

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة والتعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم والبحر وتهيئة الساحل

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



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER**

Option : Environnement

Thème :

**Evaluation de l'impact de la station d'épuration de la région
ouest algéroise (Ain Benian) sur le milieu marin**

Présenté par :

➤ **IDIR Siham**

Soutenu le 30/10/2014 devant le jury suivant :

M^{me} BENTCHIKOU L

ENSSMAL

Présidente

M^{elle} BELKACEM Y

CNRDPA

Promotrice

M^{me} BACHARI-HOUMA F

ENSSMAL

Co- promotrice

Mr DRICHE M

ENSSMAL

Examineur

Promotion : 2013/2014

REMERCIEMENT

C'est avec une grande joie et une certaine émotion que je rédige aujourd'hui ces quelques lignes de remerciements.

Je tiens en premier lieu à exprimer ma profonde gratitude à mes directeurs de thèse, Madame Houma-Bachari et Mademoiselle Belkacem. La confiance qu'ils m'ont témoignée, la liberté qu'ils m'ont accordée et les conseils précieux qu'ils m'ont prodigués sont des éléments qui ont fortement contribué à la réalisation de ce travail de recherche.

Je remercie également la présidente du Jury, Madame Bentchikou, d'avoir accepté de relire ce tapuscrit en tant qu'une présidente.

Je souhaite remercier le Professeur Monsieur Driche, qui me fait le grand honneur d'avoir accepté de relire ce tapuscrit en tant qu'examineur.

Je tiens à remercier dans leur globalité toutes les équipes de la bibliothèque de l'école pour leurs judicieux conseils pendant la recherche bibliographique et leurs sympathies.

Je remercie tout particulièrement Madame Eddalia et Monsieur Yousef avec qui nous avons pu réfléchir à des solutions adaptées aux problèmes rencontrés, et également pour leur aide lors des nombreuses heures de pratique où l'efficacité et le sens de l'humour. Je n'oublie pas Mougrane qui m'accompagne sur le terrain et Je remercie également Monsieur Yacine du service de moyennes générales pour le prêt du véhicule de service. D'un point de vue personnel, je me dois de mentionner aussi les gens rencontrés sur le terrain.

Pardon à toutes celles et ceux que j'ai oublié...

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail

Aux auteurs de mes jours, Ma mère et Mon père.

*A la source de ma joie Mon frère également à Ma petite sœur,
Ma tante et Ma très chère grand-mère.*

*Merci à mes amis qui m'ont continuellement encouragé et qui
tiennent une place toute particulière. Je pense à tous mes amis
d'enfance et d'adolescence, Hania, Salima, Noura et Amina j'en
oublie certainement, et enfin à tous les collègues du la spécialité
Environnement avec qui nous avons passé d'excellents
moments à l'Ecole ou ailleurs.*

*Pour terminer, je rends un vibrant hommage à Mohamed pour
m'avoir supporté et encouragé pendant toutes ces années.*

SOMMAIRE



Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	12
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1. Définition de la pollution marine	14
2. Les différents types de pollution	14
3. Les paramètres à contrôler	14
3.1. Les paramètres physico-chimiques	14
3.1.1. La température(T)	15
3.1.2. La salinité (S)	15
3.1.3. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	15
3.1.4. La Conductivité	15
3.1.5. L'oxygène dissous (OD)	15
3.2. Les paramètres indicateurs de pollution	16
3.2.1. La Turbidité	16
3.2.2. La matière en suspension(M.E.S)	16
3.2.3. Matière organique(MO)	16
3.3. Les sels nutritifs	16
3.3.1. Les différentes formes des sels nutritifs	17
a. L'azote (N)	17
b. Le phosphore (P)	18
c. Silicium(Si)	18
3.4. La chlorophylle	18
3.5. Le phytoplancton	18
4. Paramètres microbiologiques	19
4.1. Germes indicateurs de contamination fécale	19
4.1.1. Les Coliformes totaux (CT)	19
4.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (CF)	19
4.1.3. Les streptocoques fécaux(SF)	19
5. Généralité sur l'épuration	20
5.1. Schéma générale de principe d'une installation de dessalement	20
5.2. Aperçus sur les stations d'épuration en Algérie	20
5.3. Les eaux usées	21
5.4. Problème des rejets des eaux usées	21
Chapitre II : Description de la zone d'étude	
1. La Baie d'el Djamila	23

1.1. Situation géographique	23
1.2. Réseau hydrographie	23
1.3. La sédimentologie	24
1.4. Bathymétrie	25
1.5. Les vents	25
1.6. Les courants	25
1.7. La houle	25
1.8. Sources potentielles de pollution	26
2. Présentation de l'unité d'épuration : Beni Messous	26
2.1. Localisation géographique	26
2.2. Schémas général de la STEP	27
2.3. Caractéristique de la STEP	27
2.4. Procédés de fonctionnement de la STEP	28
2.4.1. Les étapes de traitement de l'eau	28
2.4.1.1. Prétraitement mécanique	28
2.4.1.2. Décantation primaire	30
2.4.1.3. Traitement biologique	30
2.4.1.4. Décantation secondaire	30
2.4.1.5. Station d'eau épurée	30
Chapitre III : Matériels et méthodes	
1. Choix et localisation des stations de prélèvement	32
2. Travaux effectués en mer	32
2.1. Prélèvement d'eau de mer	33
2.2. Mesure in situ (T, S, C, pH, OD, Tu)	33
3. Travaux effectués au laboratoire	34
3.1. Analyse physico-chimiques	34
3.2.1. Mesure de la matière en suspension	34
3.1.2. La matière organique	34
3.2. Analyse des sels nutritifs	35
3.3. Dosage de la chlorophylle <i>a</i> par spectrophotométrie	35
3.4. Le phytoplancton	36
3.5. Analyse statistique des données acquises	36
3.5.1. Matrice de corrélation	36
3.5.2. Analyse en composantes principale	36
3.6. Analyse microbiologique	37

3.6.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»	37
3.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	38
Chapitre IV : Résultats et discussions	
1. Variation des paramètres physico-chimiques	40
1.1. Température	40
1.2. Salinité	40
1.3. Le potentiel d'hydrogène	41
1.4. Oxygène dissous	42
1.5. Conductivité	42
2. Les paramètres indicateurs de pollution	43
2.1. Turbidité	43
2.2. Matière en suspension	44
2.3. Matière organique particulaire	45
3. Sels nutritifs	46
3.1. Nitrate	46
3.2. Nitrite	46
3.3. Phosphate	47
3.4. Silicate	48
4. Chlorophylle <i>a</i>	48
5. Etude biologique	49
5.1. Etude quantitative des populations phytoplanctoniques	49
5.2. Etude qualitative des populations phytoplanctoniques	50
6. Analyse statistique	51
6.1. Matrice de corrélation	51
6.2. Analyse en composantes principale	52
7. Analyse microbiologique	53
7.1. Les coliformes totaux	53
7.2. Les coliformes thermotolérants « fécaux »	53
7.3. Les streptocoques fécaux	54
Conclusion générale et recommandation	56
Bibliographie	59
Annexe	64

Liste des figures

Figure I.01 : Classification de la pollution	3
Figure I.02 : Schéma général d'une installation d'épuration	9
Figure II.01 : Situation géographique de la baie d'El Djamil.	12
Figure II.02 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamil.	13
Figure II.03 : Localisation de la station de Béni Messous	15
Figure II.04 : Schémas général de la station de Béni Messous	15
Figure III.01 : Localisation des stations de prélèvement d'eau de mer.....	21
Figure III.02 : Représentation des points de prélèvements.....	22
Figure III.08 : Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermotolérants.....	21
Figure III.9 : Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux.....	23
Figure IV.01 : Variation de la température en fonction des stations.....	29
Figure IV.02 : Variation des valeurs de la salinité en fonction des stations.....	30
Figure IV.03 : Variation des valeurs de pH en fonction des stations.....	30
Figure IV.04 : Variation des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des stations.....	31
Figure IV.05 : Variation des valeurs de la conductivité en fonction des stations.....	32
Figure IV.06 : Variation des valeurs de la turbidité en fonction des stations.....	33
Figure IV.07 : Variation des valeurs des MES en fonction des stations.....	33
Figure IV.08 : Variation des pourcentages des MOP en fonction des stations.....	34
Figure IV.09 : Variation des concentrations des NO_3^- en fonction des stations.....	35
Figure IV.10 : Variation des concentrations des NO_2^- en fonction des stations.....	35
Figure IV.11 : Variation des concentrations des PO_4^- en fonction des stations.....	36
Figure IV.12 : Variation des concentrations des SiO_2^- en fonction des stations.....	37
Figure IV.13 : Variation des concentrations des chlorophylles a en fonction des stations....	38
Figure IV.14 : variation des densités cellulaires totales des populations phytoplanctoniques de chaque échantillon par rapport au point de rejet.....	39
Figure IV.15 : Quelques espèces phytoplanctoniques rencontrées dans la zone d'étude....	40
Figure IV.16 : La distribution des paramètres environnementaux sous forme ACP.....	41

Liste des tableaux

Tableau I.01 : Les stations d'assainissement d'Alger	9
Tableau II. 01 : Débit des eaux usées entrant à la station.....	16
Tableau II. 02 : Charge polluant dans l'effluent entrant à la station	16
Tableau IV. 05 : Concentrations des CT en fonction des stations.....	41
Tableau IV. 06 : Concentrations des CF en fonction des stations.....	41
Tableau IV. 07 : Concentrations des SF en fonction des stations.....	42

Liste d'abréviation

ACP : Analyse en Composantes Principales.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

BSAE : Banque de Situations d'Apprentissage et d'Evaluation.

CT : Coliformes Totaux.

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

Eq.Hab : Equivalent Habitat.

EPI : Eau peptonée exempte d'indole.

G.E.S.A.M.P: Group of Experts on Scientific Aspect of Marine Pollution.

ISO : International Standard Organisation.

Ind : indénomrable

MES : Matière en Suspension.

MO : Matière Organique.

MOP : Matière Organique Particulaire.

M.R.E : Ministère des Ressources en Eau.

MgCO₃ : Carbonate de magnésium.

N : Azote.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

NO₂⁻ : Nitrites.

NH₃ : Ammoniac.

NH₄⁺ : Ammonium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

OD : Oxygène Dissous.

P : Le phosphore.

pH : Le potentiel d'Hydrogène.

PO₄⁻³, HPO₄⁻², H₂PO₄⁻ : Orthophosphates.

Si : Silicium.

SEEAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

T: Temperature.

INTRODUCTION GÉNÉRAL

A decorative orange L-shaped line is positioned to the right and below the text. It consists of a vertical line segment on the right side and a horizontal line segment at the bottom, meeting at a right angle.

Introduction générale

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe à un cycle (évaporation, précipitations et écoulement). Mais l'eau de nos jours est menacée en quantité et en qualité par les activités anthropiques qui sont la source incontestée de la pollution et qu'est sont à l'origine des dégradations qui réduisent les volumes d'eau susceptibles d'être utilisés.

Alors, sa protection, sa mise en valeur et son utilisation sont d'intérêt général. Cela signifie qu'une ressource en eau de bonne qualité et en quantité suffisante est nécessaire au développement économique et au bien-être des populations.

Entre autre, la situation actuelle en Algérie se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles en eau. La croissance démographique et le développement économique et social du pays ont induit durant les deux dernières décennies écoulées, un accroissement considérable des besoins en eau potable, industrielle et agricole.

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation. Seulement, ces réalisations n'ont pas été suffisantes pour atteindre l'objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques parce que les eaux usées et rejetées bien que traitées peuvent assurer l'élimination de plus de 95 % de la charge polluante, ne sont pas sans incidence sur le milieu récepteur. De ce fait dans ce présent travail, nous nous sommes intéressé plus précisément à estimer l'impact des rejets de la station d'épuration de Ain Benian sur l'environnement marin.

Ce document sera présenté en quatre grandes parties, la première partie est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité (synthèse de connaissances). Dans la deuxième partie, nous donnerons une présentation de la zone d'étude et une description générale de la station de d'épuration étudiée. La troisième partie est destinée à une présentation des matériaux utilisés ainsi que les méthodes opératoires. Quant à la quatrième partie, elle sera consacrée à l'interprétation des résultats obtenus au cours de notre étude et nous terminerons par une conclusion générale.

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

I

I.1. Définition de la pollution marine

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine. (Djamel Taieb, 2009).

Selon la loi **11-03 du 9 juin 2003** relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement, définit la pollution marine comme étant notamment : « tout déversement ou toute introduction en mer, directement ou indirectement d'un produit susceptible d'endommager les êtres vivants et les végétaux marins... ».

I. 2. Les différents types de pollution

Il existe deux principaux critères utilisés pour classer les polluants en milieu marin. Il s'agit de son origine (urbaine, industrielle et agricole) et de sa nature (chimique, biologique ou physique). (Galaf & Ghannam, 2003) (Figure I.01).

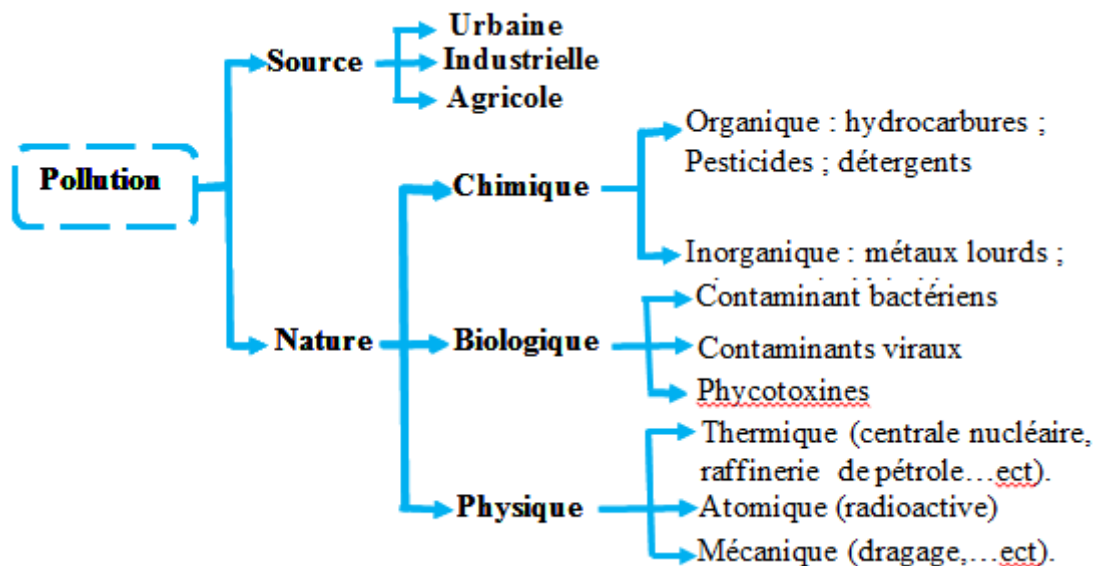


Figure I.01 : Classification de la pollution

I.3. Les paramètres à contrôler

Un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer, par des analyses, les caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) (Gaujous, 1995).

I.3.1. Les paramètres physico-chimiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables par des analyses physico-chimiques qui font appel à des techniques d'analyses très variées fondées sur les propriétés intrinsèques des molécules ou des atomes recherchés (spectrométrie, chromatographie...), ou encore sur leur

aptitude à réagir avec des réactifs particuliers (dosages complexométriques ou d'oxydoréductions...) (**Gevernier, 2002**).

I.3.1.1. Température (° C)

La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tels que : la saturation des gaz dissous, la mesure du *pH* (**Aminot & Kérouel, 2004**). C'est un facteur écologique important, il conditionne la nature des communautés aussi bien terrestre qu'aquatiques, ainsi que leurs caractères de leur développement (**Ramade, 2000**).

I.3.1.2. La salinité (PSU)

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

I.3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène

Il est important pour la vie aquatique et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau et les autres milieux récepteurs aquatique. (**Rodier & al, 2009**). Sa connaissance exacte est essentielle dans le domaine de la qualité physique et de la résistance des ouvrages d'épuration (agressivité, corrosivité, entartage). (**Gomella & Guerrée, 1978**). En milieu côtier et estuarien, certains rejets industriels ou les apports d'eaux continentales sont la cause de variation du *pH* qui s'avère dans ce cas un indice de pollution. (**Aminot & Caussipied, 1983**).

I.3.1.3. La conductivité (mS/cm)

La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot & Kérouel, 2004**), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**). Et sa variation dépend de la salinité et la température des eaux (**Lefebvre, 1993**).

I.3.1.5. L'oxygène dissous (mg/l)

Ce paramètre détermine la qualité du milieu (**Aminot & chaussepied, 1983**), et gouverne la plus part des processus biologiques des écosystèmes aquatique (**Aminot & Kérouel, 2004**). La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température,

échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). **(Rodier & al, 2005)**.

I. 3.2. Les paramètres indicateurs de pollution

I.3.2.1. Turbidité (NTU)

Selon la norme **ISO 7027 (AFNOR ,1990)**, la turbidité c'est « la réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substance non dissoutes ». **(Aminot & Kérouel, 2004)**, ou elle représente le trouble du à la présence plus ou moins importante de matière en suspension d'origine minérale ou organique. **(Rodier & al, 2009)**. Les mesures de turbidité ont un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. **(Rodier & al, 2005)**.

I.3.2.2. La matière en suspension (mg/l)

Ce sont des matières organiques où minérales de dimensions très variables, elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 µm et elles peuvent être un indice de pollution. Elles peuvent être aussi considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques et biologiques **(Lacaze, 1996)**.

La matière en suspension influence la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques, ou elle construit une voie de pénétration des éléments toxiques **(Rodier, 1997)**.

I. 3.2.3. La matière organique (%)

La matière organique est une substance nutritive considérée comme une source d'énergie pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée **(Boulahdid, 1987)**.

Le taux de la matière organiques est en moyenne de 45mg/l en zone marine côtière libre, il augmente cependant de 29% par rapport à cette valeur dans les enceintes portuaires sans égouts et de 53% dans celles où existent un ou plusieurs rejets d'eaux résiduaire. **(Aubert & al, 1972)**.

I.3.3. Les sels nutritifs

Les sels nutritifs sont les formes d'azote et de phosphore et de silicium qui sont nécessaire à la croissance des plantes marines et en particulier pour les phytoplanctons. **(Eddalia, 1990)**, mais ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans le milieu aquatique augmentent pour arriver à des seuils alarmantes. **(Levitus, 1993)**. Ils sont

des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou à la caractérisation d'un écosystème marin. (Aminot & Kérouel, 2007).

I. 3.3.1. Les différentes formes des sels nutritifs

a. Azote ($\mu\text{mol/l}$)

L'azote est un élément de grande importance dans les écosystèmes marins. Il est un constituant majeur des organismes vivants et considéré comme le nutriment limitant la production primaire. (Luc-Henri, 2007). Dans les eaux usées domestiques l'apport journalier de l'azote est compris entre 10 et 15 g par habitant. (Grosclaude, 1999).

