

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCE DE LA TERRE  
ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT : ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en

## BIOLOGIE

Option : Microbiologie de l'environnement  
Santé, Eau et Environnement

## THÈME

Contribution à l'étude de la qualité bactériologique  
et physico-chimique de l'eau des plages de la ville  
d'Annaba

### Présenté par :

Bengati Sihem  
Boudraa Wahiba  
Djamaa Fatma

### Membres de jury :

|             |                           |                      |
|-------------|---------------------------|----------------------|
| Président : | DJEKOUN M. (M.A.A.)       | Université de Guelma |
| Encadreur : | HOUHAMDI M. (Pr.)         | Université de Guelma |
|             | MERZOUG S. E. (Doctorant) | Université de Guelma |
| Examineur : | MERZOUG A. (M.A.A.)       | Université de Guelma |

Juin 2011

## Remerciements

Nous remercions Allah, Dieu le Miséricordieux qui nous a éclairé la voie de la science et de la connaissance et par sa grâce on a réussi à achever ce travail.

Nous exprimons nos profonds remerciements à Monsieur DJEKOUN M., Maître assistant au Département de biologie, d'avoir bien accepté présider ce jury.

Nous tenons à remercier Monsieur MERZOUG A.G. Maître assistant au Département de biologie pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont à Monsieur HOUHAMDI M., Professeur au département de biologie Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, son enseignement et sa gentillesse qu'on a pu apprécier pendant notre parcours. Veuillez trouver ici le témoignage de nos plus profonds respects et de nos plus vives reconnaissances.

Nos reconnaissances, nos vives gratitude et nos sincères remerciements vont aussi à Monsieur MERZOUG S.E., Doctorant au département de Biologie de nous avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail. Ses orientations, sa disponibilité et son œil critique nous a été très précieux pour structurer et améliorer ce travail.

Nous exprimons aussi notre gratitude à Madame AIOUI W. de la maison de santé à ANNABA et mesdames LAYACHI N. et BOUZAOUNE H. du secteur sanitaire de Annaba; laboratoire de prévention; "FRANTZ FANON ANNABA" qui nous ont aidées dans la réalisation de ce mémoire.

Sans oublier Mr. SAIDANI K. pour leur énorme aide pour la réalisation des prélèvements.

Enfin, nous exprimons nos vives et profonde reconnaissance à tous ceux qui de près ou de loin se sont associés pour l'élaboration de ce travail en particulier les enseignants et les étudiants du département de biologie.



## Dédicace

*Je dédie le fruit de mes 18 ans d'études aux plus précieux des trésors :*

*Mes parents : mon cher papa Belgacem et ma tendre maman Khadra.*

*Qui m'ont appris tout ce que je sais*

*Qui mon guidé vers le tunnel éclairé du savoir*

*Qui m'ont nourri d'amour, enveloppé de confort*

*Mon cher frère : Abd'El Hakim que Dieu le garde.*

*Mes très chères sœurs : Loubna, Amina , et la petite Khadija.*

*Mon plus profond respect va tout droit à mon professeur Mr. Houhamdi Moussa et sa famille.*

*A mes très chères amis : Wakiba, Fatma, Hala , Hajer, Asma, Ahlem, Nabila, Annisa, Imen et Abd'El Hakim , que Dieu protège notre amitié.*

*A un ami très spécial : Seyf édiline, qui m'a aidé avec ses encouragements ainsi pour sa patience,*

*A Mr. Lotfi , qui m'a aidé pendant la durée du stage et la pratique de ce travail.*

*Aux amis de la post graduation : promotion 2010/2011.*

*A tous mes professeurs dans tous les cycles de ma scolarité qui m'ont éclairé la voie du savoir.*

*Et enfin à tout ceux qui me sont chers, je leur dédie ce modeste travail et qu'ils trouvent de ma part tous mes respects ma fidélité et mes sentiments les plus sincères.*

Sihem



# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail à ma famille qui m'a soutenue le long de cette belle expérience et durant toutes les expériences que j'ai vécues, les meilleures et les pires.*

*Surtout à ma chère mère Nadia, qui a toujours été présente à mes côtés et qui m'a tant donné et appris et mon très cher père Abd Allah pour sa patience et sa positivité face aux différentes épreuves de la vie. Je vous dédie ce travail pour vous exprimer mon immense et éternelle gratitude.*

*Mes dédicaces particulières s'adressent à mon époux Karim et à ma petite fleur Amani, à qui je demande et à travers cette dédicace, Mille pardons. Mille pardons pour le temps dont cette étude vous a privé de moi et m'a privé de vous. Mais c'est surtout grâce à vous et pour vous que j'ai entrepris cette étude.*

*A mes deux frères*

*Amar et Redha, j'espère atteint le seuil de vos espérances.*

*A mes amies :*

*Fatma, Sihem, Amel, Selma, Samiha.*

*Spécialement pour toi Amani.*

**Wahiba**



*Louange à Dieu le Miséricordieux qui m'a éclairé la voie de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce modeste travail que je dédie à ;*

*Mes chers parents qui m'ont toujours donné le courage et l'esprit pour continuer mes études. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.*

*Mes chers frères : Salah, Samir, Sofiane, Saadi et Adel pour leurs soutiens.*

*Je dédie ce mémoire à "Hamza", que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*Mes cousins, mes cousines et toute ma grande famille pour leurs encouragements.*

*Mes ami(e)s et tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

*Et pour finir, à toute la promotion de microbiologie 2006-2011 et spécialement à monsieur Houhamdi.*

*Fatma*

# Sommaire

Produced with ScantOPDF

# Sommaire

|   |          |
|---|----------|
| Introduction  | 1        |
| <b>Chapitre I : Généralité et description du site d'étude</b> | <b>6</b> |
| 1. Impacte des activités humaines sur la qualité de l'eau     | 6        |
| 1.1. Origine de la pollution de l'eau                         | 6        |
| 1.1.1. Les phénomènes naturels                                | 6        |
| 1.1.2. Pollution d'origine domestique                         | 6        |
| 1.1.3. Pollution urbaine                                      | 7        |
| 1.1.4. Pollution d'origine agricole                           | 7        |
| 1.1.5. Pollution industrielle                                 | 7        |
| 1.2. Polluants des eaux                                       | 8        |
| 1.2.1. Polluants physiques                                    | 8        |
| 1.2.1.1. Pollution thermique                                  | 8        |
| 1.2.1.2. Polluants radioactifs                                | 9        |
| 1.2.1.3. Les matières en suspension                           | 9        |
| 1.2.2. Polluants organiques                                   | 9        |
| 1.2.3. Les éléments nutritifs                                 | 9        |
| 1.2.4. La pollution biologique                                | 10       |
| 1.2.5. La pollution par les métaux lourds                     | 10       |
| 2. Le littoral Algérien                                       | 11       |
| 3. Description de la zone d'étude                             | 12       |
| 3.1. Situation géographique                                   | 12       |
| 3.2. Bathymétrie  | 14       |
| 3.3. Aperçu géologique  | 14       |
| 3.4. Hydrologie   | 16       |
| 3.5. Les houles   | 16       |
| 3.6. Les courants   | 17       |
| 3.7. Etude climatique   | 18       |
| 3.7.1. La température   | 19       |
| 3.7.2. La précipitation (pluviosité)                          | 19       |
| 3.7.3. Synthèse climatique                                    | 21       |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.8. Les vents  | 22        |
| 3.9. Humidité   | 22        |
| 3.10. Bioclimat et végétation   | 23        |
| 3.11. Paysage et tourisme   | 23        |
| 3.12. La Pollution dans la wilaya d'Annaba  | 25        |
| 3.13. Les activités individuelles dans la wilaya d'Annaba (cas du port)   | 28        |
| <br>  |           |
| <b>Chapitre II: Matériel et méthodes</b>  | <b>30</b> |
| 1. Echantillonnage  | 30        |
| 1.1. Matériel de prélèvement  | 30        |
| 1.1.1. L'analyse microbiologique  | 30        |
| 1.1.2. L'analyse Physico-chimique   | 31        |
| 1.2. Mode de prélèvement  | 31        |
| 1.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons  | 32        |
| 1.4. Transport et conservation des échantillons   | 32        |
| 2. Caractéristiques des points de prélèvement   | 32        |
| 3. Nature et période de prélèvement   | 35        |
| 4. L'analyse microbiologique  | 36        |
| 4.1. Matériel utilisé pour l'analyse microbiologique  | 37        |
| 4.2. Méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau   | 38        |
| 4.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec<br>identification d' <i>Escherichia coli</i> en milieu liquide                    | 38        |
| 4.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode<br>générale par ensemencement en milieu liquide   | 42        |
| 4.2.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies<br>sulfito-réductrices (Méthode par incorporation en gélose en<br>tubes profonds) | 45        |
| 4.3. Recherche des germes pathogènes  | 46        |
| 4.3.1. Recherche des staphylocoques   | 47        |
| 4.3.2. Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>   | 48        |
| 4.3.3. Recherche des <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i>   | 50        |
| 4.3.3.1. Recherche de <i>Salmonella</i>   | 50        |
| 4.3.3.2. Recherche des <i>Shigella</i>  | 52        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.3.4.   | Recherche de <i>Vibrio cholérique</i>                               | 53        |
| 4.3.5.   | Tests complémentaires   | 55        |
| 4.3.5.1. | Caractères morphologiques   | 55        |
| 4.3.5.2. | Caractères enzymatiques   | 56        |
| 4.3.5.3. | Caractères biochimiques   | 58        |
| 5.       | Les méthodes de détermination des caractéristiques Physicochimiques | 63        |
| 5.1.     | Mesure in situ  | 63        |
| 5.1.1.   | La température  | 64        |
| 5.1.2.   | Le pH   | 64        |
| 5.2.     | Les mesures en laboratoire  | 64        |
| 5.2.1.   | Matière en suspension (MES)   | 65        |
| 5.2.2.   | Le taux des sels dissous (TDS)                                      | 65        |
|          | <b>Chapitre III: Résultats et discussion</b>                        | <b>66</b> |
| 1.       | Paramètres microbiologiques   | 66        |
| 1.1      | Résultats de la recherche et du dénombrement des micro-organismes   | 66        |
| 1.1.1.   | Les coliformes totaux   | 66        |
| 1.1.2.   | Les coliformes fécaux   | 67        |
| 1.1.3.   | Les streptocoques fécaux  | 67        |
| 1.1.4.   | Les Anaérobies sulfito-réducteurs(ASR):                             | 68        |
| 1.2.     | Recherche des germes pathogènes                                     | 69        |
| 1.2.1.   | Résultats du profil biochimique des Staphylocoques                  | 69        |
| 1.2.2.   | Caractères morphologiques et coloration de Gram                     | 69        |
| 1.2.3.   | Résultats et identification biochimique                             | 72        |
| 2.       | Paramètres physico-chimiques  | 75        |
| 2.1.     | La température  | 75        |
| 2.2.     | Le pH   | 75        |
| 2.3.     | La matière en suspension (MES)                                      | 76        |
| 2.4.     | Les TDS   | 77        |
|          | Conclusion  | 78        |
|          | Résumé  |           |
|          | Références bibliographiques   |           |
|          | Annexes   |           |

## Liste des tableaux

| N° de tableau | Titre du tableau  | N° de page |
|---------------|---|------------|
| 01            | Amplitude de la houle au niveau de la baie d'Annaba.                                    | 17         |
| 02            | Récapitulatif des données climatiques de la région d'Annaba (2000/2009).                | 19         |
| 03            | Localisation des stations de relevage des eaux de la wilaya d'Annaba.                   | 25         |
| 04            | Représentation des rejets de la wilaya d'Annaba (W.A) et de leurs milieux récepteurs.   | 26         |
| 05            | Composition des rejets industriels et leur milieu récepteur.                            | 27         |
| 06            | Caractéristiques des stations de prélèvements.  | 34         |
| 07            | Nature et période de prélèvement.   | 35         |
| 08            | Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie.                                  | 48         |
| 09            | Caractéristiques d'identification des principales espèces de <i>Pseudomonas</i> .       | 49         |
| 10            | Caractères d'identification biochimique de <i>Shigella</i> .                            | 53         |
| 11            | Différences majeures entre les <i>Vibrio</i> , <i>Plesiomonas</i> et <i>Aeromonas</i> . | 54         |
| 12            | Evolution du nombre des Anaérobies sulfite-réducteurs (ASR).                            | 68         |
| 13            | Résultats du profil biochimique de <i>Staphylococcus</i> .                              | 69         |
| 14            | Aspect macroscopique et microscopique des colonies.                                     | 70         |
| 15            | Résultat et identification biochimique par galerie API20E.                              | 73         |
| 16            | Résultat et identification biochimique par la galerie classique.                        | 74         |
| 17            | Evolution du nombre des coliformes totaux .   | Annexe I   |
| 18            | Evolution du nombre des coliformes fécaux.  | Annexe I   |
| 19            | Evolution du nombre des Streptocoques fécaux.   | Annexe I   |
| 20            | Evaluation de la température.   | Annexe I   |
| 21            | Evaluation du pH.   | Annexe I   |
| 22            | Evaluation de La matières en suspension (MES).  | Annexe I   |
| 23            | Evaluation des TDS.   | Annexe I   |



|    |   |          |
|----|---|----------|
| 24 | Réserve d'eau de l'hydrosphère.   | Annexe 2 |
| 25 | Table NPP.  | Annexe 2 |
| 26 | Qualité requise des eaux de mer .   | Annexe 2 |
| 27 | Normes de salubrité pour les eaux de baignade, concernant <i>Eschérichia coli</i> et les Streptocoques fécaux | Annexe 2 |
| 28 | Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.                                   | Annexe 2 |
| 29 | Classification des eaux d'après leur pH.  | Annexe 2 |
| 30 | Tableau de lecture de l'APi20E.   | Annexe 2 |

Produced with ScanTOPDF

## Liste des figures

| N° de figure | Titre de figure  | N° de page |
|--------------|--|------------|
| 01           | Qualité bactériologique des eaux de baignade des 14 wilayas côtières (Année 2004).   | 11         |
| 02           | Situation géographique du golfe d'Annaba.  | 13         |
| 03           | Extension des différents aquifères dans les plaines d'Annaba-Bouteldja.  | 15         |
| 04           | Courantologie dans la baie d'Annaba.   | 18         |
| 05           | Graphique montrant les variations des températures moyennes mensuelles minimales et maximales quotidiennes d'Annaba (2000/2009). | 20         |
| 06           | Graphique montrant les variations des précipitations quotidiennes d'Annaba (2000/2009).  | 20         |
| 07           | Situation de la station météorologique de la wilaya d'Annaba dans le climagramme d'Emberger.                                     | 22         |
| 08           | Vue de satellite d'usine Fertial.  | 27         |
| 09           | Vue de satellite du port de la ville   | 29         |
| 10           | Photo du port de la ville d'Annaba   | 29         |
| 11           | Localisation des points de prélèvements  | 33         |
| 12           | Vue des stations de prélèvement.   | 34         |
| 13           | Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide.(NPP)  | 40         |
| 14           | Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide.  | 44         |
| 15           | Schéma d'une agglutination des vibrio.   | 55         |
| 16           | Test à la catalase.  | 57         |
| 17           | Test de coagulase.   | 57         |
| 18           | Test d'oxydase(+).   | 58         |
| 19           | Test de citrate.   | 58         |
| 20           | Réaction d'indole.   | 60         |
| 21           | La galerie API 20E.  | 63         |
| 22           | Estimation du nombre des coliformes totaux.  | 66         |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 23 | Estimation du nombre des coliformes fécaux.                                    | 67 |
| 24 | Estimation du nombre des streptocoques fécaux.                                 | 68 |
| 25 | Aspect des colonies sur GN.  | 70 |
| 26 | Aspect des Bacilles Gram (-).  | 70 |
| 27 | Aspect des colonies sur gélose Mac-Conkey.                                     | 70 |
| 28 | Aspect des Bacilles Gram (-).  | 70 |
| 29 | Aspect des colonies blanches sur gélose Chapman.                               | 71 |
| 30 | Aspect des Cocci en amas Gram (+).   | 71 |
| 31 | Aspect des colonies sur gélose GNAB.   | 71 |
| 32 | Aspect des Cocci Gram (+).   | 71 |
| 33 | Aspect des colonies jaunes sur gélose Hektoén.                                 | 72 |
| 34 | Aspect des coccobacilles Gram (-).   | 72 |
| 35 | Aspect des colonies rose sur gélose BCP.                                       | 72 |
| 36 | Aspect des bacilles Gram (-)   | 72 |
| 37 | Profil biochimique des résultats et identifications. biochimiques par API 20E. | 73 |
| 38 | Résultats de la galerie classique.   | 74 |
| 39 | Variations spatio-temporelles de la température de l'eau.                      | 75 |
| 40 | Variations spatio-temporelles du pH.   | 76 |
| 41 | Variations des MES.  | 77 |
| 42 | Variations des TDS.  | 77 |



## Liste des signes et abréviation

- : Caractère négatif
- % : Pour cent
- + : Caractère positif
- ± : Plus ou moins
- ° : Degré
- °C : Degré Celsius
- 3D : 3 dimensions
- ADH : Arginine dihydrolase
- ASR : Anaérobie sulfite-réductrice
- BCP : Gélose lactosé au bromocrésol pourpre
- BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol
- BGN : Bacille Gram négative
- BQB : Bonne qualité bactériologique
- CF : Coliforme fécaux
- CIT : Citrate de Simmons
- CLED : Cystine Lactose Electrolyte Déficiënt
- CT : Coliforme totaux
- d : Variable
- DDS : Direction de la santé
- DGE : Direction générale de l'environnement
- E. coli* : *Escherichia coli*
- EDTA : Acide éthylène diamine tétracétique
- ENCG : Ecole Nationale de Commerce et de Gestion
- ENE : Est à Nord-est
- EPA : Eau Peptonée Alcaline
- EPT : Eau peptonée exempte d'indole

