épurées
22 000	eaux d'infiltration de décharges

5.2.4. Demande Biologique en Oxygène (DBO_5) :

On dispose pour la détermination de la DBO_5 de deux catégories de méthodes :

- par dilution : ces méthodes ont pour principe d'établir une dilution de l'eau riche en matières organiques par une eau apportant l'oxygène dissous dont on mesure la quantité résiduelle dans des conditions opératoires bien déterminées.
- par un système de mesure OxiTop : utilisation d'un appareillage pour la mesure de la DBO_5.

Nous opterons pour l'utilisation d'un système de mesure OxiTop pour la raison que ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.

A- Instruments et produits nécessaires :

- Système de mesure OxiTop ;
- Système d'agitation à induction ;
- Armoire thermostatique (T° à 20 °C) ;
- Flacons bruns et fiole jaugée ;
- Godets en caoutchouc ;
- Extracteur magnétiques et barreaux aimantés ;
- Pastilles de soude (NaOH).

B- Sélection du volume d'échantillon :

- Estimer la valeur de la DBO_5 à 80 % de la valeur de la DCO ;
- Déterminer la plage de mesure correspondante.

D- Mode opératoire :

- Introduire le volume V correspondant à la gamme d'estimation de la DBO_5 par rapport à la DCO du même échantillon dans un flacon brun en verre contenant un barreau magnétique ;
- Placer un godet en caoutchouc contenant deux pastilles de soude (NaOH) servant à absorber le CO_2 produit lors de la consommation de l'oxygène (les pastilles ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon) ;
- Visser l'OxiTop directement sur le flacon ;
- Lancer la mesure en appuyant sur S et M simultanément (deux secondes) jusqu'à ce que l'afficheur indique 00 ;
- Maintenir, dans une armoire thermostatique, le flacon de mesure avec l'OxiTop à 20 °C pendant 5 jours. Après que la température de mesure soit atteinte (au maximum après 1H), l'OxiTop lance automatiquement la mesure de la consommation de l'oxygène ;
- l'échantillon est agité en continu pendant 5 jours. L'OxiTop mémorise automatiquement une valeur toutes les 24 heures sur 5 jours. Pour connaitre la valeur courante, il faut appuyer sur la touche M.

D- Expression des résultats :

La DBO_5 s'exprime en mg d'O_2/l et s'obtient par la multiplication de la valeur affiché par l'OxiTop après 5 jours d'incubation à 20°C par le facteur correspondant au volume échantillonné qui est donné par la gamme d'estimation (voir annexe 8).

La différence entre la DCO et la DBO_5 vient des substances présentes dans l'eau qui ne peuvent pas être décomposées microbiologiquement. Parce que tous les polluants ne sont pas totalement décomposables, la valeur de la DBO_5 se situe en dessous de celle de la DCO.

Tableau 10 : Valeurs typiques de DBO_5 (Bliefert et Perraud, 2001).

DBO_5 (en mg/l)	Type d'eaux usées/substrat
6	cours d'eaux courantes modérément pollués
20	eaux communales après traitement biologique
250	eaux communales non épurées
> 5000	eaux usées de l'industrie alimentaire
13 000	eaux de ruissellement sous les décharges

6. Classes de qualité des eaux :

On considère qu'une eau est polluée lorsque, la concentration en oxygène dissous est située au-dessous d'une certaine valeur limite ; car la consommation d'oxygène dans l'eau est principalement due à des substances polluantes qui sont biologiquement dégradables. Quelques substances inorganiques appartiennent à cette catégorie, mais la plupart des composés qui utilisent l'oxygène sont de nature organique.

On dispose de plusieurs possibilités pour caractériser une eau avec des indicateurs. Dans le tableau suivant, à coté de la teneur en oxygène sont données entre autre la valeur de la DCO et de la DBO_5 correspondantes.

Tableau 11 : Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité (Bliefert et Perraud, 2001).

Classe de qualité	Taux de saturation en O_2 (%)	Oxygène dissous (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	DCO (mg/l)	Qualité de l'eau
1A	≥ 90	≥ 7	≤ 3	≤ 20	excellente
1B	70 … 90	5 … 7	3 … 5	20 … 25	bonne
2	50 … 70	3 … 5	5 … 10	25 … 40	moyenne
3	< 50	< 3	10 … 25	40 … 80	médiocre
4	-	-	> 25	> 80	Hors classe

1A : Qualité excellente - absence de pollution : qualité d'eau normale ;
1B : Qualité d'eau bonne - pollution modérée : eau possédant des propriétés requises pour la vie et la production des poissons, ainsi que pour la production d'eau destinée à l'alimentation humaine après traitement simple ou normal ;
2 : Qualité moyenne - pollution nette : eau possédant des propriétés requises pour la vie piscicole mais où la reproduction du poisson est aléatoire, et permettant la production d'eau destinée à l'alimentation humaine après traitement poussé (affinage et stérilisation) ;
3 : Qualité mauvaise - pollution importante : eau dans la quelle la vie piscicole est aléatoire et impropre à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine ;
4 : Hors classe - pollution très importante : dégradation du milieu, possibilité de mort biotique ou azoïque.

7. Dosage des sels nutritifs :

7.1. Principe des dosages des sels nutritifs dans d'eau :

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, Orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,…) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert qui est exprimée par la relation suivante :

$$\mathbf{A = D.O = \log (I_0/I) = \varepsilon.L.C}$$

Où :

$\mathbf{I_0}$ et **I** : sont respectivement intensité lumineuse incidente et émergente.
ε : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde.
L : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.
C : concentration de la solution absorbante exprimée en mole/l.
A : absorbance de la solution.
D.O : densité optique de la solution.

7.2. Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau :

L'analyse automatique consiste à réaliser automatiquement les différentes manipulations nécessaires à un dosage manuel : prélèvements, analyse et lecture (Rodier et al. 2005).

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs s'est fait par colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée « Auto-Analyzer SAN PLUS » selon les protocoles définis par le fabricant (Skalar, 1998).

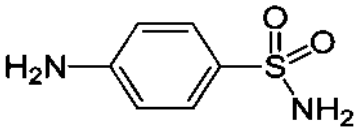
Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : Une veine liquide progresse, par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, en continu, ce qui autorise une polyvalence et une grande souplesse. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail.

- **Dosage de l'ammonium :**

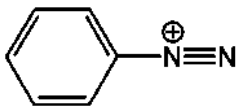
Le dosage de l'ammonium (NH_4^+) est réalisé suivant la méthode de Koroleff (1969) (in Aminot et Chausse-Pied, 1983).
En milieu alcalin (8 < pH < 11,5), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine.
Ce composé, en présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol. La réaction est catalysée par le nitroprussiate de sodium. Le maximum d'absorption se fait à une longueur d'onde de 630 nm.

- **Dosage des nitrites :**

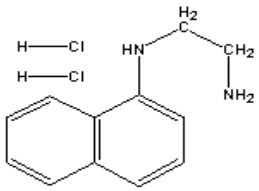
Les nitrites ($N0_2^-$) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide pH<2. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (Benschneider et Robinson, 1952 et Skalar, 1998).



Sulfanilamide



Phényldiazonium



Dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-Éthylènediamine (NED)

Figure 17 : Réactifs de Griess pour le dosage des nitrites.

- **Dosage des nitrates :**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates ($N0_3^-$) en nitrites ($N0_2^-$) par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood et al, 1967).

Les nitrites (en réalité NO_2^- + NO_3^- réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (Rodier et al, 1996).

- **Dosage des Orthophosphates :**

En présence d'antimoine tartrate de potassium à une température de 40° C (bain - marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy et Riley, 1962). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

- **Étalonnage :**

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (voir annexe 9).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

8. Étude bactériologique :

8.1. Prélèvements :

Un examen bactériologique doit être effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans des flacons stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Maul ; 1997).

- Les échantillons sont prélevés dans des flacons de verre de 500 ml, stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 20 minutes.
- Les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau pour éviter toute contamination avec l'air.
- Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C) à l'abri de la lumière.
- Pour éviter les modifications de la teneur initiale, l'analyse ne doit pas excéder 24 heures.

8.2. Le dénombrement bactérien :

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, sur une membrane stérile un volume donné de produit à analyser (eau usée, eau de consommation, et l'eau de mer), la membrane est ensuite déposée sur un milieu nutritif convenable ; après incubation, les colonies sont dénombrer et identifier (Champiat et al ; 1994).

8.2.1. Matériels :

- Dispositif de filtration (voire figure 13)
- Bec-besen pour la stérilisation de la zone de travail.
- Boite Pétri avec les milieux des cultures spécifiques pour chaque germe.
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes stériles quadrillées de porosité de 0.45µm et de 49mm X 9mm de diamètre susceptible de retenir les bactéries.
- Incubateur dont la température est ajustée selon le germe étudié.
- Pompe à vide.
- Pince stérilisée.
- Pipette.

8.2.2. Mode opératoire :

La réalisation de cette technique a été faite selon le protocole suivant :
En présence du bec bunsen et sur une paillasse javellisée (AICHIOU ; 2006)

- Flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil, fermer le robinet du support et mettre en marche la pompe à vide.
- Prélever une membrane stérile en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie ; la déposer sur la plaque poreuse.
- L'entonnoir-réservoir flambé et refroidi est placé au-dessous de la membrane.

- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement.
- Verser dans chaque entonnoir un volume 100ml d'échantillon bien homogénéisé.
- Faire le vide jusqu'à filtration totale de l'échantillon.
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur un milieu adapté aux bactéries recherchées.
- Inscrire sur la boite de Pétri le numéro de l'échantillon et le volume filtré.
- Placer les boites de Pétri en position inverse pour empêcher la condensation sur les membranes et les incubés à une température donnée et pendant une duré spécifique pour chaque germe :
- Flambage du dispositif par le bec bunsen après chaque échantillon filtré, afin d'éviter toute contamination possible.

a. Dénombrement des coliformes, streptocoques fécaux et des staphylocoques :

L'exactitude et la facilité des dénombrements des colonies bactérienne sur les membranes après incubation sont étroitement liées a la quantité d'eau à filtré sur ces membrane (Delarras et Treabol, 2003). Le tableau suivant résume la procédure a suivre pour le dénombrement de ces germes.

Tableau 12 : Dénombrement des CT, CF, SF et Staphylocoques par la méthode de la filtration sur membrane.

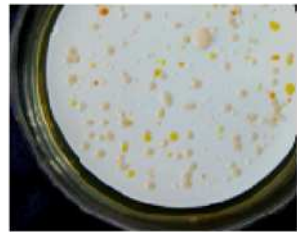
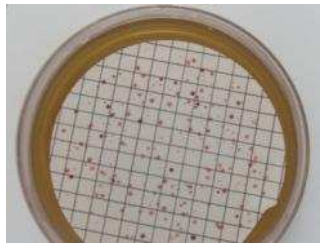
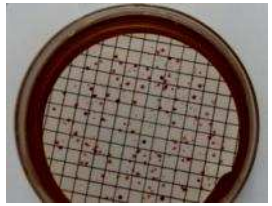
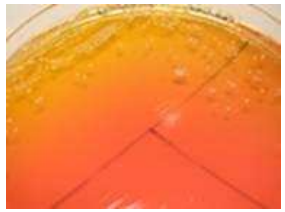
Germe recherché	Sélectivité du milieu d'ensemencement	Aspect du milieu avant utilisation	Volume Filtré	T° et durée d'incubation	Aspect du milieu après
Coliformes (Totaux et Fécaux)	Le Tergitol 7 est un agent tensioactif inhibiteur de nombreux Gram (+) et Gram (-) (Porteus)	Tergitol	100ml	35 ± 2°C pendant 24 heures.	-Colonie rose rouge : réduction du TTC.  -Colonie jaune : absence de réduction du TTC. Halo bleu-vert : lactose (-). Halo jaune : lactose (+)
				44 ± 0,5°C pendant 24 heures.	*E. coli* et *Enterobacter aerogenes* donnent des colonies jaunes Les autres coliformes donnent des colonies rouges
Streptocoques fécaux (Streptocoques du groupe D)	**Teste présomptif** Le Slanetz contient un inhibiteur des Gram (-) qui sélectionne les Streptocoques : l'Azide de Sodium	Slanetz	100ml	37°C pendant 24 à 48 heures.	Les Entérocoques donnent des colonies de taille moyenne, rouges. Les *Bacillus* peuvent pousser et donner le même aspect de colonies, mais de taille plus importante. 

Tableau 12 : Dénombrement des CT, CF, SF et Staphylocoques par la méthode de la filtration sur membrane (suite).

Germe recherché	Sélectivité du milieu d'ensemencement	Aspect du milieu avant utilisation	Volume Filtré	T° et durée d'incubation	Aspect des colonies
Streptocoques fécaux (Streptocoque s du groupe D)	**Teste confirmatif** C'est un milieu sélectif des streptocoques peu exigeants, il contient des inhibiteurs : - La Bile de bœuf. - Azide de sodium.	 BEA (gélose Bile-Esculine-Azide).	Transférer la membrane du test présomptif sur le milieu BEA ; Laisser sur la paillasse à la température ambiante pendant 20 minutes.		Colonies présentant une couleur noire à brun, esculine$^+$: Typique des streptocoques du groupe D. 
staphylocoques	Milieu de Chapman -Concentration élevée en NaCl : Isolement sélectif de Staphylococcus tolérant les fortes concentrations en NaCl.	 Chapman	100ml	37°C pendant 24 heures.	 - Colonies entourées d'une zone jaune, mannitol$^+$: *S. aureus*, *S. saprophyticus*. - Colonies entourées d'une zone rouge ou pourpre, mannitol$^-$: *S. epidermidis*, *S. hominis*.

b. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfitoréductric es :

Pour le dénombrement des spores des anaérobies sulfitoréducteurs, en utilise le milieu à base de viande -foie additionné d'une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de Sulfute de Sodium par flacon de 250 ml, les spores se manifestent sous forme de colo nies entourées d'un halo noire. Le résultat s'exprime en nombre de spores par 100 ml (RODIER et al, 2005).

Les spores qui se sont développées en anaérobiose sont des bactéries produisant à partir des sulfutes, des sulfures qui se pr écipitent avec les ions de fer : *Colstridium* sulfitoréducteurs.

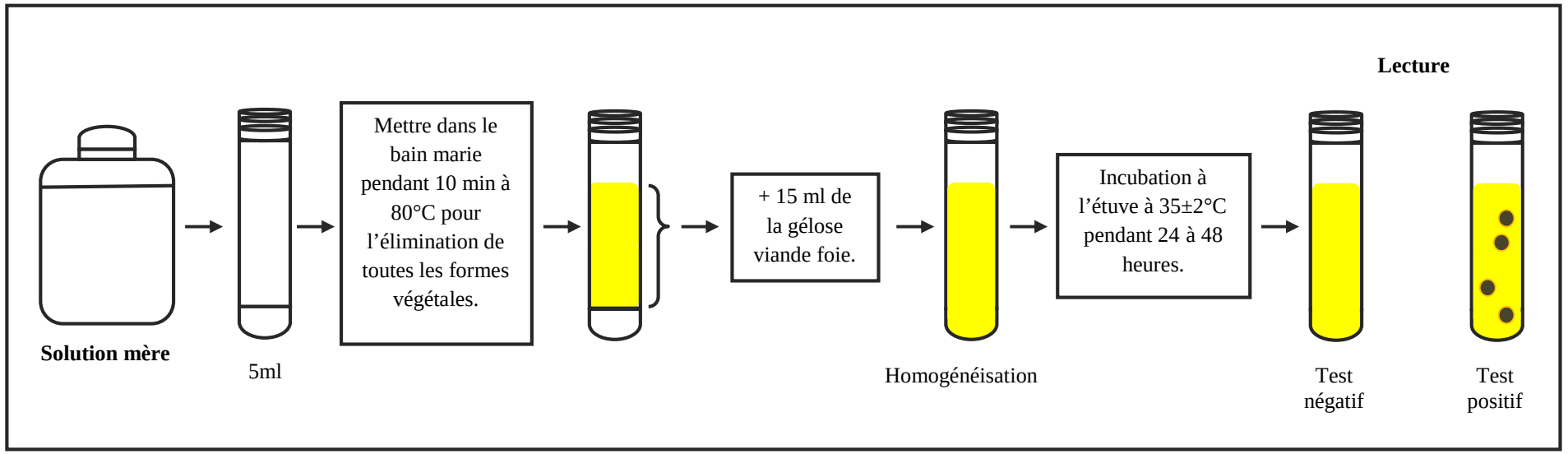


Figure 18 : Technique de dénombrement des bactéries sulfitoréductrices dans l'eau.

c. Recherche des germes pathogènes :

La recherche des Salmonelles et des Vibrions est effectuer par la méthode qualitative, réaliser en trois étapes successives : Enrichissement, isolement et identification biochimique (RODIER et al, 2005).