➤ L'azote nitreux ($\mu\text{mol/l}$)

Les ions nitrites sont des composés intermédiaires du cycle d'azote situés entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles par litre. (Rodier & al, 2009). Les nitrites tout comme les sels ammoniacaux sont des indicateurs typiques de pollution des eaux. Une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique pour les poissons même à faible concentrations. (Rejsek, 2002).

➤ L'azote nitrate ($\mu\text{mol/l}$)

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. (Aminot & Chaussépied, 1983). Et c'est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton. (Rodier & al, 2009). Il provient de l'oxydation des nitrites sous l'action des bactéries du type nitrobacter. (Eddalia, 1990).

➤ L'azote ammoniacal ($\mu\text{mol/l}$)

Dans les eaux marines et estuariennes, l'ammonium est très prédominant la forme NH_3 est plus toxique pour la vie aquatique. L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organique azotés. (Aminot & Chaussépied, 1983).

b. Le phosphore ($\mu\text{mol/l}$)

Le phosphore présent dans l'eau de mer à l'état soluble ou particulaire existe sous plusieurs formes : phosphore inorganique composé essentiellement d'orthophosphate et phosphore organique. (Rodier & al, 2009).

C'est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire orthophosphate est essentielle à la vie aquatique. Mais ces fortes concentrations indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole, sont considérées comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation. **(Aminot & Chaussied, 1983).**

c. Le Silicium ($\mu\text{mol/l}$)

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires, ...) auxquelles il est indispensable. **(Aminot & chausspied, 1983).** Sa présence dans l'eau de mer provient de la dissolution de sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulières. **(Rodier & al, 2009).**

Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus, et à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silices. **(Jacques & Tréguer, 1986).**

I.3.4. Chlorophylle *a* ($\mu\text{g/l}$)

La chlorophylle est un pigment indispensable à la photosynthèse. La chlorophylle *a* est la molécule responsable de la production d'oxygène par les cellules végétales, tous les autres pigments qui peuvent être présents dans le chloroplaste comme la chlorophylle *b*, la chlorophylle *c*, le caroténoïdes et les phycobilines ne font qu'absorber l'énergie et la transmettre à la chlorophylle *a* pour effectuer la photosynthèse **(Raven & al, 2007).**

La chlorophylle *a* est considéré comme étant une bonne indicatrice de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctoniques. **(Aminot & Chaussepied, 1983).**

I.3.5. Le phytoplancton (Cell./l)

Le phytoplancton représente le premier maillon de la chaîne alimentaire dans les océans. Le plancton étant lui-même défini comme l'ensemble des organismes microscopiques compris entre 0,2 et 100 μm , et qui flottent plus ou moins passivement dans les eaux (transporté par les courants) **(Messié, 2006).**

Il est composé d'organismes unicellulaires opportunistes présents dans toutes les mers. Se satisfaisant de peu, il va rapidement coloniser toute une strate d'eau en se multipliant par division cellulaire tout en étant par la présence de lumière et éléments nutritifs. **(Bernard, 2006).** Les deux classes de phytoplancton marin les plus riches en espèces sont celles des diatomées et des dinoflagellés.

I.4. Paramètres microbiologiques

I.4.1. Germes indicateurs de contamination fécale

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

I.4.1.1. Les Coliformes totaux (UFC/100ml)

Selon la définition (**ISO**), ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulant, anaérobie facultatif, oxydase négative. Ils peuvent croître en présence des sels biliaires et sont capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acides et d'aldéhydes en 48 heures à des températures de 35 à 37°C. (**Rodier & al, 2005**). De nombreux coliformes ne sont pas dangereux du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération extrêmement abondante ou de réceptivité particulière de consommateur. (**Guiraud, 1998**).

I.4.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (UFC/100ml)

Sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. (**Elmund & al., 1999; Santé Canada, 1991; Edberg & al, 2000**). Plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, mais provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (**Barthe & al, 1998; OMS, 2000**).

L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (**CEAEQ, 2000**).

I.4.1.3. Les streptocoques fécaux (UFC/100ml)

Les streptocoques fécaux sont des coques Gram+, sphériques allongés, formant des chaînettes ou des paires, non sporulés. Ils sont dépourvus de cytochrome et de catalase. Ils peuvent se développer en aérobiose, un métabolisme fermentatif et sont considérés comme des anaérobies tolérant l'oxygène (**Béraud, 2004**). L'intérêt à l'égard des entérocoques s'explique par le fait que, comparativement aux coliformes (incluant *E. coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (**Chevalier, 2003**).

6. Généralité sur l'épuration

I.6.1. Schéma générale de principe d'une installation d'épuration

Le schéma classique d'une station d'épuration des eaux usées à boues activées est généralement comporte cinq grandes étapes (figure I.02).

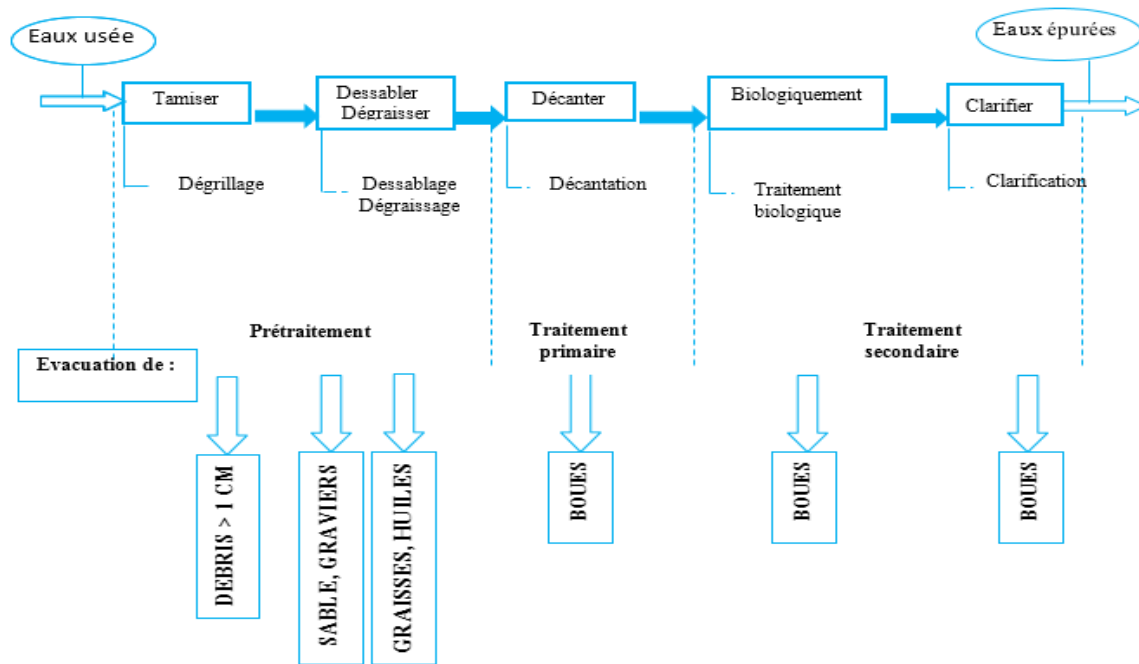


Figure I.02. Schéma général d'une installation d'épuration (BSAE, 2009)

I.6.2. Aperçus sur les stations d'épuration en Algérie

D'après un rapport publié par l'office national d'assainissement en 2006, l'Algérie compte 49 stations d'épuration réparties à travers tout le territoire national. Le rapport précise que l'état de 63% de ces stations nécessite une réhabilitation, 18% d'entre elles sont abandonnées et 19 % ne fonctionnent pas correctement. (Daira & al, 2009).

Tableau I.01 : Les stations d'assainissement d'Alger. (Vitiello, 2009)

Station	Capacité (Eh)
STEP Beni Messous	250.000 – 500.000
STEP Staoueli	15.000
STEP Zeralda	200.000
STEP Sidi Abdallah	200.000
STEP Braki	900.000
STEP Reghaia	400.000

I.6.3. Les eaux usées

Les eaux usées appelées encore eaux résiduaires ou effluents, sont des eaux ayant subies une détérioration et une transformation de leurs propriétés naturelles après usage. On englobe aussi les eaux de pluie qui s'écoulent dans les canalisations d'eaux usées. (**Bliffert & Perraud, 2001**). Ils regroupent les eaux usées domestique (les eaux vannes et les eaux ménagères), les ruissellements et les effluents industriels (eaux usées des usines). (**Baumont & al, 2004**). L'eau usée ou polluée est une eau qui est mélangée à des corps étrangers tels que les, les produits chimiques, les déchets domestiques et industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. Toutefois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, qualitativement et quantitativement. Les eaux usées comme les eaux pluviales, continent des métaux lourds. Ces derniers sont des polluants ayant un fort impact toxicologique, il s'agit principalement du : Cadmium (Cd), Plomb (Pb), Nickel (Ni), Cuivre (Cu), Zinc (Zn), ... ect. (**Bourrier, 2008**).

I.6.4. Problème des rejets des eaux usées

L'urbanisation croissante entraîne des rejets domestiques de plus en plus importants et des besoins en prélèvement d'eau également croissants. Les rejets urbains sont constitués des rejets des stations d'épuration et les eaux non épurées.

Liés à l'urbanisation côtière, ils se déversent dans le milieu marin, soit directement (absence de système d'assainissement) soit après passage par une station d'épuration. Ces rejets sont amplifiés par l'urbanisation en amont et l'imperméabilisation des sols, par la saturation des réseaux d'eaux usées (STEP) et par l'absence d'assainissement (rejets directs) ou d'assainissement non collectif non conforme (pollution diffuse).

Ces rejets charrient des germes fécaux (micro-organismes pathogènes et intestinaux), de fortes teneurs en matière organique carbonée, des sels minéraux nutritifs (azote et phosphore), et des détergents. Les rejets d'eaux usées peuvent provoquer des phénomènes d'eutrophisation et un développement des organismes compétiteurs comme les algues et les coraux mous (au détriment des coraux), entraînant ainsi une modification des peuplements benthiques. (**Anonyme 1**).

DESCRIPTION DE
LA ZONE D'ÉTUDE

II

II.1. La Baie d'El Djamila

On considère que la baie d'El Djamila fait partie intégrante de la baie de Bou Ismail à raison de sa petite étendue, de son orientation, des conditions météorologiques qui y règnent et des courants marins qui la parcourent, tous ces paramètres ne constituent en fait qu'une continuité de ce qui se passe dans la baie de Bou Ismail. De ce fait et dans ce qui suit, on ne notera que quelques points distinctifs de la baie d'El Djamila.

II.1.1. Situation géographique

La baie d'El Djamila se situe à une trentaine de kilomètres à l'ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Bou Ismail. C'est une baie relativement fermée, limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata.

Son rivage est orienté Sud-Ouest-Nord Est et ses coordonnées Lambert sont :

2°50'54.744'' Est et 36°45'43.092'' (port de Sidi Fredj).

2°53'42.792'' Est et 36°48'5.796'' (Ras Acrata).



Figure II.01 : Situation géographique de la baie d'El Djamila (Kassar, 2011).

II.1.2. Réseau hydrographie

Un seul cours d'eau déverse dans cette baie, l'oued Beni Messous, se situant à 18 Km à l'ouest d'Alger avec un débit liquide de $0.245\text{m}^3/\text{s}$ et il déverse les apports de Bouzaréah, Beni Messous et Chéraga.

II.1.3. La sédimentologie

La dynamique sédimentaire est la résultante d'actions hydrodynamiques (ou fluides) et solide, réagissant l'un sur l'autre (Broman & al, 1988). Son équilibre est très sensible à tout changement pouvant entraver son processus. On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port d'El Djamila, ces sédiments sont bien classés (AlSid ChiKh & al, 2009).

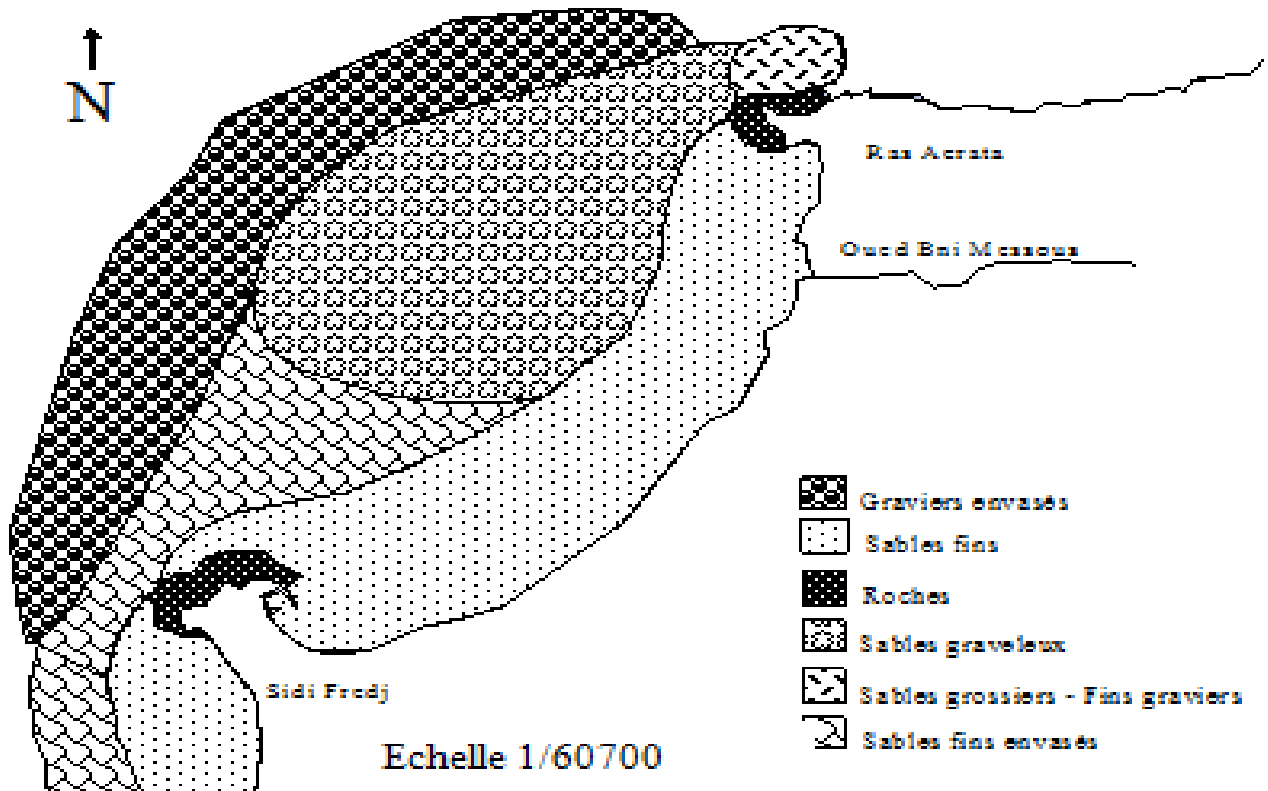


Figure II.02 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila (Compagne, 2006 in Houma, 2009).

L'intensité des houles de l'Ouest, Nord-Ouest et Ouest-Nord-Ouest. Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux. Ces houles de secteur Ouest-Nord-Ouest sont d'incidence frontale sur le site, engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large. Ces houles provoquent ainsi bien l'érosion de la cote située à l'Ouest du port d'El Djamila (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staouéli, etc....) que le charriage des apports de l'Oued Mazafran. L'incidence oblique des houles du secteur Ouest engendre une dérive littorale qui entraîne les matériaux sableux vers l'Est dans le domaine

infralittoral. Les dérives littorales s'écoulant de l'ouest présentent un impact très important en charriant le sédiment vers l'est. (AlSid ChiKh & al, 2009).

II.1.4. Bathymétrie

Les isobathes du centre de la baie sont pratiquement parallèles à la côte, avec une faible pente, au niveau de Ras Acrata (à l'Est) et Sidi Fredj (à l'Ouest). Un resserrement des isobathes qui se traduit par une pente moins douce qu'au centre de la baie, ceci étant normal vu que les deux zones sont rocheuses et accidentées. Plus à l'ouest (Moretti) entre les isobathes 5m et 15m, on a une large zone régulière à pente très douce. (Houma, 2009).

II.1.5. Les vents

D'après les résultats des observations effectuées par l'US naval weather service command (SSMO) au large des côtes d'Alger, notent l'existence de deux périodes distinctes :

-Une période hivernale : (Octobre - Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord-Ouest ; avec des fréquences allant de 60 à 88% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord-Ouest.

-Une période estivale : (Avril - Septembre) avec des vents dominants de secteur Est et Nord Est ; avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est. (Houma, 2009).

II.1.6. Les courants

D'après les données recueillies à partir d'observations enregistrées au large des côtes algériennes par le KMNI (Institut Météorologique Royal Néerlandais) montrant que :

-Plus de 73% du temps, les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud (0.25 m/s).

- Plus de 90% du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud (0.5 m/s).

-Dans seulement 1% du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœuds (1 m/s) ont été observés. (Houma, 2009).

II.1.7. La houle

En hiver : les houles les plus importantes et les fréquences observées viennent de l'Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2.5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 mètres.

En été : les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que les houles Nord Est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0.5 à 1m. Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année. (Houma, 2009).

II.1.8. Sources potentielles de pollution

La principale source de pollution dans la baie d'El Djamila est l'oued Beni Messous. Selon la direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger, l'oued Beni Messous débauche des eaux avec un débit moyen urbaines $8363\text{m}^3/\text{j}$, un débit industrielles $940\text{m}^3/\text{j}$, une charge journalière en DBO_5 de $5439\text{kg}/\text{j}$ et une autre charge en DCO de $8640\text{kg}/\text{j}$. Les deux ports (El Djamila et Sidi Fredj) qui la délimite à l'Est et à l'Ouest étant des lieux forts convoités par les activités nautiques et portuaires, ils font subir à la Baie d'El Djamila une pollution importante due aux rejets émis par les plaisanciers (eaux polluées, hydrocarbures, déchets solides,...), les travaux de dragage dans ces deux ports entraînant une augmentation non négligeable de turbidité et une modification chimique des substances ce qui introduit aussi le recul de la limite inférieure de l'herbier.

II.2. Présentation de l'unité d'épuration : BENI MESSOUS

II.2.1. Localisation géographique

La station de Beni Messous a été mise en service en 2007 et elle a été exploitée par la société des eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL). Elle se trouve dans la wilaya d'Alger, du côté ouest algérois sur le chemin wilaya N°11, entre les deux communes Ain El Benian et Staouali, à côté de la plage El Bahdja où se débouche oued Béni-Messous, au niveau de la partie ouest de la baie El Djamila. Elle se situe entre $2^{\circ} 53' 43''$ Est de longitude et $36^{\circ}47' 05''$ Nord de latitude. (M.R.E, 2006).