**Eva Litsky**: Bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium

**F.A.O.**: Food and Agriculture Organization of the United Nations

**Fig** : Figure

**g** : Gramme

**g/l** : Gramme par litre

**GEL** : Gélatine

**Glu** : Glucose

**GN** : Gélose nutritive

**GNAB**: Gélose nutritive alcaline et biliée

**GNO** : Gélose Nutritive Ordinaire

**h** : Heure

**H** : Hydrogène

**ha** : Hectare

**IND** : Indole

**km** : Kilomètre

**km<sup>2</sup>** : Kilomètre carré

**l** : Litre

**Lac** : Lactose

**LDC** : Lysine décarboxylase

**LE** : Longitude de Est

**LN** : Latitude de Nord

**m** : Mètre

**m.s<sup>-1</sup>** : Mètre par seconde

**m<sup>3</sup>/j** : Mètre cube par jour

**Mac** : Mac Conkey

**Man** : Mannitol

**MES** : Matière en suspension  
**mg/L** : Milligramme par litre  
**ml** : Millilitre  
**Mob** : Mobilité  
**MQB** : Mauvaise qualité bactériologique  
**MT** : Millions de tonnes  
**N**: Nord  
**NAG** : Vibrio Non Agglutinable  
**NE** : Nord-Est  
**Nit** : Nitrate réductase  
**NNE** : Nord à Nord-est  
**NNW** : Nord à Nord-wst  
**NPP** : Nombre le plus probable  
**NW** : Nord-West  
**ODC** : Ornithine décarboxylase  
**OGA** : Gélose glucosée à l'Oxytétracycline  
**OMS** : Organisation mondiale de santé  
**ONM** : Office national de la météo  
**ONPG**: Ortho-Nitrophényle-B-D –Galactosidase  
**p** : Poids  
**P** : Prélèvement  
**pH** : Potentielle Hydrogène  
**PME/PMI** : Petites et Moyennes Entreprises / Petites et Moyennes Industries (PMI)  
**RM** : Rouge de méthyle  
**Roth** : Bouillon à l'azide de sodium  
**S** : Station  
**S/C** : Simple concentration



**Sf** : Station de forage  
**SF** : Streptocoque fécaux  
**SFB** : Bouillon au sélénite de Leifson  
**SM** : Solution mer  
**SP** : Station de pompage  
**SS** : *Salmonella-Shigella*  
**T** : Température  
**Tab** : Tableau  
**TDA** : Tryptophane décarboxylase  
**TDS** : Taux des sels dissous  
**TSI** : Triple SugarIron Agar  
**TTC** : Chlorure de 2, 3,5triphényltétrazolium  
**UFC** : Unité formant colonie  
**URE** : Urée  
**VF** : Viande de fois  
**VP** : Voges Proskawer  
**W.A** : Wilaya d'Annaba

Produced with ScanTOPDF

# *Intruduction*

Produced with ScantOPDF

L'eau est essentielle à toute forme de vie et on ne lui connaît aucun substitut. Bien qu'elle soit souvent considérée comme une ressource disponible et inépuisable, on constate que l'accès à l'eau suscite de nombreuses tensions qui sont liées soit à la nature même de sa répartition spatiale, soit à l'augmentation de la demande consécutive à la croissance démographique ou encore à l'amplification de phénomènes naturels comme le changement climatique qui s'accompagne de phénomènes hydriques extrêmes. Bien qu'elle soit une planète tourmentée, la terre est la seule à abriter la vie sous sa forme connue.

L'explication majeure qu'en donnent les scientifiques est qu'en dehors du satellite naturel de Jupiter appelé Europe, la terre est la seule à être couverte aux trois quarts par de l'eau. (Ayada, 2003).

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3% du volume total de l'hydrosphère. (Annexe 2).

L'hydrosphère représente plus de 70% de la surface terrestre et se divise en deux domaines : marin et continental, possédant chacun des peuplements spécifiques, une dynamique propre et des paramètres physiques, chimiques et biologiques (Ayada, 2003).

Les océans et les mers sont des étendues d'eau salée contrairement aux fleuves, rivières et lacs. Dans l'hémisphère Nord, ils représentent 61% de la surface contre 81% dans l'hémisphère Sud. (Nehili, 1997). L'océan mondial comprend l'ensemble des océans et des mers de notre planète ; ils se distinguent par leurs dimensions. Les océans ont une vaste superficie et une forte profondeur. Ils sont séparés par les continents. Moins étendues et moins profondes. Ils représentent un volume, une masse d'eau considérable estimée à 1 370 millions de kilomètres cubes, soit 97 % de l'eau qui existe sur la Terre. (Ayada, 2003).

Les mers sont plus petites que les océans. Elles se situent à la bordure des océans et s'en distinguent par une salinité, des courants et un rythme de marées différents. La température de l'eau de mer de surface est en moyenne de 17, 4 °C, mais elle varie suivant les zones climatiques, la saison, la profondeur. La composition

de l'eau marine est complexe. On y trouve un nombre important d'éléments, les plus représentés étant le chlore (55 %), suivi par le sodium (30 %), le magnésium (4 %). La température et la salinité différencient les masses d'eaux océaniques. Il existe trois sortes de mers : les mers de type méditerranéen, les mers fermées et les mers Intérieures.

La Méditerranée couvre une aire de plus de 3 millions de Km<sup>2</sup>. Elle voit ses eaux profondes se réchauffer, une élévation de 0,13 °C au cours des quarante dernières années. Et ce n'est pas tout ; la salinité a suivi une évolution identique : la teneur en sel s'est accrue de 0,04 gramme par kilogramme d'eau depuis la fin des années 50... Le bilan hydrologique de la Méditerranée est largement négatif ; l'évaporation y est très supérieure aux précipitations et aux apports fluviaux. La Méditerranée sera totalement asséchée en moins de 2 000 ans, comme cela s'est déjà produit dans un passé lointain, il y a environ 6 millions d'années, et ne représente que 1% de la surfaces des océans, ses eaux baignent 22 pays riverains (incluse l'Algérie) qui comptent plus de 400 millions d'habitants dont 143 millions résident dans les zones côtières, auxquels s'ajoutent chaque année 175 millions de visiteurs. (Hidouci, 2009).

Elle constitue une mer presque fermée et s'ouvre à l'ouest sur l'Atlantique par le détroit de Gibraltar et à l'est sur la mer rouge par le canal de Suez. De profondeur maximale de 3000m, le renouvellement de ses eaux en provenance de l'Atlantique est d'environ un siècle.

Du fait de son grand volume d'eau, elle présente une grande capacité d'absorber la pollution, cependant les grandes quantités de résidus déversés ne peuvent pas être assimilées dans les zones côtières.

Le littoral reçoit les hydriques continentaux chargés en matières nutritives. Ces influences, auxquelles s'ajoutent les conditions climatiques, conditionne son fonctionnement. D'autre part, depuis trois décennies, des phénomènes d'eutrophisation à phytoplancton apparaissent de plus en plus fréquemment dans le monde entier, en milieu littoral enrichi. A cette eutrophisation croissante, s'associent



des efflorescences toxiques de plus en plus fréquentes. (Meybeck, 1989; Menesguen, 1990; Ounissi, 1991; Carmouze et al., 1994; Ayada, 2003).

L'intensité des activités humaines dans des régions entourant la mer Méditerranée, a toujours à long terme une forte incidence environnementale se traduisant par la dégradation côtière et maritime, ainsi que par un risque aggravé de dommages plus sérieux.

La pollution des eaux superficielles et souterraines engendrée par les nitrates et pesticides véhiculés par l'irrigation est croissante pour tous les pays méditerranéens, mais il n'est pas quantifié précisément. Dans cette région, l'industrie prélève 13% des 150 milliards de m<sup>3</sup> d'eau utilisée dans différents secteurs. (Margat, 2004).

En Algérie les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6 milliards de m<sup>3</sup>, dont 800 millions revient à l'industrie (FAO, 2005), soit 13%. Pourtant la région méditerranéenne ne dispose que de 3% des ressources en eau du monde, alors qu'elle rassemble 7,3% de l'humanité. D'autre part, on considère qu'environ 60% de la population mondiale pauvre en eau, se concentre dans les seuls pays méditerranéens du Sud et du Proche-Orient.

Selon les estimations de (Margat, 2004), la demande en eau pour le secteur industriel s'élève à 3 milliards de m<sup>3</sup> en 2025 alors que la ressource étant déjà très limitée à 6 milliards de m<sup>3</sup>.

En Algérie, et d'après le rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du (Mediterranean Environment Technical Assistance Program), les ressources en eau de surface provenant des précipitations annuelles, sont estimées à 12 400 millions de m<sup>3</sup>, les ressources renouvelables en eau sont actuellement de l'ordre de 665 m<sup>3</sup>/an par habitant. On estime qu'environ 95 % des ressources en eau de surface se trouvent au Nord tandis que seulement 5 % des ressources sont au Sud.



Cependant, les données disponibles sur la qualité de l'eau révèlent que la plupart des ressources en eau en Algérie sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux usées municipales et des effluents industriels non traités. Le rapport sur l'état de l'environnement complété en 1999 indique qu'environ 200 millions de m<sup>3</sup> d'effluents industriels non traités sont rejetés chaque année.

Les pratiques de lessivage et de drainage agricole constituent une autre source de pollution des ressources en eau. Elles ne sont ni contrôlées ni proprement surveillées. Suite à l'élimination des subventions, la consommation des engrais a chuté d'une façon remarquable passant de 272,000 millions de tonnes (MT) en 1986 à 38,000 en 1996-1997 (Bedrani et Chehat, 2001). L'année 1997 a été marquée par une remontée dans l'utilisation des engrais due essentiellement aux programmes de développement agricole introduisant de nouveau des incitations financières pour l'utilisation des produits d'engrais. (FAO et Rome, 2005).

L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel. Une politique de l'eau efficace et cohérente doit tenir compte de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques situés à proximité de la côte, étant donné que leur équilibre est fortement influencé par la qualité des eaux de mer qui s'y jettent. La protection de l'état de l'eau à l'intérieur des bassins hydrographiques apportera des bénéfices économiques en contribuant à la protection des biocénoses, y compris les ressources halieutiques côtières. (CE, 2000).

Nous réaliserons un sondage auprès de cinq échantillons de trois stations représentatifs de la mer méditerranée du golfe d'Annaba (littoral Algérien); une campagne de prélèvements a eu lieu du mois d'avril au mois de mai 2011.

Le but de ce travail est de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des eaux de littoral d'Annaba avec l'objectif d'évaluer la qualité du milieu marin du littoral d'Annaba.

Cette étude comporte 3 chapitres :

Le 1<sup>er</sup> est réservé à la description du littoral algérien et particulièrement d'Annaba, et une généralité sur la pollution.

Le 2<sup>ème</sup> présente une description des stations de prélèvement et la méthodologie utilisée pour la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de ces stations.

Enfin, un 3<sup>ème</sup> (chapitre résultats) expose les résultats obtenus au cours de la période d'étude avec une discussion de ces résultats.

On termine par une conclusion générale sur notre travail.

Produced with ScanTopdf



# Chapitre I

Généralité et description de site

## **1. Impact des activités humaines sur la qualité de l'eau**

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaitre en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou indirecte altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèce vivantes, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu. (Ramade, 2002).

### **1.1. Origine de la pollution de l'eau**

A cause de cycle du l'eau, les écosystèmes aquatiques sont susceptibles d'être contaminées par des pollutions accidentelles ou chroniques, suivant l'origine des substances polluantes on peut distinguer :

#### **1.1.1. Les phénomènes naturels :**

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques (sulfures, acides, poussières), des épanchements sous marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons ou gisements d'éléments toxiques (mercure, arsenic, éléments radioactives), la présence d'une source thermo minérale. (Genin, 2003).

#### **1.1.2. Pollution d'origine domestique :**

Les rejets directs des eaux usées « domestique » dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. (Chellé, 2005). Elle est caractérisée par :

- La présence des germes fécaux ;
- Des sels minéraux (azote, potassium et phosphore) ;
- Les détergents ;
- Des forts teneurs en matière organique. (Faurie, 1998).

### **1.1.3. Pollution urbaine :**

En milieu urbain les sources de pollution sont facilement identifiable (Herbert, 2000), ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique, ainsi que les résidus de traitement des ordures managers. Elle est caractérisée par :

- Une teneur importante de matières minérales en suspension (sables, gravier, poussières).
- La présence de nombreux détritits solide.
- Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures provenant essentielles de lessivage des parkings, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques. (Genin, 2003).

### **1.1.4. Pollution d'origine agricole :**

L'agriculture et l'aquaculture sont les deux secteurs qui contribuent le plus à la pollution des eaux. Elles sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surfaces et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion de terres agricoles, des rejets de la matière organique (des boues), d'engrais chimiques (nitrates et phosphates), des pesticides, des bactéries proviennent des fumiers et purins d'élevage et des métaux. (Tuffery, 1980; Herbert, 2000; Genin, 2003).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leurs épandages en excès pour le raisons agriculture intensive entraine leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines. (Castany, 1982; Hilliard et Reedyk, 2000).

### **1.1.5. Pollution industrielle :**

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières diverses rejets des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnements. (Kan et Strelffe, 2002)



Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, lavage, extraction, mise en solution...etc., et l'activité des usines ( chimie de traitement de surface, agro-alimentaire... etc.)

On peut retrouver dans l'eau qui est un bon solvant, tout les sous produits possible d'activité humaine :

- Matière organique et graisse (industrie agro-alimentaire, abattoir).
- Hydrocarbures (raffineries).
- Acides, bases, produits chimique divers (industries chimique et pharmaceutique).
- Eau chaude des centrales thermiques.
- Métiers radioactive (centrales nucléaires, centre de recherche hôpitaux).
- Métaux lourds (traitement du surface, métallurgie). (Herbert, 2000; Genin, 2003).

Ils peuvent avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire le pouvoir d'autoépuration, de l'eau ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, substances, radioactives). (Herbert, 2000).

## **1.2. Polluants des eaux**

### **1.2.1. Polluants physiques :**

Les trois principaux, agent physique de la pollution sont la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité. (Hbila, 2008).

#### **1.2.1.1. Pollution thermique :**

Les rejets d'eau chaude en particulier par les centrales électronucléaires peuvent provoquer une élévation anormale de la température, ce qui provoque des effets écologique sur la vie aquatique (développement des micro-organismes comme les algues, et disparition d'autres espèces sensibles à la température). (Castany, 1982; Dajoz, 2000).

#### **1.2.1.2. Polluants radioactifs :**

Les déchets radioactifs demeurent le polluant physique le plus dangereux, les centrales nucléaires ne dégagent que des quantités limitées de déchets, mais le risque d'accidents subsiste et les problèmes radioactifs, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années. (Jaskson, 1980 ; Castany, 1982; Metiche, 1998).

#### **1.2.1.3. Les matières en suspension :**

Les matières en suspension sont des particules fines d'origine minérale ou organique biodégradables ou non qui contribuent à la turbidité de l'eau. (Lugub, 1999; Gérard, 2003). Elles proviennent des rejets de toutes natures ainsi que les phénomènes d'érosion des sols en milieu rural. (Mayet, 1994; Chocat, 1997).

Les matières en suspension diminuent les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Elles donnent par ailleurs aux cours d'eau un aspect sale et trouble et peuvent gêner ou détruire la vie aquatique. (Gérard, 2003).

#### **1.2.2. Polluants organiques :**

La pollution organique peut être considérée comme le résultat de diverses activités agricoles, urbaines, industrielles, artisanales et rurales. Chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou non. (Gaid, 1984; Barbault, 2001). La plus part des substances organiques ne deviennent polluantes que lorsque elles sont en excès dans le milieu notamment dans l'eau. (Mayet, 1994; Chocat, 1997; Gérard, 2003). C'est ainsi qu'un excès débouche sur une désoxygénation de l'eau, et peut provoquer la mort des animaux aquatique par asphyxie. (Durfour et al., 1997).

#### **1.2.3. Les éléments nutritifs :**

Dans les milieux aquatiques non affectés par les activités humaines, les éléments nutritifs (azote et phosphore) sont présents à faible concentration et assurent une croissance normale des plantes aquatiques. Ces éléments peuvent être fortement nocifs pour les eaux.

Lorsqu'ils sont utilisés en excès (Herbert, 2000 ; Chambers 2001). Deux secteurs principaux sont à l'origine de la pollution par les composés azotés et phosphorés :

- Les usées, résiduares domestiques et industrielles ont souvent une teneur importante des composés phosphorés et azotés.
- L'agriculture est une source diffuse responsable de la présence du phosphore et de l'azote dans les eaux de surface par utilisation intensive des engrais naturelles ou de synthèse. (Matte et Smarmée, 2002 ; Lacaze, 1996).

#### **1.2.4. La pollution biologique :**

La présence des microorganismes dans l'eau est un phénomène naturel et constitue un aspect primordial de la décomposition de la matière organique et du recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Cependant lorsque le milieu reçoit des déjections d'origine animale ou humaine, le nombre et le type des microorganismes peuvent rendre l'eau non appropriée pour certaines activités. (Tuffery, 1980).

Parmi les microorganismes susceptibles d'être présents dans l'eau, on peut mentionner, les virus, les bactéries, les protozoaires et d'autres. (Larpen, 1998).

#### **1.2.5. La pollution par les métaux lourds :**

De nombreux métaux lourds sont responsables de la pollution des eaux ou leurs effets et leur disponibilité sont intimement liés à leurs formes chimiques.

La pollution par les éléments traces métalliques est généralement d'origine industrielle mais elle peut également provenir de la lixiviation des déchets solides ménagers. Certains métaux ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût (fer, zinc, manganèse...), d'autres métaux, comme le mercure, le cadmium, le plomb et le chrome sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et agricole. (Ramade, 2002).



## 2. Le littoral Algérien

Le littoral algérien est riche et diversifié. Sa façade maritime longue de 1200 km à vol d'oiseaux alterne rivages rocheux, plages sablonneuses et zones humides (Kacemi, 2010) qui s'étend de Marat ben -mhidi (frontière marocaine) au cap roux et qui forment des baies au fond desquelles on crée certain nombre de ports : Ghazaouaet, Oran, Mostaganem, Tipaza, Alger, Bejaia, Skikda, Annaba. Sur les 487 plages que compte le littoral algérien, 213 sont interdites à la baignade dont la majorité est fermées pour cause de pollution. (Afroun, 2004). L'ouverture sur la méditerranée en a fait un lieu d'échanges. (Kacemi, 2006).