1. Les salmonelles :

- **Enrichissement :**

Le milieu d'enrichissement des salmonelles est le bouillon au sélénite de sodium « SFB » qui favorise leur développement plus abondamment que les coliformes Gram (-) en 24 heures sous l'action du sélénite de sodium (DELARRAS et TREBAOL, 2003). La figure 19 résume les différentes étapes de cet enrichissement :
Après avoir obtenue une culture éventuellement enrichie en salmonelles, il faudra ensuite faire des isolements sur des milieux sélectifs d'isolement pour salmonelles.

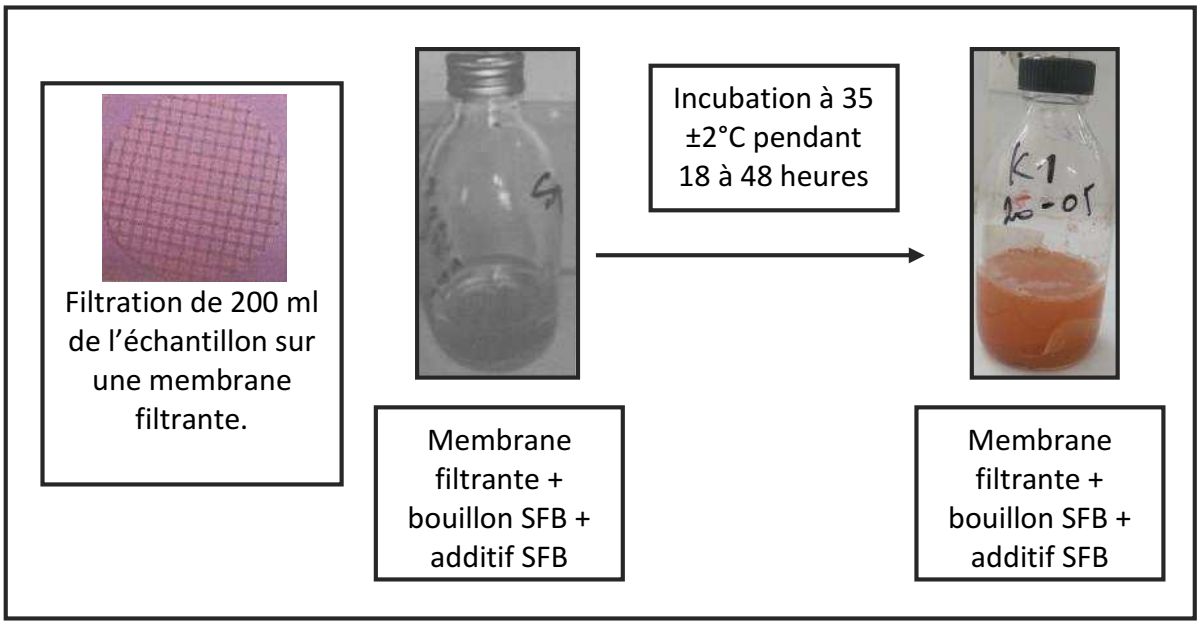


Figure 19 : Technique d'enrichissement des salmonelles dans l'eau par la méthode MF.

- **Isolement :**

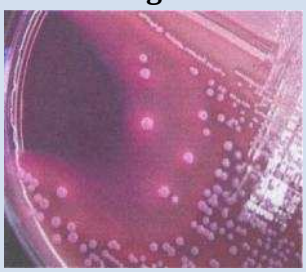
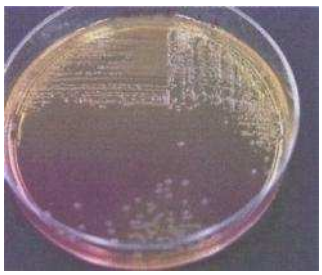
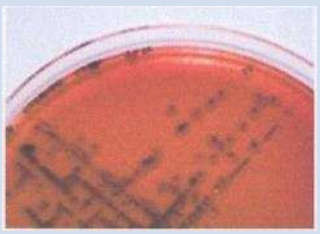
L'isolement se fait par ensemencement du milieu sélectif solide SS (gélose Salmonelles, Shigelles) à partir du bouillon d'enrichissement « SFB » puis incubation à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture et interprétation du milieu :**

Le milieu SS contient trois inhibiteurs :
-Sels biliaires ;
-vert brillant ;
-forte concentration en citrate de sodium.

Ceux-ci empêchent la poussée de toutes bactéries Gram (+), et rendent difficile la croissance des bactéries Gram (-) autres que Salmonella et Shigella. Après incubation, on procède à l'observation macroscopique des cultures obtenues, la couleur des colonies développées dont l'interprétation est apportée dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Couleur des colonies sur la gélose SS (DELARRAS et TREBAOL, 2007).

Couleur des colonies	Métabolisme	Espèces bactériennes suspectées
Rose à rouge 	Lactose +	Escherichia coli Enterobacter aerogene Klebsiella Shigella sonnei
Incolores*, transparentes 	Lactose -	Salmonella, Shigella, autres entérobactéries.
Incolore*, à centre noir 	Lactose -, H_2S^+	Salmonella spp. Salmonella enteritidis Proteus vulgaris Porteus mirabilis } Pas d'envahissement du milieu

***** : en réalité la couleur est beige (comme celle d'une gélose nutritive).

2. Vibrions :

➢ **Enrichissement :**

Le milieu d'enrichissement des vibrions est l'eau peptonée alcaline (EPA) 10 fois concentrée. Au 50ml d'EPA, on ajoute 450ml d'eau de mer puis l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

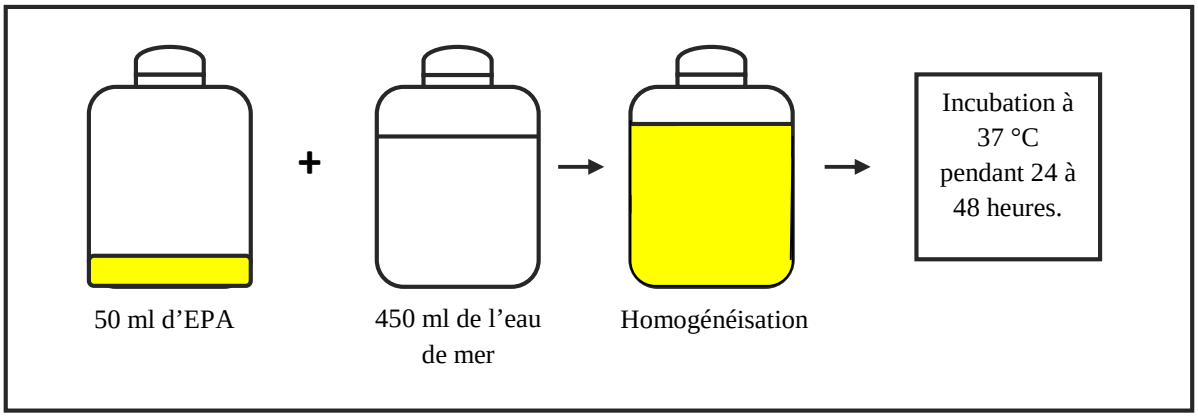


Figure 20 : Technique d'enrichissement des vibrions dans l'eau.

➢ **Isolement :**

A partir du milieu d'enrichissement on procède à l'étalement d'une goutte prélevée à la surface du flacon d'EPA sur milieu Thiosulfate, Citrate, Bile, Saccharose (TCBS), l'incubation est faite à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➢ **Lecture :**

Les colonies apparaissent en :

- Petites colonies Vertes claire.
- Colonies jaune brunes avec virage du milieu vers l'orange (reduction du saccharose): *vibrio cholera*.
- Colonies jaunes translucides de grande taille.
- Colonies incolore au centre vert : *vibrio parahaemolyticus.*
- Colonies orange saumon.
- Colonies marron de grande taille.
- Colonies orange bombées, d'autre sont transparentes.

9. L'étude de Benthos :

La distribution des espèces est déterminée par la texture du sédiment, les conditions du milieu favorables à leur développement et de façon concomitante par la nourriture disponible entre autres. Nous avons essayé de connaître et de comprendre ce système.

Les rejets urbains et industriels deviennent de plus en plus importants et cette pollution grandissante constitue un danger réel pour le milieu marin et les ports en particulier.

Des constats alarmants visibles dans les ports maritimes témoignent de cette situation. Les ports sont des milieux relativement fermés où les rejets d'eaux usées intenses et de natures diverses sont à faible dispersion. Ces milieux perturbés provoquent au sein des peuplements benthiques un déséquilibre temporaire ou permanent de la macrofaune.

On a choisi dans notre étude le port de plaisance de Sidi Fredj qui est parmi les ports qui sont des foyers des déchets dans la baie.

9.1. Stratégie d'échantillonnage :

Les stations sont présentées dans la carte ci-après.

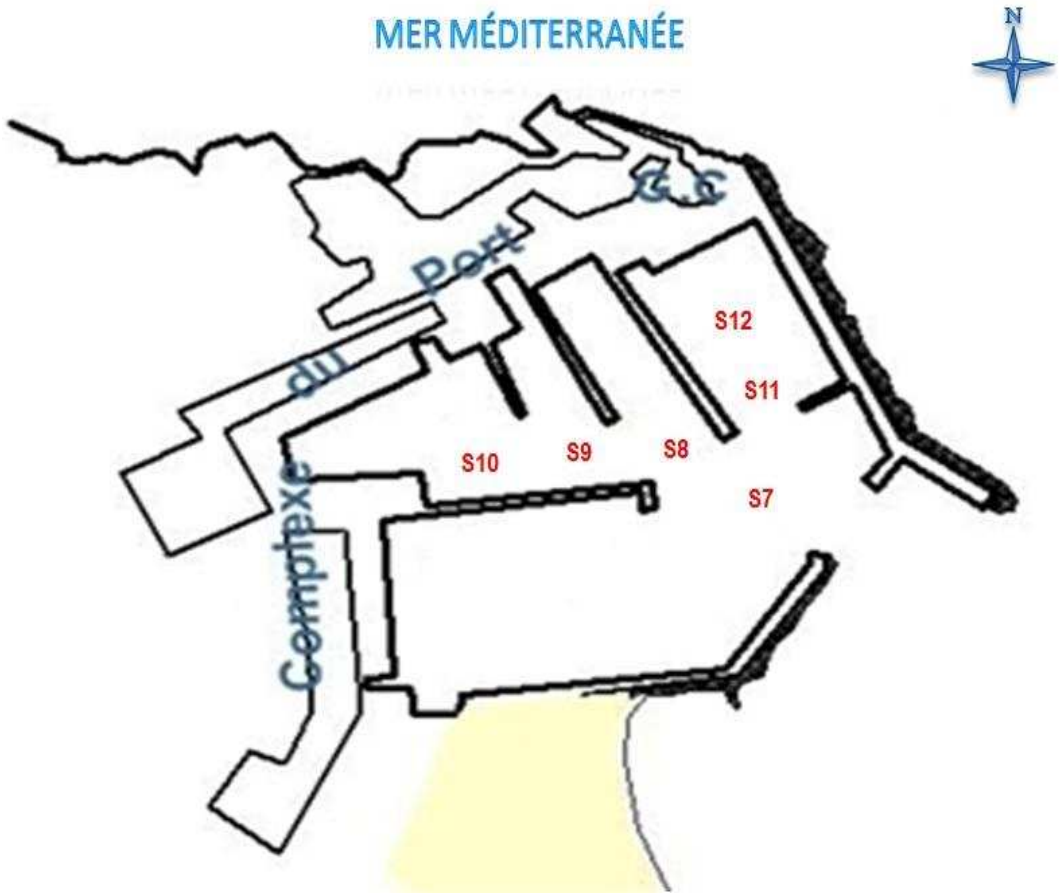


Figure 21 : localisation des stations du port de Sidi Fredj.

9.2. Prélèvement de sédiment :

Le sédiment est prélever a l'aide d'une benne piocheuse de type "Van Veen" qui permet des prélèvements quantitatifs du zoo benthos sur une surface de substrat de 1/8 m². Deux coups de bennes sont réalisés à chaque station.

Figure 22 : Benne Van Veen.

Figure 23 : Tamis.

9.3. Tamisage, fixation et conservation (in situ) :

Le sédiment est tamisé à bord sur un tamis d' 1mm de côté de maille sous un jet d'eau de mer (le macrozoobenthose comprend les organismes dont la taille est supérieure à 1mm). Ainsi, l'échantillon obtenu est fixé au formol à 10% dans des bocaux étiquetés portant toute les indications se rapportant à la station, ces échantillons seront étudiés au laboratoire ultérieurement.

9.4. Traitement des échantillons au laboratoire (macrofaune) :

- Le tri : Le tri s'effectue en 3 étapes :
  - L'échantillon est d'abord lavé à l'eau courante sur un tamis de 1mm de maillage.
  - Le refus du tamis est ensuite versé dans un bac à fond blanc (effet de contraste).
  - Le tri proprement dit s'opère à l'aide d'une pince fine et consiste à recueillir les différentes espèces macrozoobenthiques et les séparer entre Polychètes, Mollusque, Crustacés et divers. Ce dernier groupe comprend les espèces n'appartenant pas aux groupes précédents.

  Les espèces récoltées sont conservées dans des piluliers contenant du formol à 10% et portant une étiquette indiquant le groupe zoologique.

- L'identification : L'identification des espèces s'effectue à l'aide d'une loupe binoculaire et pour certains détails comme les soies chez les polychètes on à utiliser un microscope photonique.

  L'établissement de la position systématique des espèces se réfère à des documents spécialisés : Parenzan (1970, 1974), Chantal Bellon-Humbert et Chantal Pasteur-

Humbert pour les mollusques. Les polychètes sont les seuls à avoir posé des problèmes systématiques. Afin d'éviter des erreurs de détermination dans les différents genres et espèces, nous avons utilisé essentiellement les ouvrages de Fauvel (1927). Ces ouvrages disponibles au laboratoire Biologie Marine (USTHB) sont les plus usités pour la détermination des espèces. Les espèces n'appartenant pas à ces groupes zoologiques ont été déterminées à l'aide de l'ouvrages Fauna & Flora de Riedl, (1963).

9.5. Caractérisation de la macrofaune benthique :

9.5.1. Caractéristiques analytiques :

Les caractéristiques analytiques renseignent sur l'importance, la place et l'influence d'une espèce au sein d'un peuplement.