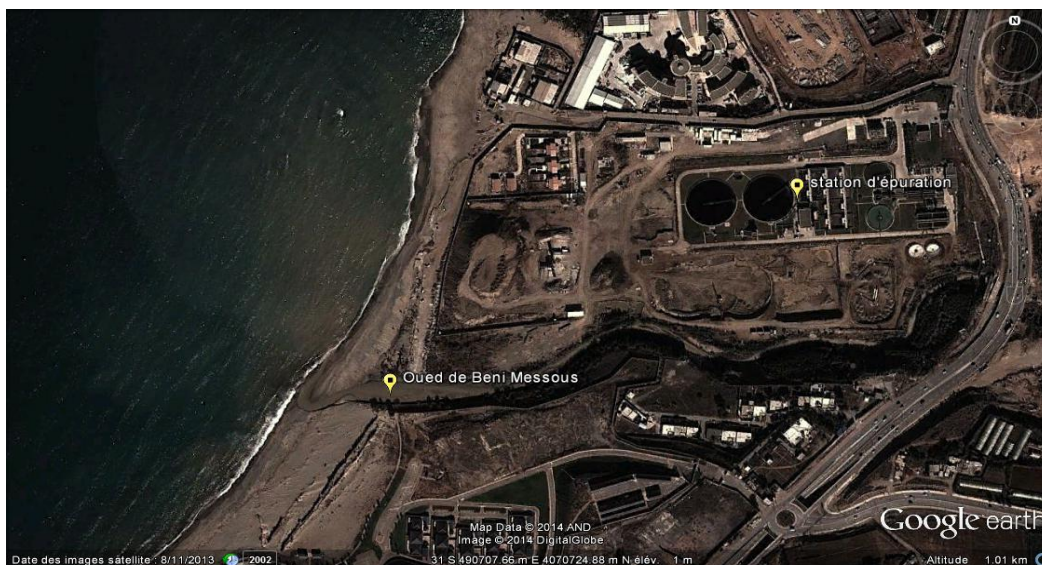


Figure II.03. Localisation de la station de Béni Messous (Google earth 2014)

II.2.2. Schémas général de la STEP

La station d'épuration de la ville de Béni Messous est constituée par la chaîne d'opérations unitaires suivantes du type mécanique, physique et biologique donnant naissance à un procédé traitement dit à boue activée : dégrillage grossier et fin, dessablage/déshuilage, station de dépotage, décanteurs primaires, station de pompage des boues primaires, bassin d'aération, décanteurs secondaires, station de pompage des boues recyclées et de boues activées en excès, épaisseur, bassin de stabilisation, déshydratation mécanique des boues.

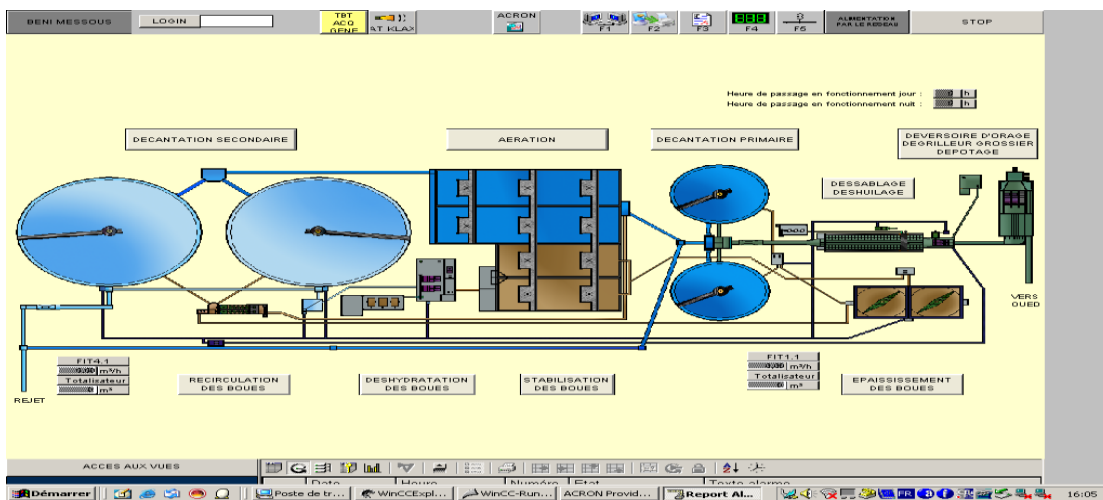


Figure II.04. Schémas général de la station de Béni Messous (M.R.E, 2006)

II.2.3. Caractéristique de la STEP

a. Dimensionnement (M.R.E, 2006)

- Capacité : 250 000 Eq.Hab.
- Nature des eaux : Domestique.
- Débit moyen journalier : 50 400 m³/j.
- Débit de pointe : 22 00 m³/h.

b. Débit des eaux usées

Tableau II. 01 : Débit des eaux usées entrant à la station (M.R.E, 2006).

Paramètre	Valeur du paramètre		
	Unité	1 ^{ère} phase	2 ^{ème} phase
Equivalent Habitant	Eq.Hab	250.000	500.000
Débit moyen journalier	m ³ /j	35 770	50 400
Débit moyen horaire - temps sec	m ³ /h	1.490	2.100
Débit de pointe horaire au temps sec	m ³ /h	1 800	2 750
Débit de pointe horaire - temps de pluie	m ³ /h	3.600	5.500

c. Charge polluante

Tableau II. 02 : Charge polluant dans l'effluent entrant à la station (M.R. E, 2006)

Désignation	Valeur du paramètre	
	1 ^{ère} phase	2 ^{ème} phase
Charge massique en MES à l'entrée de la STEP	15 000 Kg/j	30 000 Kg/j
Charge massique en DBO ₅ à l'entrée de la STEP	12 500 Kg/j	25 000 Kg/j
Charge massique en DCO à l'entrée de la STEP	25 000 Kg/j	30 000 Kg/j
Charge massique en N _{org} à l'entrée de la STEP	2 500 Kg/j	5 000 Kg/j
Charge massique en P _{tot} à l'entrée de la STEP	625 Kg/j	5 000 Kg/j

d. Qualité de rejet (M.R.E, 2006).

DBO₅ (24h) ≤ 30 mg/l

MES (24) ≤ 30 mg/l

DCO (24) ≤ 90 mg/l

II.2.4. Procédés de fonctionnement de la STEP

La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue, en passant par les différentes étapes d'épuration.

II.2.4.1. Les étapes de traitement de l'eau

II.2.4.1.1. Prétraitement mécanique

a. Une station de dépotage

Le produit de dépotage est transféré gravitairement de la fosse 10 m³ vers la fosse 100 m³ de dépotage proprement dite, moyennant une vanne manuelle, à ce niveau se trouve un mélangeur qui sert à mélanger en continu le produit dans la fosse de dépotage 100 m³. (M.R.E, 2006).

b. Déversoir d'orage

La protection contre les sur débits est assurée par le déversoir d'orage (**figure II.05**) (**annexe I**) placé en amont et en aval du dérilleur grossier. Facilement accessible (faible profondeur), l'entretien du déversoir (curage, ...) doit être régulièrement effectué. L'installation d'un bassin d'orage qui reçoit les eaux de pluie les plus chargées s'impose systématiquement. Les bassins d'orage doivent être impérativement brassés et aérés. (M.R.E, 2006).

c. Dégrillage grossier

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Ils récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement.

Cette station est précédée ainsi d'un pré-dégrillage grossier (**figure II.06**) (**annexe I**) à espacement entre barreaux aux 60 mm servant pour retenir les matières solides de grandes tailles. Le refus du pré dégrillage est évacué à l'aide d'un râteau mécanisé dans un bac d'égouttage installé dans la partie supérieure de la grille. Après égouttage, le refus est repris au moyen d'une bande transporteuse pour être déchargé dans un conteneur de volume 5 m³. (**M.R.E, 2006**).

d. Dégrillage fin

Les effluents pré-dégrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin (**figure II.07**) (**annexe I**). Ce Dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière et installée à l'entrée de la station. Les refus du dégrillage sont déversés dans une vis transporteuse et qui seront alternativement compactées afin de réduire par la même occasion le volume de ces déchets collectés avant de retomber dans une benne de volume 5 m³. Les eaux de percolation seront récupérées dans le canal de dégrillage fin. (**M.R.E, 2006**).

e. Dessablage déshuilage (figure II.08) (annexe I)

Le déssableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération, ...) où ils engendrent des désordres divers.

Le déshuileur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle et accélérée par injection de fines bulles. Les teneurs en graisses sont appréciées analytiquement par la mesure des MEH (Matières Extractibles à l'Hexane). Ces matières grasses sont susceptibles de nuire à la phase biologique du traitement (mousses, ...). (**M.R.E, 2006**).

II.2.4.1.2. Décantation primaire

Les effluents ainsi prétraités seraient ensuite dirigés sur un ouvrage de répartition puis sur deux décanteurs primaires cylindro-coniques (**figure II.09**) (**annexe I**). Chaque décanteur équipé d'un Pont racleur du fond, qui améliore la séparation solide/liquide effectuant par gravité, ce qui permet la concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage.

Le temps de séjour est important dans l'ouvrage permettra un bon abattement de la matière en suspension grossière contenue dans l'effluent prétraité (jusqu'à 64 %) dite désormais la boue primaire. Ces boues primaires ainsi décantées seront soutirées directement de chaque décanteur, via une tuyauterie d'extraction des boues en acier Ø 200 mm, par deux pompes à vis excentrique vers les deux Epaisseurs. (**M.R.E, 2006**).

II.2.4.1.3. Traitement biologique

L'effluent en provenance des décanteurs primaires est introduit en tête de deux bassins d'aération de forme rectangulaire (**figure II.10**) (**annexe I**). Afin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la biodégradation des matières organiques, un apport d'oxygène est maintenue dans le système d'aération de l'ordre de 1 à 3 mg/l. (**M.R.E, 2006**).

II.2.4.1.4. Décantation secondaire

La liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée vers les ouvrages de décantation secondaire (**figure II.11**) (**annexe I**) après passage dans un ouvrage de répartition. Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient. La liqueur mixte est introduite en son centre ; l'eau clarifiée déborde en périphérie dans une double goulotte de reprise et les boues se déposent sur le radier.

Il est équipé d'un Pont roulant radial actionné par un motoréducteur d'entraînement, disposant d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage). (**M.R.E, 2006**).

II.2.4.1.5. Station d'eau épurée

A la sortie de la décantation secondaire, l'eau sera ensuite dirigés vers la station d'eau épurée (**figure II.11**) (**annexe I**) ou ils effectuent des analyses proportionnellement à la mesure du débit et délivre les signaux de mesures suivants : matières en suspension ; conductivité ; pH ; et température. (**M.R.E, 2006**).

MATÉRIEL ET
MÉTHODES

III

Cette partie est réservée à la description de la méthodologie adoptée ; la méthodologie mise au point s'articule autour des aspects suivants :

- Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau.
- Etude des peuplements phytoplanctoniques.
- Dosage de la chlorophylle.

Les matériels et les modes opératoires utilisés pour effectuer ces analyses sont mentionnés dans les annexes III et IV respectivement.

III.1. Choix et localisation des stations de prélèvement

Dans le cadre de l'évaluation du degré de contamination de la plage d'El bahdja par le rejet de la station d'épuration de Beni Messous, nous avons réalisé sept prélèvements dans différents stations. Ces stations ont été choisies en fonction de la direction de rejet, une à partir de l'emboucheur de l'oued de Beni Messous et six en mer (deux stations à l'est, deux au centre et deux à l'ouest du rejet), la distance entre les stations était d'environ 300m. Les prélèvements ont été effectués entre 12h et 14h à bord d'une embarcation. Deux missions de prélèvements ont été effectuée (**25/05/2014 et 23/06/2014**).

La figure 01 illustre bien la position des sept stations :

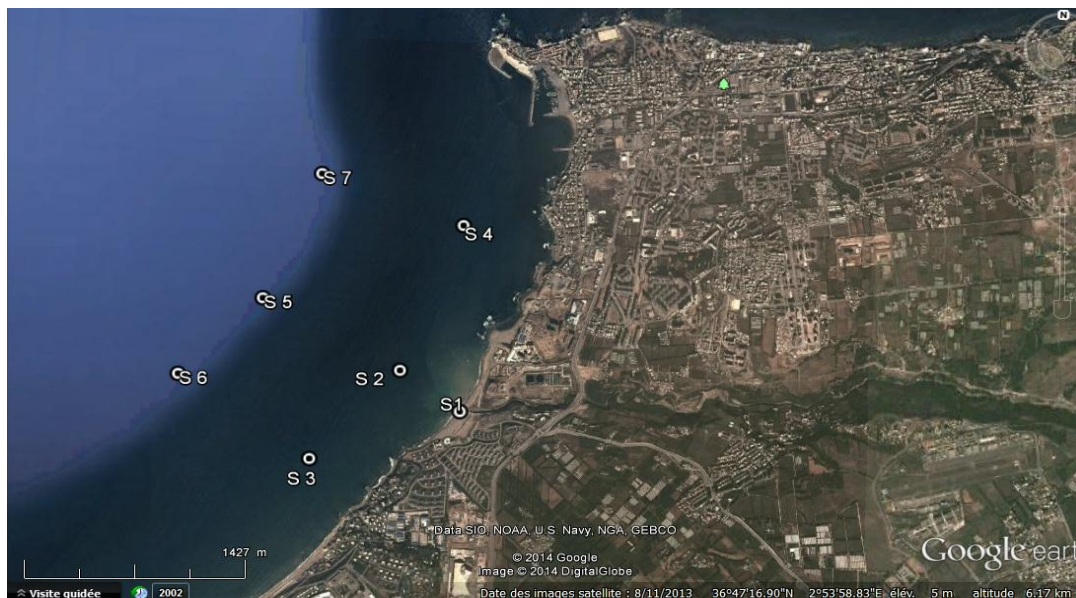


Figure III.01 : Localisation des stations de prélèvement d'eau de mer (Google earth 2014)

Les points de prélèvements sont illustrés conformément à la figure III.02 :

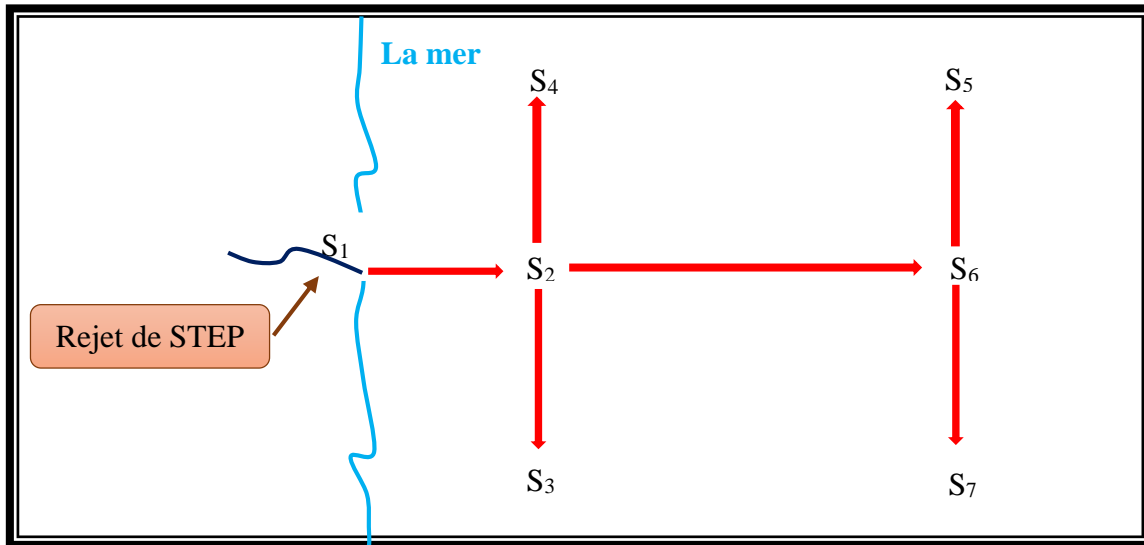


Figure III.02 : Représentation des points de prélèvements

III.2. Travaux effectués en mer

Deux missions de prélèvements ont été effectuées (**25/05/2014** et **23/06/2014**) à bord d'une embarcation.

III.2.1. Prélèvement d'eau de mer

Les récoltes d'eau destinées à l'étude microscopique du phytoplancton ont été réalisées avec des prélèvements d'eau de surface dans des bouteilles en polyéthylène téréphtalate de 500 ml. La fixation des échantillons a été réalisée immédiatement après leur prélèvement. Le fixateur utilisé est le lugol. Les échantillons sont conservés à l'obscurité.

On a utilisé des bouteilles en polyéthylène de 250 ml pour les prélèvements destinées aux analyses physicochimiques. Lors du prélèvement, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage.

Pour les prélèvements destinés aux analyses microbiologiques, on a utilisé des flacons en verre de 500 ml. Ces flacons ont été préalablement stérilisés à la chaleur humide dans un autoclave pendant 20 min à 120°C.

III.2.2. Mesures in situ

a. Mesure de la salinité / conductivité

Mesure de la salinité et de la conductivité est effectuée à l'aide d'un conductimètre marque (WTW 315 i/Set) (**Figure III.03**) (**annexe III**). La sonde est plongée dans l'échantillon et les valeurs s'affichent en PSU pour la salinité et en ms/cm pour la conductivité.

b. Mesure du potentiel d'hydrogène

Le pH de l'eau est mesuré par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque (WTW type 315 i/S) (**Figure III.04**) (**annexe III**). L'électrode en verre, rincée après chaque manipulation avec l'eau distillée et légèrement essuyée est immédiatement plongée dans les flacons d'échantillon.

c. Mesure d'oxygène dissous

L'oxygène dissous est mesurée par la méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain de marque (Oxi/ WTW 197) (**Figure III.05**) (**annexe III**). La sonde est plongée dans l'échantillon et les valeurs s'affichant en mg/l.

d. Mesure de turbidité

La turbidité est mesurée in-situ à l'aide d'un turbidimètre de terrain préalablement calibré de la marque Lovibond® modèle TurbiDirect (**Figure III.06**) (**annexe III**). La turbidité est donnée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

L'eau de l'échantillon est remplie dans la cellule fournie avec l'appareil et elle est introduite dans son emplacement dédié, l'appareil affiche ensuite la valeur de la turbidité après un bref temps de lecture. La cellule doit être conditionnée par un simple rinçage avec l'eau échantillonnée pour minimiser toute erreur de lecture.

III.3. Travaux effectués au laboratoire**III.3.1. Analyse physico-chimiques****III.3.1.1. Mesure de la matière en suspension (MES)****a. Principe de la méthode de mesure**

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer sur des membranes filtrantes afin de retenir les particules de taille supérieure à 0.45µm. La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

III.3.1.2. La matière organique (MOP)**a. Principe de la méthode de mesure**

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspension. La teneur en matière organique particulaire est obtenue par la différence de poids des filtres avant et après calcination.