Avec son littoral, l'Algérie possède un atout économique et touristique inestimable. Cet atout, malheureusement n'a pas été exploité correctement particulièrement au point de vue des eaux de baignade ; La dégradation continue de la qualité des eaux de baignade qui représente un excellent indicateur de la pollution de l'arrière pays risque de freiner tout développement dans le futur. En effet, plus du quart de nos plages sont polluées bactériologiquement. Certaines wilayas ayant des pôles industriels importants voient la qualité des eaux de baignade se détériorer même du point de vue chimique et toxique (cas de Skikda, Annaba, Oran, Alger, Mostaganem) (Fig. 1).

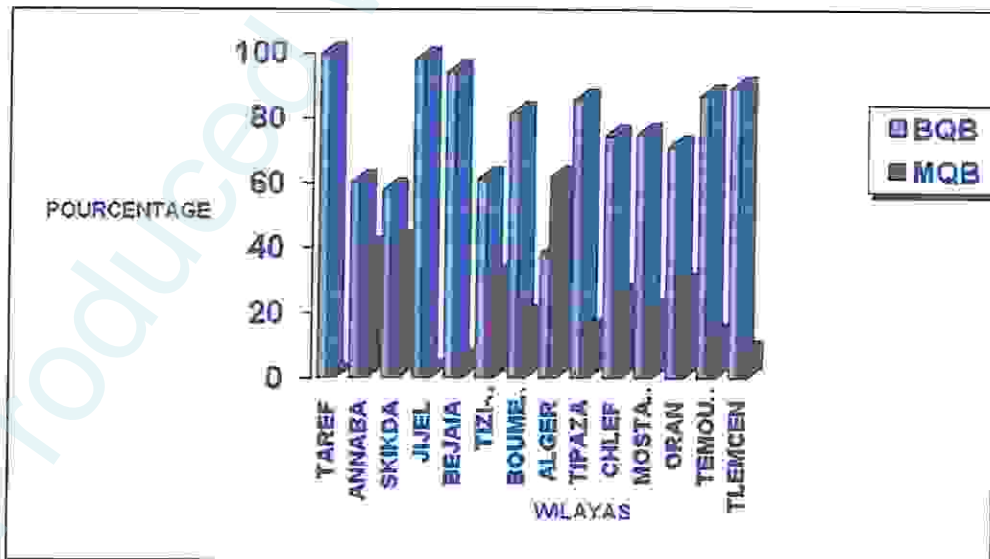


Fig. 1. Qualité bactériologique des eaux de baignade des 14 wilayas côtières (DDS/ Guelma, 2004). BQB : bonne qualité bactériologique. MQB : mauvaise qualité bactériologique.

La pollution des eaux littorales peut avoir plusieurs origines (atmosphériques, industrielles, agricoles et domestiques). En Algérie, l'une des causes majeures de la pollution marine reste la contamination bactérienne par les eaux usées. Il est à noter que 70% des villes côtières algériennes n'ont pas leurs réseaux d'assainissement raccordés à des stations d'épuration, certaines bien qu'existantes sont inopérantes depuis plusieurs années et les rejets se font exclusivement dans la mer et dans les oueds (sur 53 stations d'épuration existantes, 42 sont à l'arrêt).

Les affections dues à la mauvaise qualité des eaux de baignade et de l'environnement immédiat de celles-ci sont nombreuses ; Citons les plus connues : Affections cutanées, oculaires, auriculaires, hydriques.

Chaque année, la mer est à l'origine de plusieurs maladies à transmission hydrique, telles que la typhoïde, le choléra, les infections cutanées et les intoxications bactériologiques. Comme ce fut le cas l'été dernier où des milliers d'algériens à travers le littoral ont contracté la conjonctivite. La pollution gagne du terrain. Même les plages autorisées à la baignade ne sont pas totalement propres. (Afroun, 2004).

### **3. Description de la zone d'étude**

#### **3.1. Situation géographique :**

La cote d'Annaba constitue un golfe, situé à l'extrême Est de l'Algérie, et limité par deux caps : le cap Rosa à l'Est ( $36^{\circ} 68' \text{LN}$ ,  $8^{\circ} 15' \text{LE}$ ) et le cap de Garde à l'Ouest ( $36^{\circ} 38' \text{LN}$ ,  $7^{\circ} 16' \text{LE}$ ) (Ayada, 2003) ; la distance séparant les deux caps est d'environ 21,5 milles (40Km), la profondeur maximale des eaux est égale à 65 mètres. Ce plateau continental est non seulement étroit mais il est accidenté, surtout au voisinage des deux caps. Il est restreint 7,2 km au Nord du cap de Garde, puis s'élargit dans le golfe jusqu'à 23,2 km et se rétrécit légèrement à l'Est. (Vaissiere et Fredj, 1963 ; Nehili, 1997). Dans le golfe d'Annaba se jettent essentiellement deux oueds : Seybouse et Mefrag qui charrient les eaux de pluie et les eaux des rejets urbains, industriels et agricoles (Fig. 2). (Belabed et al., 2008).



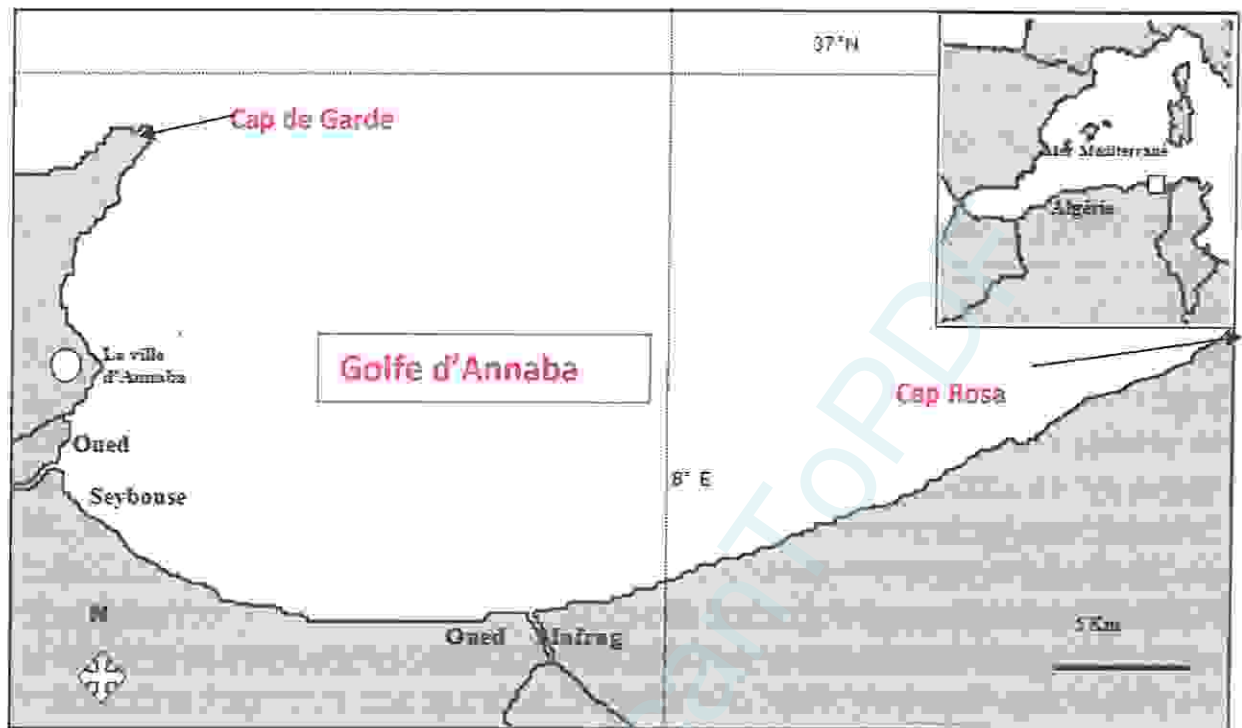


Fig. 2. Situation géographique du golfe d'Annaba. (Khammar, 2007).

La wilaya d'Annaba est située à une latitude de  $36^{\circ}54'15.01''$  Nord et à une longitude  $07^{\circ}45'6.98''$  Est, elle couvre une superficie de  $1421 \text{ km}^2$ ; elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée sur une distance de 80 km, au Sud par la wilaya de Guelma, à l'Est par la wilaya d'El Tarf et à l'Ouest par la wilaya de Skikda.

Elle se caractérise par un relief varié, constitué essentiellement de montagnes, de collines et de plaines. Les collines et les piémonts, occupent 25,82 % de la superficie totale, soit  $365 \text{ km}^2$ .

Les plaines représentent 18,08% du territoire soit  $255 \text{ km}^2$ , et sont constituées essentiellement par la plaine de Kherraza. Le reste du relief est constitué de plateaux, et autres, représentant 3,94 % de la superficie, soit  $56 \text{ km}^2$ . Les montagnes représentent 52,16 % du territoire de la Wilaya soit, une superficie de  $736 \text{ km}^2$ . Elles se distinguent par le massif de l'Edough dont le point culminant se situe au mont " Bouzizi " avec 1 100 m d'altitude.

Cette wilaya est constituée de six (06) Daïras autour desquelles gravitent douze (12) communes, Elle comptait 865 946 habitants en 2010. (S.O.W.A, 2011) (1).

### 3.2. Bathymétrie:

La profondeur maximale du golfe d'Annaba est de -50 m. Les isobathes -5, -10, -20, -30 m sont assez éloignés les uns des autres au Sud de la baie pour ensuite être plus rapprochés vers le Nord au niveau du cap de Garde. En effet, le plateau continental est très étroit et accidenté surtout au voisinage des deux caps. La profondeur de la zone étudiée varie globalement de -3 à -28 m au centre des valeurs de l'ordre de -19 m. (Ayada, 2003).

### 3.3. Aperçu géologique:

La région d'Annaba a fait l'objet de plusieurs études géologiques, dont celle de Joleaud (1936), Hilly (1936), Gaud (1976), Vila (1980), Lahonder (1987). Ces études montrent l'existence de deux types de terrains, l'un sédimentaire et l'autre métamorphique.

Les formations du système aquifère sont constituées de sédiments moins Pliocènes et Quaternaires formant le remplissage des fosses d'effondrement de Ben Ahmed et Ben M'Hidi. Il s'agit d'une alternance d'argile sableuse, de sable, de graviers et de travertins, où l'on distingue sept réservoirs d'importance inégale dont les principaux sont la nappe superficielle et celle des graviers (Fig. 3).

La première est contenue dans des formations sablo argileuses incluant des lentilles de sables. Des argiles grises compactes en constituent le substratum. Ces lentilles sont plus fréquentes à proximité de l'oued Seybouse, et à la périphérie des affleurements des grès numidiens. La nappe phréatique est globalement libre, sauf en quelques points où elle est captive sous des niveaux d'argiles. (Ayada, 2003).

L'épaisseur de cette nappe est variable, elle peut atteindre 18 m. La nappe des graviers présente de bonnes qualités hydrauliques. L'épaisseur des graviers et galets est très variable, elle passe en effet de quelques mètres en bordure ouest du système, à près de 25 m selon l'axe de la fosse de Ben Ahmed, orientée Sud Nord, puis elle diminue à moins de 10 m sur l'élévation de Daroussa. Elle croît de nouveau à 80 voir 90 m selon l'axe de la fosse de Ben M'Hidi d'orientation sud-ouest – nord-est. Entre la butte de Boukhadra et El-Khous.

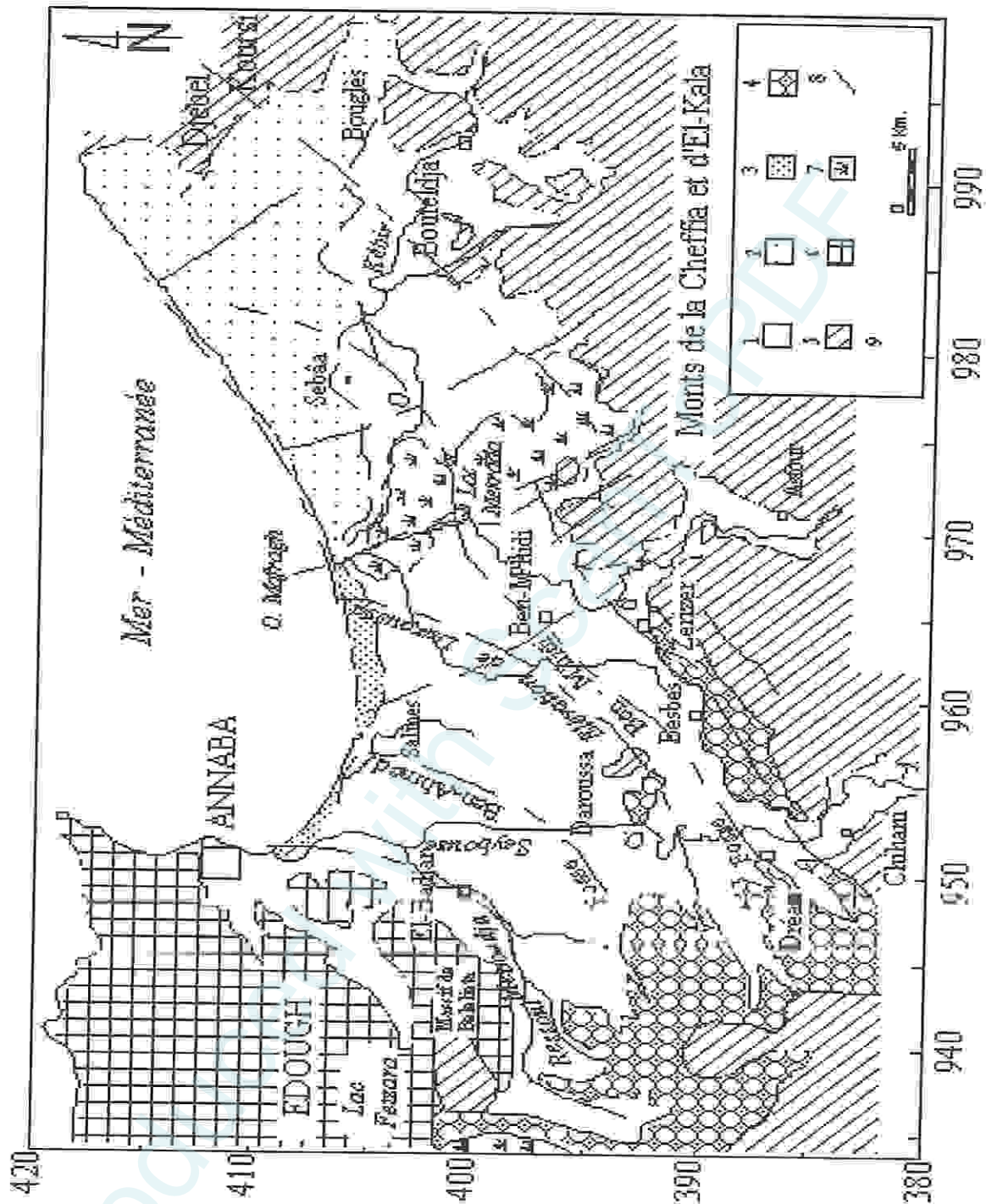


Fig. 3. Extension des différents aquifères dans les plaines d'Annaba-Bouteldja (Derdour, 1983). 1 : Nappe des formations superficielles ; 2 : Nappe des sables du massif dunaire de Bouteldja ; 3 : Nappe des sables du cordon dunaire ; 4 : Nappe des alluvions de haut niveau ; 5 : Grès et argiles du Numidien ; 6 : Formations métamorphiques (nappe des cipolins) ; 7 : Marrécages ; 8 : Failles ; 9 : Fosses.



### **3.4. Hydrologie:**

L'hydrologie est l'un des facteurs qui conditionnent le développement des Pinnidés dans la zone d'étude. Elle peut avoir une influence sur la nutrition par la dispersion du plancton dans la colonne d'eau, et la fixation des jeunes nacres au substrat. (Ferhati, 2007).

La wilaya dispose d'un réseau hydrographique d'une grande densité constitué essentiellement du lac Fetzara de 11000 ha (eau douce) et l'Oued Seybouse qui s'étend sur 240km. La région possède également un réseau hydrographique ramifié à écoulement temporaire situé sur la partie montagneuse. Les potentialités hydriques de la wilaya s'articulent autour des ressources souterraines et superficielles avec un potentiel hydrique mobilisé de 101 millions de m<sup>3</sup> par année.

Le réseau hydrographique est constitué par deux oueds principaux qui parcourent la plaine :

-L'Oued Seybouse (second Oued d'Algérie après l'Oued Chéelif), présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471km<sup>2</sup> ; il couvre 68 communes dans 7 wilayas : Annaba, El Taref, Skikda, Constantine, Oum El Bouagha, Guelma et Souk Ahras.

-L'Oued Meboudja, le dernier affluent de l'Oued Seybouse, assure la vidange du lac Fetzara (l'exutoire d'un bassin versant endoréique de 515km<sup>2</sup>) par un canal d'assèchement de 14km. (Belabed, 2010).

### **3.5. Les houles:**

Le golfe d'Annaba reçoit directement les houles du large, du Nord-Ouest à Est Nord-Est. Celles d'origines Ouest et Ouest-Nord-Ouest y pénètrent après diffraction autour du cap Rosa, puis des caps de Garde. Elles se présentent à l'entrée du golfe venant de l'Ouest. L'amplitude des houles dépasse exceptionnellement 6 m pour une période de 10 à 12 secondes. Une telle houle est susceptible de provoquer théoriquement une oscillation des grains de 0,1 à 0,2 mm jusque dans les fonds de 50 à 60 m. En moyenne, l'amplitude est de l'ordre de 1m, et peut engendrer une oscillation des grains à des profondeurs de 10 à 15 m.

Les houles de secteur nord-est, les plus fréquentes, ont lieu d'avril à octobre. D'après les observations des vents les plus violents à la station météorologique du cap de Garde, les caractéristiques des houles les plus fortes seraient les suivantes (Tab. 1). (Ferhati, 2007).