- **L'Abondance :**

L'abondance d'une espèce dans un prélèvement correspond au nombre d'individus de cette espèce dénombrés dans le prélèvement en question.

- **La Dominance :**

Elle correspond au rapport entre le nombre d'individus **n** de l'espèce considérée et le nombre total **N** d'individus de toutes les espèces. Elle est exprimée en pourcentage :

$$D = (n_i / N) * 100$$

Avec :

D : Dominance de l'espèce.

n_i : Nombre d'individus de l'espèce « i ».

N : Nombre total d'individus.

- **La Densité :**

La densité est l'abondance rapportée à une unité de surface, dans cette étude elle est rapportée à 1m².

- **La Fréquence :**

La fréquence d'une espèce dans un peuplement, est le rapport en pourcentage du nombre de prélèvement où l'espèce en question est récoltée au nombre total de prélèvements effectués dans ce peuplement.

$$F = (P_i / P) * 100$$

Avec :

F : Fréquence de l'espèce « i ».

P_i : Nombre de prélèvements dans lesquels se trouve l'espèce « i ».

P : Nombre total de prélèvement effectués.

Dans cette étude nous opterons la classification adoptée par Bobin (1974) qui distingue quatre catégories d'espèces :

- Les espèces constantes : F ≥ 75% ;
- Les espèces très communes 74% ≥ F ≥ 50% ;
- Les espèces communes dont la fréquence est comprise entre 25% ≥ F ≥ 49% ;
- Les espèces rares dont la fréquence est ≤ 24%.

- **Indice biologique et classification des espaces :**

La classification biocénotique des espèces à pour objectif de situer leur importance les unes par rapport aux autres au sein de la macrofaune. Cette importance se traduit par la notion de rang utilisée par Sanders (1960), Bodin (1974) et par Bakkalem (1979). Cette classification permet d'autre part, l'identification des espèces les plus structurantes.
L'indice biologique général (IBG) est obtenu en classant les espèces par ordre de dominance décroissant. L'espèce la plus abondante est affectée du coefficient 10, la seconde du coefficient 9, la troisième 8, jusqu'à l'espèce de rang 1.
La somme des différents coefficients obtenus dans l'ensemble du peuplement pour chaque espèce correspond à l'IBG et les espèces sont à nouveau classées par IBG décroissant.
SANDERS (1960) utilise l'indice biologique général et identifie les espèces de premier ordre (10 premières), celles de second ordre (10 secondes) et enfin les espaces de troisième ordre (10 suivantes). De même qu'en se référant à l'IBG, Guile (1970) distingue les espèces préférentielles accompagnatrices et accessoires, ces trois cortèges correspondraient aux espèces d'ordre I, II et III.

9.5.2. Caractéristiques générales :

Les caractéristiques générales concernent le peuplement dans son ensemble. La plus importante de ces caractéristiques est la diversité spécifique que décrivent l'indice de diversité de Shannon et Weaver (1963) et l'indice de régularité appelée aussi équitabilité. Les diagrammes rang-fréquences (RDF) et les distributions géométriques d'abondance (CGA) sont des modèles graphiques en mesure de renseigner sur les équilibres numériques entre individus des différentes espèces.

La plupart de ces indices dépendent de l'importance de l'échantillonnage, fondé sur le nombre d'espèces ou nombre total d'individus (Sanders, 1960).

- **Indice de Shannon et Weaver (1963) :**

De très nombreux indices on été utilisés pour traduire la diversité, leur intérêt réside dans le fait qu'ils permettent la comparaison des peuplements même si l'importance de l'échantillonnage est variable (Soyer, 1970).
L'indice de diversité le plus couramment utilisé est celui de Shannon considéré comme une mesure de la composition en espèce d'un écosystème, en termes de nombre d'espèce et de leurs abondances relatives. Cet indice est considéré comme un paramètre de dispersion de la communauté, ou du moins de l'échantillon d'individus extraits de cette communauté par observation ou échantillonnage.

Ce paramètre renseigne sur le plus ou moins grand étalement da la distribution des individus regroupée en espèces (Legendre Legendre, 1984). Comme les toxiques agissent à la fois sur les richesses spécifiques et l'abondance des espèces, il est assez évident qu'ils vont modifier la diversité des biocénoses propre aux milieux contaminés. Une diminution de la diversité va donc traduire une dégradation environnementale générale dans un écosystème (Ramade, 1992) d'où l'importance de cet indice qui peut donner des informations précieuses sur l'action de la population dans le domaine benthique (Donal et Boesh, 1972).

L'indice de Shannon et Weaver (1963) est donnée par la formule suivante :

$$H = \sum_{I=1}^{i=s} D_i \log_2 D_i$$

Avec :
H : Indice de Shannon.
S : Nombre d'espèces récoltées dans le peuplement.
Avec $\mathbf{D_i = n_i / N}$, où n_i est l'effectif de l'espèce i et N est l'effectif total.

D'après Glemarec et Hilly (1981), les valeurs de cet indice sont supérieures à 3 dans un milieu normal, inférieurs à 1 en milieu pollué et intermédiaires dans une zone de déséquilibre. H = 0 (valeur minimale) est obtenue quand l'échantillon ne contient qu'une seul espèce et la diversité H augmente à mesure que s'accroit le nombre d'espèces.

- **La régularité :**

La régularité est considérée comme un descripteur de l'inégalité de la répartition des individus en espèces distinctes dans la communauté échantillonnée (Frontier et Etienne, 1990).
Elle permet donc l'évaluation de l'état d'équilibre des peuplements qui est donné par la formule suivante :

$$R = H / \text{Log}_2 S$$

Avec :
R: Régularité ;
H : Indice de Shannon.
S : Richesse spécifique du prélèvement.

Les valeurs de cet indice sont comprises entre 0 et 1. Cet indice est aussi appelé équitabilité, appellation dont Frontier et Etienne (1991) conseillant d'éviter car on peut la confondre avec « The equitability » de Loyd et Gheraldi (1964) dont la définition est différente.

Conclusion :

Un certain nombre de mesures seront effectuées obligatoirement sur le terrain : température et pH par exemple. Ces mesures sont réalisées à l'aide de sondes spécifiques et effectuées selon les normes en vigueur, en se conformant aux instructions du fabricant. Les appareillages doivent avoir fait l'objet, auparavant, d'un étalonnage ou calibrage au laboratoire ou sur site. La lecture de la mesure se fait après stabilisation de la valeur. Les résultats seront consignés dans une fiche de terrain.

Le préleveur utilisera obligatoirement les flacons appropriés aux analyses. Il vérifiera leur conformité et leur propreté avant de partir sur terrain. Le repérage des flacons sera fait à l'aide d'une étiquette stable sur laquelle seront portés les éléments permettant d'identifier facilement l'échantillon : soit une étiquette codée, soit une étiquette comportant au minimum l'identification de la station et la date du prélèvement.

Les échantillons seront transportés au laboratoire à l'obscurité dans une enceinte réfrigérée à une température entre 0 et 4°C. Ils seront livrés dans un délai maximum de 24 heures. Au laboratoire, l'analyste identifie les échantillons et applique rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresse ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Les analyses appliquées (selon les normes en vigueur) aux échantillons prélevés se sont correctement déroulées pour donner les résultats présentés avec leurs interprétations dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4

Résultats et Discutions

L'analyse des échantillons terminée, il convient de présenter les résultats de telle façon qu'ils soient facilement exploitables pour déterminer la pollution marine de différentes stations dans la baie de Bouismail. Il est également présenté, dans ce qui suit, l'interprétation des résultats obtenus pour chaque paramètre analysé.

Le tableau suivant représente les résultats paramétriques des différentes stations de prélèvements.

Tableau 14 : Les résultats des paramètres mesurés in situ.

État de la mer	Les zones	N°	Coordonnée (φ,λ)	T (°C)	S (PSU)	pH	OD (mg/l)
Mer agitée et vent d'ouest	Le 19/04/2010 La baie El Djamila (Z1)	1	36°45'37,4" N 002°51'09,6" E	17.3	36.6	8.3	8,00
		2	36°45'42,4" N 002°51'09,2" E	17.2	36.5	8.25	8,09
		3	36°45'45,2" N 002°51'08,7" E	17	36.5	8.26	7,01
		4	36°45'43,2" N 002°51'01,2" E	17.2	36.5	8.29	6,15
		5	36°45'47,1" N 002°50'59,0" E	18	36	8.28	7,15
		6	Port (la passe)	18.4	36	8.2	6,48

État de la mer	Les zones	N°	Coordonnée (φ,λ)	T (°C)	S (PSU)	pH	OD (mg/l)
Mer agitée et vent d'ouest	Le 12/05/2010 Le port de Sedi Fredj (Z2)	7	36°45'48.66"N 2°50'54.49"E	20.4	36.5	8.15	5,94
		8	36°45'49.72"N 2°50'52.78"E	20.6	36.3	8.14	5,37
		9	36°45'49.60"N 2°50'51.34"E	20.6	36.3	8.17	6,44
		10	36°45'49.58"N 2°50'49.83"E	20.6	36.3	8.16	5,40
		11	36°45'50.82"N 2°50'54.59"E	20.4	36.2	8.21	5,59
		12	36°45'51.86"N 2°50'53.97"E	20.1	36.5	8.18	4,65

État de la mer	Les zones	N°	Coordonnée (φ,λ)	T (°C)	S (PSU)	pH	OD (mg/l)
Mer agitée et vent d'ouest	Le 20/05/2010 Fouka (Z4) ; Bouismail (Z5) ; Bouharoun (Z6)	13	36°40'30.08"N 2°44'44.98"E	19	36,6	8,22	5,73
		14	36°40'28.08"N 2°44'39.24"E	19	36,1	8,28	6,67
		15	36°40'10.46"N 2°43'52.81"E	19	36,2	8,25	6,33
		16	36°39'1.98"N 2°41'37.46"E	20	36,4	8,28	8,09
		17	36°39'3.68"N 2°41'35.43"E	20	36,2	8,22	4,65
		18	36°37'35.76"N 2°39'25.18"E	20	36,5	7,65	8,50

1. Variation des paramètres mesurés insitu :

1.1. La température :

Les valeurs relatives de température au niveau de la côte durant la période d'étude sont incluses dans l'intervalle de (17 – 20,6°C) avec une moyenne de 19.16°C et un écart type de 1,30. Les stations du port de Sidi Fredj relèvent une température maximale, résultant d'une stagnation des eaux et la température minimale est enregistrée au niveau de la troisième station de la baie d'El Djamila à cause des courants qui vient de Nord du secteur Est de Sidi Fredj.

Les résultats obtenus sont dans les normes car elles sont soumises à l'influence de la température de l'air et aucun rejet thermique n'est présent dans les zones d'études.

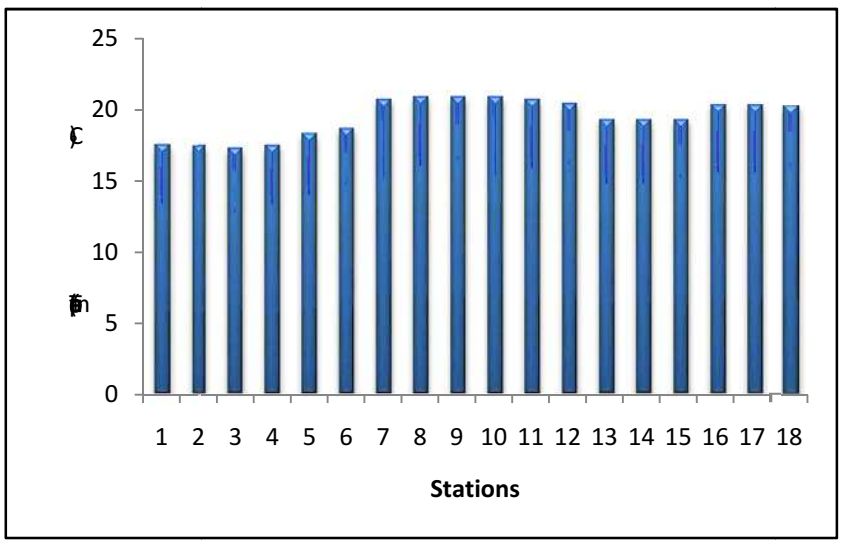


Figure 24 : Variation de la température dans la baie de Bouismail.

1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Les valeurs de pH sont comprises entre une valeur maximale 8,3 (la première station de la baie d'El Djamila) et une valeur minimale 7,65 (la dernière station du port de Bouharoun) avec une moyenne de 8.19 et un écart type de 0,14.

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8.2, indique que les zones sont conformes aux normes algériennes 2006, limitées entre 6 à 8,5 (Voir annexe 1).

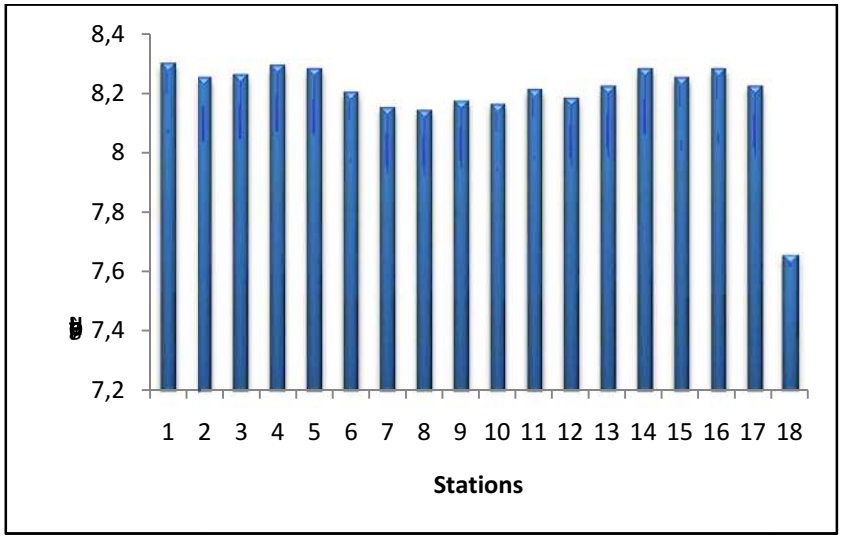


Figure 25 : Variation de pH dans la baie de Bouismail.

1.3. Salinité :

Les valeurs de la salinité sont comprises entre 36 et 36.6 PSU.

Une valeur maximale de 36.6 PSU est enregistrée à la baie d'El Djamila et Fouka (S1 et S13) et une valeur minimale de 36 dans le port de Sedi-Fredj (S5, S6) avec moyenne de 36.3 et écart type de 0.19.

En méditerranée, la salinité est comprise entre 37.8 et 39.3 PSU. On constate que les valeurs de la salinité sont relativement faibles, à cause des embouchures des oueds qui déversent de l'eau douce.

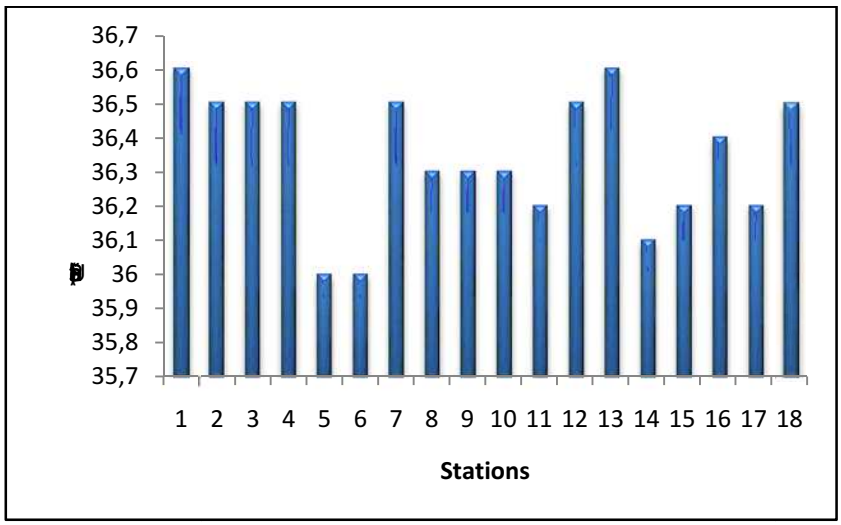


Figure 26 : Variation de la salinité dans la baie de Bouismail.