III.3.2. Analyse des sels nutritifs

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration à flux continu sur une chaîne automatisée « **Auto Analyser San Plus** » S.F.A.S troisième génération (**Figure III.07**) (**annexe III**) selon le protocole décrit par le constructeur SKALAR (**Annexe II**).

III.3.2.1. Principe de dosage des sels nutritifs.

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions (T° , C, pH, Catalyseur ...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes (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 colorimétrie est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est exprimée par l'expression suivante :

$$A = D.O = \text{Log}(I/I_0) = \epsilon \cdot I \cdot C$$

I₀ : Intensité lumineuse incidente.

I : Intensité lumineuse émergente.

ϵ : Coefficient d'extinction molaire.

C : Concentration de la solution absorbante en mol/l.

A : Absorbance de la solution.

D.O : Densité optique de la solution.

III.3.3. Dosage de la chlorophylle *a* par spectrophotométrie

L'étude de la concentration en chlorophylle *a* a été déterminée selon la méthode spectrophotométrie par l'extraction au méthanol et mesure monochromatique, dite méthode de Lorezen modifier (1967) selon le protocole de Holm-Hasen et Riemann (1978).

a. Principe de la méthode de dosage

Après filtration d'un certain volume d'eau de mer pour concentrer les pigments sur un filtre GF/C (filtre préalablement calcinées à 450°C), le filtre est immergé dans un solvant méthanol purs qui assure l'extraction des pigments, puis on mesure l'absorbance à deux longueurs d'onde, avant et après acidification. (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

III.3.4. Le phytoplancton

Les analyses phytoplanctoniques ont été effectuées au laboratoire de CNRDPA par la méthode classique d'Utermöhl (1958).

a. Comptage des cellules phytoplanctoniques

La microscopie est une technique classique de dénombrement des microalgues. La principale critique faite à cette méthode est le temps nécessaire à l'analyse des échantillons (**Garibotti & al, 2003 in Jacquet, 2005**). Le comptage du phytoplancton a été fait sur toute la cuve.

b. Identification des espèces phytoplanctoniques

Les identifications ont été faites, avec un microscope inversé, après sa sédimentation, la détermination des espèces phytoplanctoniques a été réalisée en utilisant les ouvrages suivants : **Boni & al (2005) ; Carmelo & Tomas (1997) ; Ricard (1987) ; Kazumis & Yasuwo (2000) ; Cupp (1977) ; Peraguallo (1965) ; Nezan & al (1997)**.

III.3.5. Analyse statistique

La principale méthode statistique multi variée utilisée dans ce travail s'appuie sur l'analyse en composantes principales (ACP).

III.3.5.1. Matrice de corrélation

La matrice des corrélations est tout simplement la matrice des coefficients de corrélation calculés sur plusieurs variables prises deux à deux. En général, il s'agit des coefficients de corrélation linéaire de Pearson. C'est donc aussi la matrice des variances-covariances de variables réduites. La matrice est évidemment symétrique et sa diagonale est constituée de 1 puisque la corrélation d'une variable avec elle-même est parfaite. Donc, sa trace est égale au nombre de variables.

III.3.5.2. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP s'applique à des matrices de corrélation. Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante appelées composantes principales de manière à minimiser la perte d'information lors de la réduction de dimension, c'est-à-dire de maximiser la variance totale. L'Analyse en composante principale est très utilisée pour la description des caractéristiques physico-chimique. Le logiciel statistica 6 a permis de réaliser et donner la représentation graphique d'analyse multi-variée d'ACP et de la matrice de corrélation.

III.3.6. Analyse microbiologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui les accompagnent et qui sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. **(Rodier & al, 2009).**

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire de microbiologie de CNRDPA par la technique de filtration sur membrane, 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.

III.3.6.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»

➤ Principe :

Après filtration de l'eau à étudier, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation durant 24 à 48 h pour la recherche des coliformes totaux à 37°C et à 44°C pour les coliformes thermotolérants. **(Rejsek, 2002).**

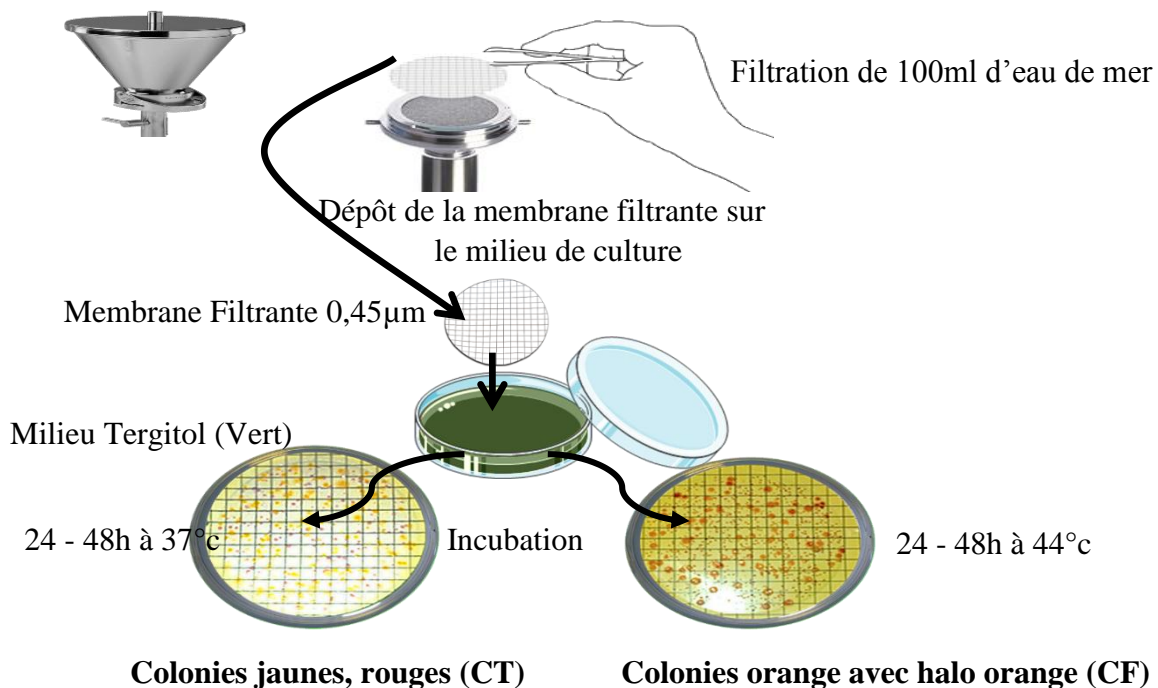


Figure III.08 : Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermotolérants

III.3.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**➤ Principe :**

Après filtration de l'eau à étudier, deux tests sont effectués. Le premier est présomptif et réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley. Le second est confirmatif et réalisé sur gélose BEA.

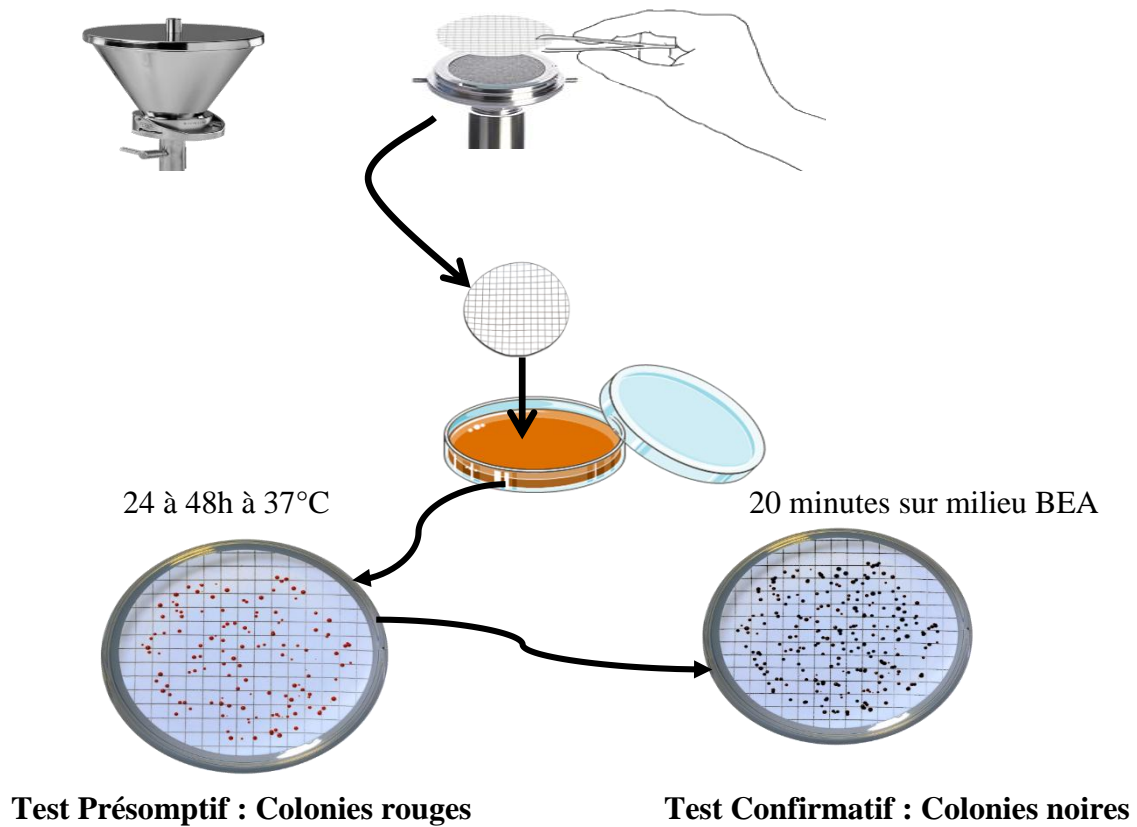


Figure III.9 : Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux

RÉSULTATS ET
DISCUSSION

IV

IV.1.Variation des paramètres physico-chimiques

Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés in situ sont représentées dans le tableau (IV.01) (annexe IV), sous forme des valeurs moyennes et extrêmes.

IV.1.1.Température

Les valeurs de la température sont comprises entre 24°C et 25.6°C avec une moyenne de 25.04°C et un écart type de 0.51°C lors de la 1^{ère} sortie et lors de la 2^{ème} sortie la mesure de la température est comprise entre 25°C et 25.8°C avec une moyenne de 25.42°C et un écarte type de 0.30°C.

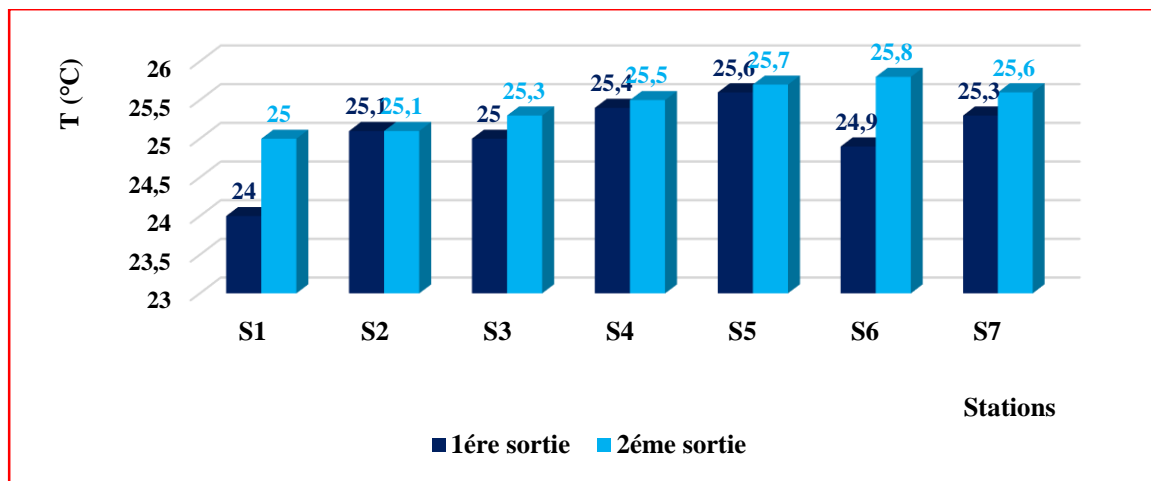


Figure IV.01 : Variation de la température en fonction des stations

D'une manière générale, les valeurs obtenues sont influencées par celle de l'air. Elles sont saisonnières et restant inférieure à 30°C fixée comme valeur limité des rejets dans le milieu récepteur. Alors, il est à noter que la température de rejets de la STEP n'a pas d'incidence néfaste sur le milieu récepteur. Elle reste compatible avec les activités biologiques du milieu aquatique.

IV.1.2.Salinité

Les valeurs de la salinité varient pour la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne. Les valeurs mesurées pour la première campagne varient entre 1.97 et 33.33 PSU avec une moyenne de 21.28 PSU et un écart type de 13.64PSU, alors que pour la seconde, la salinité varie entre 0.5 et 35.8 PSU avec les valeurs suivantes 24.87 et 14.36 PSU comme moyenne et écart type respectivement.

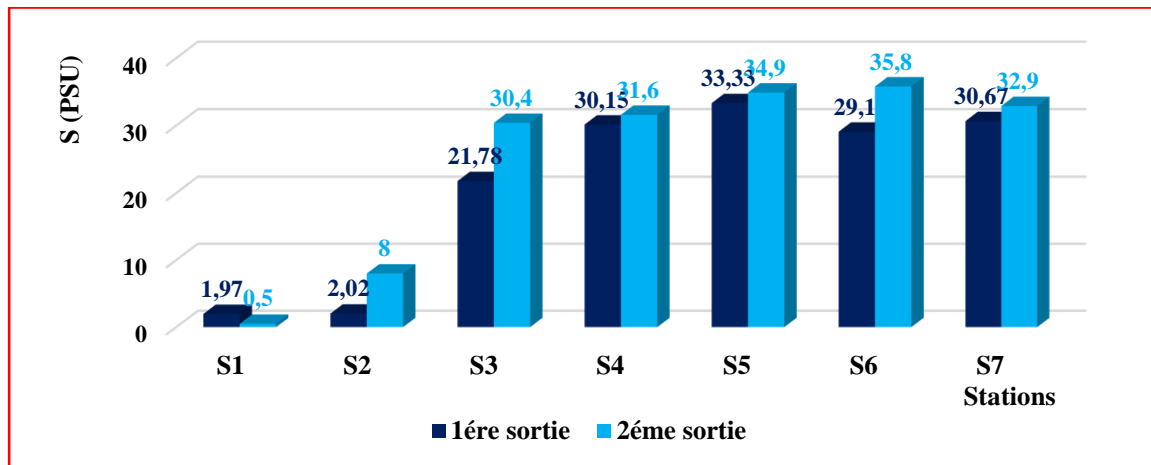


Figure IV.02 : Variation de la salinité en fonction des stations

En méditerranée, la salinité est comprise entre 37.8 et 39.3 PSU. Et les valeurs de salinité trouvées lors de cette étude sont tout à fait attendues ; en effet cette baisse de salinité peut s'expliquer par un apport local d'eau douce par l'embouchure de l'oued de Beni Messou.

IV.1.3. pH

Les valeurs de pH lors de la 1^{ère} sortie sont comprises entre 7.49 et 8, 2 avec une moyenne de 7.88 et un écart type de 0,23 et lors de la 2^{ème} sortie la valeur moyen de pH a été de 7.94 avec un écart-type de 0,23, un minimum de 7.66 et un maximum de 8.23.

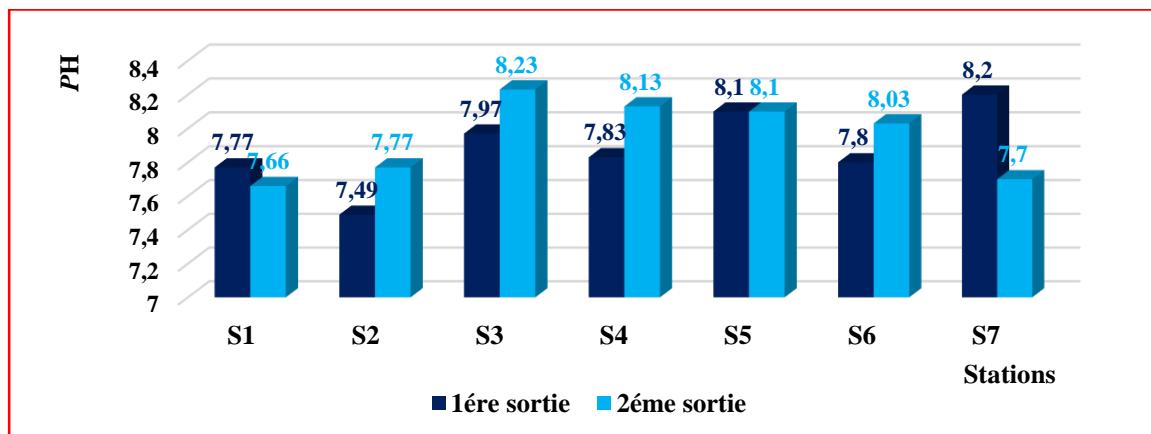


Figure IV.03 : Variation de pH en fonction des stations

Les valeurs de pH sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations de surface. Toutefois, les valeurs les plus basique se trouvent au niveau des stations qui sont localisées à proximité de rejet de la station d'épuration qui se diverse dans l'oued Béni Messous. La variation du pH est due probablement aux rejets d'eaux usées et aux rejets industriels.

D'après les résultats, nous constatons que les eaux rejetées depuis la station d'épuration sont légèrement alcalines mais restant conformes à la norme de rejets fixée par l'OMS et qui est comprise entre 6.5 et 8.5. En résumé, le pH de l'effluent étudié est acceptables, et par conséquent ne présentent aucun indice négative sur le milieu récepteur.

IV.1.4. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles sont entre 1.7 mg/l (valeur minimale) et 2.5 mg/l (teneur maximal) avec une moyenne de 2.07 mg/l et un écart type de 0.27 mg/l lors de la 1ere sortie et entre 1.8 mg/l (valeur minimale) et 2.7 mg/l (teneur maximal) avec une moyenne de 2.44 mg/l et un écart type de 0.31 mg/l lors de la 2^{ème} sortie.