Tab. 1. Amplitude de la houle au niveau de la baie d'Annaba. (Ferhati, 2007).

| Direction                   | NW  | NNW  | N   | NNE | NE   | ENE  |
|-----------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|
| Amplitude significative (m) | 7,5 | 6,6  | 6,0 | 4,0 | 5,4  | 5,4  |
| Période significative (s)   | 13  | 12,5 | 12  | 9,5 | 11,5 | 11,5 |

Les houles du secteur Nord à Nord-Ouest sont beaucoup plus importantes que celles du Nord-Est ; elles pivotent après diffraction et réfraction, autour du cap de Garde et dans le golfe. (Ferhati, 2007).

### 3.6. Les courants:

Les travaux de Millof (1985 et 1990) montrent que la circulation des eaux présente des caractéristiques différentes selon que l'on se trouve au large des côtes marocaines, algériennes ou tunisiennes. Alain (1960) distingue sur les côtes algériennes un courant principal en été qui débute de la côté oranais pour atteindre les côtes algéroises. Les travaux de Lacombe (1973) sur l'aspect physique des eaux méditerranéennes montrent que la vitesse du courant atlantique circulant dans cette mer est de 0,5 à 0,7 m.s<sup>-1</sup> le long des côtes algériennes. Ainsi l'écoulement des eaux d'origine atlantique le long des côtes algériennes appelé «courant algérien », est initialement structuré en une veine qui coule vers l'Est, puis devient plus large et se détache de la côté. (Ayada, 2003).

Selon les données de l'Administration des Ponts et Chaussées sur la courantologie du golfe d'Annaba montre que :

- Un courant général dirigé vers l'Est, pouvant atteindre une vitesse de 1 à 2,5 nœuds et passant au large à quelques milles des côtes.



- Un courant dirigé vers l'Oued Mafrag, pouvant atteindre une vitesse de 0,5 à 1,5 nœuds en longeant la côte.
- Un courant de 0,5 à 1,5 nœuds qui circulerait plus près des côtes, entre le cap de Garde et l'Oued Mafrag, et qui pourrait s'inverser par tempête d'Est.

Les courants qui se déplacent du Nord au Sud en tournoyant dans le sens horaire sous l'effet de la force de Coriolis, faciliteraient la fixation de ces larves tout le long de la côte (Fig.5).

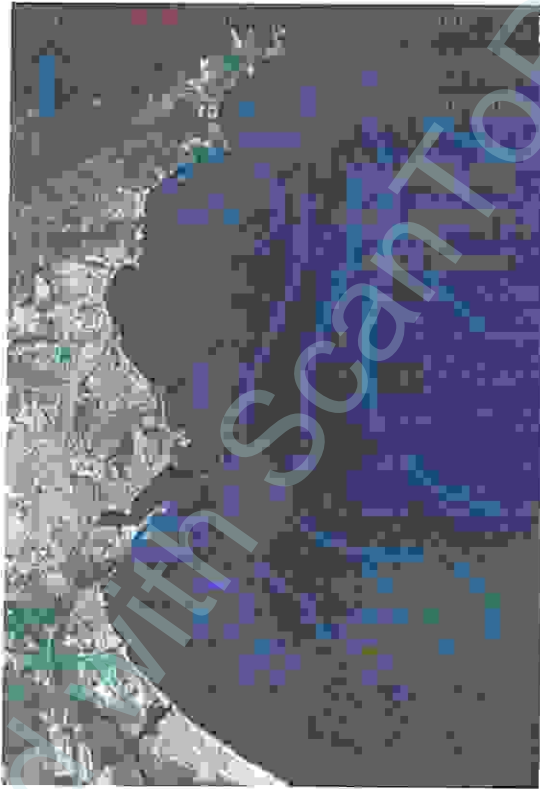


Fig. 4. Courantologie dans la baie d'Annaba. (Ferhatí, 2007).

### 3.7. Etude climatique:

Le climat est un facteur important car il influe directement sur l'activité microbiologique.

La région d'Annaba est caractérisée par un climat méditerranéen, avec l'alternance d'une saison douce et humide et une saison chaude et sèche. Certains paramètres climatiques sont pris en considération dans notre étude, ces derniers sont fournis par la station météorologique les salines. (Lahlah, 2011).

La zone d'étude se situe en bordure de la mer Méditerranée ; son régime dépend ainsi de deux principaux paramètres : la température et les précipitations. A coté de ces dernier on trouve aussi : l'humidité, l'évaporation, le vent (Tab. 2).

**Tab. 2. Récapitulatif des données climatiques de la région d'Annaba (2000/2009).  
(Ghanem, 2009).**

| Mois              | Jan   | Fév. | Mars | Avr  | Mai  | Juin | Jui   | Aut   | Spt  | Oct  | Nov  | Déc   |
|-------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Température (°C)  | 10,7  | 11,2 | 13,1 | 15,1 | 18,5 | 22,5 | 25,4  | 25,8  | 23   | 19,5 | 15,3 | 12,1  |
| Pluviométrie (mm) | 102,9 | 66,5 | 66,3 | 61,7 | 42,5 | 10,8 | 3,1   | 13,4  | 50,8 | 49,6 | 79,3 | 150,9 |
| Humidité %        | 79,4  | 77,5 | 74,4 | 76,9 | 76,9 | 73,6 | 71,8  | 72    | 74,3 | 76   | 67,6 | 78,3  |
| Évaporation (mm)  | 51,4  | 53,1 | 65,5 | 63,4 | 72   | 94,1 | 118,3 | 109,2 | 87,2 | 81,5 | 68,5 | 48    |
| Vent (m/s)        | 3,8   | 4    | 3,7  | 3,6  | 3,7  | 4    | 3,8   | 3,6   | 3,4  | 3,8  | 3,9  | 3,6   |

### 3.7.1. La température:

La température est un facteur très important qui régit directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (humidité, précipitation, ... etc.) et biogéographique sur le développement de la végétation, le phénomène de l'évapotranspiration et ainsi que le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (Fig. 5). (Belabed, 2010).

### 3.7.2. La précipitation (pluviosité):

Le terme précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, ...etc. Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations sont représentées dans le tableau (Tab. 2) ; interprétées sur sous forme de graphique. (Belabed, 2010).

Les pluies en Algérie sont d'origine orographique, le gradient altitudinale de la température va donc fortement conditionner la pluviosité dans cette région. (Lahlal, 2011).

Le graphique montre que le mois le plus haut en précipitation est le mois de décembre et le mois le moins précipitation est le mois de juillet. Les moyennes mensuelles des précipitations varient entre 700 mm et 750 mm (Fig, 6).

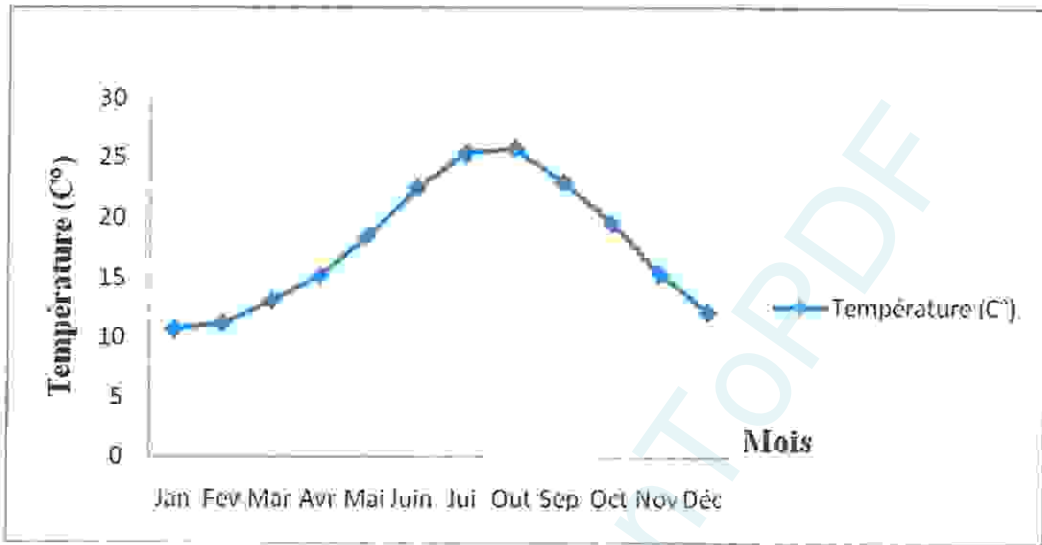


Fig. 5. Graphique montrant les variations des températures moyennes mensuelles minimales et maximales quotidiennes d'Annaba (2000/2009).

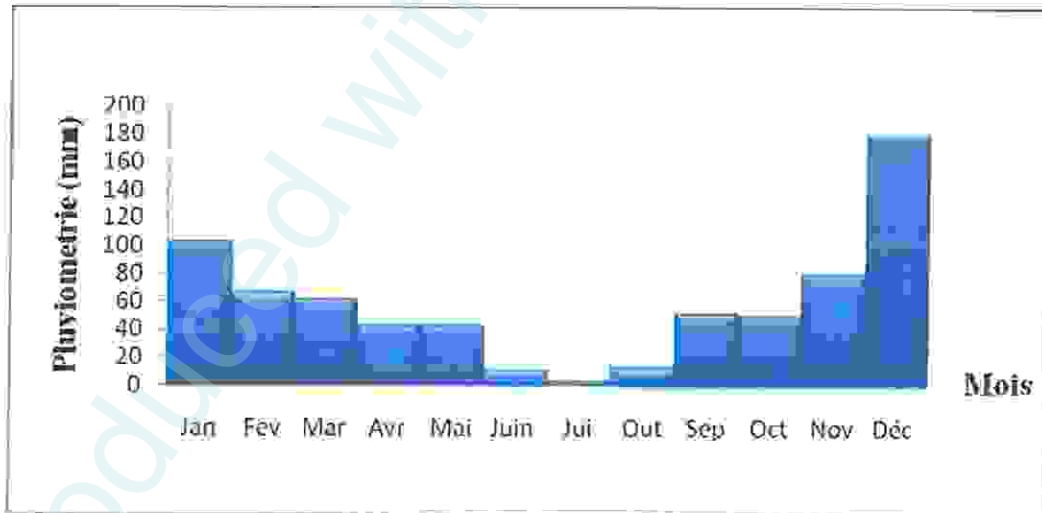


Fig. 6. Graphique montrant les variations des précipitations quotidiennes d'Annaba (2000/2009).

### 3.7.3. Synthèse climatique:

Le graphique (Fig. 7) montre que les moyennes mensuelles des températures de l'air varient entre 11.8 C° et 25C°. Le mois le plus chaud est le mois d'août et le mois le plus froid est le mois de janvier avec une moyenne de 11,7 C°. (ONM, 2004; Ait Kaci et Hamdi, 2008).

- **L'indice pluviométrique d'Emberger:**

L'indice pluviométrique d'Emberger nous aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haut montage. (Emberger, 1955)

Son principe se base sur le régime des précipitations et des températures qui s'exprime selon la formule suivante:

$$Q_2 = \frac{1\ 000 \cdot P}{\left[ \frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

$Q_2$ = quotient pluviométrique d'EMBERGER.

$P$ = précipitation annuelle moyenne (mm).

$M$ = Température des maxima du mois le plus chaud (°K).

$m$ = Température des minima du mois le plus froid (°K).

Le quotient pluviométrique d'Emberger indique que le golfe d'Annaba appartient à l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud (Fig.6). (Merzoug, 2009).



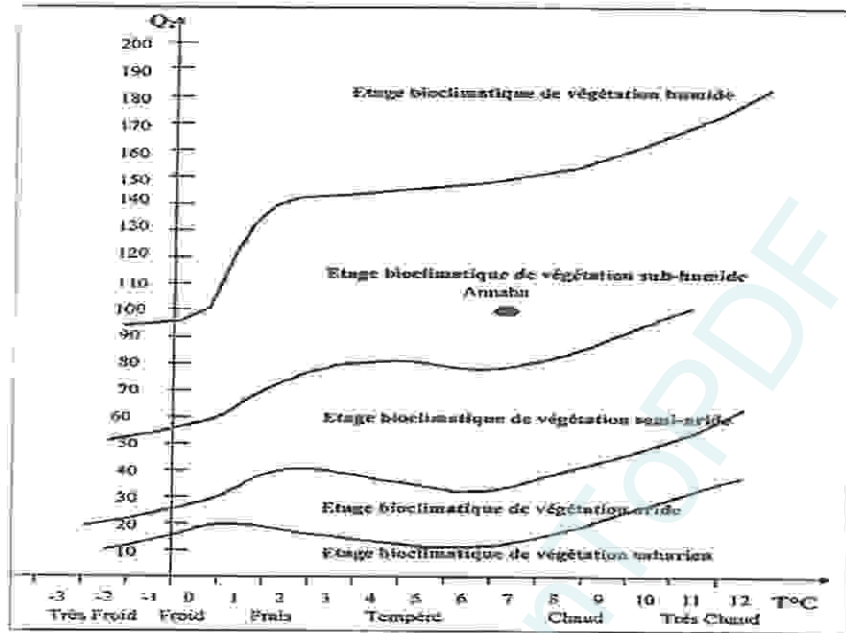


Fig. 7. Situation de la station météorologique de la wilaya d'Annaba dans le climagramme d'Emberger. (Merzoug, 2009 ; Ghanem, 2009).

### 3.8. Les vents:

Les vents les plus fréquents soufflent du secteur Nord-Ouest suivant une direction Nord-Ouest Sud-Est avec une moyenne annuelle de 2.1 m/s et les moins fréquents sont ceux du Sud-Est et du Sud-Ouest avec une moyenne annuelle de 2 m/s la valeur la plus élevée de ce paramètre est enregistrée au mois de décembre et la plus faible au mois de février. (Lahlah, 2011).

### 3.9. Humidité:

La région d'Annaba est l'une des régions les plus humides d'Algérie, les mois les plus pluvieux sont les mois de décembre et janvier (102.9 et 150.9 mm). Le mois de juillet est le mois le plus sec (3.1mm) avec une évaporation très élevée (118.3mm).

L'humidité est relativement constante au cours de l'année, ce qui constitue un facteur de compensation pendant la saison sèche qui dure près de 4 mois. Les vents notamment maritimes contribuent au maintien d'un taux d'humidité élevé. (Ghanem, 2009).

Grâce à l'humidité atmosphérique élevée, la région d'Annaba constitue un biotope idéal pour un grand nombre d'espèces végétales, c'est ce qui explique la grande richesse floristique qui caractérise cette région. (Ghanem, 2009).

### **3.10. Bioclimat et végétation:**

La région d'Annaba se trouve dans l'étage bioclimatique Sub-humide chaud au niveau des plaines et doux sur les hauteurs.

La végétation varie selon l'altitude et se répartie de la manière suivante :

-Sur les hauteurs, nous avons des maquis et des broussailles de type méditerranéen comprenant : Cistes, Bruyères, Lentisques, Myrtes, Arbousiers, Diss, Calycotome, et Olivier nains. C'est la résultante de la dégradation de la forêt de chêne liège par de incendies répétés depuis la période coloniale. Les plantations d'Olivier sont localisées en particulier dans les vallées de Sidi Harb, Oued Forcha, Sidi Aissa.

-Sur les plaines nous avons des terres alluvionnaires d'origine fluviale et lagunomarine à vocation agricole, de ce fait et mis a part le tissu urbain, la quasi-totalité des terres de plaines sont destinées à l'agriculture on a essentiellement la région Sud du complexe d'El-Hadjar avec des cultures extensives céréalières, celle qui longe l'Oued Seybouse avec des agrumes et les cultures saisonnières maraichères ( surtout la Tomate). Celle qui borde le lac Fetzara, Kherraza, Oued Boudjemaa, Oued Meboudja Sidi Salem et l'aéroport sont exploitées partiellement pendant la saison sèche. (Lahlah, 2011).

### **3.11. Paysage et tourisme:**

Il est à la mesure de sa position géographique sur le littoral et son relief montagneux. Sa corniche et sa côte offrent les meilleures opportunités au tourisme balnéaire, qui attire chaque année entre 4 et 5 millions de touristes. Quant à la commune de Seraïdi, qui culmine à 1008 mètres, elle reste une potentialité majeure pour le tourisme de montagne et climatique.

Trois zones d'extension touristique existent :

- Corniche d'Annaba (Cap de Garde) : 375 ha
- Baie de l'Ouest (Chetaïbi) : 382 ha.
- Djenane El -Bey (Oued Bakrat, Seraïdi): 137 ha.

Annaba dispose d'infrastructures touristiques importantes dont 13 hôtels classés, 30 autres non classés, 60 en voie d'achèvement, 20 restaurants classés, en majorité situés en bord de la mer. (S.O.W.A, 2011) (1).

L'Edough, dont la pluviométrie s'élève en moyenne à 750 mm, comprend de nombreuses rivières dont les principales :

- Oued Bakrat se déverse sur la plage dite Djenane El-Bey ;
- Oued Afris, captent les eaux de Bou-Zizi, se trouve un peu plus à l'Ouest de l'Oued Bakrat. Plus loin l'Oued Saf-Saf ; Oued Ez-Zafrania.

Sur les hauteurs de l'Edough et à travers ses vastes forêts offrent trois sortes de complexe :

- le premier, réservé au tourisme estival, consiste en d'immenses espaces ouverts aux « colonies de vacances » ainsi qu'à un séjour dans les trois stations : Bouzizi, Fej-El-Maaden ou village de l'Edough, et Seraïdi.
- le second, le centre socio-éducatif dont les dimensions s'harmonisent avec l'extension prodigieuse de son activité.
- le troisième, celui réservé à la santé, ne manque pas de pittoresque et de beauté.

Quant à la région Ouest de la ville, cette principale voie de communication vers Skikda, Constantine et Alger, elle offre au visiteur deux types de paysages qui se contrastent. D'abord une petite plaine qui s'étire sur 15 km en une vallée fertile limitée au Nord par les calanques verdoyantes de l'Edough, et au Sud par le versant de Bou-Hamra. Elle est jalonnée de petites forêts d'oliviers et d'eucalyptus, de vergers et de jardins.

Au delà de cette plaine dite Kherraza et au paysage de la trouée de Bou-Hamra (Oued Zied) que les Annabis appellent Foum Mabrak, s'ouvre et se prolonge une vaste région monotone et pauvre dont le lac Fetzara constituait il n'y a pas bien longtemps l'essentiel de la superficie. (Derdour, 1983).