1.4. Oxygène dissous :

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles de la baie De bouismail varient entre 4,65 (valeur minimale) enregistré dans la S17, et 8,50 mg/l (teneur maximal) enregistré dans la S18, avec une moyenne de 6.46mg/l et un écart type de 1,14.

- Cette baisse de ces teneurs due a différentes sortes de rejets (Hôtels, eaux usées, pollution issus des bateaux du port de plaisance de Sidi Fredj).
- En cas d'une consommation supérieur à la production, il y'a un déficit en oxygène, ce ci est essentiellement provoqué par : l'oxydation de la matière organique par les bactéries, oxydations des composés chimiques rejetés par les activités humaines, et la forte teneur en matière en suspension. Cette dernière empêche la pénétration de la lumière, facteur limitant pour ce processus. Ce cas est représenté par la station 12 (à l'intérieur du port de plaisance de Sidi Fredj) où on a enregistré une faible teneur.
- Les teneurs des autres stations sont inclus et provoquées par le seuil de développement aquatique a cause de l'agitation provoquée par les courants, la houle, ce qui aèrent la colonne d'eau, plus en moins profonde, et l'activité photosynthétique.

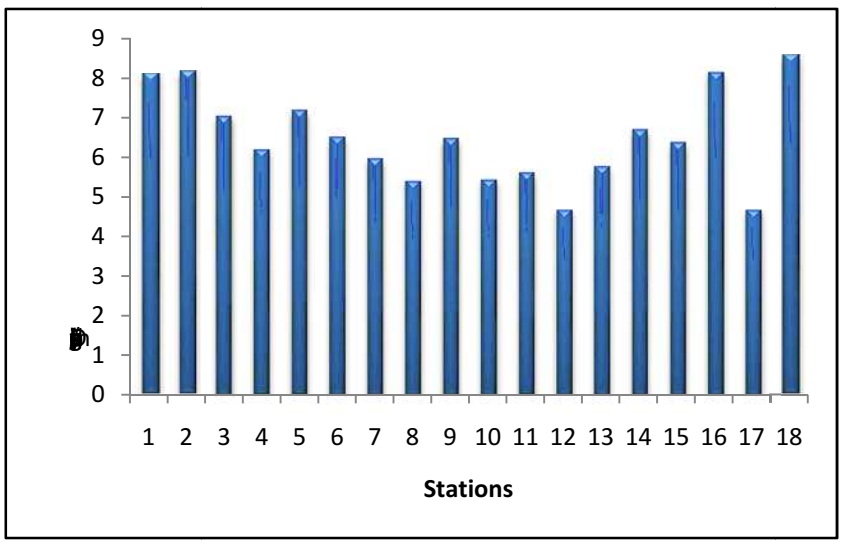


Figure 27 : Variation de la concentration de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bouismail.

2. Variation des paramètres mesurés au laboratoire :

A partir des échantillons prélevés, transportés à l'aide d'une glacière isotherme, congelés au laboratoire d'ENSSMAL, nous avons effectué l'analyse des sels nutritifs au niveau de laboratoire de Sidi Fredj selon les protocoles décrits par Aminot et al, 1983 ; la mesure de la matière en suspension, la matière organique, la DCO, la DBO_5, et l'étude bactériologique au niveau de l'ENSSMAL et finalement le benthos au niveau d'USTHB.

Les résultats sont présentés graphiquement en fonction des stations de prélèvement.

Tableau 15 : Résultats des paramètres mesurés au laboratoire dans la baie de Bouismail.

	MES (mg/l)	**MO (%)**	**NO_2^- (µmol/l)**	**NO_3^- (µmol/l)**	**NH_4^+ (µmol/l)**	**PO_4^{3-} (µmol/l)**
S1	204,60	36,85	0,04	1,05	5,71	0,17
S2	88,63	37,62	0,09	0,98	4,51	0,70
S3	92,51	35,96	0,14	1,69	4,41	0,52
S4	184,30	16,51	0,07	1,19	2,28	0,14
S5	82,25	35,35	0,11	2,01	2,54	0,39
S6	85,67	52,84	0,11	0,27	9,06	0,64
S7	123,05	34,83	0,08	1,87	7,31	0,56
S8	143,15	38,52	0,08	0,92	5,79	0,07
S9	140,52	33,81	0,11	3,27	4,90	0,19
S10	122,4	34,70	0,11	0,54	4,51	0,47
S11	141,72	32,82	0,09	1,36	3,07	0,41
S12	146,25	31,55	0,07	9,89	6,01	0,66
S13	141,1	37,81	0,10	3,50	2,52	0,53
S14	133,65	32,92	0,27	1,02	3,94	0,70
S15	128,85	33,64	0,10	3,16	5,45	0,08
S16	201,15	43,82	0,08	4,64	3,25	0,27
S17	255,15	49,79	0,08	2,16	2,60	0,26
S18	154,55	35,74	0,06	3,39	2,88	0,29
Moyenne	142,75	36,39	0,10	2,38	4,49	0,39
Écart type	44,22	7,37	0,05	2,16	1,80	0,21

- Pour le calcul de l'écart type et la moyenne des paramètres étudiés, nous avons utilisé les équations suivantes :

$$\text{- Moyenne : } X = \Sigma\, xi\, /n.$$

$$\text{- Écart type } = (\Sigma\, (xi - X)/n)\ ½.$$

Avec : X : Moyenne.

xi : Les effectifs.

n : Nombre des effectifs.

2.1. Les matières en suspension (MES) :

Les valeurs de la matière en suspension sont comprises entre 82.25 et 255.15 mg/l avec une valeur moyenne de 142.75 mg/l et un écart type de 44.22. Les valeurs sont mesurées par rapport à un volume d'échantillon compté.

La plus forte teneur est enregistrée au niveau de Bouismail (S17) avec 255.15 mg/l. Cette valeur est due aux rejets qui se déversent dans cette zone. La valeur est largement supérieure aux normes algériennes 2006 (35 mg/l).

Ces teneurs sont influencées par l'état de la mer (calme, agitée), les courants, la sédimentation qui est soumise à l'effet de l'agitation.

La matière en suspension réduit aussi bien la transparence de l'eau que la production primaire photosynthétique, mais elle peut être considérée comme une source de nourriture non négligeable pour la faune lorsque elle est dans les normes.

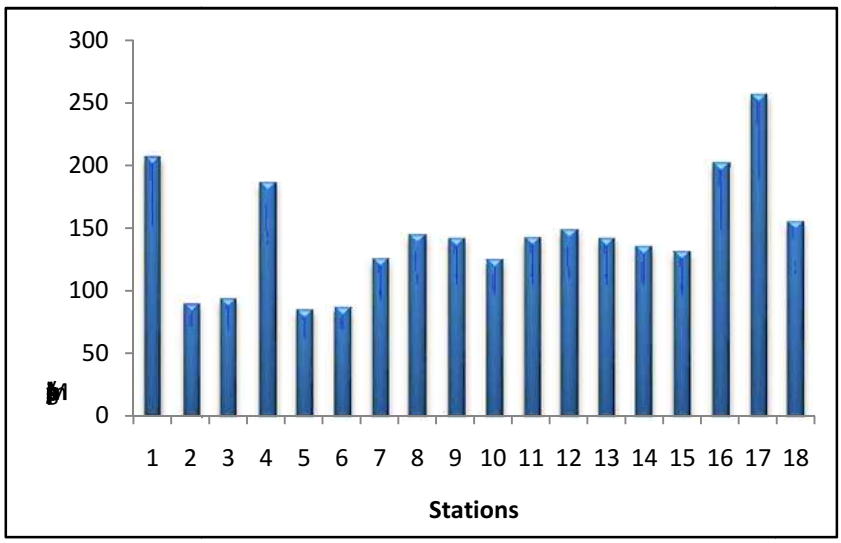


Figure 28 : Variation de la matière en suspension dans la baie de Bouismail.

2.2. Matière organique particulaire dans l'eau de mer :

La matière organique mesurée présente des taux qui varient entre 16.51 et 52.84 % avec une moyenne et un écart type respectivement de 36,39 % et 7,37.

Le taux le plus faible est enregistré au niveau de la troisième station de la baie d'El Djamila avec une valeur de 16.51 %. La sixième station présente le taux le plus élevé, 52.84 %.

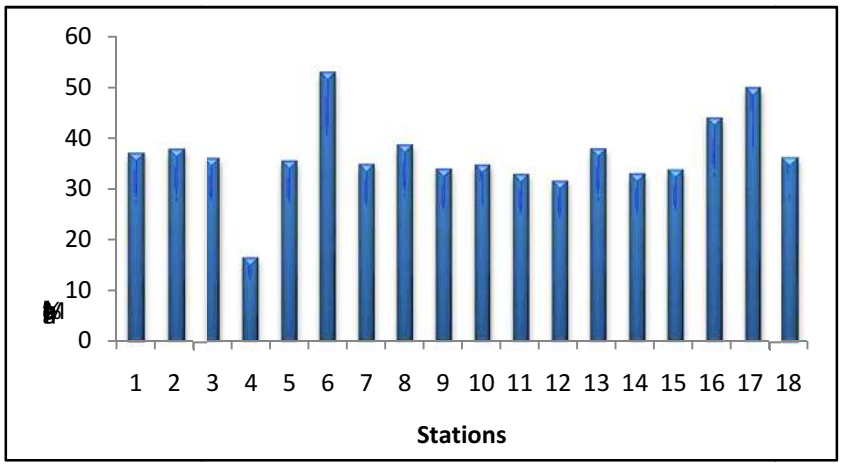


Figure 29 : Variation du taux de la matière organique particulaire dans la baie de Bouismail.

2.3. Les Sels Nutritifs :

2.3.1. Ions nitrites NO_2 :

Les concentrations en nitrites au niveau de la baie de Bouismail varient entre 0,04 et 0,27 µmol/l, avec une moyenne de 0,10µmol/l et un écart type de 0,05. Les ions nitrites sont instables et intermédiaires entre l'ammonium et les nitrates.

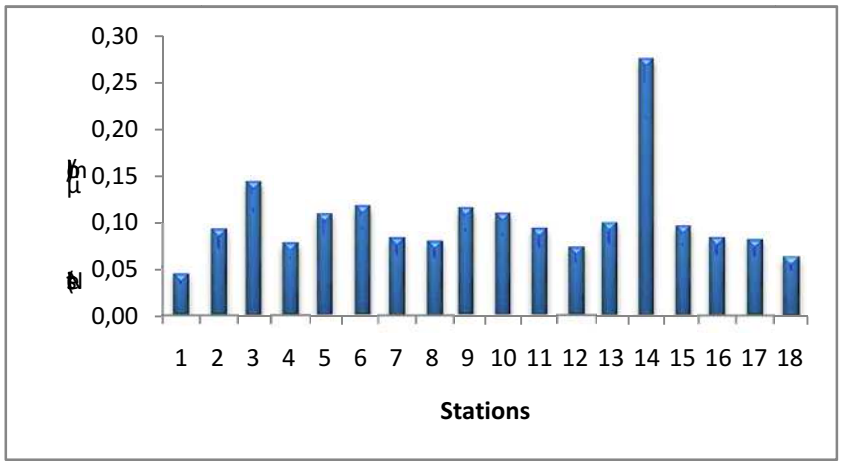


Figure 30 : Variation des nitrites dans la baie de Bouismail.

2.3.2. Ions nitrates NO_3 :

Les teneurs des nitrates dosées à partir de 100 ml de l'échantillon sont comprises dans un intervalle de 0,27µmol/l et 9,89µmol/l, avec une moyenne de 2,38µmol/l et un écart type de 2,16.

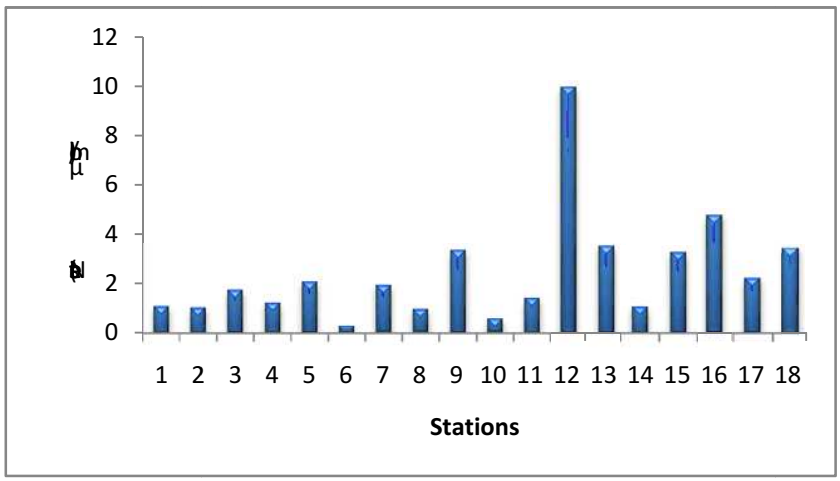


Figure 31 : Variation des nitrates dans la baie de Bouismail.

2.3.3. Ammonium NH_4^+ :

La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de la sixième station avec une valeur de 9,06µmol/l. Cet élément présente une moyenne de 4,49µmol/l et un écart type de 1,80.

Les fortes teneurs s'expliquent par la décomposition bactérienne des composées organiques azotées, le mécanisme bactérien appelé ammonification, les rejets urbains riche en ammoniac.

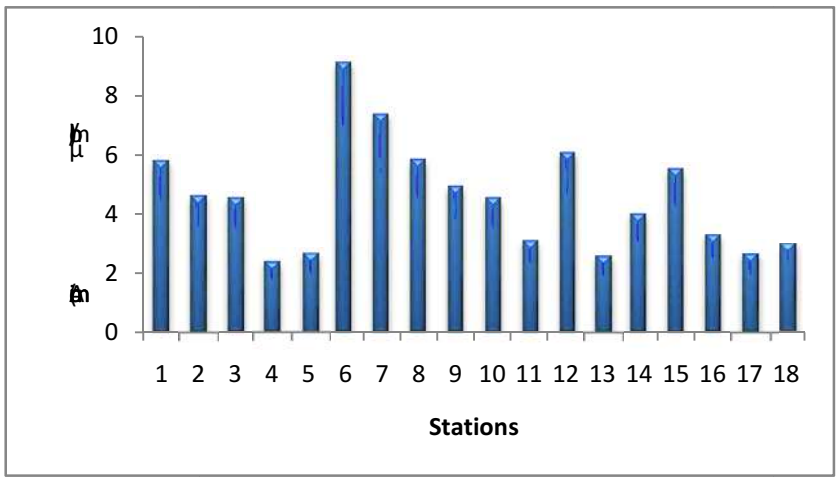


Figure 32 : Variation de l'azote ammoniacal dans la baie de Bouismail.

2.3.4. Orthophosphates PO_4^{3-} :

Le phosphore dans le milieu marin sous sa forme inorganique est présenté essentiellement par les ions Orthophosphates.