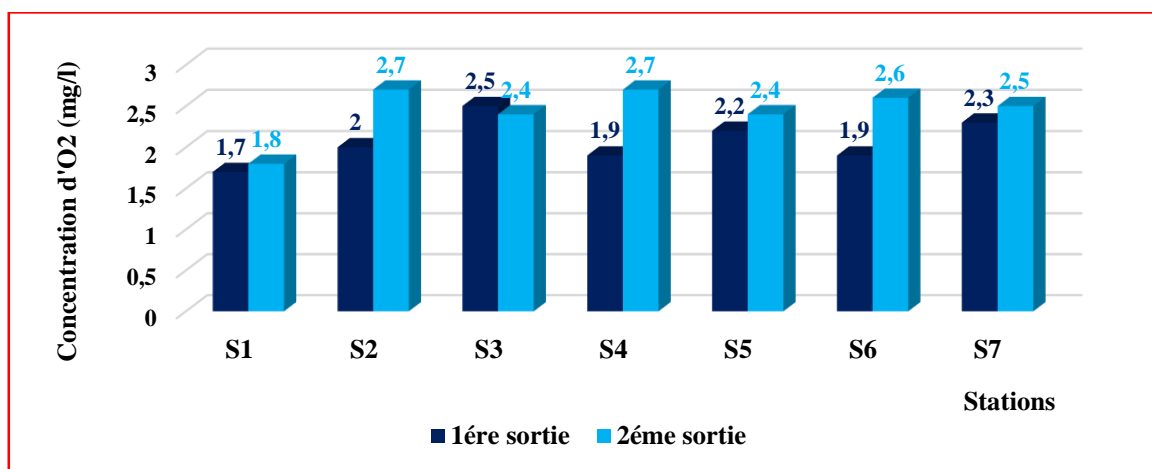


Figure IV.04 : Variation des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des stations

L'examen des résultats obtenus, a montré que les teneurs en oxygène dissous sont faibles, avec des valeurs minimales marquées au niveau de rejet. En effet, les faibles concentrations trouveront leurs explications du fait que le rejet étudié est chargée en matière organiques. Elle peut être également s'expliquée par une intense consommation d'oxygène par le processus de reminéralisations de la matière organique en provenance de rejet de la station d'épuration.

IV.1.5. Conductivité

Avec une moyenne de 30.18 ms/cm et un écarte type 20.72 ms/cm, les valeurs de la conductivité varient entre un minimum de 1.44 ms/cm au niveau de la station S₂ et un maximum de 50 ms/cm au niveau de la station S₅ et cela lors de la 1^{ère} sortie, alors que ces variations se situent entre un minimum de 1.38 ms/cm au niveau de la station S₁ et un

maximum de 54.3 ms/cm au niveau de la station S₆ avec une moyenne de 36.59 ms/cm et un écarte type 24.17 ms/cm lors de 2^{ème} sortie.

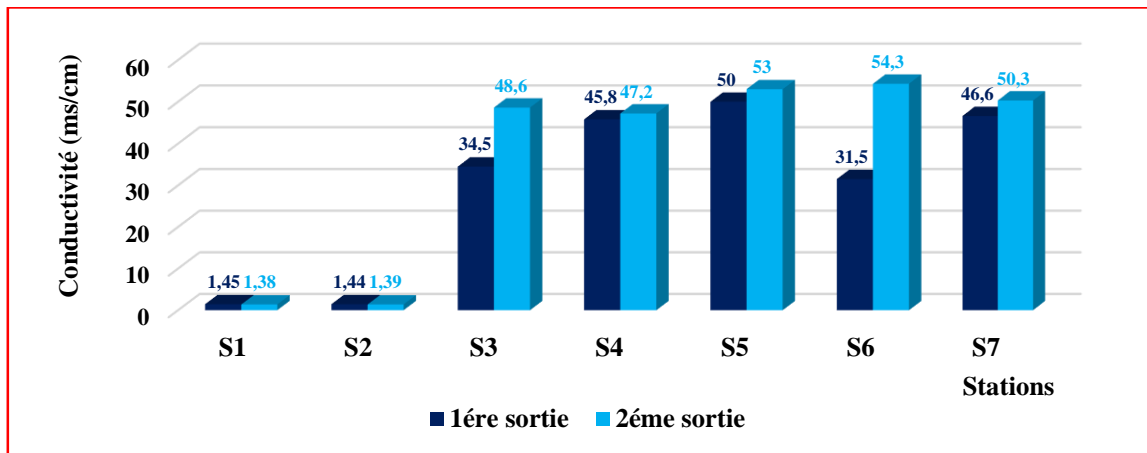


Figure IV.05 : Variation des valeurs de la conductivité en fonction des stations

La conductivité électrique d'une eau nous renseigne sur les variations de sa composition d'origine naturelle ou anthropique. (Rodier, 1984).

A la lumière des résultats obtenus, on conclut que les rejets évacuée de la station d'épuration ont une faible minéralisation. Nous pouvons remarquer que les eaux de plus faible valeur de conductivité se situent à proximité de l'oued de Beni Messous, ceci est probablement dû à l'influence des eaux douces qui en proviennent et qui influe sur la salinité de l'eau de mer (dilution de l'eau de mer) et donc sur sa conductivité. En revanche les valeurs maximales notées au large pourraient être attribuées au faible débit de l'oued (période estivale).

IV.2. Les paramètres indicateurs de pollution

IV.2.1. Turbidité

Les valeurs de turbidité sont comprises entre 1.36NTU et 17.4 NTU avec une moyenne de 6.17NTU et un écarte type de 5.29 NTU lors de la 1^{ère} sortie et lors de la 2^{ème} sortie les valeurs sont comprises entre 2.15 NTU et 27.6 NTU avec une moyenne de 6.56 NTU et un écarte type de 9.34 NTU. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station S₁ (point de rejet) pour les deux sorties.

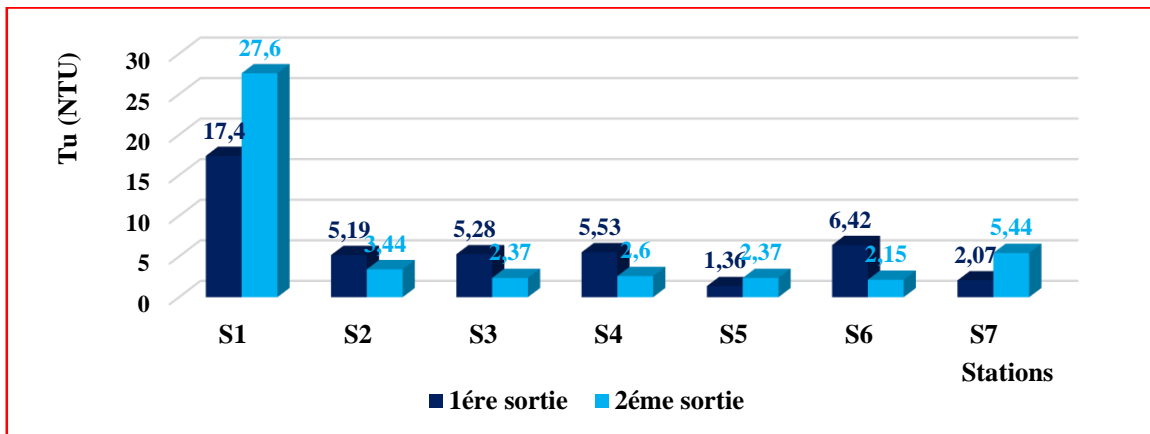


Figure IV.06 : Variation des valeurs de la turbidité en fonction des stations

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations qui se trouvent en face le rejet de la STEP pourraient être expliquées par les déchets que charrie l'oued vers la mer chargés en matière organiques. Plus en aval, on assiste à une régression des valeurs de turbidité. Ces faibles valeurs trouveront leurs explications du fait que le rejet étudié est d'un débit faible.

IV.2.2. Matières en suspension

Les valeurs de la matière en suspension lors de la 1^{ère} sortie varient entre 16.8 et 76.8 mg/l avec une valeur moyenne de 49.71 mg/l et un écart type de 23.73 mg/l et lors de la 2^{ème} sortie les valeurs varient entre 10.4 et 63.6 mg/l avec une moyenne de 35.97 mg/l et un écart type de 22.01 mg/l.

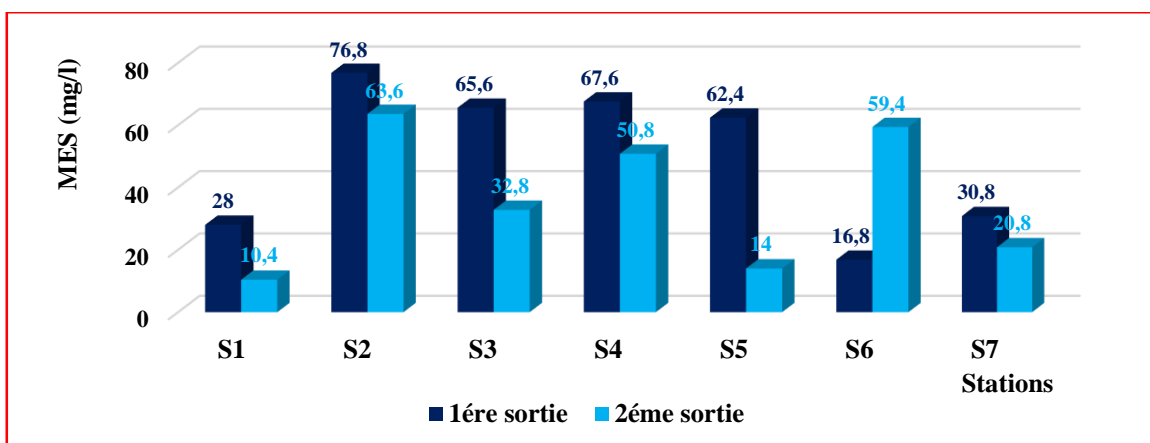


Figure IV.07 : Variation des valeurs des MES en fonction des stations

L'analyse des résultats (figure IV.07), montre que les teneurs en matière en suspension fluctuent grandement au cours de la période d'étude. Nous remarquons que la concentration des MES à la sortie de la STEP est conforme à la norme de rejet. En revanche, nous remarquons un dépassement à la norme fixée par l'OMS (30mg/l) en aval de rejet. Elles sont probablement causées par la remise en suspension des sédiments superficiels.

IV.2.3. Matière organique particulaire

Lors de la 1^{ère} sortie les pourcentages de la matière organique particulaire varient entre un minimum de 1.67% et un maximum de 3.9 % avec une moyenne de 2.67% et un écart-type de 0.82% et lors de la 2^{ème} sortie les pourcentages varient entre un minimum de 1.12% et un maximum de 56.26% avec une moyenne de 10.87% et un écart-type de 20.10%.

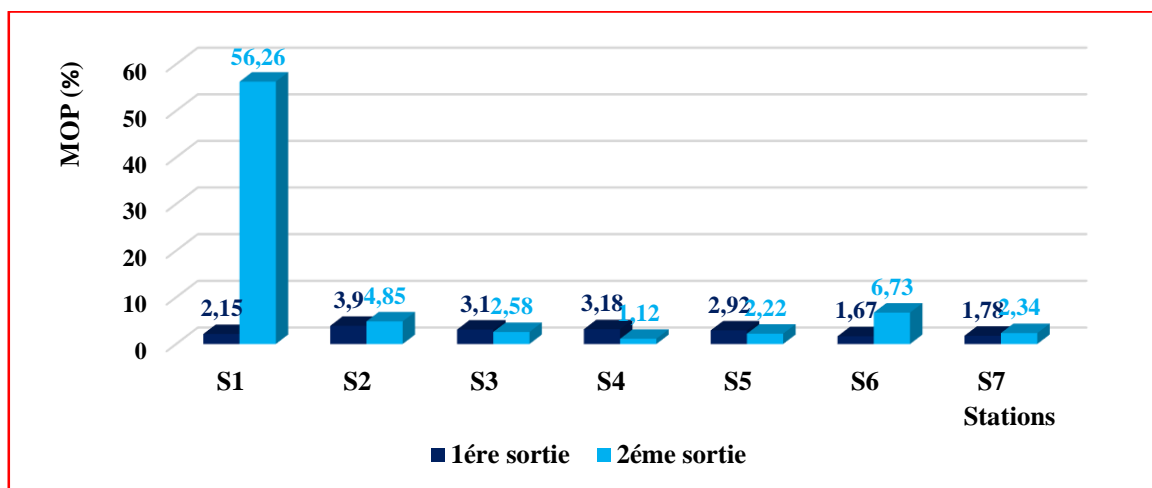


Figure IV.08 : Variation des pourcentages des MOP en fonction des stations

A la lumière des résultats obtenus, les eaux de la station S₁ qui se trouve en face de rejet pour la 2^{ème} sortie sont très riches en matière organique particulaire. Cela pourrait être dû à l'arrêt court de la station, pour des travaux de maintenance, de nettoyage, de vidange et rinçage des décanteurs. Alors que celles des autres stations sont relativement faibles, ce qui nous permet de supposer que ces teneurs sont influencés par l'état de la mer et l'hydrodynamisme.

IV.3. Sels nutritifs

IV.3.1. Nitrate

La concentration moyenne en nitrate mesurée lors de la 1^{ère} sortie a été de 4.99 $\mu\text{mole/l}$ avec un écart-type de 1.07 $\mu\text{mole/l}$, un minimum de 2.74 $\mu\text{mole/l}$ et un maximum de 5.90 $\mu\text{mole/l}$. Alors pour la 2^{ème} sortie nous avons des valeurs qui sont comprise entre 3.27 et 6.09 $\mu\text{mole/l}$ avec une valeur moyenne de 5.26 $\mu\text{mole/l}$ et un écart-type de 0.98 $\mu\text{mole/l}$.

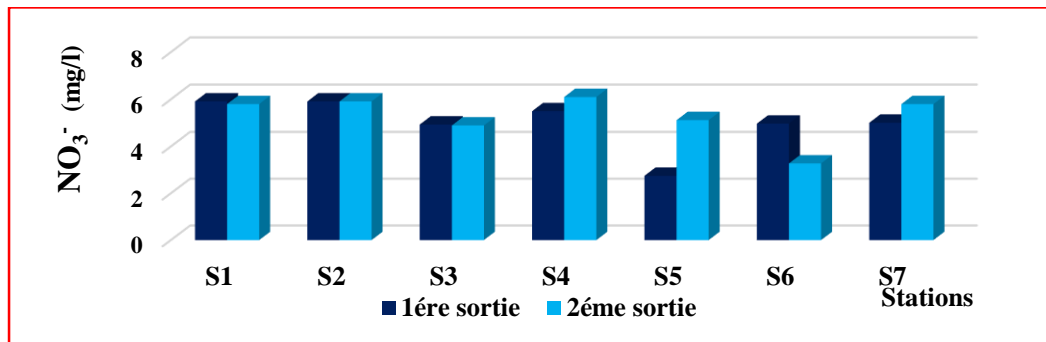


Figure IV.09 : Variation des concentrations des NO_3^- en fonction des stations

L'analyse des résultats montre que la forte concentration en nitrate est due à sa régénération par les microorganismes et cela par la dégradation de la matière organique qui est expliquée par les faibles teneurs en matière organique enregistrées ou bien que les eaux épurées rejetées sont très riche en nitrate.

IV.3.2. Nitrite

Les concentrations de l'azote nitreux varient entre 0.52 et 4.24 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 2.28 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 1.44 $\mu\text{mole/l}$ pour la 1^{ère} sortie et lors de la 2^{ème} sortie les concentrations varient entre 1.75 et 4.44 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 2.32 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 1.36 $\mu\text{mole/l}$.

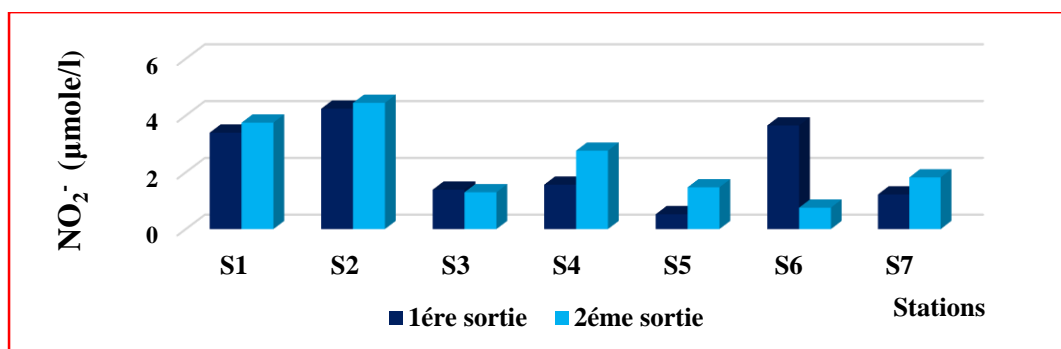


Figure IV.10 : Variation des concentrations des NO_2^- en fonction des stations

Les valeurs maximales notées pourront être expliquées d'après (Aminot & Chaussepied, 1983) que les nitrates sont réduits en nitrites, ce qui fait augmenter la concentration de ces derniers. Mais ce que nous remarquons, c'est que malgré les taux importants de nitrites, les nitrates restent toujours en surnombre. Ceci est visiblement, le reflet d'un apport massif et continu de nitrates ou d'une éventuelle nitrification de l'azote ammoniacal. Nous remarquons que les concentrations en NO_2^- diminuent de point de rejet au large sont dues probablement à la dilution par le mélange avec les eaux de large.

IV.3.3. Phosphate

Les résultats obtenus pour les phosphates pendant la 1^{ère} sortie montrent une gamme de concentration qui varie entre 0.36 et 15.93 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 4.23 $\mu\text{mole/l}$ et un écart type de 5.52 $\mu\text{mole/l}$ et les résultats obtenus pendant la 2^{ème} sortie les phosphates varient entre 0.38 et 19.30 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 4.94 $\mu\text{mole/l}$ et un écart type de 6.72 $\mu\text{mole/l}$.

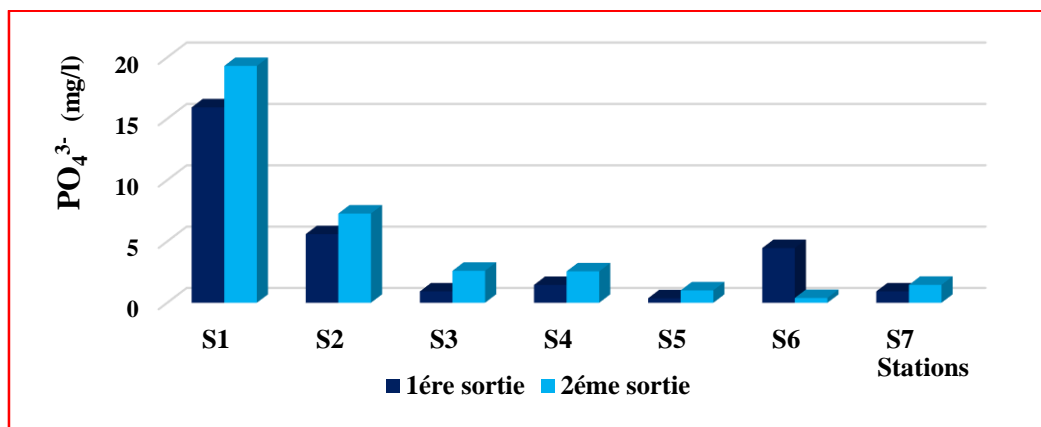


Figure IV.11 : Variation des concentrations des PO_4^- en fonction des stations

La valeur la plus élevée se trouve dans la station qui est influencée par le rejet de l'oued de Beni Messous. L'apparition de cette concentration peut être liée à un apport d'eau usée chargée en détergent riche en polyphosphates issue des rejets de la station d'épuration.

Plus en aval, on remarque une chute de la teneur en phosphate suite au phénomène de dilution.