### 3.12. La Pollution dans la wilaya d'Annaba:

Annaba est une ville côtière d'Algérie, subit les mêmes problèmes environnementaux que connaît le reste du littoral Algérien.

Qui dit population, dit rejets domestiques, eaux usées et pour l'évacuation de ces derniers la Wilaya d'Annaba dispose de 31 stations de relevage d'eaux usées (Tab. 3) et pluviales répartit comme suit :

- 14 stations dans la ville d'Annaba
- 11 stations à El Bouni
- 4 stations à El-Hadjar
- 1 station à Chetaibi

Et 1 station à Qued El Aneb. (DHWA, 2008; Hidouci, 2009).

**Tab. 3. Localisation des certains stations de relevage des eaux de la wilaya d'Annaba. (DHWA, 2008) (2).**

| N° | Station de relevage           | Localisation | Nature de rejets          |
|----|-------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1  | Cap de Garde                  | Annaba       | Eaux usées                |
| 2  | Ain Achir                     | Annaba       | Eaux usées                |
| 3  | Belvédère                     | Annaba       | Eaux usées                |
| 4  | Rafes Zouane                  | Annaba       | Eaux usées                |
| 5  | La Caroube                    | Annaba       | Eaux usées                |
| 6  | Rizi Amor(SP4)                | Annaba       | Eaux usées                |
| 7  | Levée de l'aurore(Cité Enasr) | Annaba       | Eaux usées                |
| 8  | Ancien Gar(SP2)               | Annaba       | Eaux usées +<br>pluviales |
| 9  | Sidi Brahim(SP1)              | Annaba       | Eaux usées +<br>pluviales |
| 10 | Bouzarad Hocine(SP7)          | Annaba       | Eaux usées                |
| 11 | Elisa (SP3)                   | Annaba       | Eaux usées +<br>pluviales |
| 12 | Plaine Ouest 1(SF1)           | Annaba       | Eaux usées                |



|    |                     |              |            |
|----|---------------------|--------------|------------|
| 13 | Plaine Ouest 2(SF2) | Annaba       | Eaux usées |
| 14 | Cyté Rym            | Annaba       | Eaux usées |
| 15 | El Bouni            | El Bouni     | Eaux usées |
| 16 | Allalik             | El Bouni     | Eaux usées |
| 17 | Gharbi Issa         | El Bouni     | Eaux usées |
| 18 | Sidi Salem(2)       | El Bouni     | Eaux usées |
| 19 | Boukhmir            | El Bouni     | Eaux usées |
| 20 | Boukhadra(5)        | El Bouni     | Eaux usées |
| 21 | El Hadjar(4)        | El Hadjar    | Eaux usées |
| 22 | Chetaibi            | Chetaibi     | Eaux usées |
| 23 | Oued el Aneb        | Oued el Aneb | Eaux usées |

SP : station de pompage, SF : station de forage

Environ 110000 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées collectées selon une enquête réalisée en 2006 par le ministère des ressources en eaux. Tous ces rejets finissent soit directement à la mer soit ils passent par un Oued (Tab. 4) avant de s'y déverser sans aucun traitement.

**Tab. 4. Représentation des rejets de la wilaya d'Annaba (W.A) et de leurs milieux récepteurs. (Hidouci, 2009).**

| Agglomération W.A | Milieux récepteur  |
|-------------------|--|
| Sidi Amar         | Oued Meboudja vers Oued Seybouse puis la mer   |
| El-Hadjar         | Oued Meboudja vers Oued Seybouse puis la mer   |
| El Bouni          | Une partie des rejets se déversent vers l'Oued Seybouse, et l'autre partie vers la mer en passant par Oued Boudjemaa.  |
| Annaba ville      | Les rejets passent par le réseau principal, se déversent vers la mer en passant par la station de pompage Sidi Brahim. |

Au vu du potentiel industriel diversifié dont elle dispose, la wilaya d'Annaba abrite un important pôle industriel avec :

- le complexe sidérurgique d'Elhadjar : Arcelor mittal.
- le complexe phosphatier de la Seybouse : Asmidal.
- le complexe métallurgique de l'Alleligue : Ferroviai.

- usine d'assemblage d'ordinateur portable : Zala.
- près de 260 PME/PMI dans les domaines de la sous-traitance et de l'agro-alimentaire (S.O.W.A, 2008) (1).

Ces zones industrielles occupent près de 400 ha à proximité de la mer, ou d'Oueds qui servent de réceptacles à leurs déchets et effluent sans traitement ni épuration quelconque (Tab. 5). (DHWA, 2008) (2).

Tab. 5. Composition des rejets industriels et leur milieu récepteur. (DEWA, 2002).

| Usine           | Composition des rejets                       | Milieux récepteurs                           |
|-----------------|--|--|
| Orlait-Laiterie | Lactosérum+ eau résiduaire                   | Oued Seybouse vers la mer                    |
| ONAB            | NH <sub>4</sub> , bactérie déchets           | Oued Seybouse vers la mer                    |
| Ferrovial       | Les métaux, Cd <sup>2+</sup>                 | Oued Seybouse vers la mer                    |
| ENCG            | Eaux usées domestiques et industrielles      | La mer                                       |
| Arcelor Mital   | Phénols, ammoniacque, métaux ferreux, huiles | Oued Meboudja vers Oued Seybouse puis la mer |
| ENCC            | Eaux de refroidissements                     | Oued Seybouse vers la mer                    |
| Asmidal         | Eaux de process, eaux de refroidissement     | La mer                                       |

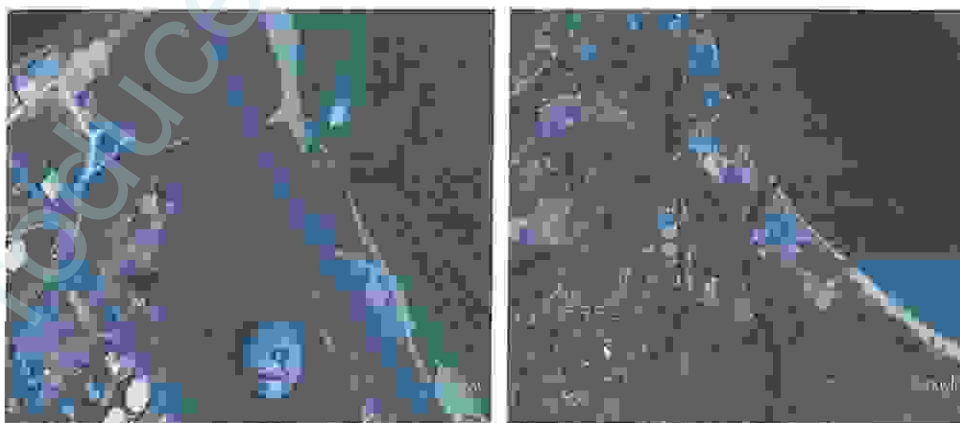


Fig. 8. Vue de satellite d'usine Fertial (Google Earth, 2011) (3).

### 3.13. Les activités individuelles dans la wilaya d'Annaba (cas du port)

Le port d'Annaba est situé dans l'une des plus importantes zones industrielles et commerciales de l'Est Algérien, il se localise dans le Sud-Est de la ville, dans la partie Sud-Ouest d'un golfe large de 40 km entre le cap de garde à l'Ouest et le Cap Rosa à l'Est. Le port d'Annaba se trouve à 500 m de l'embouchure de l'Oued Seybouse entre 36°54'11" Latitude Nord, et 07°47'03" Longitude Est (Fig. 9). Il est constitué de trois parties :

- Avant-port** : avec un plan d'eau de 45 ha.
- Grande Darse** : avec un plan d'eau de 40 ha (Fig. 10).
- Petite Darse** : avec un plan d'eau de 10 ha.

Le port d'Annaba est un des premiers ports de commerce extérieur de l'Algérie. C'est un port commercial, mais aussi et surtout un port industriel, avec des industries métallurgiques et d'engrais implantés à l'intérieur même et tout autour du port. Parmi ces installations, on trouve les unités de Ferphos et Asmidal au niveau du quai n°4, et l'unité de Sider et le Central électrique au niveau du quai n°5. Et tout autour du port.

On trouve les unités de Sogedia et Naftal au niveau de la Grenouillère, et Sonelgaz dans la partie Sud du port. Il y a vingt deux (22) postes à quai d'une longueur totale de 3370 m, et un poste pour les produits pétroliers (Carburant, Gaz-oil), le poste 26 situé à la jetée Nord.

Généralement les sources de pollution de l'eau dans le port sont :

- déversement des eaux usées des agglomérations.
- déversement des bateaux.
- la pêche.
- et les installations industrielles tout autour du port.

Et actuellement la plus grande source de pollution de l'eau dans le port semble venir des eaux d'égouts de la ville qui sont mauvaise parce qu'elle n'est pas traitée du tout, et des eaux résiduelles industrielles provenant des diverses installations portuaires implantées autour du port et même à l'intérieur ; telles que les unités de Sogedia, Naftal, Sonelgaz, Asmidal,

(Boughlem, 1997)



Fig. 9. Vue satellitaire du port de la ville d'Annaba. (Google Earth, 2011).



Fig. 10. Photo du port de la ville d'Annaba (La Grande Darse).  
(Boudraa, avril 2011).





# Chapitre II

Matériel et méthodes



Les milieux marins et plus spécialement les milieux côtiers sont soumis à de perpétuels changements d'origine physique, chimique et bactériologique. (Alain et Roger, 2004). Le golfe d'Annaba, répond à ces changements, car il reçoit les apports continentaux et les rejets urbains, industriels sans traitement préalable d'une ville fortement industrialisée et urbanisée. (Ayada, 2003).

Un plan de travail a été adopté pour une évaluation de la qualité des plages du golfe d'Annaba, il consiste au début à réaliser deux prélèvements pendant les deux mois d'avril et mai 2011, puis une analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologique. (Debieche, 2002).

## **1. Echantillonnage**

Le prélèvement correspondant à la prise d'un certain volume représentatif du milieu, et l'échantillonnage qui consiste à soutirer des fractions du prélèvement (échantillons) sont des étapes importantes dans l'acquisition des résultats analytique et l'interprétation qui en sera donnée. (Chaouch, 2007; Rodier, 2009). La chaîne prélèvement-échantillonnage-conservation-analyse doit être cohérente afin de maintenir l'intégrité de l'eau à étudier. (Alain et Roger, 2004).

Le prélèvement d'échantillons d'eau de mer est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène et représentatif il ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau. (Chaouch, 2007).

### **1.1. Matériel de prélèvement :**

#### **1.1.1. L'analyse microbiologique :**

Les prélèvements destinés à l'analyse microbiologiques ont été réalisé dans des flacons en verre de 250ml munis d'un bouchon à visse métallique.

Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique.

La manipulation est la même pour les bouchons. Par la suite les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés. (Rejsek, 2002; Merzoug, 2009; Boucherit, 2009).

La verrerie lavée est ensuite stérilisée soit :

- A la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175°C, pendant une heure.
- A la chaleur humide (autoclave) en le maintenant à une température de 121°C, pendant 20 minutes.

Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse. (Merzoug, 2009; Rodier, 2009).

### 1.1.2. L'analyse Physico-chimique :

Pour les prélèvements destinés à l'analyse physico-chimiques, ils sont réalisés dans des flacons propres en plastiques. (Boucherit, 2009).

### 1.2. Mode de prélèvement :

Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. (Blackwood, 1987).

Le flacon de prélèvement est tenu à sa base, le goulot vers le bas, enfoncé à 30 cm environ au dessous de la surface de l'eau puis ouvert. Il est tourné pour le redresser légèrement, l'orifice face au courant éventuel. Une fois le prélèvement effectué, le flacon est bouché. (Chaouch, 2007).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, Laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse. (Merzoug, 2009; Regam, 2010).

### 1.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Les flacons doivent être soigneusement et clairement étiquetés avant les prélèvements et accompagnés de renseignements descriptifs précis ; le nom du site, la date, l'heure et l'ordre de prélèvement, pour éviter toute confusion. (Mayet, 1994).

### 1.4. Transport et conservation des échantillons :

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon après le prélèvement, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible. (Rodier, 2009).

Pour les analyses qui seront faites au laboratoire, il faut que les échantillons d'eau soient acheminés dans les meilleurs délais, surtout les demandes des analyses bactériologiques. (Mayet, 1994). Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 1 à 4 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon. (Rodier, 2009).

## 2. Caractéristiques des points de prélèvement

Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de mer du golfe de Annaba, nous avons choisis cinq points de prélèvements, qui sont localisés dans les plages (Fig. 11) : El-Kattara (2 stations ; S1 et S2) Saint Cloud (2 stations ; S3 et S4), et Oued Bakarat (Djenane El Bey) (S5). Pour cette étude deux prélèvements ont été effectués dans les mois d'avril et mai (Tab 6).



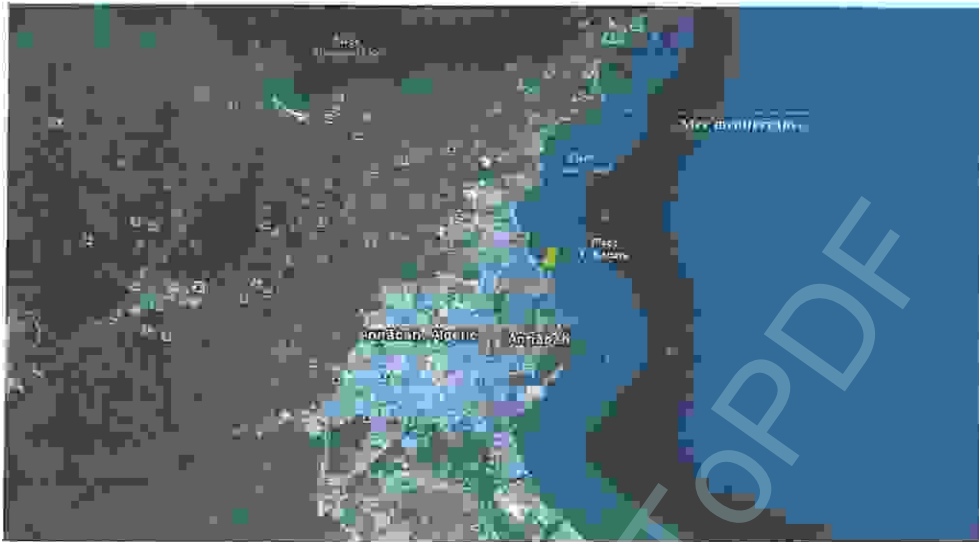


Fig. 11. Localisation des points de prélèvement. (Google Earth, 2011).

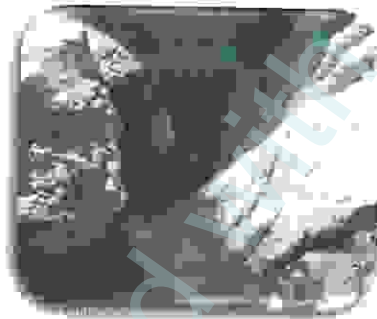
**Plage El-Kattara :** La plage d'El Kattara est située au centre du golf d'Annaba juste au pied du cimetière communal de Zeghouane. Elle présente une longueur moyenne de 700m et une largeur variant de 15 à 32m. Durant la période hivernale (hors saison estivale) la plage reçoit les rejets du secteur oriental de la commune d'Annaba. On y trouve le tombeau d'un wali au centre de la plage. Durant la saison estivale, la plage n'est pas trop fréquentée que pour de petits groupes de jeunes.

**Plage Saint Cloud (Plage de Rezgui Rachid):** Cette plage est de 3km de longueur, fait partie de la zone côtière Centre, elle reçoit plusieurs égouts qui charrient des « rejets domestiques » des quartiers Centre et Ouest de la ville de Annaba sans traitement préalable ainsi que les eaux de pluie. (Hidouci, 2009; Belabed, 2010).

**Plage Djenane El Bey (Oued Bakrat) :** A quelques dizaines de kilomètres de Chetaïbi, blotti au pied de l'Edough. Cette plage large et d'un kilomètre de longueur. C'est aussi tout un univers d'intense beauté et d'absence de déchets. Mieux connue sous l'appellation de Oued Bakarat, souffre de l'absence d'investissement touristique. (S.O.W.A. 2011) (1).

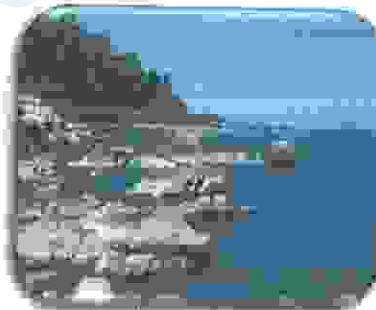
Tab. 6. Caractéristiques des stations de prélèvements.

| Plages         | Stations de prélèvement | X                | Y               | Caractéristiques                                  |
|----------------|-------------------------|------------------|-----------------|---|
| El Kattara     | S1                      | 36° 54' 57.39" N | 7° 46' 13.29" N | Près d'une source naturelle d'eau douce.          |
|                | S2                      | 36° 54' 57.25" N | 7° 46' 12.39" E | Entre les rochers a quelque distance du S1 (20m). |
| Saint Cloud    | S3                      | 36° 55' 01.66" N | 7° 36' 04.51" E | Après le rejet d'un égout.                        |
|                | S4                      | 36° 55' 06.10" E | 7° 45' 59.39" E | Entre les rochers a quelque distance du S1 (30m). |
| Djenane El Bey | S5                      | 36° 56' 55.68" E | 7° 4' 24.70" E  | A distance de 5 m de la plage vers la mer.        |



1<sup>er</sup> station

El Kattara (S1)



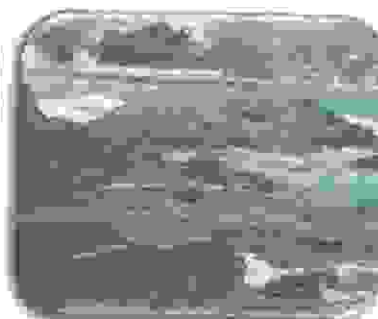
2<sup>eme</sup> station

El Kattara (S2)



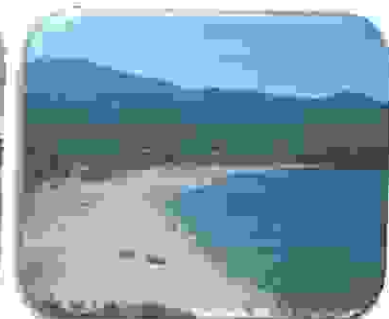
3<sup>eme</sup> station

Saint Cloud (S3)



4<sup>eme</sup> station

Saint Cloud (S4)



5<sup>eme</sup> station

Djenane El Bey (S5)

Fig. 12. Vue des stations de prélèvement (Bengatti ; Boudraa ; Djamaa, 2011).