Les teneurs des Orthophosphates des eaux superficielles varient dans un intervalle de (0,07µmol/l et 0,70 µmol/l) avec une moyenne de 0,39 µmol/l et un écart type de 0,21

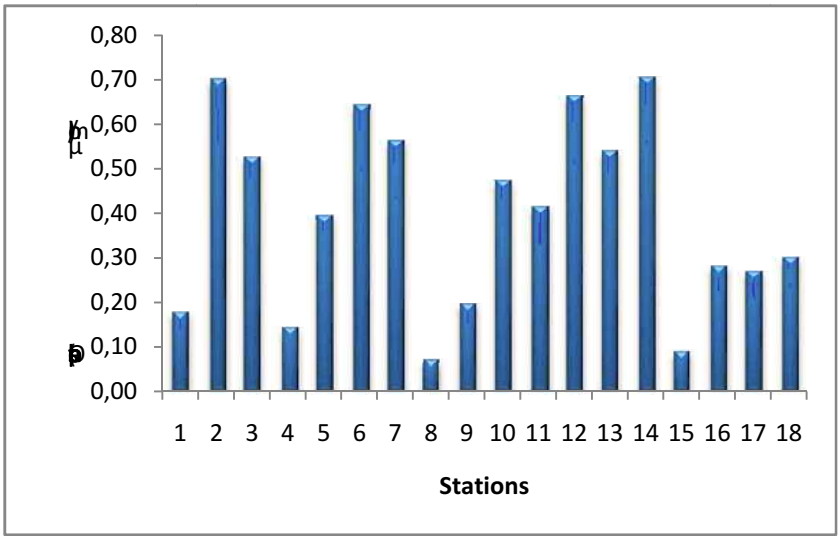


Figure 33 : Variation des Orthophosphates dans la baie de Bouismail.

2.4. Détermination des paramètres indicateurs de la pollution :

Tableau 16 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution dans la baie de Bouismail (DCO, DBO_5, DCO/DBO_5).

	DCO (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	DCO/DBO5
S13	832	98	8.49
S14	832	125	6.66
S15	816	75	10.88
S16	784	149	5.26
S17	816	68	12.00
S18	792	-	

2.4.1. La demande chimique en oxygène (DCO) :

Les taux de la DCO sont compris entre 784 et 832 mg/l avec une valeur moyenne de 812 mg/l et un écart type de 18.33. On se trouve dans la quatrième catégorie caractérisée par une eau très polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux.

Ces concentrations montrent une consommation excessive d'oxygène dissous pour oxyder chimiquement les charges organiques déversées dans ces zones.

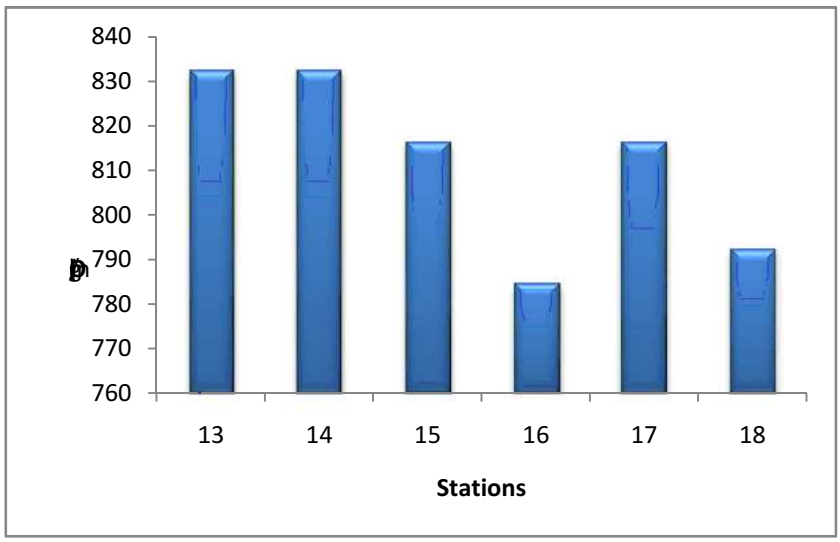


Figure 34 : Variation de DCO dans la baie de Bouismail.

2.4.2. La demande biologique en oxygène (DBO_5) :

La quantité d'oxygène nécessaire à l'autoépuration s'exprime en fonction de l'indice de la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours. Cet indice est le paramètre principal permettant de mesurer la charge de pollution organique contenue dans une eau. Il est déterminé par faisant l'incubation, pendant cinq jours, à 20° C, d'un échantillon d'eau conservé à l'abri de l'air. La différence entre la quantité d'oxygène dissous qui se trouvait dans l'eau avant la période d'incubation et la quantité résiduelle d'oxygène présente à la fin de cette période est exprimée en mg/L.

Les résultats d'analyse nous montrent que la teneur la plus élevée en DBO_5 est enregistrée au niveau de la S16 avec une valeur de 149 mg/l. La valeur minimale est trouvée à la dernière station avec 68 mg/l.

Nous remarquons que la teneur minimale en DBO_5 dépasse largement la norme utilisée pour l'estimation de la qualité de l'eau (15mg/l). Ces teneurs expliquent l'incapacité de ces zones à s'auto-épurées à cause de la forte demande en oxygène par la population bactérienne. La dissolution d'oxygène atmosphérique ne suffit plus pour se renouveler la source principale avant l'activité photosynthétique des plantes aquatiques.

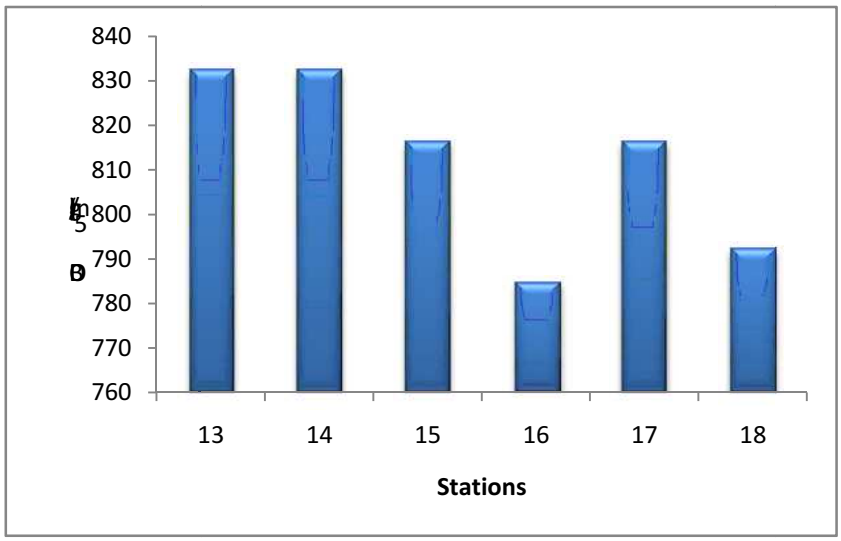


Figure 35 : Variation de DBO_5 dans la baie de Bouismail.

2.4.3. Rapport de biodégradabilité DCO/DBO_5 :

Le rapport de biodégradabilité nous permet d'apprécier la dérivabilité de la matière organique et sa nature. Les valeurs du rapport de biodégradabilité dans les zones sont supérieur à 4 se qui signifient qu'il y a une forte biodégradabilité et que la matière organique est biodégradable.

Tableau 17 : Échelle de biodégradabilité.

DCO/DBO_5	Degré de biodégradabilité
= 1	Faible
1.5 à 2	Moyenne
2.5 à 4	Forte

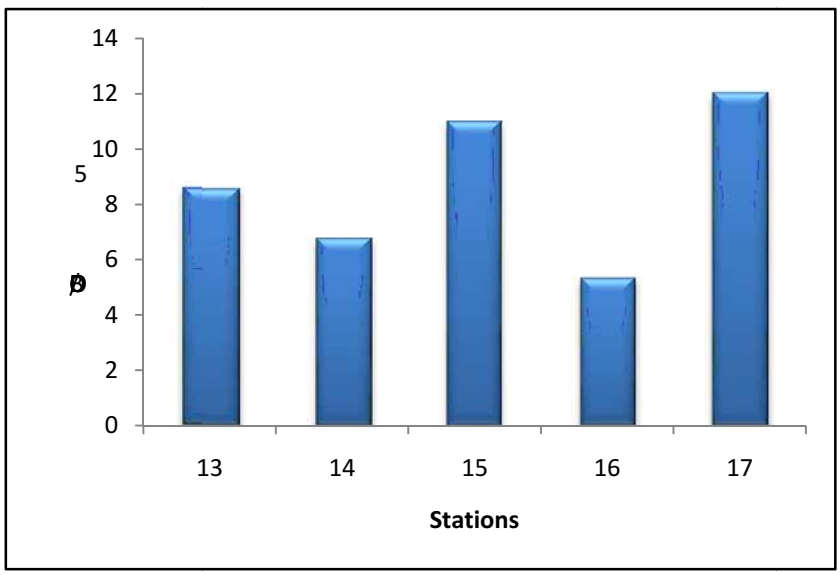


Figure 36 : Variation de degrés de biodégradabilité dans la baie de Bouismail.

2.5. Variation des paramètres bactériologiques:

Les échantillons prélevés ont été analysés le 22/05/2010 au niveau du laboratoire de Microbiologie (ENSSMAL).

Tableau 18 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution fécale.

Stations	CT/100 ml	CF/100ml	SF/50ml
13	216	82	15
12	IND	IND	IND
15	496	50	150
16	IND	1710	550
17	IND	2380	670
18	602	56	38

- Les valeurs moyenne des stations qui n'apparaissant pas sur le graphe signifie que les boites de ces station sont confluentes et indénombrables.

2.5.1. Coliformes totaux :

Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau de la S14, S16, S17 avec des boites confluentes et indénombrables (dépassant largement la norme : 10 000CT/100ml) ceci malgré la dilution des échantillons ce qui signifie que nous somme au seuil de sécurité (Alerte). Le minimum de concentration est dans la S13 avec 216 CT/100 ml suivis respectivement par S15 et S18 avec 496 et 602 CT/100ml ce qui signifie que les eaux sont bactériologiquement satisfaisant pour la S13 et S15 et dangereuse pour la S18.

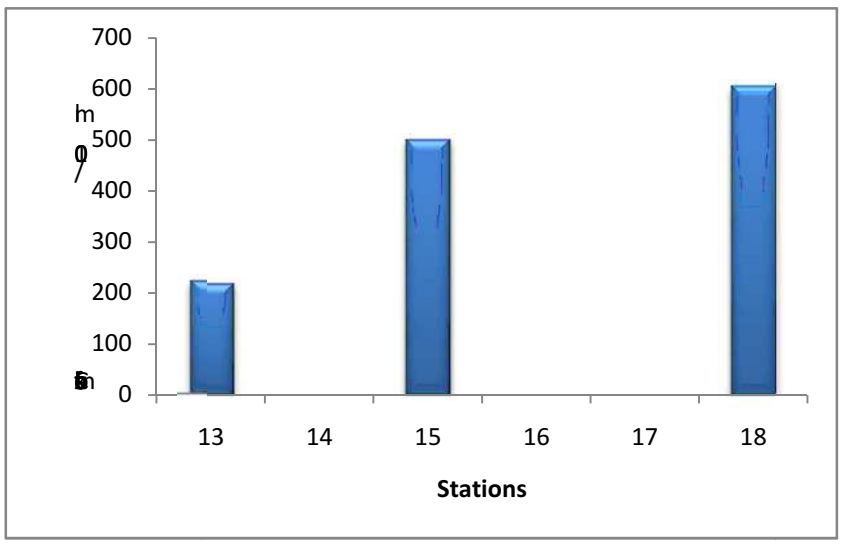


Figure 37 : Variations des concentrations des Coliformes Totaux dans la baie de Bouismail.

2.5.2. Coliformes fécaux :

Les concentrations des coliformes fécaux sont inférieures à celles des coliformes totaux. Selon les normes 100CF/100 ml la valeur guide et 2000CF/100 ml pour la limite impérative, nous distinguons 2 catégories des stations :

- Le premier cas : au niveau de S13 et S15 (Fouka 1 et 3) et S18 (Bouharoun) présentent des valeurs inférieures à la norme.
- Le deuxième cas : au niveau de S16 et S17 (Bouismail) présente une concentration comprise dans l'intervalle des normes.
- Le troisième cas : celui de la station 14 (Fouka 2) la concentration est supérieure à la valeur impérative.

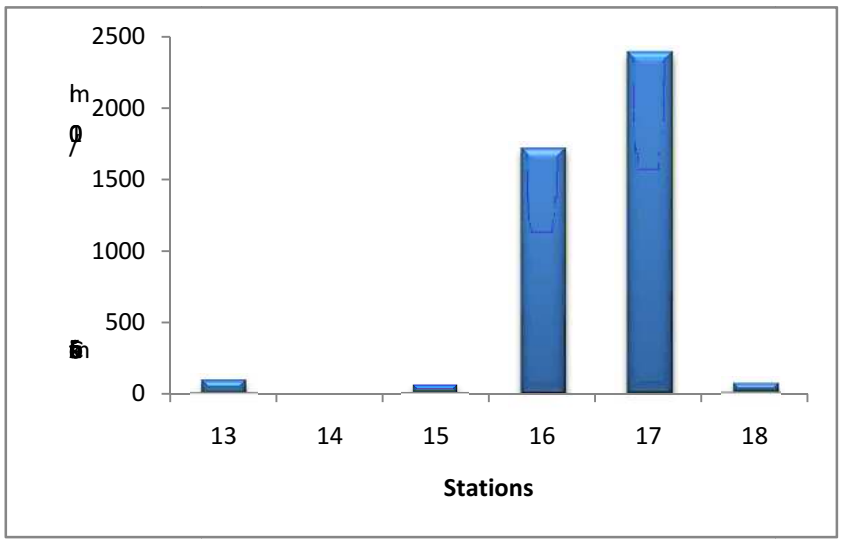


Figure 38 : Variations des concentrations des Coliformes fécaux dans la baie de Bouismail.

2.5.3. Streptocoques fécaux :

Les streptocoques sont les meilleurs témoins de la contamination fécale (Brisou ; 1980). La concentration la plus élevée est observée au niveau de la station 14 (Fouka2) avec une concentration supérieure à la norme 1000 SF/ 100ml, suivi par les stations S17 et S18 avec des concentrations supérieure à 200 SF/ 100 ml ce qui signifie que ces eaux sont suspectes et dangereuses. Pour les autres stations leurs concentrations concordent aux normes, donc Bactériologiquement ces eaux sont de bonne et moyenne qualité (voire tableau 1 ; annexe 10).

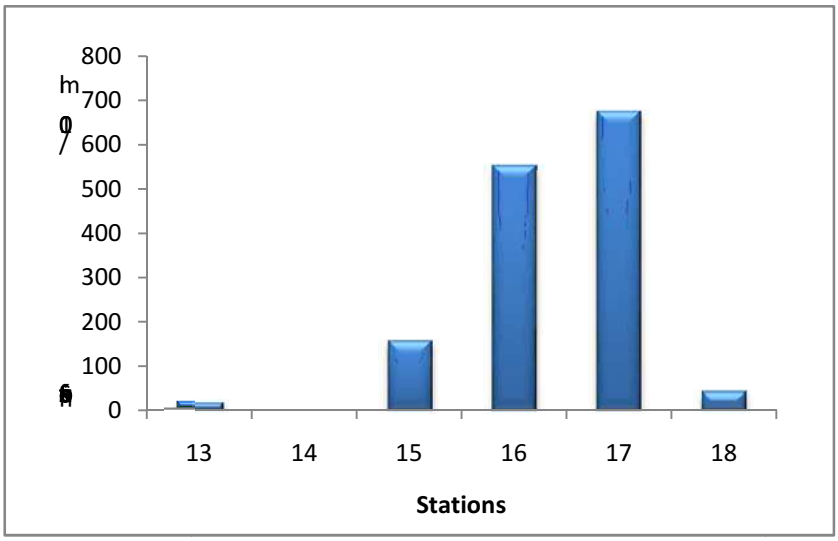


Figure 39 : Variation des streptocoques fécaux dans la baie de Bouismail.