IV.3.4. Silicate

Les prélèvements effectués lors de la 1^{ère} sortie enregistrent des valeurs comprises entre 1.38 et 1.77 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 1.60 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.12 $\mu\text{mole/l}$. Concernant les prélèvements de la 2^{ème} sortie les valeurs des phosphates enregistrés varient entre 0.39 et 1.43 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 0.75 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.33 $\mu\text{mole/l}$.

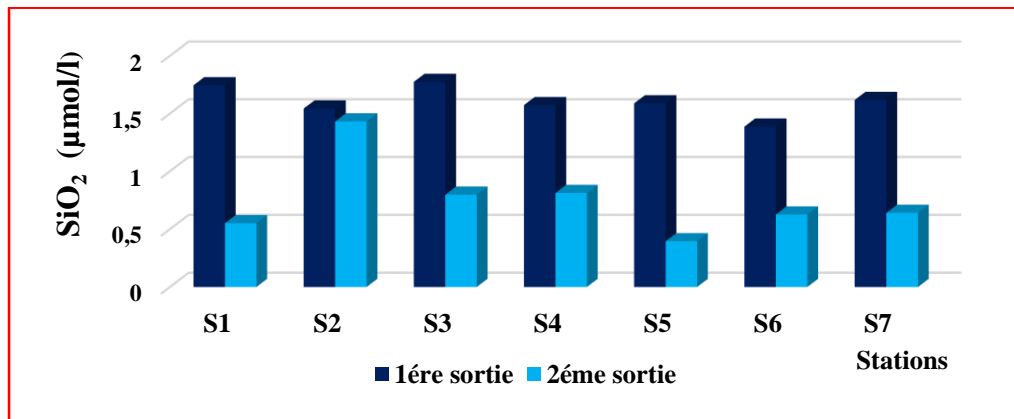


Figure IV.12 : Variation des concentrations des SiO_2^- en fonction des stations

Remarquant que nous avons une diminution des concentrations de la 1^{ère} à la 2^{ème} campagne. La plus importante est mesurée au niveau de l'embouchure de l'Oued de Beni Messous et plus en s'éloigne de l'embouchure les concentrations diminuent. L'influence des eaux continentales et des Oueds est nettement ressentie provoquant l'enrichissement du milieu en silicates. Les concentrations des eaux rejetées en ce nutriment ne devraient pas être sous-estimées car ce dernier pourrait favoriser le développement d'un certain type d'espèce phytoplanctoniques en détriment d'un autre.

IV.4. Chlorophylle *a*

Les concentrations en chlorophylle *a* pendant la 1^{ère} sortie varient entre 0.43 et 24.58 $\mu\text{g/l}$ avec une moyenne de 6.76 $\mu\text{g/l}$ et un écart type de 8.83 $\mu\text{g/l}$. Et pendant la 2^{ème} sortie les teneurs de chlorophylle *a* varient entre 0.43 $\mu\text{g/l}$ et 1.92 $\mu\text{g/l}$, avec une moyenne de 0.85 $\mu\text{g/l}$ et un écart type de 0.64 $\mu\text{g/l}$.

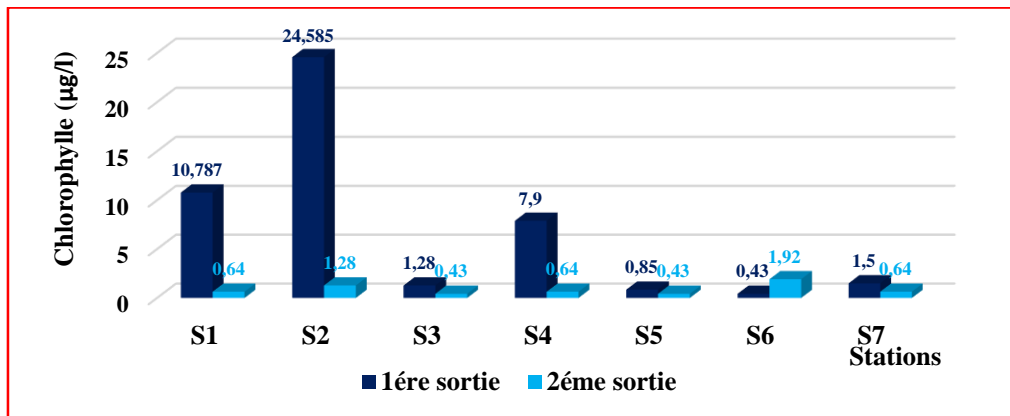


Figure IV.13 : Variation des concentrations des chlorophylles *a* en fonction des stations

Les teneurs de la chlorophylle *a* déterminées dans les eaux côtières proche au rejet sont plus élevées que celles déterminées dans les eaux superficielles au large. Ces valeurs élevées sont engendrées par une forte activité photosynthétique due à un enrichissement du milieu marin côtier par les éléments nutritifs (sels nutritifs et oligoéléments) apportés par les rejets de la station. La chlorophylle *a* est considérée comme un bon estimateur de la biomasse phytoplanctonique. La variation de la concentration de ce traceur est influencée par des facteurs météorologiques, hydrologiques et bactériologiques.

IV.5. Etude biologique

IV.5.1. Etude quantitative des populations phytoplanctoniques

a. Variation des densités cellulaires totales

Des échantillons ont été prélevés au niveau de la plage El bahdja (station d'épuration) à différentes distances du rejet et cela afin d'apercevoir comment le rejet de la station d'épuration influe sur le développement du phytoplancton. Le comptage des cellules phytoplanctoniques a été réalisé au même temps que l'identification des cellules phytoplanctoniques en déterminant la densité cellulaire totale de chaque échantillon.

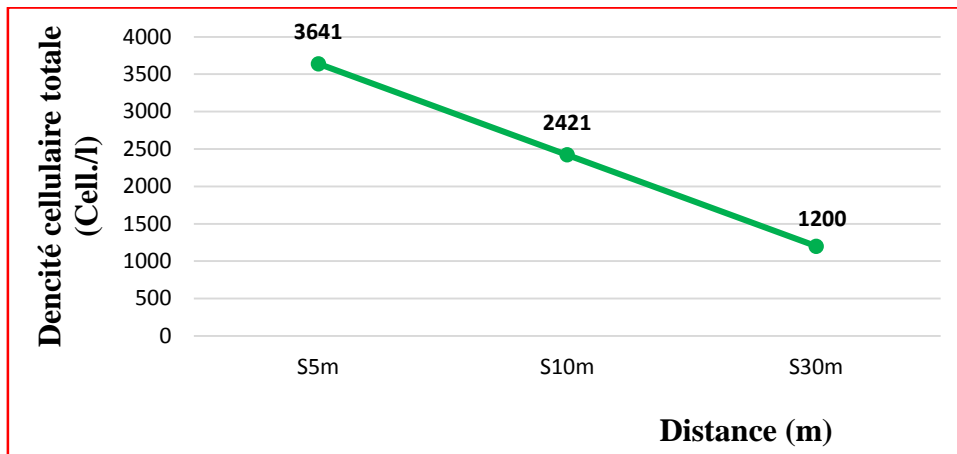


Figure IV.14 : variation des densités cellulaires totales des populations phytoplanctoniques de chaque échantillon par rapport au point de rejet

L'étude quantitative du dénombrement des cellules phytoplanctoniques a donné une densité cellulaire totale qui varie d'une station à l'autre, on note que cette densité varie entre une valeur minimale de 1200 Cell./l au niveau de la station qui se trouve à 30m de rejet et un maximum de 3641 Cell./l au niveau de la station situé à 5m de rejet qui peut-être expliquer par une richesse excessive du milieu en apports nutritifs. Et l'autre station marque une valeur moyenne de 2421 Cell./l en densité totale.

b. Variation quantitative des groupes phytoplanctoniques

Le tableau (IV.02) (annexe IV) donne les valeurs du nombre des individus, de densité cellulaire et le pourcentage des groupes phytoplanctoniques compter au niveau de chaque station. Des diatomées, des dinoflagellés, et autres ont été identifiées dans les trois échantillons observés sous microscope photonique inversé.

D'une façon générale, la densité cellulaire des groupes phytoplanctoniques s'intensifier lorsque on s'approche de rejet, qui peut-être expliquer par une richesse excessive du milieu en apports nutritifs.

IV.2. Etude qualitative des populations phytoplanctoniques

L'identification des espèces phytoplanctoniques, permet de nous donner une idée sur la composition du peuplement en phytoplancton de la plage El bahdja.

La figure IV.15 montre quelques espèces de chaque groupe de phytoplancton dans les échantillons analysés.

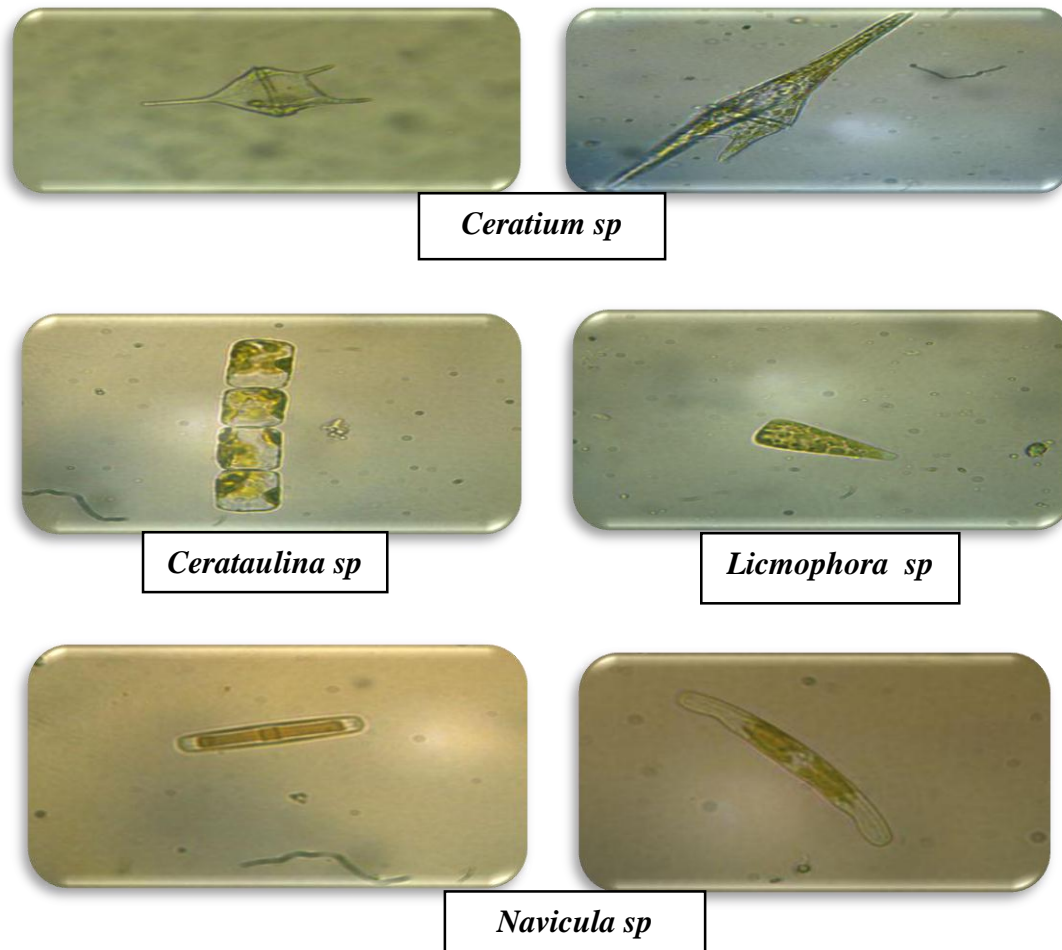


Figure IV.15 : Photos de quelques espèces identifiées sous microscope inversé (Gx40)

IV.6. Analyse statistique des données acquises

IV.6.1. Matrice de corrélation

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte a montré que la plupart des variables sont intercorrélées (**tableau IV.03**) (**annexe IV**) et particulièrement : Les couples (nitrite, chlorophylle), (phosphore, matière organique particulaire), (phosphore, turbidité), (silicate, chlorophylle), (conductivité, potentiel d'hydrogène) et (turbidité, matière organique particulaire) variables parfaitement linéaires liées par une relation plus en plus croissante. Par contre, les couples (nitrites, conductivité), (nitrites, potentiel d'hydrogène), (phosphore, conductivité), (phosphore, oxygène dissous), (chlorophylle, conductivité), (chlorophylle, potentiel d'hydrogène), (conductivité, potentiel d'hydrogène),

(matière organique particulaire, oxygène dissous), (oxygène dissous, turbidité) variables parfaitement linéaires liées par une relation plus en plus décroissante.

Leurs coefficients de corrélation sont hautement significatifs ($r > 0,7$) et indiquent sont fortement corrélés. Quant au paramètre, matière en suspension leur niveau de liaison est assez faible et ne présente pas une linéarité entre elle.

IV.6.2. Analyse en composante principale

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP).

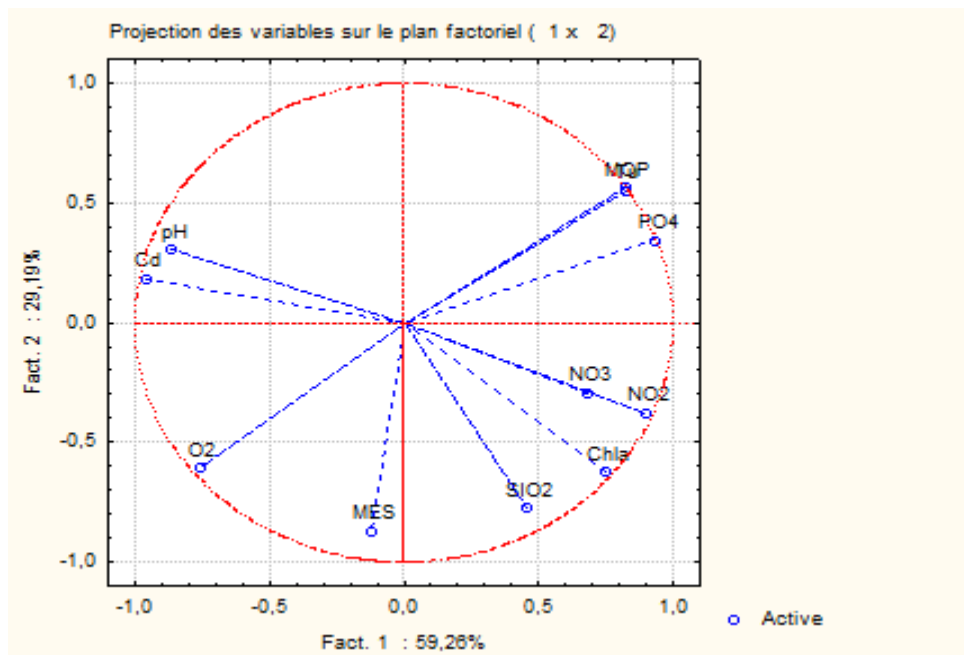


Figure IV.16 : La distribution des paramètres environnementaux sous forme ACP

Cette analyse (figure IV.16) fait apparaître clairement dans l'espace des deux facteurs significatifs F_1 (axe1) et F_2 (axe 2) : Les relations entre les variables d'une part et une distribution des stations compte tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part. Les deux premiers facteurs significatifs prennent en compte 88,45% ($F_1 : 59,26\%$. $F_2 : 29,19\%$).

Les variables turbidité, matière organique particulaire, phosphore sont fortement liées entre elles et avec l'axe1 (en position positive) et bien représentées dans le plan F_1 - F_2 (extrémité des vecteurs proche du cercle de corrélation). De même très liées à l'axe 1 (en position

négative),la conductivité, le potentiel d'hydrogène. Quant aux autres paramètres elles ne présentent pas des liaisons significatives avec les axes 1et 2.

IV.7. Analyse microbiologique

Les valeurs des analyses bactériologie de l'eau sont représentées dans le tableau (IV.04) (annexe IV), sous forme des valeurs moyennes et extrêmes.

IV.7.1. Les coliformes totaux

Tableau IV. 05 : Concentrations des CT en fonction des stations

Stations	CT/100ml	
	1 ^{ère} sortie	2 ^{ème} sortie
S ₁	ind	ind
S ₂	ind	ind
S ₃	ind	ind
S ₄	ind	ind
S ₅	ind	100
S ₆	ind	100
S ₇	ind	ind

La tableau IV.04 montre que les concentrations en (CT) les plus élevées ont été observées au niveau de toute les stations de la 1^{er} sortie et les stations S₁, S₂, S₃, S₄,S₅,S₆ et S₇ avec des boites indénombrables donc leurs charges bactériennes sont supérieures aux normes qui sont de 500 CT/100ml pour la norme guide (annexe V) . Le minimum de concentration est enregistré dans la S₅ et S₆ avec 100 CT/100 ml. Alors elles sont de bonne qualité car leurs charges bactériennes sont inférieures aux normes.

IV.7.2. les coliformes thermotolérants « fécaux »

Tableau IV. 06 : Concentrations des CF en fonction des stations

Stations	CF/100ml	
	1 ^{ère} sortie	2 ^{ème} sortie
S ₁	ind	0
S ₂	ind	ind
S ₃	3015	0
S ₄	1200	0
S ₅	530	18
S ₆	120	10
S ₇	67	ind

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 3 catégories des stations :

- Le premier cas : au niveau de S₇ de la 1^{ère} sortie et S₁, S₃, S₄, S₅ et S₆ de la 2^{ème} sortie présentent des valeurs inférieures à la norme.
- Le deuxième cas : au niveau de S₄, S₅ et S₆ de la 1^{ère} sortie présente une concentration comprise dans l'intervalle des normes.
- Le troisième cas : celui des stations S₁, S₂ et S₃ de la 1^{ère} sortie et S₂ et S₇ de la 2^{ème} sortie les concentrations sont supérieures à la valeur impérative.

IV.7.3. Les Streptocoques Fécaux

Tableau IV. 07 : Concentrations des SF en fonction des stations

Stations	SF/100ml	
	1 ^{ère} sortie	2 ^{ème} sortie
S ₁	ind	ind
S ₂	321	ind
S ₃	207	106
S ₄	200	175
S ₅	10	1
S ₆	6	0
S ₇	3	209

Nous constatons que S₁, S₂, S₃ et S₄ de la 1^{ère} sortie et S₁, S₂, S₇ de la 2^{ème} sortie ont des concentrations dépassant la norme impérative de salubrité, pour les eaux de baignade (CEE, 1975 in Rodier & al, 1996).

Nous remarquons aussi que les stations S₃ et S₄ de la 2^{ème} sortie ont des concentrations élevée mais elles sont comprise dans l'intervalle des normes. Les autres stations restent de la 1^{ère} sortie S₅, S₆, S₇ et de la 2^{ème} sortie S₅, S₆ ont des concentrations qui répondent à la norme.