### 3. Nature et période de prélèvement

Tab. 7. Nature et période de prélèvement.

| Station | Prélèvement | Date de prélèvement | Heure de prélèvement | Nature de prélèvement | Type d'analyses effectuées          |
|---------|-------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| S1      | P1          | 10-04-2011          | 13:08h               | Eau                   | Bactériologique et Physico-chimique |
|         | P2          | 02-05-2011          | 09:30h               |                       |                                     |
| S2      | P1          | 10-04-2011          | 13:18h               |                       |                                     |
|         | P2          | 02-05-2011          | 09:48h               |                       |                                     |
| S3      | P1          | 10-04-2011          | 13:35h               |                       |                                     |
|         | P2          | 02-05-2011          | 10:18h               |                       |                                     |
| S4      | P1          | 10-04-2011          | 13:40h               |                       |                                     |
|         | P2          | 02-05-2011          | 10:34h               |                       |                                     |
| S5      | P1          | 10-04-2011          | 14:20h               |                       |                                     |
|         | P2          | 02-05-2011          | 11:21h               |                       |                                     |

Les prélèvements d'eau ont été effectués dans les deux mois d'avril et mai 2011. Suivant des méthodes standardisées, des variables ont fait l'objet d'un suivi physico-chimique, et des paramètres microbiologique.

La totalité des analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'université du 08 mai 1945 de Guelma.

Les analyses physico-chimiques, ont été réalisées dans le laboratoire central d'Arsolor Metal Steel El-Hadjar, Annaba.

#### 4. L'analyse microbiologique

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes:

- Origine purement aquatique.
- Origine terrestre.
- Origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination; le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est au voisinage de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique. (Sayad, 2008).

Les eaux quelque soit leur nature, contiennent une multitude de micro-organismes et de produits chimiques, dont l'estimation globale fournit une information utile pour l'évaluation et la surveillance de la qualité de l'eau. (Lacoste, 2008).

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau, elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. (Rouaiguia, 2010).

- **Les coliformes :**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C. (Carbonnelle, 1998 ; Camille, 2003; Lebres, 2008).

Les coliformes totaux sont utilisés comme indicateur de pollution d'origine organique. (Merzoug, 2009).



- **Les coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (Roux, 2003). La bactérie *E. coli* représente toute fois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. (Carbonnelle *et al.*, 1998; Camille, 2003; Archibald F. *et al.*, 2003).

Les *Escherichia coli* ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre  $42 \pm 2^\circ\text{C}$ . (Bourgeois et Leveau, 1980; Denis *et al.*, 1983).

- **Les streptocoques fécaux:**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de Cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C. (Hidouci, 2009).

Ces streptocoques du groupe D (Entérocoques) sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. (Mouffok, 2001).

#### 4.1. Matériel utilisé pour l'analyse microbiologique

Nous avons utilisé pour le prélèvement des flacons en verre stériles. Au laboratoire, le matériel classique d'un laboratoire de bactériologie: des étuves à 37, à 44 et à 22°C, un bain Marie, des boîtes de Pétri, anse de platine, pipette Pasteur, bec Bunsen, culture liquides et solides, ainsi que plusieurs réactifs.

Les géloses employées sont : Gélose nutritive (GN), Gélose Mac Conkey, Gélose Héctoën, Gélose *Salmonella-Shigella* (SS), et Gélose Chapman.

## 4.2. Méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau

L'étude de la variation de la population bactérienne globale, le dénombrement et la recherche des bactéries d'origine fécale et la recherche des bactéries pathogènes sont les grandes lignes des analyses bactériologiques des eaux. (Guiraud, 1998).

### 4.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide :

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

Cette technique présente des avantages par rapport à la technique de dénombrement sur plaque :

- Elle permet d'analyser des quantités importantes d'eau.
- Elle est plus favorable à la multiplication des microorganismes fragiles que la culture sur support solide. (Rejsek, 2002).

#### ➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche des coliformes.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes fécaux et thermotolérant et d'*Escherichia coli* à partir des tubes positifs du test de présomption. (Chaouch, 2007; Labres et al., 2008).

#### • Test de présomption

Il est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. (Mouffok, 2001; Lebres, 2008).

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé trois dilutions décimales successives ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.

- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette pasteur stérile et la porter dans le premier tube de la série contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ . (Fig. 13).
- Nous prélevons 1ml de la dilution  $10^{-1}$  précédente et l'ajouter à un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ .
- Transférer 1ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ .
- Refaire la technique pour les 2 autres séries.
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures. (Lebres, 2002; Rouaiguia, 2009).

• **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La production de gaz traduite par le soulèvement de la cloche de Durham introduit dans le milieu (au moins 1/10 de la cloche devra être vide). (Tandia, 2007).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. (Fig. 13).

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série, et se reporter aux tables NPP (Annexe 2) qui figure en annexe, pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 1ml. (Mouffok, 2001).

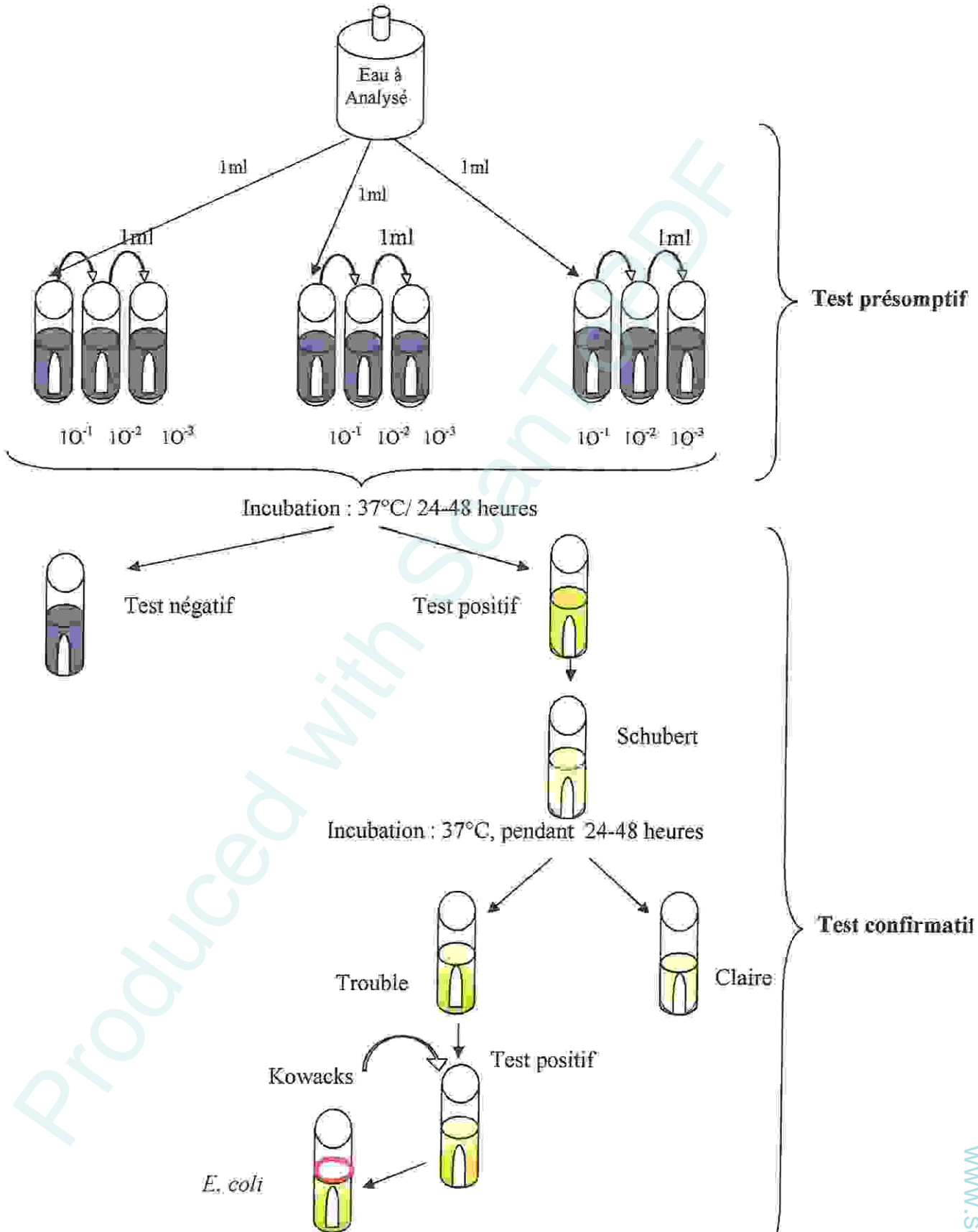


Fig. 13. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide.

(NPP)



- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo-tolérant ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermo-tolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ne produit pas de l'acéthyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans tube contenant le milieu Schubert (milieu indole mannitol) muni d'une cloche de Durham.

- Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux,
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole (anneau rouge en surface) par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe 2) en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C, pendant 24heures (Fig. 13). (Labres et al., 2008).

**Remarque :**

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 1ml d'eau analysé. (Labres et al., 2008).

**4.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide :**

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » de la classification de Lancefield, nommés aussi streptocoques fécaux dans les eaux. (Merzoug, 2009).

➤ **Mode opératoire**

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D ». (Chaouch, 2007).

♦ **Teste de présomption**

La recherche se fait en bouillon Roth S/C (bouillon à l'azide de sodium simple concentration). (Mouffok ,2001; Bricha et al., 2007).

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1 ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ .
- Prélevé 1 ml de tube précédent  $10^{-1}$  et metre dans le second tube Rothe pour avoir la dilution  $10^{-2}$ .
- Transférer 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ .
- Refaire la technique pour les 2 autres séries.

- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Boukrouma, 2008; Rouaiguia, 2010).

• **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

• **Teste de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. La présence de streptocoques se traduit par un trouble plus ou moins important et la formation d'une pastille violette au fond du tube (Roux, 2003).

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans tube contenant le milieu Eva Litsky (bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium). L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures. (Fig. 14).

• **Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. (Roux, 2003).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe 2). (Lebres, 2006).

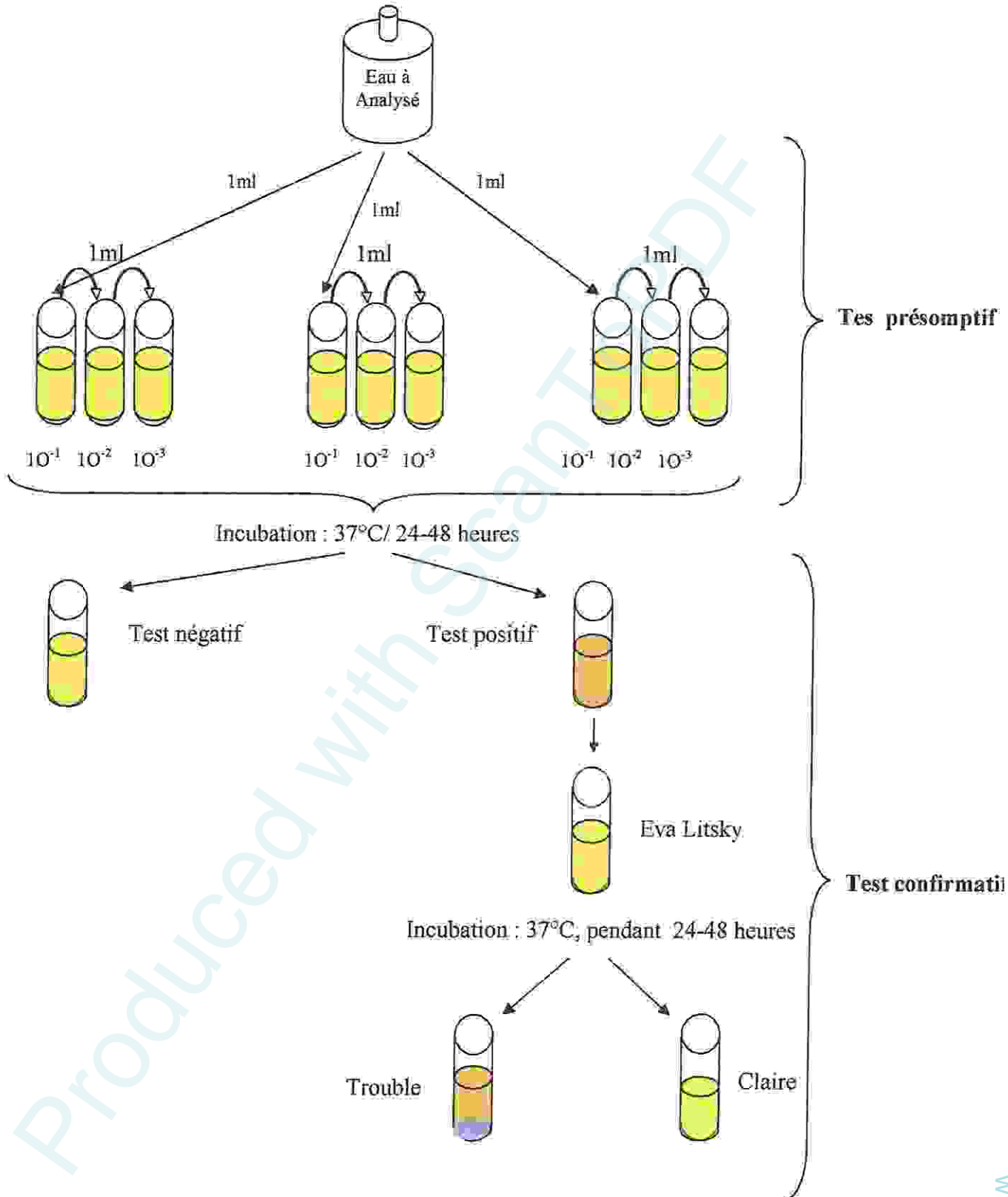


Fig. 14. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide.



#### 4.2.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds):

Cette méthode consiste à rechercher, et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux, par incorporation en gélose en tubes profonds. (Merzoug, 2009)

##### Définition:

On entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à une température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. (Pechère, 1982; Labres et al., 2008).

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne. (Lebres, 2006).

##### ➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $75^\circ\text{C}$  pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Laisser solidifier sur pailleasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures. (Labres et al., 2008).

#### • Lecture et interprétation

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ . La deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser. (Labres et al., 2008).

#### 4.3. Recherche des germes pathogènes:

Nous avons utilisé cinq milieux sélectifs présentant des caractéristiques différentes et un milieu non sélectif qui nous permettra l'observation macroscopique de toutes les colonies.

- ✓ La gélose Nutritive Ordinaire (GN) qui est un milieu non sélectif est utilisée pour l'observation macroscopique des différentes colonies de la semence.
- ✓ Milieu de Chapman : est sélectif pour les bactéries Gram (+) halophiles autrement dit les staphylocoques ou les microcoques.
- ✓ Les autres milieux, Gélose Mac Conkey, Gélose Héctoën, Gélose BCP, Gélose SS (*Salmonella-Shigella*) sont utilisés pour l'isolement des bactéries Gram - (les Entérobactéries)

L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface. Les boîtes sont codées puis incubées à 37°C pendant 24 - 48 heures.

**Remarque:** Toutes les colonies se développant hors des stries d'isolements seraient une contamination possible.

### 4.3.1. Recherche des staphylocoques

On entend par staphylocoques à coagulase positive, les bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, possédant l'enzyme catalase et la coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  sur un milieu sélectif Chapman au mannitol qui contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (75g/l), (Pechère et al., 1982 ; Carboneille, 1988 ; Labres et al., 2008)

Le milieu de Chapman est caractérisé par sa forte concentration en chlorure de sodium ce qui permet un isolement sélectif des staphylocoques. La fermentation du mannitol est indiquée par le virage au jaune de l'indicateur coloré, « le rouge de phénol », autour des colonies. (Rodier, 2009).

#### ➤ Mode opératoire

On prépare les boîtes pétrie avec le milieu Chapman. (Rodier ,1996). A partir de la solution mère, on porte aseptiquement 0,1ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétri qu'on étale à l'aide d'une anse de platine stérile. L'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures. (Aït Kaci et al., 2008).

#### • Lecture et interprétation

Après la période d'incubation spécifiée, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses



légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc. (Ait Kaci et al, 2008 ; Rodier ,2009).

Le tableau suivant résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques. (Tab. 8)

Tab. 8. Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie. (Sayad, 2008).

| Staphylocoque         | <i>aureus</i> | <i>Intermedius</i> | <i>saprophyticus</i> | <i>epidermitis</i> |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Catalase              | +             | +                  | +                    | +                  |
| Coagulase             | +             | +                  | -                    | -                  |
| Mannitol en anaérobie | +             | -                  | -                    | -                  |

#### 4.3.2. Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

On entend par *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant l'enzyme oxydase et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide.

*Pseudomonas aeruginosa*, est également une bactérie hautement pathogène et résistante à plusieurs antibiotiques. C'est une bactérie lactose négative, pourvue d'une odeur de seringa (fleur de la famille des Philadelphacées encore appelée "jasmin des poètes"). (Pechère et al., 1982; Pilet, 1987; Labres et al., 2008).

##### ➤ Isolement

L'isolement se fait par ensemencement d'un volume d'eau à analyser sur milieu sélectif King A et King B. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Rouaiguia ,2010).

##### ➤ Confirmation

Deux examens microscopiques sont effectués : l'examen direct entre lame et lamelle et la coloration de Gram.



Recherche de la pyocyanine : pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.

Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B. (Labres *et al.*, 2008). (Tab. 9).

Tab. 9. Caractéristiques d'identification des principales espèces de *Pseudomonas*. (Sayad, 2008).

| Caractère            | <i>P. aeruginosa</i> | <i>P. fluoresces</i> | <i>P. putida</i> | <i>P. stutzeri</i> | <i>P. pseudomallei</i> | <i>P. mallei</i> | <i>P. cepacia</i> | <i>P. diminuta</i> |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Oxydase              | +                    | +                    | +                | +                  | +                      | +                | +                 | +                  |
| Oxydation du Glucose | +                    | +                    | +                | +                  | +                      | +                | +                 | -                  |
| pyocyanine           | +                    | -                    | -                | -                  | -                      | -                | -                 | -                  |
| pyiverdine           | +                    | +                    | +                | -                  | -                      | -                | -                 | -                  |
| Culture à 4°C        | -                    | +                    | d                | -                  | -                      | +                | -                 | -                  |
| Culture à 42°C       | +                    | -                    | -                | +                  | +                      | d                | d                 | d                  |
| Nitrate              | +                    | d                    | -                | +                  | +                      | +                | +                 | -                  |
| Gélatinase           | +                    | +                    | -                | -                  | +                      | +                | d                 | -                  |
| Citrate de Simmons   | +                    | +                    | +                | +                  | ++                     | -                | +                 | -                  |

d : variable suivant les souches.

### 4.3.3. Recherche des *Salmonella* et *Shigella*

#### 4.3.3.1. Recherche de *Salmonella* :

On entend par *Salmonella*, des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles mobile à Gram négatif (BGN), ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S, et qui en se développant à température de 36 ± 2°C en 24 à 48 heures, sur milieu Hektoën, forment de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les *Salmonelles* se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes. (Pechère et al., 1982; Carbonnelle, 1988; Labres et al., 2008).

#### ➤ Culture

##### Jour 1 : Le pré-enrichissement

Il est destiné à revivifier les cellules de façon à faciliter la culture dans les bouillons d'enrichissement il est réalisé à l'aide de plusieurs milieux, dans notre cas on a utilisé l'eau peptonée tamponnée (EPT), on peut le utiliser en double concentration pour faciliter l'incubation (Protais et al., 2003). On prend 25 ml de SM (l'eau à analyser) et on l'introduit dans 225 ml de milieu EPT. L'incubation se fait à 37°C ± 1°C pendant 24 heures (Azizi, 2006).

##### Jour 2 : L'enrichissement

En vue de l'isolement et de l'identification, l'enrichissement s'effectue sur des milieux sélectifs soit directement à partir de la SM ou de ses dilutions soit le plus souvent à partir du milieu de pré-enrichissement, dans notre cas on a utilisé le milieu bouillon au sélénite de Leifson (SFB ; S/C) on a prélevé 2 ml du milieu ETP (Solution pré-enrichie) et l'introduire dans le milieu SFB (Azizi, 2006), on incube à 37°C pendant 24 heures. (Guiraud, 1998).

### Jour 3 : Enrichissement secondaire et isolement

Le bouillon sélénite cystéine incubé la veille fera l'objet :

- d'une part, d'un enrichissement secondaire sur bouillon sélénite – cystéine en tubes à raison de 0,1 ml par tube,
- d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoën. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h (Lebres et al., 2002).

### Jour 4 : Lecture des boîtes et Identification.

D'une part, le tube de sélénite fera l'objet d'un isolement, d'autre part, la boîte de gélose Hektoën subira une lecture en tenant compte du fait que les *Salmonelles* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir (Lebres, 2004). Généralement, l'isolement et la différenciation sur les milieux sélectifs ne permettent pas de façon certaine, l'identification immédiate des genres et *a fortiori* des espèces. Les indicateurs de culture et de couleur ne constituent qu'une présomption. Les colonies du type recherché doivent être toujours prélevées et ensemencées sur une galerie (traditionnelle ou rapide) ou soumises à un test immunologique si l'on désire une confirmation ou une identification précise. (Lebres, 2004).

#### ➤ Identification morphologique et biochimique

Cinq colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

- Etat frais (bacilles, mobilité).
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- Ensemencement d'un tube de Kligler qui sera incubé à 37°C, 24 h
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C, 24 h qui servira à l'agglutination sur lame,
- Ensemencement :
  - soit d'une galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Témoins, Urée, Insole, TDA, VP, RM ...),
  - ou d'une galerie biochimique API 20E,

### ➤ Identification antigénique

Cette dernière repose sur l'agglutination sur lame de verre, à partir des mêmes colonies isolées la veille sur GN inclinée en tubes, à l'aide des sérums de groupes d'abord OMA, OMB puis les autres après. La réglementation nationale algérienne exige que toute *Salmonella* isolée, soit confirmée au niveau du Laboratoire National de Référence des *Salmonella* au niveau de l'Institut Pasteur d'Algérie (Mouffok, 2001; Lebres et al., 2002).

#### 4.3.3.2. Recherche des *Shigella* :

Les **Shigelles** (bactéries du genre *Shigella*), sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (Beriche et al., 1988) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E coli*. (Pechère et al., 1982; Carbone, 1988).

Sur gélose ordinaire en 24 heures à 37°C, *Shigella* produit des colonies de taille moyenne (2 à 3 mm de diamètre), rondes, régulières et brillantes.

- **Milieux ordinaire et électifs** : Gélose ordinaire, Gélose BCP, Gélose CLED
- **Milieux sélectifs** : Gélose Mac Conkey, Gélose lactosée au désoxycholate, Gélose Hynes, Gélose *Salmonella Shigella* ou *Gélose SS*, Gélose Héctoën.

### ➤ Caractères biochimiques

Ils se déterminent sur une galerie classique ou miniaturisée pour *Enterobacteriaceae* avec laquelle elles se différencient par un ensemble de caractères négatifs :

- Absence d'uréase, de désaminase et de Lysine décarboxylase.
- Absence de production de H<sub>2</sub>S et d'acétoïne.
- Pas d'utilisation du Citrate comme seule source de carbone sur milieu citrate de Simmons.

Le caractère **ONPG**, mannitol, indole et **ODC** varient selon les biotypes.



**Jour2 : Enrichissement secondaire et isolement**

Après incubation, le flacon constituant l'enrichissement primaire fera l'objet : d'un isolement sur gélose GNAB 1, l'incubation se fait à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $20 \pm 4$  heures.

**Jour3 : Lecture des boites et identification**

D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses. (Merzoug, 2009).

**➤ Identification morphologique et biochimique**

Les colonies sont très fines sur la gélose nutritive, jaunâtre sur la gélose hyperalcaline. (Patrick *et al.*, 1988).

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais (bacilles, mobilité),
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- Oxydase (+),
- Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à  $37^\circ\text{C}$ , 24 h (Saccharose, Glucose, Gaz et  $\text{H}_2\text{S}$ ),
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $20 \pm 4$  heures, qui servira à l'agglutination sur lame, comme suit  
Faire une mini-galerie biochimique basée sur l'étude des acides aminés en vue de différencier les *Vibrions*, des *Pleisiomonas* et des *Aéromonas* selon le tableau suivant : (Labres *et al.*, 2008). (Tab. 11).

Tab. 11. Différences majeures entre les *Vibrio*, *Pleisiomonas* et *Aeromonas*.

(Labres *et al.*, 2008).

| Espèces             | LDC | ODC | ADH |
|---------------------|-----|-----|-----|
| <i>Vibrio</i>       | +   | +   | -   |
| <i>Aéromonas</i>    | -   | -   | +   |
| <i>Pleisiomonas</i> | +   | +   | +   |

S'il s'agit du genre *Vibrio*, répondre : *Vibrio* non Agglutinable (NAG).

- Si l'agglutination avec l'eau physiologique et au sérum polyvalent O1 est positive, il s'agit d'un *Vibrio* rough (auto agglutinable).
- Si l'agglutination avec l'eau physiologique est négative et positive au sérum polyvalent O1, répondre : *Vibrio* cholérique, l'espèce la plus dangereuse. (Fig. 15).

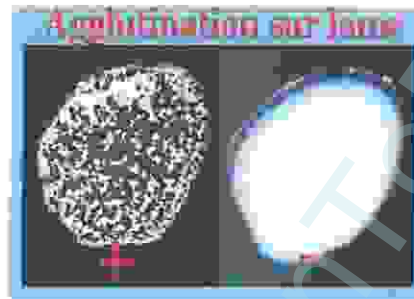


Fig. 15. Schéma d'une agglutination des vibrio.

#### 4.3.5. Tests complémentaires

Identification permettent au cours de l'isolement ou non de mettre en évidence une ou plusieurs propriétés biochimiques d'une bactérie pour commencer à l'identifier. Elle repose sur la morphologie, les caractères enzymatiques et biochimiques. (Rouaiguia, 2010).

##### 4.3.5.1. Caractères morphologiques

###### ✓ Examen macroscopique des caractères cultureux:

L'aspect des colonies dépend du milieu, de la durée et la température d'incubation. Il ne pourra être décrit convenablement qu'à partir des colonies bien isolées. La description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- La taille
- La forme: bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé.
- L'aspect de la surface: lisse, rugueux.
- L'opacité : opaque, translucide, transparent.
- La consistance : grasse, crémeuse, sèche, muqueuse.
- Pigmentation. (Rouaiguia, 2010).

✓ **Examen microscopique après coloration de Gram:**

L'examen microscopique après une coloration de Gram nécessite au départ une préparation d'un frottis, une colonie bien isolée d'une culture en milieu solide sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile. L'observation se fait au l'objectif fois 100.

Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères :

- leur forme (bacille, cocci,... etc.),
- leur affinité pour les colorants, en Gram positif et Gram négatif.

Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à:

- 1- Fixer de frottis.
- 2- Recouvrir le frottis de la solution de cristal violet. Laisser agir 1 minute.
- 3- Rejeter le colorant. Laver à l'eau.
- 4- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1 minute.
- 5- Rejeter le Lugol. Laver à l'eau.
- 6- Décolorer à l'alcool 95°.
- 7- Rincer à l'eau courante.
- 8- Recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir quelques secondes et rejeter la Fuchsine.
- 9- Laver abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres. (Dégrément, 1998)

**Résultats:** Après ce traitement, les bactéries Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries Gram négatif sont colorées en rose. (Boukrouma, 2008; Carboneille, 1988 ; Mamadou, 2005 ; Prescott et *al.*, 2003).

#### 4.3.5.2. Caractères enzymatique

✓ **Test de catalase**

C'est une enzyme décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme (Fig. 16). (Carboneille, 1988).

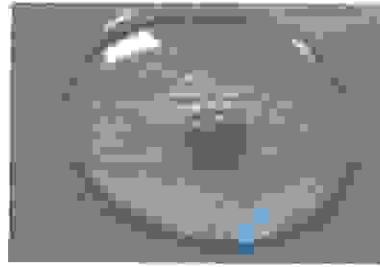


Fig. 16. Test de catalase (+)

#### ✓ Test de coagulase

Le test mettant en évidence l'aptitude des bactéries à coaguler le plasma est le principal test caractérisant *S. aureus*.

Le test de détection consiste à incuber pendant 4 heures à 37°C un mélange de plasma oxalaté de l'homme et de la souche à tester, de préférence à partir d'une culture en gélose Chapman.

L'apparition d'un caillot est observée en inclinant le tube à 90°C. Le test de la coagulase, il existe de très rares souches de *S.aureus* non sécrétrices de coagulase. (Fig. 17). (Rouaiguia ,2010).

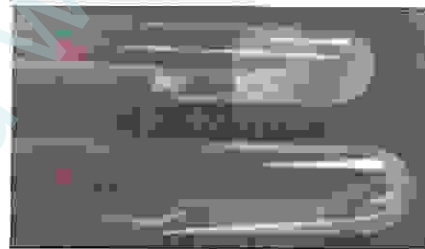


Fig. 17. Test de coagulase.

#### ✓ Test d'oxydase

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. Une réaction positive se traduit par un virage rapide du réactif de l'incolore au violet. (Fig. 18). (Carbonnelle, 1988; Labres, 2004).





Fig. 18. Test d'oxydase(+)

#### 4.3.5.3. Caractères biochimiques :

##### ❖ La galerie classique

L'identification et la classification des espèces, sont basées essentiellement sur l'étude des caractères suivants:

-Recherche de l'ONPG ,recherche de l'oxydase, milieu TSI (Triple Sugar Iron Agar) , milieu Mannitol – Mobilité ,milieu au Citrate de Simmons, recherche des VP – RM, milieu Urée Indole, quelques acides aminés et quelques sucres (Lebres, 2004c).

Pour cette identification, on utilise trois milieux solide qui sont : milieu TSI, milieu mannitol-mobilité et milieu citrate de simons, et trois d'autre milieux liquide :Clark et lubs, bouillon nitrate et urée d'indole

##### ▪ Test de Citrate de Simmons

La pente du milieu estensemencée par strie longitudinale, réalisée à l'anse, à partir d'une suspension de la culture solide en eau distillée stérile. Mettre à l'étuve 24 heures à 37°C. (Raggam, 2010). Après 24 heures, s'il y a une culture avec un alcalinisation du milieu (virage de l'indicateur au bleu), la bactérie est de Citrate positive. Si il ya pas de culture et la couleur du milieu inchangée, la bactérie est d citrate négative (Fig. 19). (Carbonnelle, 1988).

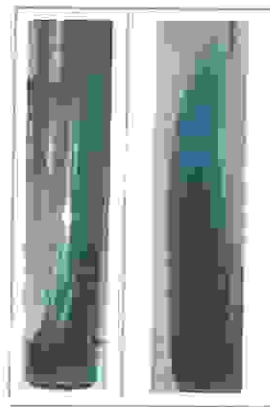


Fig. 19. Test de citrate.

▪ **Le mannitol-Mobilité**

Cette étude est faite sur un milieu mannitol-mobilité qui permet de rechercher simultanément la fermentation du mannitol et la mobilité.

**Technique :**

Nous ensemençons par piqûre centrale à l'aide d'une pipette Pasteur, chargé de culture en milieu solide. Nous incubons 24h à 37°C.

La fermentation du mannitol entraîne le virage au jaune du milieu:

- Si le germe est très mobile, il se développe le long de la piqûre la masse microbienne envahit tout le tube;
- S'il est peu mobile, il se développe le long de la piqûre et se réduit à de petites ramifications;

Enfin, s'il est immobile, il se développe seulement dans la trace de la piqûre qui demeure fine et nette. (Sayad, 2008; Carboneille, 1988).

▪ **Utilisation de TSI (Triple Sugar Iron Agar) :**

Le but de ce test est de mettre en évidence Cinq caractères :

- Fermentation du Glucose
- Fermentation du Lactose
- Fermentation du Saccharose
- Production de Gaz
- Production d'hydrogène sulfureux (H<sub>2</sub>S). (Lebres, 2004).

Le milieu de TSI est un milieu gélosé contenant du glucose, du lactose, du saccharose, de la peptone, un sel de fer et un indicateur de pH, le rouge de phénol. Ce milieu est reparti en tubes à essai sous forme semi-inclinée avec un haut culot et une petite tranche. Il est ensemencé par piqûre profonde du culot au fil droit et par ensemencement en stries de la tranche.

Après une période de 24 h à 37°C le milieu est examiné.

➤ Dans le culot, l'anaérobiose relative favorise l'utilisation du glucose qui entraîne une acidification et virage au jaune de l'indicateur. Sur la tranche l'aérobiose favorise l'utilisation

du lactose qui entraîne le virage au jaune de l'indicateur. L'acidification due au glucose, qui est en faible quantité, est neutralisée rapidement à ce niveau par l'alcalinisation provenant de la dégradation des peptones. L'acidification de la tranche indique donc bien l'utilisation du lactose. L'apparition des bulles dans le culot traduit la production du gaz, et d'un noircissement dû à la formation du sulfure de fer traduit celle de  $H_2S$ . Ce milieu sert aussi à la pratique des réactions à la  $\beta$ -galactosidase et la LDC (lysine décarboxylase). Ce milieu permet de différencier les *Salmonella* et *Shigella* [lactose(-), saccharose (-)] de la plupart des autres

#### • Test de l'Urée-Indole

L'indole est le métabolite terminal de la dégradation du tryptophane présent initialement dans le milieu. Seules les bactéries indologues permettent cette dégradation jusqu'à la formation de l'indole.

#### Technique :

Nous ensemençons un tube d'eau peptonée d'indole. Après 24 h d'incubation à  $37^\circ C$ , nous ajoutons quelques gouttes de réactif de Kovacs. Une réaction positive d'urée se traduit par un virage de couleur du milieu au rouge violacé ou rose rouge.

La lecture de l'indole est immédiate :

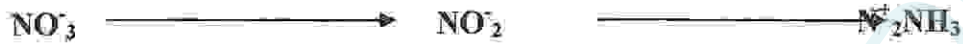
- Réaction indole positive : anneau rouge ou rose.
- Réaction indole négative : anneau brunâtre. (Carbonnelle, 1988).



Fig. 20: Réaction d'indole.

▪ **Teste de réduction du nitrate**

Ce test permet de détecter si un organisme possède le nitrate réductase qui est une enzyme capable de réduire le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).



**Technique:**

Nous avonsensemencé le bouillon nitraté et incubé à 37°C pendant 24 heures. Après incubation nous avons ajouté deux gouttes du réactif nitrate réductase 1 et 2.

- Si le milieu devient rose ou rouge, la réaction est dite nitrate réductase positive.
- Si le milieu resté incolore, dans ce cas on a deux évènements :
  - Ou bien les nitrates ont été d'abord réduits en nitrites mais la réduction s'est poursuivie.
  - Ou bien les nitrates n'ont pas été réduits en nitrites et se trouvent donc dans le bouillon nitrate.

Dans ce dernier cas, nous provoquons la réduction chimique en ajoutant la poudre de Zinc, et la couleur apparaîtra, la bactérie est dite nitrate réductase négative. (Boulekroune, 2008),

▪ **Recherche de l'acétone**

Le milieu Clark et Lubs permet l'étude de la voie de fermentation du glucose. L'ensemencement se fait largement et l'incubation se fait à une température optimale pendant 24 heures.