2.5.4. Étude de l'origine de la pollution :

Le rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux nous permet d'identifier l'origine de la contamination fécale, elle peut être animale ou d'origine humaine.

Les résultats obtenus sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Le rapport CF/SF :

Stations	CF/100ml	SF/100ml	CF/SF	Source de contamination
13	82	15	5,47	Source exclusivement humaine
14	IND	IND	-	Source exclusivement humaine
15	50	150	0,33	Principalement ou entièrement d'origine animale
16	1710	550	3,11	Mixte à prédominance humaine
17	2380	670	3,55	Mixte à prédominance humaine
18	56	38	1,47	Origine incertaine

✓ Les résultats confirment que l'origine de la contamination fécale est d'originel humaine.

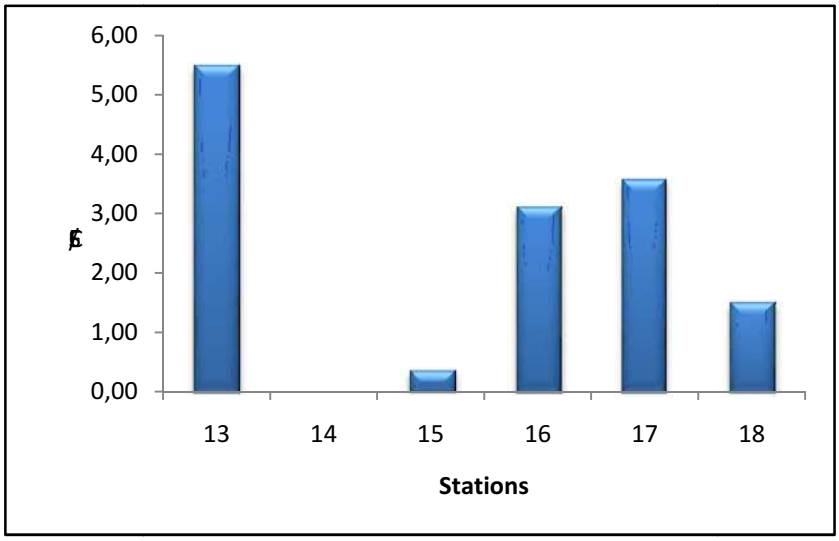


Figure 42 : Rapport des CF/SF dans la baie de Bouismail.

2.5.5. Staphylocoques :

Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau du Bouismail (S16, S17) et Bouharoun (S18) avec un nombre supérieure à la norme malgré la dilution 10^{-1} et un minimum de concentration dans la station S14 (Fouka) avec 1050 Staph /100 ml suivis respectivement par S13, S15 avec 1080, 1840 Staph /100ml.

Les fortes concentrations en staphylocoques confirment la forte pollution de ces portions du littoral dans la baie.

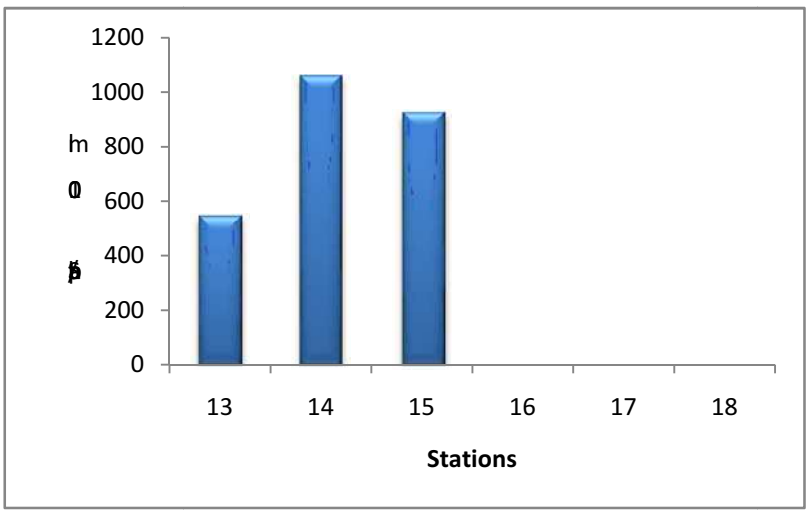


Figure 40 : Variation des Staphylocoques dans la baie de Bouismail.

2.5.6. Sulfito-réducteurs :

Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau des S16 et S17 (Bouismail) avec des tubes présentant des colonies confluentes et indénombrables et un minimum de concentration dans la dernière station (Bouharoun S18) avec 16 SR /20ml suivis respectivement par S15, S13 et S14 avec 28, 36 et 140 SR/20ml.

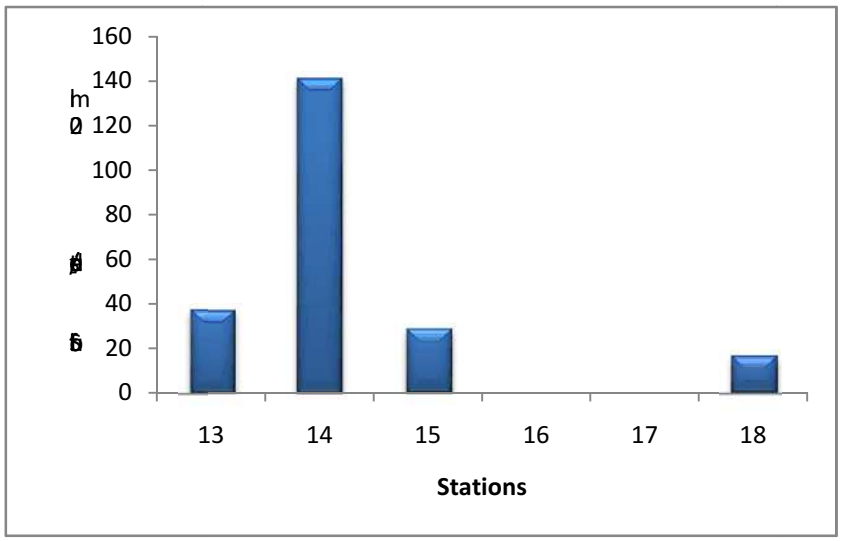


Figure 41 : Variation des Sulfito-réducteurs dans la baie de Bouismail.

2.5.7. Salmonelles :

D'après l'analyse, les Salmonelles sont détectée au niveau de toutes les stations avec prédominance de l'espèce *Salmonella aryzonae*. *Shigella spp* ont étés identifiées au niveau de la station 17.

2.5.8. Les Vibrions :

De même pour les Vibrions, leur présence a été détectée au niveau de toutes les stations, avec *Vibrio mechtekinovii*. *Aeromonas spp* dans les stations 16 et 17.

2.6. Benthos :

L'étude du benthos dans le port de Sedi-Fredj a permit de dénombrer 60 individus de 25 espèces appartenant aux groupes zoologiques Polychètes, Mollusque, Crustacés et divers. Les Polychètes et Mollusque sont les plus représentés avec 28 et 27 espèces respectivement. Les espèces des crustacés appartiennent tous au genre Gamarus.

Les espèces les plus représentées sont *Aonides oxycephala* et *Abra alba* avec 12 individus (indicatrices de richesse du milieu en matière organique) suivit par *Capitella capitata* (espèce très opportuniste et indicatrice de pollution d'ordre 1) avec 10 individus. A cela s'ajoute la présence d'autres espèces indicatrices de pollution d'ordre 2 présenté dans le tableau ci-après :

L'analyse des peuplements de ports de Sidi Fredj a permis de classer les espèces rencontrées en 3 groupes écologiques diversifiés suivants :

- Les indicatrices de pollution 1 (IP1) ;
- Les indicatrices de pollution 2 (IP2) ;
- Divers.

Ces groupes écologiques sont présentés ainsi avec mention des groupes zoologiques des espèces : Polychètes (P), Crustacés (C), Mollusques (M) et Divers (D).

Tableau 20 : Les indicatrices de pollution 1 (IP1).

Espèces	Groupe Zoologique	Groupe Écologique
Capitella capitata	P	IP1

Tableau 21 : Les indicatrices de pollution 2 (IP2).

Espèces	Groupe Zoologique	Groupe Écologiques
Audouinia tentaculata	P	IP2
Nereis irrorata	P	IP2
Cardium sp	M	IP2

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les données obtenues au cours de notre étude, nous ont permis d'apprécier la qualité du littoral de la baie de Bou-Ismail dans les différents échelons de pollution :

Le potentiel d'hydrogène est conforme aux normes, il n'est pas modifié par les rejets industriels ou les apports d'eau continentale à pH acide. La salinité est faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci est expliqué par les apports continentaux des différents oueds qui se déversent dans la baie. Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence des matières organiques dégradables et aussi le renouvellement de l'eau dans les différentes stations.

La distribution des sels nutritifs est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante (domestique et agricole) et les eaux des oueds. Donc il existe certainement une pollution par les sels nutritifs (Nitrites, Orthophosphates et l'Ammonium). Selon leurs concentrations on se trouve dans la deuxième, la troisième et la quatrième catégorie correspondant à une eau de moyenne qualité et une eau polluée qui nécessite un traitement très poussé ainsi qu'une eau très polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux respectivement. Le courant de la baie joue un rôle important dans la dispersion des polluants vers le large.

Les divers rejets qui se déversent dans la baie sans aucun traitement préalable conduisent à une pollution considérable par la matière en suspension et la matière organique. On est dans le cas de la troisième et la quatrième catégorie de qualité des eaux concernant la matière en suspension. La matière organique provoque une pollution d'ordre quatre qui nécessite un traitement spécifique et onéreux avant l'utilisation des eaux pour toutes les stations étudiées.

Concernant les paramètres indicateurs de pollution nous observerons :

La demande chimique et biochimique en oxygène dans la baie de Bouismail et Fouka montre une consommation exagérée en oxygène provoquant l'incapacité de l'autoépuration du milieu marin, et montrant l'existence d'une forte charge polluante.

Le rapport de biodégradabilité nous a permis de dire que la matière organique est biodégradable par l'activité bactérienne pour la régénération des éléments nutritifs.

Les fortes teneurs de turbidité au niveau du port de Bou- Haroun et la baie de Bouismail influencent l'activité photosynthétique ainsi que le taux de l'oxygène dissous. Il y a un déficit en oxygène dissous dans ces deux zones car il est consommé par la dégradation de la matière organique, chimiquement ou biochimiquement.

Conclusion générale

La technique de filtration membranaire a énoncé une forte concentration en germes indicateurs de contamination fécale, ces valeurs vont être augmentées avec l'approche de la période estivale où on enregistre une plus grande fréquentation des baigneurs.

Les coliformes totaux ne sont pas des bons indicateurs de pollution fécale et ne présentent aucun risque sur la santé des baigneurs, mais ils peuvent engendrer des contaminations pour les poissons du port de Bou-Haroun.

Le dénombrement des coliformes fécaux montre une mauvaise qualité de l'eau du port, Bou-Ismail et Fouka. Leurs présences confirment une pollution fécale récente car ils ne ce propagent pas dans le milieu marin.

Les Streptocoques fécaux sont les bons germes recommandés pour déterminer la qualité bactériologique des eaux de baignade, le dénombrement ne montre aucun danger.

Les salmonelles et vibrion sont présents dans toutes les stations étudiées. Ces bactéries peuvent causer des risques sanitaires très redoutables soit directement sur les baigneurs ou indirectement par injection de fruit de mer contaminés.

L'étude du benthos dans le port de Sedi-Fredj à permis d'identifier des espèces indicatrices de pollution d'ordre 1 et 2.

Notre étude à montrée une hétérogénéité des eaux de la baie. Les concentrations des paramètres analysés confirment l'existence de différentes formes de pollution dans les sites étudiés.

Les espèces indicatrices de la pollution présentent différentes indices, ainsi que l'analyse bactériologique caractérise les eaux de la baie de Bouismail par une qualité médiocre et alerte un danger de toxicité sur l'écosystème marin côtier.

Bibliographie

Bibliographie

AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, 395p**.**

AMINOT A., KEROUEL R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Edt Ifremer. 336p.

ANNANE et al., 2007. Inventaire et impact des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bouismail. Mémo Ingénieur ENSSMAL .

AOUIDAD Z., 1997. Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans le sédiment superficiel et les particules en suspension dans la baie de Bouismail, Mémo Ingénieur ENSSMAL.

ASSO., 1982. Contribution à l'étude des polluants métallique chez la moule ***Perne perna*** (L) dans la région d'Alger.

BACHARI HOUMA F., 2007. Caractérisation des polluants de la cote Oranaise et Algéroise par analyse physicochimiques et corrélation avec les données satellites. Doctorat d'état.

BADIA-GONDARD F., 2003. L'assainissement des eaux usées. Edition techni.cités, 231p.

BAKALEM A., 1979. Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger. Doctorat 3eme cycle en Océanographie biologique, Écologie benthique, U.B.O., Brest (France) : 228p.

BELHAINE K., BOUDERBALA A., FENINECHE H., 2007. La lithologie côtière de la baie de Bouismail, comportement vis-à-vis de l'érosion marine. Mémo Ingén. ENSSMAL,

BLIEFERT C., PERRAUD R., 2001. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck, 477p.

BODIN P., 1974. Les peuplements des *Copepodes Harpacticoides* (Crustacés) des sédiments meubles de la zone intertidale des cotes charentaises (Atlantique). Thèse Sc. Marseille., 224p.

BONTOUX J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.

BOURGEOIS C. M., 1990. Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire (Tome I). Ed. Lavoisier Tech et Doc. Paris. 422p.

BRISOU J. F., DENIS F. A., 1980. Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Ed. Masson, 206p.

Bibliographie

DANAL F & BOESH H., 1972. Species diversity of marine macrobenthos in the Virginia Area. Chesapeake Science, Vol. 13 (3), 1057-1096.

DELARRAS C., TREABOL B., 2003. Surveillance sanitaire et microbiologie des eaux. Ed. Lavoisier Tech et Doc. Paris. 269p.

DERGALI. M. A, 1997. Reconnaissance du port d'Annaba et quelques aspect de son impact sur l'environnement côtier. Mémo Ingénieur ENSSMAL.

FRONTIER S., ET ETIENNE M., 1990. Étude de la diversité spécifique par les moyens des diagrammes rang-fréquences. Modélisation, variabilité d'échenillage in Biométrie, 6 : Lille 26-28 Mai 1986. IFREMER-ACTESDE COLLOQUE 510° : 145-177.

GAUJOUS D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique
et Documentation Lavoisier, 220p.

GAUTHIER M., PIETRI C., 1998. Devenir des bactéries et virus entériques en mer, Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edition Masson, 447p.

GLEMARC M. ET HILLY C., 1981. Perturbation apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. Acta decal. applic. 2 (2) : 132-150.

GOMELLA C., GUERREE H., 1978. Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.

GRIMES S., 2004. Biodiversité marines et littorale Algérienne.

GROSCLAUDE G., 1999. L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.