CONCLUSION GÉNÉRALE



Conclusion générale

Ce travail consacré à l'évaluation de la pollution engendrée par le rejet de la station d'épuration de Beni Messous sur le milieu marin par le suivi et l'analyse de plusieurs traceurs environnementaux les plus importants pour surveiller la qualité de l'eau de mer et ceci en corrélation avec le rejets de la station, nous a permis d'établir les conclusions suivantes :

La station d'épuration d'Ain Benian déverse dans l'oued de Beni Messous lors de l'arrêt des traitements des quantités importantes en matières en suspension (jusqu'à 76.8 mg/l), ainsi qu'un pourcentage en matière organique particulaire (56.26%), sans oublier que ces effluents présentent de très grandes variations de conductivité (entre 1.38 et 54.3 ms/cm) ce qui nous pousse à suggérer la mise en place d'un traitement supplémentaire pour l'élimination, des ions solubles comme par exemple la coagulation-floculation.

On observe le même phénomène au niveau de la concentration en phosphore (PO_4^-), des substances azotées (NO_2^- , NO_3^-) et les silicates ainsi que analyses biologiques. Leur taux d'abattement est négatif surtout lors des fortes pluies, donc les teneurs des eaux épurées rejetées par la station dépassent les normes de rejet. Alors, le rejet de tels effluents dans la mer ne peut être que néfaste sur la faune et la flore qu'il contient.

L'eau usée est un milieu très chargé en matières polluantes pernicieuses aussi bien au milieu récepteur qu'aux êtres vivants. Alors il ne suffit pas de construire des stations d'épurations pour supprimer les risques sanitaires qu'elle peut causer, toutefois pour augmenter le rendement d'élimination des polluants, nous suggérons quelques recommandations qui nous semblent très importantes par leur efficacité dans la résolution des problèmes liés à la pollution causée par le rejet de la STEP :

- ✓ Concrétiser un contrôle quotidien des équipements et des paramètres indiquant la qualité d'eau à épurer.
- ✓ La réalisation d'un guide méthodologique permettant aux communes littorales et aux syndicats d'assainissement, de réaliser des suivis au droit des rejets en mer des eaux usées épurées.
- ✓ Mettre en œuvre un programme de suivi du milieu marin, conforme aux normes sanitaires, qui permettent d'identifier toutes pollutions causée par les rejets.

Conclusion & recommandation

- ✓ Faire des extensions de la STEP en tenant compte des débits transitant par la station en période pluvieuse et en période estivale, parce que le manque d'espace perturbe le fonctionnement de la station.
- ✓ Construire des systèmes d'égouts qui permettent de collecter toutes les eaux usées même traitées et les évacuer loin des niveaux de contamination des sources d'eau potable, parce que 1m³ d'eau usées pollue presque 25m³ d'eau propre. (**Jellal, 1996 in Arouya, 2001**).
- ✓ La mise en place d'un procédé de traitement complémentaire des eaux épurées afin de les valoriser (irrigation) et de protéger l'environnement conjointement.
- ✓ La mise en place d'un traitement de dé-phosphatation, par exemple selon **Rejesk en 2002**, ce traitement consisterait soit en un traitement physico-chimique qui permet la précipitation des phosphates ou bien un traitement biologique par l'ajout d'une zone d'anaérobie.

BIBLIOGRAPHIE



Références bibliographiques

- AL SID CHIKH, S., BELKESSA, R., HOUMA, F ET AMROUCHE L. (2009).** Diagnostic du littoral ouest algérois pour une gestion intégrée; The 5th International Symposium on Sandy beaches, which will be held in Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- AMINOT, A et CHAUSSEPIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. France : Cnexo. 396 p.
- AMINOT, A et KEROUEL, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. France : Ifremer. 336 p.
- AMINOT, A et KEROUEL, R. (2007).** Dosage automatique des sels nutritifs dans eaux marines : méthode en flux continu, méthode d'analyse en milieu marin. 188 p.
- ANONYME 1.** Réserve Naturelle Marine de la réunion. Plan de gestion 2013-2017 : résumés de la section A-Diagnostic. 10 p.
- AROUYA, K. (2011).** Pollution des eaux : impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. 116 p.
- AUBERT, M et al. (1972).** Le milieu marin et les matières organiques. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome 28 : pp. 181-188.
- BARTHE, C et al. 1998.** Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p.
- BAUMONT, S et al. (2004).** Réutilisation des eaux usées : risque sanitaire et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220 p.
- BERAUD, J. (2004).** Le technicien d'analyses biologiques. Paris : Lavoisier. 2081 p.
- BERNARD, G. (2006).** Comprendre la mer pour mieux pêcher. France : Ouest-France, 155 p.
- BLIEFERT, C et PERRAUD, R. (2001).** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck, 477 p.
- BONI, L et al. (2005).** Microalghe tossiche del Medio ed Alto Adriatico. Éd. Fernadel, Bolonie, Italie, 64 p.
- BOULAHIDID, M. (1987).** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer : Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat en géochimie fondamentale. France. 266 p.
- BOURRIER, R. (2008).** Les réseaux d'assainissement : Calculs. Applications. Perspectives. édition Tec & Doc Lavoisier .5^{ème} édition. (1013p). pp 225-231.
- Broman, D et al. (1988).** A multi-sediment-trap study on the temporal and spatial variability of polycyclic aromatic hydrocarbons and lead in a anthropogenic influenced

archipelago. Environ.Sci.Technol., Vol.22, N°10, pp.1219-1228.

BSAE, (2009). Épuration de l'eau : le traitement des eaux usées. Ministère de l'éducation nationale Direction générale de l'enseignement scolaire Bureau des programmes d'enseignement, 4 p.

CARMELO, R et TOMAS, (1997). Identifying marine phytoplankton. Éd. Academic Press, France, 858 p.

CEAEQ. (2000). Recherche et dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24 p.

CHEVALIER, P. (2003). Coliformes totaux. Fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.

CUPP, E. (1977). Marine plankton Diatoms of the West Coast of North America. Lubrecht & Cramer Ltd, USA, 237 p.

DAIRA, S et al. (2009). Gestion de la production de la boue dans la STEP de Souk-Ahras en utilisant le modèle STOAT. Nature et Technologie. N° 01. pp. 16-23.

DJAMEL TAIEB, E. (2009). Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux traces et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieure en science de la mer. ENSSMAL. 79 p.

EDBERG, SC et al. (2000). Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, vol, 88: pp. 106S-116S.

EDDALIA, N. (1990). Les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et Golfe d'Arzew identification des masses d'eaux, Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. 103 p.

ELMUND, GK et al. (1999). Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ. Res. Vol, 71 : pp 332-339.

GALAF, F et GHANNAM, S. (2003). Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. 101p.

GAUJOUS, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Paris : Technique et Document. 220 p.

GEVERNIER. (2002) .Chimie de l'eau de mer ; Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer- Aquarium récifal - aquarium marin - aquarium eau de mer - Reefguardian.mht.

- GOMELLE, C et GUERREE, H. (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Ed. Paris : Eyrolles. 262 p.
- GROXLAUDE, G. (1999).** L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210 p.
- GUIRAUD JP., 1998.** Microbiologie alimentaire. Dunod. 652 p.
- HOUMA, F. (2009).** Modélisation et Cartographie de la Pollution Marine et de la Bathymétrie à partir de l'Imagerie Satellitaire. Thèse Doctorat Univ Paris 12. 214 p.
- JACQUES, G et TREGUER, P. (1986).** Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, France : Masson, Paris. 243 p.
- JACQUET, S. (2005).** Impact des apports en nutriments sur le réseau trophique planctonique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, université de Paris 6, France, 278 p.
- KASSAR, A. (2011).** Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation. Mémoire de magister en science de la mer. ENSSMAL. 161 p.
- KAZUMIS, M et YASUWO, F. (2000).** Guia tecnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales. Instituto español de oceanografía, Centro oceanográfico, Vigo, Espagne, 70 p.
- LACAZE, J.C. (1996).** La pollution des mers. Edition : DOMINOS Flammarion, France, 128 p.
- LEFEBVRE, Y. (1993).** Circuits eau de mer traitements et matériaux. Edition TECHNIP. Chambre syndicale de la recherche et de la production du gaz naturel. Comité des techniciens, 393 p.
- LEVITUS, S. (1993).** Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. Programme Océanographique, Vol. 31, pp. 245-273.
- LUC-HENRI, B. (2007).** Le cycle de l'azote en milieu marin. Extrait d'un Séminaire littéraire (CHIM 6013). A-102 (Rémi-Rossignol).
- MESSIE, M. (2006).** Contrôle de la dynamique de la biomasse phytoplanctonique dans le Pacifique tropical ouest. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III, France, 266 p.
- M.R.E. (2006).** Descriptif de Fonctionnement et d'Exploitation de la Station d'Épuration des Eaux Usées de la Ville de Beni Messous. Document interne de la direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau .100 p.

- NEZAN, E et al. (1997).** Guide pratique à l'usage des analystes du Réseau National de Surveillance du phytoplancton. Ifremer, France, 30 p.
- O.M.S. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p. Accessible à : www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/.
- PERAGUALLO H. (1965).** Diatomées Marines de France. A ASCHER and CO, Amsterdam, Pays Bas, 400 p.
- RAMADE, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, Paris. pp. 690-428.
- RAVEN, P.H et al. (2007).** Biologie végétale. 2ème édition. Éd. De Boeck et Larcier, Bruxelles, Belgique, 733 p.
- REJSEK, F. (2002).** Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine, France. 358p.
- RICARD, M. (1987).** Atlas du phytoplancton marin. Volume II : Diatomophycées. C.N.R.S. Périodoques, France : Paris. 297 p.
- RODIER, J. (1984).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer Ed. Dunod, 7ème, Paris.
- RODIER, J et al. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Dunod, Paris : 1383 p.
- RODIER, J. (1997).** L'analyse de l'eau (eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer) 8ème Edition Dunod, Paris.
- RODIER, J et al. (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. 8ème Ed. Dunod, paris. 1383 p.
- RODIER, J et al. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. 9ème Ed. Dunod, paris. 1526 p.
- SANTE CANADA. (1991).** La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ». Accessible à : www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc_eau_qualite/eauguide.htm.
- VITIELLO, C. (2009).** SEAAAL, société des eaux et d'Assainissement d'Alger, exemple d'un partenariat public privé innovant. 28 p.

ANNEXE



Annexe

Annexe I : Photos des étapes de traitement de l'eau dans la station d'épuration



Figure II.05 : Photographie de déversoir d'orage

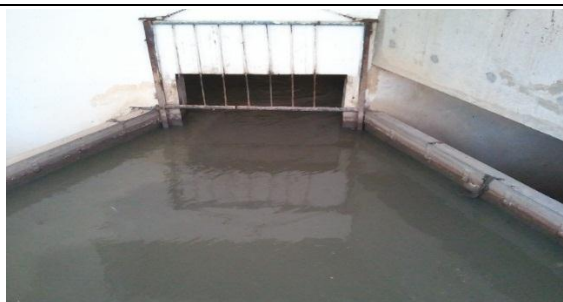


Figure II.06 : Photographie de dégrillage grossier



Figure II.07 : Photographie de dégrillage fin



Figure II.08 : Photographie de la filière de dessablage déshuilage



Figure II.09 : Photographie d'un bassin de décantation primaire



Figure II.10 : Photographie d'un bassin d'aération



Figure II.11 : Photographie d'un bassin de décantation secondaire.



Figure II.12 : Photographie d'un bassin de l'eau épurée

Annexe II :

Tableau I.01 : les coordonnées géographiques des stations de prélèvement de la 1^{ère} et la 2^{ème} compagnie

Station	Coordonnée géographique		Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Etat de la mer
	Latitude	Longitude			
1^{ère} compagnie					
01	36°46'53,66'' N	2°53'36,59'' E	25/05/2014	10H00	Calme
02	36°46'53,78'' N	2°53'36,12'' E	25/05/2014	10H10	Calme
03	36°47'01,05'' N	2°53'40,02'' E	25/05/2014	10H34	Calme
04	36°46'49,16'' N	2°53'32,43'' E	25/05/2014	11H00	Calme
05	36°46'54,99'' N	2°53'34,13'' E	25/05/2014	11H30	Calme
06	36°47'01,57'' N	2°53'38,05'' E	25/05/2014	11H45	Calme
07	36°46'50,36'' N	2°53'31,81'' E	25/05/2014	12H00	Calme
2^{ème} compagnie					
01	36°46'53,66'' N	2°53'36,59'' E	23/06/2014	09H45	Peu agitée
02	36°46'53,78'' N	2°53'36,12'' E	23/06/2014	09H55	Peu agitée
03	36°47'01,05'' N	2°53'40,02'' E	23/06/2014	10H05	Peu agitée
04	36°46'49,16'' N	2°53'32,43'' E	23/06/2014	10H25	Peu agitée
05	36°46'54,99'' N	2°53'34,13'' E	23/06/2014	14H00	Peu agitée
06	36°47'01,57'' N	2°53'38,05'' E	23/06/2014	14H20	Peu agitée
07	36°46'50,36'' N	2°53'31,81'' E	23/06/2014	14H45	Peu agitée

Annexe III : Matériel utilisé



Figure III.03 : Photographie d'un conductimètre de terrain



Figure III.04 : Photographie d'un PH-mètre de terrain



Figure III.05 : Photographie d'un oxymètre de terrain



Figure III.06 : Photographie d'un turbidimètre de terrain



Figure III.07 : Photographie d'un Auto-analyser SAN Plus



Figure III.08 : Photographie d'une balance de précision



Figure III.09 : Photographie d'un dessiccateur



Figure III.10 : Photographie d'un four à moufle



Figure III.11 : Tubes à centrifugeuse en verre



Figure III.12 : Photographie d'une centrifugeuse



Annexe IV : Analyse physico-chimique

1. La matière en suspension (MES)

a. Appareillage et matériel

- Flacons de prélèvement.
- Glacières (moyen de conservation des échantillons).
- Filtres Whatman GF/C de diamètre 47 mm.
- Pincettes à bouts plats.
- Boîtes de conditionnement (boîte de pétries).
- Balance de précision au centième de milligramme. (**figure III.08**) (**annexe III**).
- Etuve.
- Dessiccateur (contenant de gel de silice activé). (**figure III.09**) (**annexe III**).
- Rampe de filtration. Pompe à vide pour filtration, muni d'un manomètre.
- Eprouvette graduée de 250 ml.

b. Mode opératoire

Il consiste en trois étapes :

❖ Préparation des filtres au laboratoire

- Calciner les filtres GF/C au four à 450°C pendant 1h dans du papier aluminium.
- Rincer les filtres à l'eau distillée en les plaçant sur le support de filtration, sans l'entonnoir sous un vide très léger.
- Placer les filtres dans leurs boîtes numérotées et les laisser sécher dans une étuve entre 70°C pendant au moins 2h avec le couvercle des boîtes entre-ouvert.
- Sortir les filtres de l'étuve, refermer les boîtes et les laisser revenir à température ambiante, dans un dessiccateur dans lequel ils resteront jusqu'au moment de la pesée.
- Peser chaque filtre P1 (poids du filtre vide) et le replacer aussitôt dans sa boîte à l'abri de la poussière.

❖ Filtration de l'eau de mer

- Placer le filtre sur la base de filtration à l'aide d'une pince à bouts plats.
- Placer l'entonnoir de filtration et fixer bien le dispositif de filtration.
- Homogénéiser la bouteille de prélèvement par quelques retournements.
- Mesurer le volume à filtrer ($V_F = 250$ ml) à l'aide d'une éprouvette.
- Filtrer le volume de l'échantillon mesuré à l'éprouvette (V_F).
- Replacer le filtre dans sa boîte identifiée aux caractéristiques de l'échantillon (date, numéro...).
- Rincer le système de filtration, l'éprouvette et les bouteilles de prélèvement à l'eau douce. Effectuer un dernier rinçage à l'eau distillée.

❖ Séchage et pesée des filtres

- Placer la boîte dans une étuve entre à 70°C pendant au moins 2h avec le couvercle entre-ouvert.
- Retirer les filtres de l'étuve, remettre les couvercles et les placer dans un dessiccateur le temps de les laisser se stabiliser à la température ambiante.
- Peser chaque filtre P2 (poids sec après filtration) une seconde fois dans les mêmes conditions que la première (même balance, idéalement même taux d'humidité...).

c. Calcul de la concentration en MES

La concentration en MES est donnée par l'expression :

$$[\text{M.E.S}](\text{mg/l}) = (\text{P1} - \text{P2}) / V_F$$

P1 : Poids du filtre sec avant filtration (mg).

P2 : Poids du filtre sec après filtration (mg).

V_F : volume de l'eau de mer filtré, (l).

2. La matière organique particulaire (MOP)

a. Matériel

- Four à moufle. (**figure III.10**) (**annexe III**).
- Des creusés en porcelaine.
- La balance de précision.

b. Mode opératoire

Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés afin de déterminer le charge des eaux en MOP dans un dessiccateur, dans la but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'aire.

- Après nettoyage des creusés pour leur enlever toute la poussière, numéroter les.
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide de deux pinces et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre P₁.
- Placer les creusés dans le four à moufle et programmer la Température à 450°C pendant 2 heures.
- Ouvrir le four à moufle et le laisser refroidir.
- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur.
- Une fois refroidis, pesé les filtres calcinés P₂.

c. Calcul de la concentration en MOP

Le calcul de la matière organique particulaire se fait comme suit :

$$[\text{M.O.P}](\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

P₁ : Poids du creuset et du filtre avant séchage en (mg).

P₂ : Poids du creuset et du filtre après séchage en (mg).

3. Les sels nutritifs

Dosage des nitrites + nitrates :

3.1. Réactifs :

a. Solution tampon:

Chlorure d'ammonium NH ₄ Cl	50 g.
Solution d'ammonium NH ₄ OH (25%).....	±1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	5g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.
Bridj 35 (30%).....	3 ml.

Préparation :

- Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée.
- Ajuster le ph 8,2 avec la solution d'ammonium.
- Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre.
- Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant une semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Réactifs colorants :

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H ₃ PO ₄ (85%).....	50 ml.
Sulfanilamide C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S.....	10 g.
α -Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C ₁₂ H ₁₆ Cl ₂ N ₂	0,5g.
Eau distillée H ₂ O.....	850 ml.

Préparation :

- Diluer l'acide o-phosphorique H₃PO₄ dans \pm 750 ml d'eau distillée.
- Ajouter le Sulfanilamide C₆H₈N₂O₂S.
- Le α -Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C₁₂H₁₆Cl₂N₂ et dissoudre.
- Ajouter 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant deux semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

c. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

3.2. Préparation des solutions étalons :

a. Solution mère de 100 ppm N (*) :

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO ₃	0,6068g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation :

- Dissoudre le nitrate de sodium dans \pm 800 ml d'eau distillée.
- Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Solution fille de 10 ppm N :

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

Note : préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standard chaque jour.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en μ moles/l de N-NO₃- ou de N-NO₂- puis en μ moles/l de NO₃- ou de NO₂-.

3.3. Préparation de la colonne réductrice :

a. Solution d'acide chlorhydrique (4N) :

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32%).....400 ml.