GUILLE A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la cote catalogne française (Aspect qualitatif et quantitatif). Thèse de doctorat Sc. Paris, Faculté Sc. 288p.

HADDOUCHE I., 2003. Étude de l'état de pollution de la baie de Bouismail par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémo Ingénieur ENSSMAL.

JOLY B., REYNAUD A., 2003. Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 356p.

LECLAIRE, 1972. La sédimentation holocène sur le versant médional du bassin Algéro-Baléares (Précontinent Algérien).

Bibliographie

LECLERC H., GAILLARD G.L., SIMONET M., 1995. Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. Ed. Doin. 535p.

LEGENDRE L., & LEGENDRE P., 1984. Écologie numérique. Le traitement multiple des données écologique préface du Pr. R. MARGALEF. 2eme Ed. Masson. Collection écologie. 12 : 259p.

MAUL A., et *al* .1989. Stratégies d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseaux de distribution d'eau. Ed. Lavoisier Tech et Doc. 112p.

MEGDOUD K., 2009. Évaluation des risques sanitaires liés aux déversements des effluents hospitaliers en mer : cas de la plage de R'Mila de la commune de Bab El Oued. Mémo Ingénieur ENSSMAL.

PNUE / OMS., 1979. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 168p.

RAMADE F., 1992. Précis d'écotoxicologue. Collection écologie 22. Ed. Masson. 300p.

REBZANI – ZAHAF C., 2003. Les peuplements macrobenthiques des milieux portuaires de la cote algérienne : Alger, Bejaia et Skikda. Doctorat d'état. USTHB Alger.

REJSEK F., 2002. Analyse des eaux : Aspects Réglementaires et Techniques. Edition SCEREM, 360p.

RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L, 2005. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Edition DUNOD, Paris. 1383p,

SAMARI Nadia, 2008. Qualité physio chimique, sels nutritifs et bactériologique dans la baie de Bouismail et le port de Bouharoun. Mémo Ingénieur ENSSMAL.

SOYER J., 1970. Le meibenthos du plateau continental de la cote des Alberes. These Sc. Faculté Sc. Paris. 341p.

ZEGHDOUDI et al, 2006. Contribution a l'étude de l'exploitation de ***Trachurus trachurus*** (LINNE, 1758) dans la baie de Bouismail. Mémo Ingénieur ENSSMAL.

Annexes

Annexe 1

Principaux critères de qualité des eaux de baignade Décret n° 93-164 du 10 juillet 1993.

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeur guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
***Escherichia coli* / 100 ml**	/100ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100 ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1L	-	0
Vibrion cholérique	/450ml	-	0
Physico-chimiques			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0,3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6 – 8.5
OD	% saturation en O2	-	80-120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capable de nuire la santé de baigneur

Annexe 2

Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale,

Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116 ;

Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement ;

Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 relative au code des eaux ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 89-23 du 19 décembre 1989 relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya ;

Vu le décret présidentiel n° 92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret n° 92-489 du 28 décembre 1992 fixant les attributions du ministre de l'éducation nationale ;

Décrète :

Article 1er. — Le présent décret a pour objet, en application des dispositions de la loi n° 83-03 du 5 février 1983 et de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 susvisées, de réglementer les rejets d'effluents liquides industriels.

CHAPITRE I

DISPOSITIONS GENERALES

Art. 2. — Au sens du présent décret, il est entendu par rejet tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel.

Art. 3. — Les rejets, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, sont soumis à autorisation conformément aux dispositions du présent décret.

L'autorisation détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets.

CHAPITRE II

DES CONDITIONS D'OBTENTION, DE RETRAIT OU DE MODIFICATION DES AUTORISATIONS

Art. 4. — Sans préjudice des conditions de l'article 101 de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, susvisée, les rejets d'effluents liquides industriels, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, ne peuvent être autorisés que :

— s'ils ne dépassent pas à la source les valeurs limites maximales telles qu'annexées au présent décret.

— s'ils remplissent les conditions techniques dont la définition fera, l'objet d'un arrêté du ministre chargé de la protection de l'environnement.

Art. 5. — Les conditions techniques prévues à l'article 4 ci-dessus tiennent compte notamment :

— du débit et du degré de pollution des eaux réceptrices et de leur capacité de regénération naturelle,

— des conditions d'utilisation des eaux réceptrices et des exigences de l'alimentation en eau des populations,

— de la protection de la faune et de la flore et des exigences sanitaires économiques et touristiques,

— de l'importance et de la nature des rejets.

Art. 6. — L'autorisation de rejet prévue à l'article 3 du présent décret, est délivrée par le ministre chargé de l'environnement après avis du ministre chargé de l'hydraulique.

Art. 7. — Les demandes d'autorisation de rejet sont adressées en trois exemplaires au ministre chargé de l'environnement par l'intermédiaire du wali territorialement compétent.

Art. 8. — Les dossiers de demande d'autorisation de rejet comportent notamment :

1) les noms, prénoms, qualité et domicile du demandeur ou si la demande émane d'une collectivité, d'une entreprise publique ou de toute autre personne morale, les indications suivantes : nature, siège, objet, noms, prénoms et qualité du ou des représentants habilités auprès de l'administration,

2) la description de l'emplacement de l'opération projetée et le cas échéant de sa profondeur et des niveaux souterrains dans lesquels elle s'effectue,

3) la nature et l'importance du rejet, les conditions d'évacuation ou de dépôt notamment sa répartition dans le temps, les mesures proposées pour remédier à la pollution des eaux,

4) la nature des agents polluants susceptibles d'altérer la qualité des eaux,

5) la description technique des installations prévues pour éviter d'altérer la qualité des eaux ou de nuire à la salubrité publique.

A la demande est jointe une carte à l'échelle minimale de 1/50.000 sur laquelle est reporté l'emplacement de l'opération projetée.

Annexe 3

DECRETS

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

————

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ,

Vu la loi n° 04 04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ,

Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

SECTION 1

DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.

Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.

Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée.

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.

SECTION 2

DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.

Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.

SECTION 3

DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.

Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.

Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

Annexe 4

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des pressions au niveau des communes de la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral, wilaya de Tipaza ; bilan diagnostic 2006).

Zones	Composantes	Nature des pressions	Niveau de sensibilité
FOUKA	Fouka Marine	Érosion marine, disparition plage Rejets d'eaux usées	+++ +++ (très forte)
	Bande entre RN11 et centre ville	Décharge Habitat spontané Habitat non réglementé Dégradation du foret	+++ +++ +++ +++
	Abris de pèche	Dégradé Voie parallèle au rivage Rejets d'eaux usées	++++ (forte) ++
BOUISMAIL	Front de mer	Urbanisation Rejets d'eaux usées Érosion-disparition plage entre Khemisti et Bouismail Conurbation Khemisti-Bou-Ismail	++ ++ +++ +++
	Zone industrielle	Rejets industriels polluants Implantation sur terres agricoles	+++ +++
	Bande entre RN11 et la haute ville	Habitat non réglementé Phagocytation des terres agricoles par mitage	++ +++
	Oued	Rejet Écoulement des eaux	++ ++
BOUHAROUN	Zone Est	Rejet d'eaux usées Urbanisation Érosion	++ ++ +++
	Zone de port	Fosses sceptiques Rejets polluant dans le bassin d'accostage Activité portuaire polluante, mazout, huiles, débris de poissons Envasement des bassins Pollution visuelle Dégradation des locaux techniques environnants	+++ +++ +++ ++ ++ ++
	Bande entre la RN11 et la ville	Urbanisation par mitage des terres	++

Annexe 5

Tableau 14 : Les résultats des paramètres mesurés in situ.

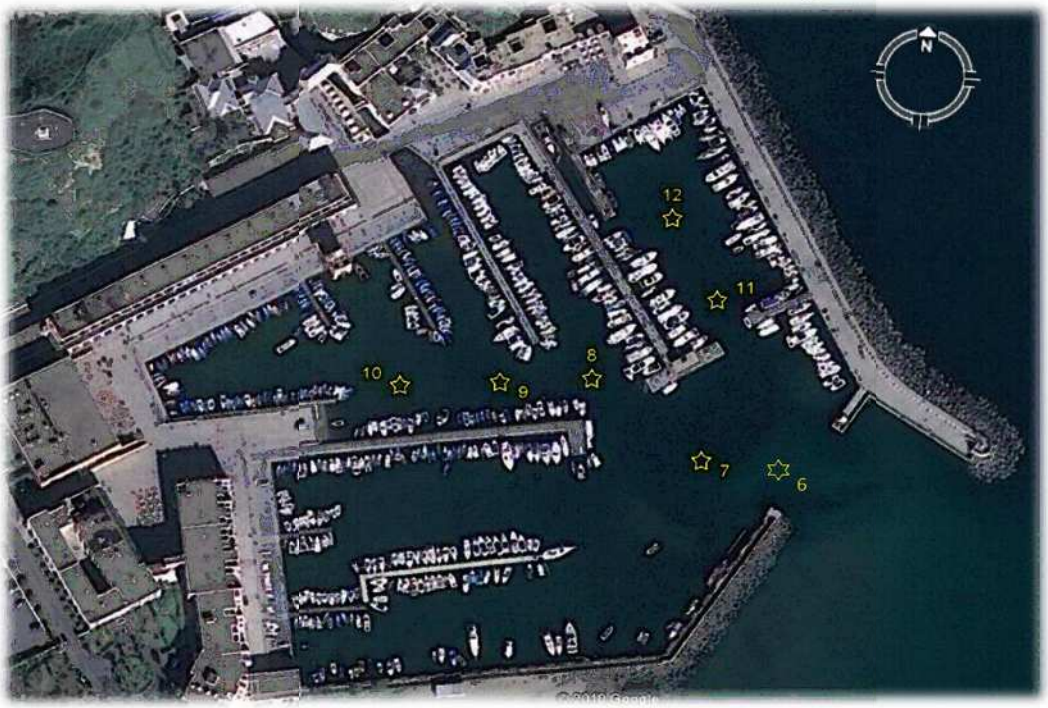
État de la mer	Les zones	N°	Coordonnée (φ,λ)	T (°C)	S (p.s.u)	Cond (mS/cm)	PH	OD (mg/l)
Mer agitée et vent d'ouest	Le 19/04/2010 La baie El Djamila (Z1)	1	36°45'37,4" N 002°51'09,6" E	17.3	36.6	47	8.3	8,00
		2	36°45'42,4" N 002°51'09,2" E	17.2	36.5	46.7	8.25	8,09
		3	36°45'45,2" N 002°51'08,7" E	17	36.5	46.6	8.26	7,01
		4	36°45'43,2" N 002°51'01,2" E	17.2	36.5	46.9	8.29	6,15
		5	36°45'47,1" N 002°50'59,0" E	18	36	47.6	8.28	7,15
		6	Port (la passe)	18.4	36	48	8.2	6,48
Mer agitée et vent d'ouest	Le 12/05/2010 Le port de Sedi Fredj (Z2)	7	36°45'48.66"N 2°50'54.49"E	20.4	36.5	50	8.15	5,94
		8	36°45'49.72"N 2°50'52.78"E	20.6	36.3	50.1	8.14	5,37
		9	36°45'49.60"N 2°50'51.34"E	20.6	36.3	50.3	8.17	6,44
		10	36°45'49.58"N 2°50'49.83"E	20.6	36.3	50	8.16	5,40
		11	36°45'50.82"N 2°50'54.59"E	20.4	36.2	49.9	8.21	5,59
		12	36°45'51.86"N 2°50'53.97"E	20.1	36.5	49.9	8.18	4,65
Mer agitée et vent d'ouest	Le 20/05/2010 Fouka (Z4) ; Bouismail (Z5) ; Bouharoun (Z6)	13	36°40'30.08"N 2°44'44.98"E	19	36,6	50	8,22	5,73
		14	36°40'28.08"N 2°44'39.24"E	19	36,1	49,3	8,28	6,67
		15	36°40'10.46"N 2°43'52.81"E	19	36,2	49,5	8,25	6,33
		16	36°39'1.98"N 2°41'37.46"E	20	36,4	49,7	8,28	8,09
		17	36°39'3.68"N 2°41'35.43"E	20	36,2	49,4	8,22	4,65
		18	36°37'35.76"N 2°39'25.18"E	20	36,5	49,8	7,65	8,50

Annexe 5

La première sortie en mer a été effectuée le 19/04/2010 dans la baie d'El Djamila.

Localisation des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamila.

La deuxième en 12/05/2010 dans le port de plaisance de Sidi Fredj.



Localisation des stations de prélèvement dans le port de plaisance de Sidi Fredj.

Annexe 5

Localisation des stations de prélèvement dans Fouka marine.

Annexe 5

Localisation des stations de prélèvement dans Bouismail.

Localisation de la station du port de Bouharoune.

Annexe 6

CONSERVATION DES PRÉLÈVEMENTS

Caractéristique ou élément analysé	Récipient	Conservateur à utiliser	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant …
Acidité-alcalinité	P ou Vb	0	200	4	24h (obsc)
Ammonium	P ou V	0 Acide sulfurique q.s.p. pH < 2		4	48h (obsc) quelques jours (obsc)
Anhydride carbonique		Mesure in situ		4	
AOX	Vb	0	500 flacon rempli complètement et bouché	4	
Arsenic, Sélénium, Titane, Vanadium.	P ou V	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	-	-	2 mois
Azote Kjeldahl	P ou V	0 Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	1000	4 4	48h (obsc) plusieurs semaines (obsc)
Bore	P				
Carbone Organique Total	Vb	0 passé 1 h à 400°C	500	4	quelques jours (obsc)
	V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	24 h (obsc)
Chlorophylle	V brun		1000	4	(*)
Chlorures	P ou V	0	100	-	15 jours
Composés organiques non volatils :					
- organo-halogénés	V	0	1000	4	(**)(obsc)
- organophosphorés	V	0	1000	4	48h (obsc)
- organo-azotés	V	0	1000	4	quelques jours (obsc)
Composés organiques volatils	V bouchon serti			4	quelques jours (obsc)
Conductivité	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	48h (obsc)
Cyanures totaux	P	Hydroxyde de sodium q.s.p. pH > 10	500	4	quelques semaines (obsc)
Cyanures libres	P	Hydroxyde de sodium q.s.p. pH > 10	500	4	48h (obsc)
DBO	P ou V	0	1000	4	24h
DCO	P ou V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	24h (obsc)
Dureté	P ou V	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	100	-	1 mois
Fer	P	(voir texte)	-	-	-
Fluorures, Bromures	P	0	300	-	7 jours
Iodures	V			4	48h (obsc)
Huiles et graisses	V	Acide chlorhydrique q.s.p. pH < 2	1000	4	15 jours
Hydrocarbures (indice)	V	Tétrachlorure de carbone (10 mL)	800	4	6 jours (obsc)
Hydrocarbures polycycliques	V	Hexane (10 mL)	1000	4	6 jours (obsc)
Lithium, Sodium, Potassium, Calcium, Magnésium, Strontium, Baryum	V	Acide nitrique	800	-	Plusieurs mois

Annexe 6

CONSERVATION DES PRÉLÈVEMENTS (suite)

Caractéristique ou élément analysé	Récipient	Conservateur à utiliser	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant …
Aluminium, Argent, Cadmium, Chrome, Cuivre, Manganèse, Plomb, Zinc, Cobalt, Nickel, Étain	P ou V	Acide nitrique q.s.p. pH < 1,5	-	-	2 mois
Mercure	Vb	Acide nitrique q.s.p. pH < 1,5 + Permanganate de potassium	-	-	1 mois
Nitrates	P ou V	0		4	48h (obsc)
		Acide sulfurique q.s.p. pH < 2		4	plusieurs semaines (obsc)
Nitrites	P ou V	0		4	48h (obsc)
Matières en suspension	P ou V	0	1000	4	6h (obsc)
Odeur, Couleur, Saveur	V	0	500	4	24h
Oxygène Dissous	Vb	Mesure in situ de préférence	300	4	24h (obsc)
Pesticides	V	0	2000	4	7 jours (obsc)
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	-	4	24h (obsc)
Phénol (indice)	P ou V	Soude pH = 12	500	4	quelques jours (obsc)
		1 g/L de sulfate de cuivre + acide phosphorique q.s.p. pH < 2		4	7 jours
Phosphates (Ortho, Poly et P total)	P ou V	0	100	4	48h (obsc)
		Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	1 semaine
Radioactivité	P	0	1000	-	15 jours
Résidu	P ou V	-	500	4	7 jours
S.E.C.	V	Chlorure mercurique (40 mg/L) ou chloroforme (1 mL/L)	variable	4	48h
Silice	P	-	50	4	7 jours (obsc)
Sulfates	P ou V	-	200	4	7 jours
Sulfites, Sulfures	P	Prélèvement avec flacon spécial acétate de zinc (pH 12 + soude) (voir texte)	100	4	plusieurs semaines
Surfactifs (détergents anioniques et non ioniques)	V	Chloroforme (1 mL/L)	200	4	24h (obsc)
TA-TAC, TH	P ou V	Mesure in situ de préférence	200	4	24h (obsc)
Turbidité	P ou V	-	100	4	24h (obsc)
Coliformes totaux	P ou V	Flacons stériles (***) (en présence d'une eau traitée par un oxydant, ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10%)	250	4	24h (obsc)
Coliformes fécaux	P ou V		250	4	24h (obsc)
Streptocoques fécaux	P ou V		250	4	24h (obsc)

P : Polyéthylène V : Verre Vb : Verre borosilicaté généralement bouché émeri obsc : obscurité

(*) Voir norme AFNOR T 90-116 et T 90-117. (**) Voir norme AFNOR T 90-120 et T 90-125.