Eau distillée H₂O.....600 ml.

Préparation :

-Diluer l'acide chlorhydrique dans 600 ml d'eau distillée.

b. Cadmium :

Produits chimiques exigés :

Granule de cadmium taille 0,3-1 mm (tamisé).....2, 5g.

Procédure de remplissage :

-Les granules de cadmium sont mélangées avec \pm 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).

- Agiter pendant une minute.

- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.

- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.

- Sécher les granules de cadmium.

- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne de deux côtés.

-Remplir jusqu'à \pm 5 mm du sommet.

- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.

- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif a préparé précédemment).

- Placer la colonne dans le système.

Note : Eviter que l'air entre dans la colonne.

Dosage des orthophosphates :

3.1. Réactifs

a. Solution de molybdate d'ammonium :

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine

K(SbO)C₄H₄O₆.5H₂O.....230 mg.

Acide sulfurique H₂SO₄ (97%).....69,4 ml.

Molybdate d'ammonium(NH₄)₆Mo₇O₂₄.H₂O.....6g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.
FFD6.....2 ml.

Préparation :

- Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment.
- Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre.
- Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique C₆H₈O₆.....6g.
Acétone C₃H₆O.....60 ml.
Eau distillée H₂O.....1000 ml.
FFD6.....2 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

c. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

3.2. Préparation des solutions étalons

a. Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH₂PO₄.....0,4394 g.
Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

- Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans ± 800 ml d'eau distillée.
- Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Solution fille de 10 ppm P

-Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jour.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de PO_4^{3-} .

Dosage des silicates

3.1. Réactifs

a. Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....10 ml.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

-Diluer l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée.

- Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

b. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$20g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

-Dissoudre le molybdate d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

c. Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$44g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

-Dissoudre l'acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

d. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O.

Note : Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

2. Préparation des solutions étalons

a. Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium Na₂SiO₃·9H₂O.....1,0119 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

-Dissoudre le metasilicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

b. Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

Gamme d'étalonnage

➤ Nitrite

Tableau II.01 : Gamme d'étalonnage du nitrite.

Standards	[NO ₂ ⁻] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0	0
ST1	0,2232	10
ST2	0,3719	15
ST3	0,5951	24
ST4	0,7687	31
ST5	1,0166	41
ST6	1,2150	49

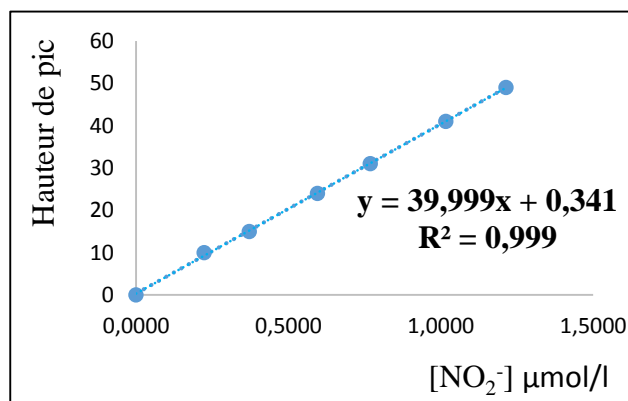


Figure II.01 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

➤ Nitrate

Tableau II. 02 : Gamme d'étalonnage du nitrate.

Standards	[NO ₃ ⁻] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0	0
ST1	0,2353	6
ST2	0,3952	10
ST3	0,6305	17
ST4	0,5646	15
ST5	1,4021	37
ST6	2,3902	64

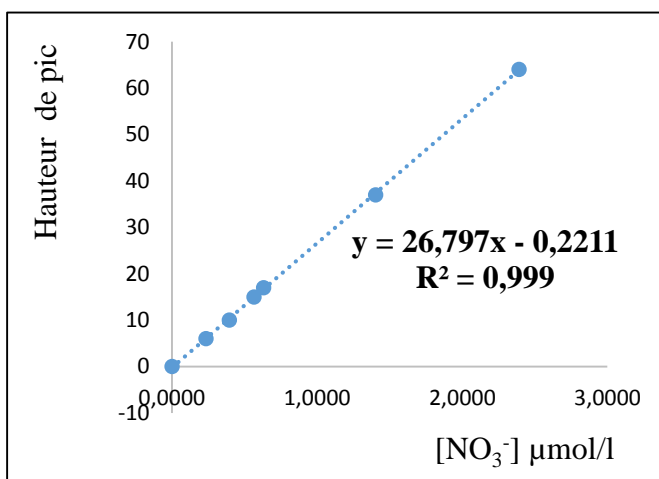


Figure II.02 : Courbe d'étalonnage des nitrates.

➤ Orthophosphate

Tableau II.03 : Gamme d'étalonnage des orthophosphate.

Standards	[PO ₄ ³⁻] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0,0000	0
ST1	0,0899	30
ST2	0,6104	190
ST3	0,7066	220
ST4	0,8092	258
ST5	1,0028	319
ST6	1,0865	346

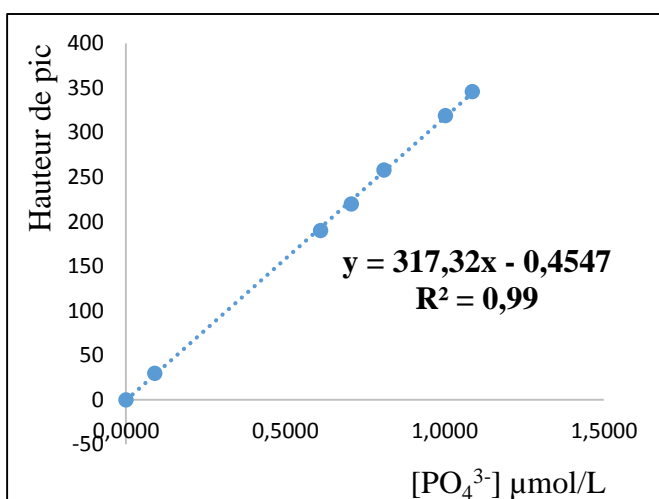
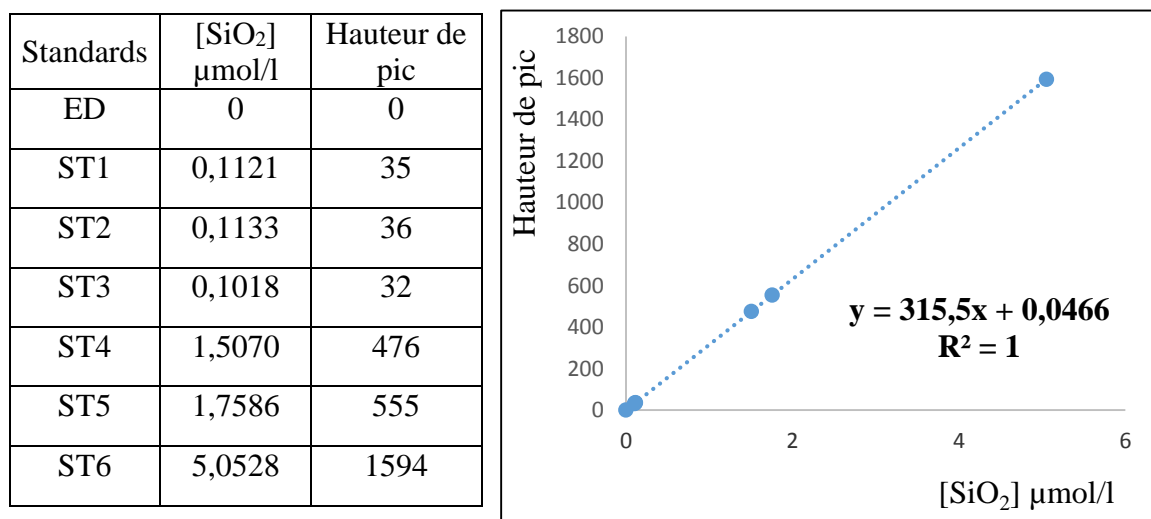


Figure II.03 : Courbe d'étalonnage des orthophosphate.

➤ Silice

Tableau II. 04 : Gamme d'étalonnage des silices.



4. Dosage de la chlorophylle

a. Appareillage et matériel

- Rampe à filtration avec filtres en fibre de verre (GF/C, de porosité environ 0,45μm).
- Tubes à centrifugeuse en verre (**figure III.11**) (**annexe III**).
- Centrifugeuse (centrifugation des tubes d'extraction), avec 6 postes de porte-Filtre (**figure III.12**) (**annexe III**).
- Spectrophotomètre (**figure III.13**) (**annexe III**).
- Cuve en verre de 5 cm de trajet optique, pinces, éprouvettes.

b. Réactifs

- Solution de méthanol pur à 99.7% pour l'extraction.
- Solution de carbonate de magnésium (MgCO₃) à 1% (Ajouter 1 g de MgCO₃ en poudre fine dans 100 ml d'eau déminéralisée).
- Solution d'acide chlorhydrique (HCL) 0.3 mol/l.
- Soluté de carbonate de magnésium (MgCO₃).

c. Mode opératoire

- Les échantillons d'eau de mer (250 ml) prélevés sont filtrés sur un filtre en fibre de verre whatman GF/C après l'ajout de quelques gouttes de MgCO₃.
- Immédiatement après la filtration, le filtre est plié sur quatre et enrobé dans du papier aluminium déjà étiqueté et les conserver dans un congélateur.

- Mettre le filtre dans le tube à centrifuger, ajouter 10ml du solvant d'extraction (méthanol pure) et déchiqeter le filtre à l'aide d'une pince.
- Bouché et placé les tubes dans un réfrigérateur (4 °C), pour une période d'extraction d'une heure.
- On place les tubes dans une centrifugeuse pendant 10 min et 4000 tours/min.
- Transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve du spectrophotomètre.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés dans un spectrophotomètre aux longueurs d'onde de 665 et 750 nm.
- Transférer la totalité de l'extrait de la cuve dans un petit bécher.
- Acidifier par addition de 10µl d'acide chlorhydrique 0,3 mol/l par millilitre d'extrait, mélangé, attendre 2 à 3 min.
- Neutraliser par addition de 25 mg de carbonate de magnésium en poudre et agiter lentement pendant 10 min.
- Centrifuger l'extrait pour éliminer l'excès de MgCO₃.
- Transférer à nouveau l'extrait dans la cuve et mesurer les absorbances à 665 et 750 nm.

d. Mode de calcul des concentrations

La concentration de chlorophylle dans les extraits du méthanol est évaluée d'après la formule de Lorenzen modifiée (1967). (**Aminot & Chaussepied, 1983**) :

$$[\text{Chlorophylle a}] (\mu\text{g/l}) = 40.1 \times (\text{Ab}_{665}^{\text{na}} - \text{Ab}_{665}^{\text{a}}) \times v / V \times l$$

Avec :

V : volume d'eau filtrés (litres).

v : volume de solvant d'extraction (millilitres).

l : longueur de trajet optique de la cuve de mesure (1 centimètres).

Et :

$$\text{A}_{665}^{\text{na}} = (\text{Ab}_{665}^{\text{na}} - \text{bc}_{665}) - (\text{Ab}_{750}^{\text{na}} - \text{bc}_{750})$$

$$\text{A}_{665}^{\text{a}} = (\text{Ab}_{665}^{\text{a}} - \text{bc}_{665}) - (\text{Ab}_{750}^{\text{a}} - \text{bc}_{750})$$

Avec :

A₆₆₅^{na} : absorbance nette avant acidification.

A₆₆₅^a : absorbance nette après acidification.

bc₆₆₅ : blanc de la cuve à 665nm.

bc₇₅₀ : blanc de la cuve à 750nm.

Ab₆₆₅^{na} : absorbance corrigé à 665nm avant acidification.

Ab₆₆₅^a : absorbance corrigé à 665nm après acidification.

Ab₇₅₀^{na} : absorbance corrigé à 750nm avant acidification.

Ab₇₅₀^a : absorbance corrigé à 750nm après acidification.

5. Le phytoplancton :

a. Mode opératoire

- L'échantillon (500 ml) était conservé au noir après ajout de lugol.
- Le comptage des cellules a été réalisé à l'aide de la méthode classique d'Utermöhl (1958 in Gaumer, 1981).
- Homogénéiser l'échantillon et le concentré dans des cuves de 50 ml et à 100 ml, l'analyse est faite à l'aide d'un microscope inversé Zeiss.
- Les comptages étaient effectués aux grossissements 40X.

6. Analyse bactériologique

6.1. Matériel

- Rampe de filtration (**figure III.14**) (**annexe III**).
- Deux bec-Bunsen de manière à ménager une zone de travail stérile, et à pouvoir stériliser le matériel.
- Boîte 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 49 mm de diamètre susceptibles de retenir les bactéries.
- Incubateur dont la température est ajustée selon le germe étudié.
- Pompe à vide.
- Pince stérilisée.
- Pipette.
- Milieux et réactifs : Tergitol et Slanatez BEA (Bile et Esculine Azide), Kovacs ; eau peptonée exempte d'indole.

6.2. Mode opératoire

- Stériliser le dispositif de filtration.
- Mettre en place le dispositif.
- Poser stérilement la membrane stérile.
- Agiter soigneusement le flacon d'échantillon de manière à remettre les microorganismes en suspension homogène.
- filtrer un volume d'échantillon (100ml).

- Déposer le filtre sur le milieu adéquat, sans faire de bulles d'air et sans la retourner.
- Inscrire sur la boîte de Pétri, le numéro de l'échantillon et la date.
- Incuber les boîtes à une température adéquate en les retournant.
- Flamber l'ensemble godet-base pour une autre manipulation.

6.3.La composition des milieux de culture

❖ Gélose lactosée au TTC et au Tergitol :

Composants de base	Quantité
Extrait de viande	5g
Peptone	10g
Extrait de levure	6g
Lactose	20g
Bleu de bromothymol	0,05g
Agar	20g
Eau déminéralisée	1000ml

PH : 7,2. Stérilisation à l'autoclave : 20 minutes à 120°C.

❖ Gélose Slanetz et Bartley :

Composition	Quantité
Tryptose	20g
Extrait de levure	5g
Glucose	2g
Monohydrogène-phosphate de potassium	4g
Azoture de sodium	0,4g
Agar	8 à 18g

PH : 7,2±0,2. Ne pas autoclave, ne pas refondre.

❖ Bile-Esculine-Azide (BEA) :

Composition	Quantité
Tryptone	17g
Peptone	3g
Extrait de levure	5g
Bile de bœuf déshydratée	10g
Chlorure de sodium	5g
Esculine	1g
Citrate double de fer et d'ammonium	0,5g
Azoture de sodium	0,15g
Agar	15 à 20g

pH : 7,1±0,2. Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120°C.

6.4. Normes de salubrité

Tableau V.01 : Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe, 1976 in Brisou & Denis, 1980)

Paramètres	Norme Guide (G)	Norme impérative (I)	Méthode d'analyse
Coliformes totaux (CT/100ml)	500	10 000	En tubes multiples. Nombre le plus probable ou filtration sur membranes. Milieu d'Endo bouillon teepol 0.4%
Coliformes fécaux (CF/ 100ml)	100	2000	
Streptocoques fécaux (SF /100ml)	100	1000	Méthode de Litsky. Nombre le plus probable ou filtration sur membrane.

< G = Bactériologiquement satisfaisant dans 80% des cas.

Entre G et I = situation encore acceptable dans 95% des cas.

> I = seuil de sécurité- Alerte.

Annexe IV :

Tableau IV.01 : Résultats des paramètres physicochimiques

paramètre	T (°C)	S (PSU)	pH	O ₂ (mg/l)	Condu (ms/cm)
Première sortie : 25/05/2014					
Max	24	33.33	8.2	2.5	50
Min	25.6	1.97	7.49	1.7	1.44
Moy	25.04	21.28	7.88	1.07	30.18
Ecart type	0.51	13.64	0.23	0.27	20.72
Deuxième sortie : 23/06/2014					
Max	25.8	35.8	8.23	2.7	54.3
Min	25	0.5	7.66	1.8	1.38
Moy	25.42	24.87	7.94	2.44	36.59
Ecart type	0.30	14.37	0.23	0.31	24.17

Tableau IV.02 : Nombre de cellule, Densité cellulaire (en nombre de Cell./L) et pourcentage de chaque groupe phytoplanctonique calculés sur chaque station

Stations	Etude	Groupe phytoplanctoniques		
		Diatomées	Dinoflagellés	Autres
S _{5m}	Nombre de cellule	2750	560	331
	Densité (cellule/l)	6020	1046	216
	%	75.52	15.38	9.09
S _{10m}	Nombre de cellule	1976	410	35
	Densité (cellule/l)	3952	820	2.88
	%	81.61	16.93	1.44
S _{30m}	Nombre de cellule	974	185	41
	Densité (cellule/l)	1948	370	82
	%	81.16	15.41	3.41

Tableau IV.03 : matrice de corrélation entre variables environnementales

Corrélations (Feuille)											
Corrélations significatives marquées à p < ,05000											
N=7 (Observations à VM ignorées)											
Variable	NO2	NO3	PO4	SIO2	Chla	Cd	MES	MOP	O2	pH	Tu
NO2	1,00	0,67	0,70	0,62	0,92	-0,93	0,26	0,51	-0,47	-0,94	0,52
NO3	0,67	1,00	0,52	0,69	0,67	-0,62	-0,01	0,37	-0,27	-0,45	0,44
PO4	0,70	0,52	1,00	0,18	0,48	-0,84	-0,40	0,97	-0,91	-0,71	0,96
SIO2	0,62	0,69	0,18	1,00	0,79	-0,60	0,48	-0,04	0,22	-0,49	-0,01
Chla	0,92	0,67	0,48	0,79	1,00	-0,84	0,42	0,25	-0,19	-0,84	0,24
Cd	-0,93	-0,62	-0,84	-0,60	-0,84	1,00	-0,02	-0,69	0,59	0,89	-0,68
MES	0,26	-0,01	-0,40	0,48	0,42	-0,02	1,00	-0,57	0,52	-0,33	-0,57
MOP	0,51	0,37	0,97	-0,04	0,25	-0,69	-0,57	1,00	-0,96	-0,54	0,99
O2	-0,47	-0,27	-0,91	0,22	-0,19	0,59	0,52	-0,96	1,00	0,55	-0,95
pH	-0,94	-0,45	-0,71	-0,49	-0,84	0,89	-0,33	-0,54	0,55	1,00	-0,52
Tu	0,52	0,44	0,96	-0,01	0,24	-0,68	-0,57	0,99	-0,95	-0,52	1,00

Tableau IV.04 : Résultats des paramètres bactériologiques

paramètre	CT (CT/100ml)	CF (CF/100ml)	SF (SF/100ml)
Première sortie : 25/05/2014			
Max	ind	3015	321
Min	ind	67	3
Moy	ind	986.4	124.5
Ecart type	ind	1221.17	136.40
Deuxième sortie : 23/06/2014			
Max	100	0	209
Min	100	18	0
Moy	100	5.6	98.2
Ecart type	0	8.17	96.60