(***) Les flacons en verre peuvent être stérilisés au Four Pasteur à 180°C pendant 1 h 30 ou à l'autoclave à 120°C pendant 1 h. les flacons en polyéthylène peuvent être stérilisés par irradiation (25 kGy soit 2,5 Mrad).

Source : RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 2005. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition. Edition DUNOD, Paris, 1383p.

Annexe 7

PROTOCOLE DE NETTOYAGE DE LA VAISSELLE DE LABORATOIRE

1- Domaine d'application :

Ce protocole concerne toute la vaisselle utilisée au laboratoire mais aussi le matériel nécessitant un prétraitement avant utilisation.

2- Nettoyage de la vaisselle :

Toute la vaisselle utilisée au laboratoire doit être rincée après utilisation à l'eau courante, puis à l'eau déminéralisée. Après passage à l'eau déminéralisée la vaisselle est placée à l'étuve à 60°C, pendant au minimum une nuit, puis rangée.

Dans le cas où la vaisselle est très sale, il est nécessaire de la laisser tremper une nuit dans un bac de détergent, de la rincer à l'eau courante et de la laisser tremper une autre nuit dans des bacs d'acide (H_2SO_4 1%). La suite du rinçage avant séchage se fait comme énoncé précédemment.

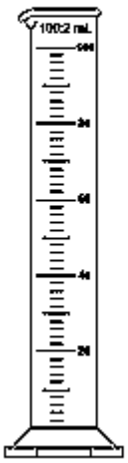
De même pour les tubes ayant servi à un dosage, il est nécessaire de les rincer à l'eau courante et de les laisser tremper 24h dans des bacs à acide avant de les rincer à l'eau et de les faire sécher à l'étuve.

Remarque : toutes les indications portées sur la verrerie ou les éventuelles étiquettes doivent être supprimées lors du nettoyage.

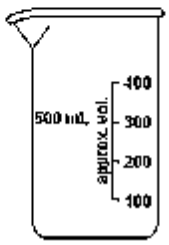
VERRERIE USUELLE

Burette

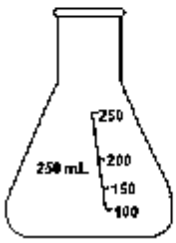
Pipette graduée



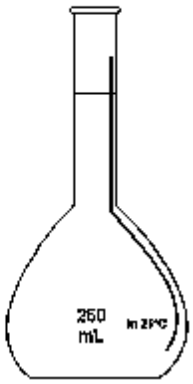
Éprouvette graduée



Becher



Erlenmeyer



Fiole jaugée

Annexe 8

ÉTIQUETAGE DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons destinés au laboratoire doivent être désignés de façon claire et durable afin de permettre leur identification sans ambigüités. On distingue de types de désignations possibles :

- soit les flacons sont désignés par une étiquette où sont indiquées l'origine de l'échantillon et les conditions dans lesquelles il a été prélevé ;
- soit il est possible de simplifier cette opération en utilisant un système d'étiquettes numérotées ou codées.

Afin d'éviter les oublis lors du remplissage de l'étiquette, l'ensemble de ses champs doit être renseigné comme suit :

- La désignation de la station et du site échantillonné est indispensable ;
- La date et l'heure sont très importants car ils constituent une clé d'entrée pour retrouver l'échantillon ;
- L'origine de l'eau présente d'une part le type d'eau prélevée (eau de surface, rejet, …), et le milieu consterné (rivière, canal, …) d'autre part ;
- Le nom du préleveur ;
- Les analyses à effectuer ou le nombre de paramètres à analyser ;
- Si un produit (conservateur) a été introduit, cela doit être mentionné.

Station : ……..…..……. N° de code : ……
Site : ……... ……. N° de code : ……..…..…..……
Date : ……..…… Heure : …..…...……...…
Origine de l'eau : ……..……..
Nom du préleveur : ……..……..
Analyses à effectuer : ……..……
Conservateur : ……..……

Il est recommandé, par souci de simplicité, d'utiliser un système d'étiquettes codées. Le code du flacon est reporté sur une fiche comme sur l'exemple représenté dans la figure suivante :

Annexe 9

Tableau 1 : Gamme-étalons de l'ammonium

Standards	Concentration (en µmol)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,5	530
Stand. n° 2	1	477
Stand. n° 3	1,5	620
Stand. n° 4	2	905
Stand. n° 5	2,5	926
Stand. n° 6	5	2281

Tableau 2 : Gamme-étalons des nitrites

Standards	Concentration (en µmol)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,2	583
Stand. n° 2	0,4	947
Stand. n° 3	0,6	1506
Stand. n° 4	0,8	2364
Stand. n° 5	1,2	3867
Stand. n° 6	1,4	3086

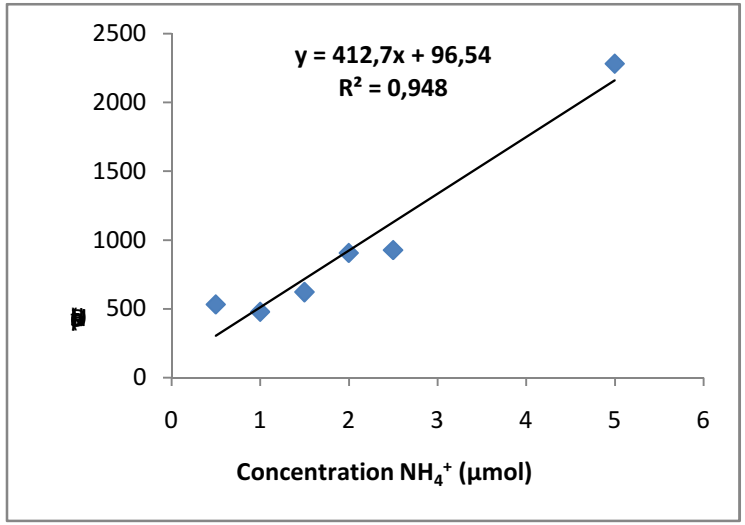
Tableau 3 : Gamme-étalons des orthophosphates

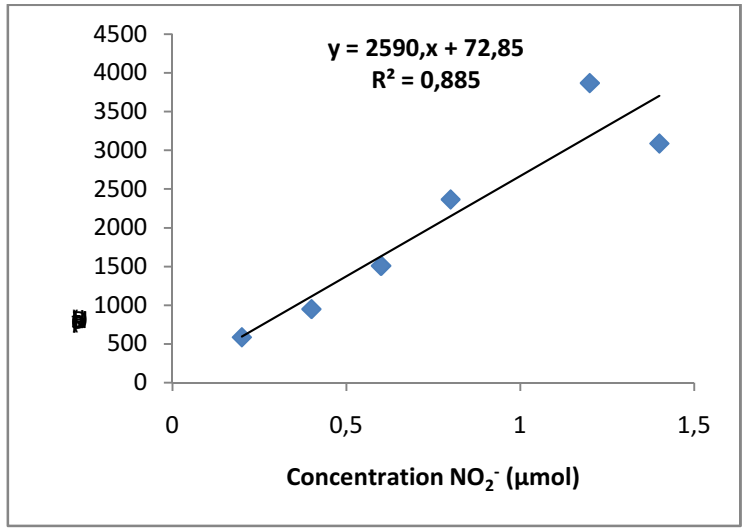
Standards	Concentration (en µmol)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,2	62
Stand. n° 2	0,4	212
Stand. n° 3	0,6	284
Stand. n° 4	0,8	370
Stand. n° 5	1,2	457
Stand. n° 6	1,4	722

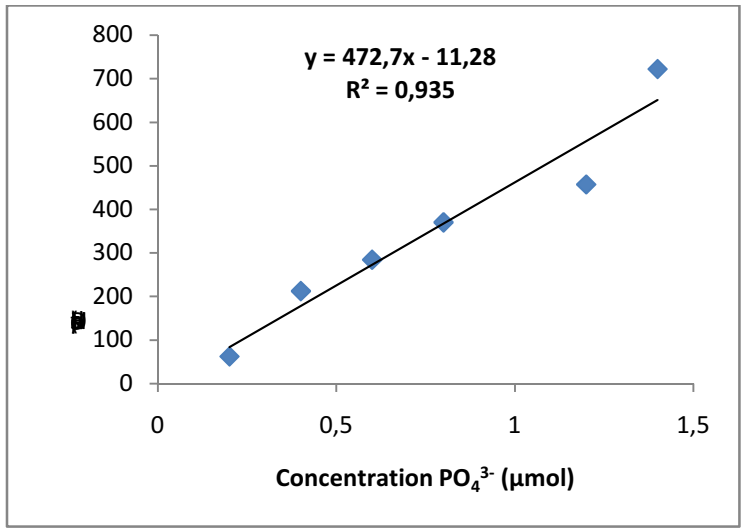
Tableau 4 : Gamme-étalons des nitrates

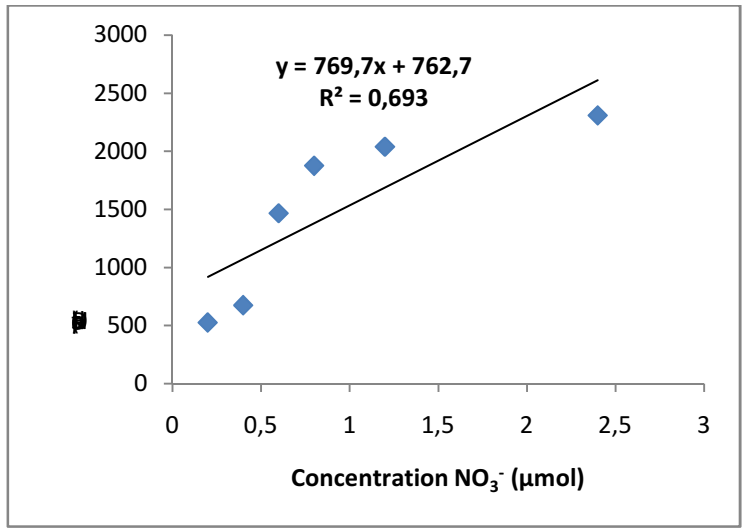
Standards	Concentration (en µmol)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,2	526
Stand. n° 2	0,4	675
Stand. n° 3	0,6	1466
Stand. n° 4	0,8	1875
Stand. n° 5	1,2	2038
Stand. n° 6	2,4	2307

Annexe 9


y = 412,7x + 96,54
R² = 0,948
2500
2000
1500
1000
500
0
0
1
2
3
4
5
6
Concentration NH4+ (µmol)


y = 2590,x + 72,85
R² = 0,885
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
0,5
1
1,5
Concentration NO2- (µmol)


y = 472,7x - 11,28
R² = 0,935
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
0,5
1
1,5
Concentration PO43- (µmol)


y = 769,7x + 762,7
R² = 0,693
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
Concentration NO3- (µmol)

Annexe 10

Tableau 1 : Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe, 1976 in BRISOU et DENIS, 1980).

Paramètres	Norme Guide (G)	Norme Impérative (I)
Coliformes totaux (NPP/100ml)	**500**	**10 000**
Coliformes fécaux (NPP/ 100ml)	**100**	**2000**
Streptocoques fécaux (NPP /100ml)	**100**	**1000**

	Qualités
< **G**	Bactériologiquement satisfaisant dans 80% des cas
Entre **G** et **I**	situation encore acceptable dans 95% des cas
> I	seuil de sécurité – ALERTE

Tableau 2 : Normes de salubrité pour les eaux de baignade concernant Escherichia coli et les Streptocoques fécaux (BRISOU et DENIS, 1980) **.**

Qualités	E. coli/100ml	Streptocoques fécaux/100ml
Très bonne	< 50	**< 5**
Bonne	50-200	**5-20**
Moyenne	200-1000	**20-100**
Suspecte	1000-2000	**100-200**
Dangereuse	**> 2000**	**> 200**

Annexe 11

Station 1 :		7 individus	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	*Aonides oxycephala*	1	5
	Nereis irrorata	1	
	Capitella capitata	1	
	Capitellidea sp	2	
Mollusques	*Diplodonta sp*	1	2
	Nucula sulcata	1	
Crustacées	-	-	-
Divers	-	-	-

Station 2 :		7 individus	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	*Aonides oxycephala*	1	4
	Capitella capitata	3	
Mollusques	*Abra alba*	2	3
	Donax trunculus	1	
Crustacées	-	-	-
Divers	-	-	-

Station 3 :		23 individus	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	*Aonides oxycephala*	10	18
	Capitella capitata	6	
	Lumbriconereis sp	1	
	Audouinia tentaculata	1	
Mollusques	*Abra alba*	3	4
	Cardium sp	1	
Crustacées	-	-	
Divers	Phascolosoma sp	1	1

Annexe 11

Station 4 :		5 individus	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	Nereis sp	1	1
Mollusques	Abra alba	1	1
Crustacées	Gamarus sp	3	3
Divers	-	-	-

Station 5 :		1 individu	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	-	-	-
Mollusques	Abra alba	1	1
Crustacées	-	-	-
Divers	-	-	-

Station 6 :		17 individus	
Groupes zoologiques	**Espèces**	**Nombre d'individu d'une même espèce**	**Nombre d'individu du groupe zoologique**
Polychètes	-	-	
Mollusques	*Abra alba*	5	16
	Alvania montagui	1	
	Alvania cimex	1	
	Alvania lineata	1	
	Donax sp	1	
	Venerupsis sp	1	
	Venus sp	1	
	Engina bicolor	1	
	Nassa granum	1	
	Gibbula sp	1	
	patella sp	1	
	Inditerminé	1	
Crustacées	Gamarus sp	1	1
Divers	-	-	-

Nombre totale d'individus : 60