Test VP (Voges-Proskauer) :

- Ajouter 2 à 3 gouttes de VP1 et VP2,
- Incliner le tube pour permettre une bonne oxygénation et attendre quelque minute à une heure. Le milieu devient rouge (VP+), ou bien devient jaune (VP-).

Test RM (Rouge de Méthyle) :



- Ajouter 2 à 3 gouttes de méthyle.
- La lecture est immédiate. Les résultats sont comme suit :  
Teinte rouge : (RM+),  
Teinte jaune : (RM-). (Lebres, 2004c ; Boukrouma, 2008 ).

### ❖ La galerie API 20 E

La galerie API 20 E est un système pour l'identification des Entérobactéries et autre bacilles Gram négatif, utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base de données (Fig. 21).

#### ➤ Principe

La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs.

#### ➤ Mode opératoire

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Remplir tubes et cupules des tests : [CIT], [VP], [GEL], avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H<sub>2</sub>S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.
- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37 °C pendant 18-24 heures.

(Il est important de veiller à ne pas créer de bulles lors de l'inoculation qui pourraient fausser le résultat)

#### ➤ Lecture

Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées. Si le glucose est positif et/ou si 3 tests ou plus sont positifs : révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs.

- Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive.
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive.
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kowacks. Un anneau rouge obtenu en 2 minutes indique une réaction positive.

La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20E (Fig. 21). (Aouissi et al., 2007 ; Merzoug, 2009 ; Rouaiguia, 2010).



Fig. 21. La galerie API 20 E.

## 5. Les méthodes de détermination des caractéristiques Physicochimiques

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- suivant leur nature chimique : organique ou minérale;
- suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales. (Merzoug, 2009).

### 5.1. Mesure in situ

Pour chaque prélèvement, des mesures in situ sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques de l'environnement des prélèvements comme la température, le pH, la conductivité, l'O<sub>2</sub> dissous et la couleur apparente.

Ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu, elles peuvent disparaître ou se modifier au cours du stockage et transport de l'échantillon au laboratoire. (Rodier, 1996).

### 5.1.1. La température:

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH.

D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine. (Leclerc, 1996).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi paramètres. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes), et lire directement la température exprimée en degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). (Boukrouma, 2008 ; Moumouni, 2005 ; Coulibaly, 2005; Rodier, 1996).

### 5.1.2. Le pH:

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre. Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, et un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y a autant de  $\text{H}^+$  que d' $\text{OH}^-$ .

Le pH peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre. (Rodier, 1996; Coulibaly, 2005; Moumouni; 2005).

## 5.2. Les mesures en laboratoire

Pour la détermination des matières en suspension (M.E.S) nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant ( $0.45\mu\text{m}$ ). (Jean, 2004).

### 5.2.1. Matière en suspension (MES)

- Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

- **Matériel spécial :**

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe)et membranes de filtration.

- **Mode opératoire :**

- ✓ Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20minute
  - ✓ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
  - ✓ Ensuite les pesée : soit  $p_1$ =poids des membranes avant filtration.
  - ✓ Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200ml d'eau à analyser a travers.
  - ✓ Rendre les membranes à l'étuve (à105°C) a fin de sécher pendant 20minutes.
  - ✓ Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit  $p_2$ = poids des membranes après filtration. (Rodier, 1996; Hakmi, 2002).

### 5.2.2. Le taux des sels dissous (TDS):

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS.

La mesure de la TDS ce fait dans le laboratoire a l'aide d'un TDS mètre en mettant une quantité de l'eau a analysé dans une cuve stérile et la introduire dans cette appareil, (Rodier, 1996).





# Chapitre III

Résultats et discussion

## 1. Paramètres microbiologiques

### 1.1. Résultats de la recherche et du dénombrement des micro-organismes :

Nous avons effectué pendant notre travail un dénombrement et une recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont :

- Les micro-organismes coliformes (coliformes totaux).
- Les coliformes fécaux (thermo-tolérant).
- Les streptocoques fécaux.
- Les bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs.

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons d'eau prélevés et que nous avons obtenues sont présentés sous forme de tableaux et des diagrammes exprimant les différentes variations de tous les paramètres étudiés.

#### 1.1.1. Les coliformes totaux :

La variation du nombre des bactéries dans les différentes stations de prélèvement sont illustrés dans la Figure ci-dessous (Fig. 22).

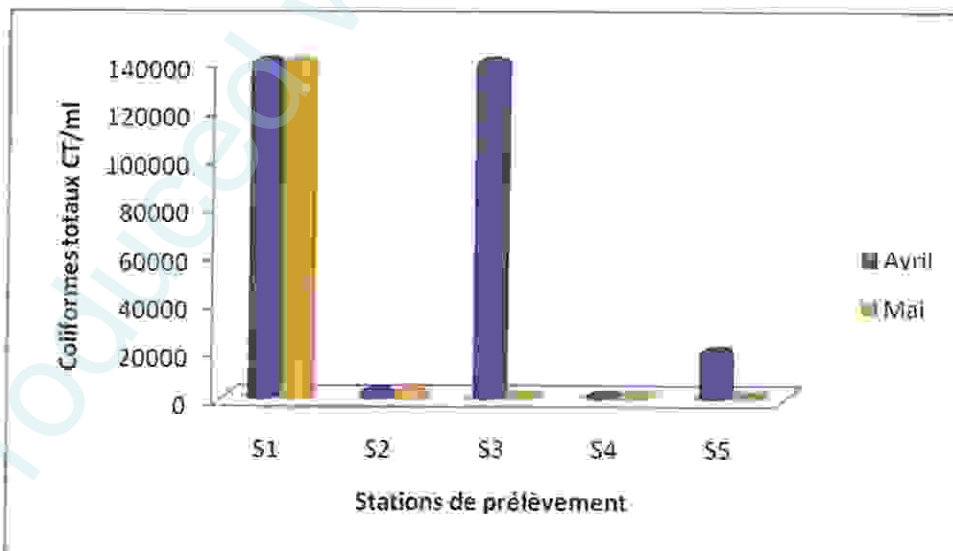


Fig. 22. Estimation du nombre des coliformes totaux.

Nous pouvons constater que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant le premier mois du prélèvement, soit le mois d'avril 2011 et ceci au niveau des stations (S1) et (S3). Ce taux a atteint la valeur maximale de 140000 germes /ml. Il est à noter que ces deux points de prélèvements constituent des rejets directs dans les deux plages urbaines. La valeur la plus basse a été observée durant le mois de mai au niveau de la station (S5) représentée par la plage de Djenane El Bey très éloignée de tous types de pollutions. Ces taux sont faibles par rapport aux normes internationales (50000 bactéries/ml) (Annexe 2).

### 1.1.2. Les coliformes fécaux :

L'évolution du nombre de coliformes fécaux dans les eaux des stations de prélèvement est présentée dans la figure ci-dessus (Fig. 23).

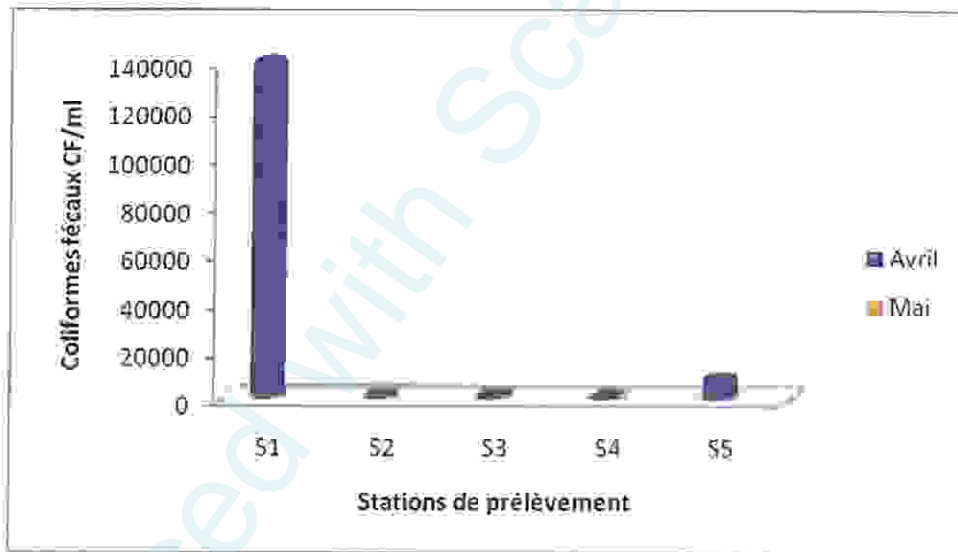


Fig. 23. Estimation du nombre des coliformes fécaux.

Nous attirons l'attention que l'échantillon du mois de mai 2011 n'a pas été analysé du fait manque de réactifs. D'une manière générale, durant le mois d'avril 2011 seule la station S1, représentée par les rejets de la plage d'El-Kettara a affichée des taux de coliformes fécaux très élevés (140000 CF/ml). Au niveau des autres stations, le nombre de coliformes fécaux fluctue entre 700 et 4500 bactéries/ml. De toutes manières, ces valeurs sont largement inférieures aux taux dictés par les normes (10000 bactéries/ml) (Annexe 2).

### 1.1.3. Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux. Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans la figure ci-dessous (Fig. 24).

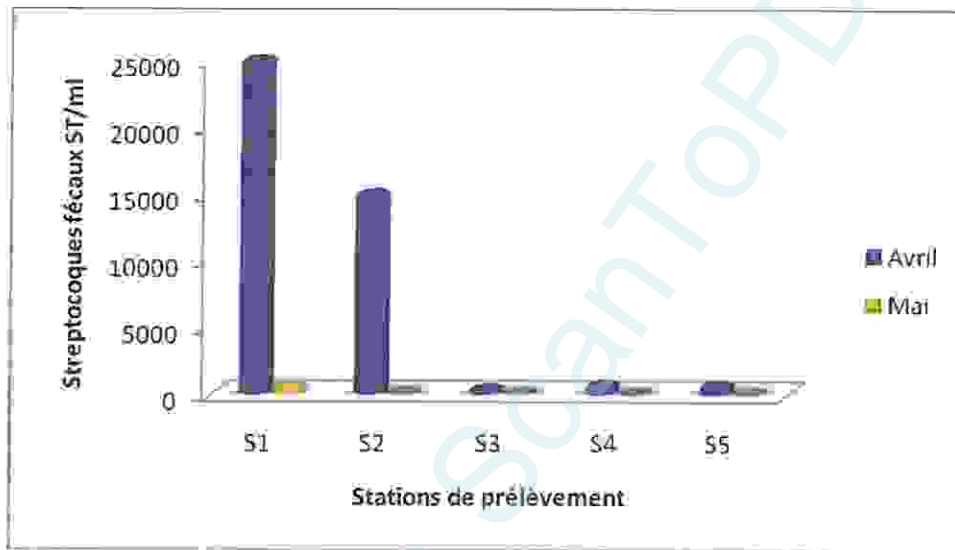


Fig. 24. Estimation du nombre des streptocoques fécaux.

Le graphique agrémentée dans la Fig 24 nous montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant le mois d'avril 2011 avec comme valeur maximale la station (S1) (rejet d'El-Kettara avec 25000 bactéries/ml) suivie de celle de la station (S2) (15000bactéries/ml). Durant le mois de mai 2011, seul la station (S1) a présentée une valeur positive (700 bactéries/ml) les autres points de prélèvement ont affichées des valeurs nulles.

### 1.1.4. Les Anaérobies sulfito-réducteurs(ASR):

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne. (Lebres, 2008).



Tab. 12. Evolution du nombre des Anaérobies sulfito-réducteurs(ASR).

|       | Station1 | Station2 | Station3 | Station4 | Station5 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Avril | -        | -        | -        | -        | -        |
| Mai   | -        | -        | -        | -        | -        |

Pour les spores des ASR les résultats négatifs obtenus (Tab. 12) montrent l'absence des espèces sulfitoréductrices (*Clostridium* sp) responsable des maladies graves telles le botulisme et le tétanos.

### 1.2. Recherche des germes pathogènes :

La recherche de germes pathogènes a été effectuée sur plusieurs milieux de culture. De plus pour la recherche de certains germes: (Les staphylocoques, les entérobactéries, les clostridium, les moisissures, les levures et autres), on a utilisé plusieurs milieux et tests biochimiques. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants.

#### 1.2.1. Résultats du profil biochimique des Staphylocoques :

Les résultats des différents tests effectués sur les Staphylocoques sont représentés dans le Tableau ci-dessus (Tab. 13) qui suit

Tab. 13. Résultats du profil biochimique des Staphylococcus.

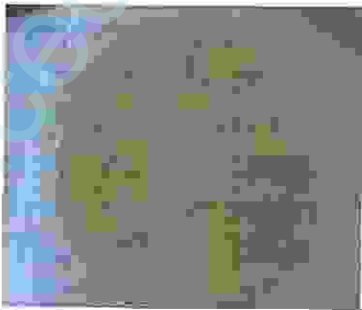

| Caractères           | Colonies                 |                          |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|                      | Rondes blanches          | Rondes blanches          |
| Aspect et Couleur    | Rondes blanches          | Rondes blanches          |
| Aspect microscopique | Cocci regroupées en amas | Cocci regroupées en amas |
| Gram                 | +                        | +                        |
| Catalase             | +                        | +                        |
| Mannitol             | +                        | -                        |
| Coagulase            | -                        | -                        |
| Nom d'espèce         | <i>S. saprophyticus</i>  | <i>S. epidermidis</i>    |


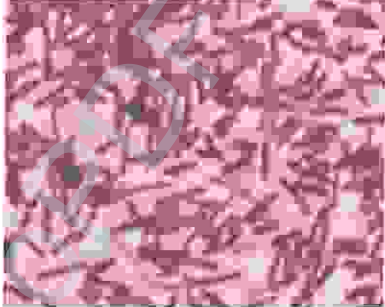


### 1.2.2. Caractères morphologiques et coloration de Gram :


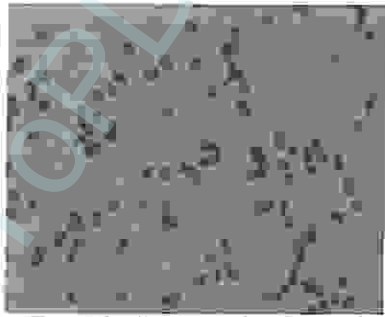

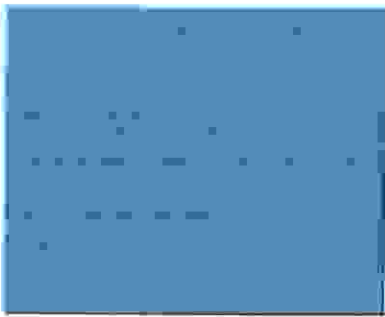
Lorsque nous ensemençons une bactérie sur une gélose, elle n'est pas visible. Toutefois, elle se divise à un rythme assez important pour former une colonie, qui est visible à l'œil nu. Chacune de ces colonies est formée par des millions bactéries identiques et cette colonie possède des caractéristiques propres à l'espèce bactérienne. Voici les critères qui permettent de caractériser une colonie (Tab. 14).

Toutefois, plusieurs espèces bactériennes font des colonies qui se ressemblent d'où la nécessité de réaliser une observation microscopique.

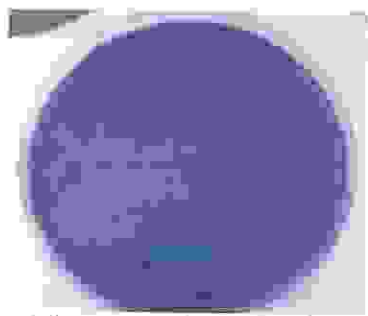

Tab. 14. Aspect macroscopique et microscopique des colonies.

| Culture               | Observation macroscopique des colonies  | Observation microscopique des colonies  |
|-----------------------|---|---|
| Gélose nutritive (GN) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Irrégulière, lisse, plate, jaune, 1 mm de diamètre.</li> <li>- Bombée, lisse, brillante, à contour régulier, transparente, 1 mm de Diamètre (Fig. 25).</li> <li>- Irrégulière, bombée, opaque, jaune, 2 mm de diamètre.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 25 : Aspect des colonies sur GN.</p> </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bacilles isolés, Gram négatif (Fig. 26).</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 26. Aspect des Bacilles Gram (-).</p> </div> |

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| <p><b>Mac-Conkey</b></p>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rose claire, bombée, lisse, brillante circulaire, 1 mm de diamètre.</li> <li>- Rose élevée, lisse brillante, circulaire, 1mm à 2 mm de diamètre (Fig. 27).</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 27. Aspect des colonies sur gélose Mac-Conkey</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bacille isolés, Gram négatif (Fig. 28).</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 28. Aspect des Bacilles Gram (-)</b></p>  |
| <p><b>Chapman</b></p>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Petite, opaque, lisse, bombée, à contour régulier, de couleur blanche (Fig. 29).</li> <li>- Bombée, lisse, à contour régulier, jaunâtre avec virage de couleur du milieu entourant les colonies au jaune brillant.</li> <li>- Bombée, lisse, à contour régulier, blanche avec virage de couleur du milieu entourant les colonies au jaune brillant.</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 29. Aspect des colonies blanches sur gélose Chapman</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocci groupées en amas, Gram positif (Fig. 30).</li> <li>- Cocci groupé en monocoque ou diplocoque, Gram positif.</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 30. Aspect des Cocci en amas Gram (+)</b></p> |
| <p><b>Viande foie (VF)</b></p> | <p>Culture négative</p>  | <p>-</p>   |

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
| <p><b>GNAB</b></p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Petite, régulière, blanchâtre, 1-2 mm de diamètre.</li> <li>- Irrégulière, creux, opaque, 1-2 mm de diamètre.</li> <li>- Bombé, opaque, brillante, à contour régulier (Fig. 31).</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 31. Aspect des colonies sur gélose GNAB</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocci groupé en amas, Gram positif.</li> <li>- Cocci isolé, Gram positif.</li> <li>- Cocci en tétrade ou diplocoque, gram négatif (Fig. 32).</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 32. Aspect des Cocci Gram (+)</b></p> |
| <p><b>Héctoèn</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Petites colonie a contours régulier, soit pigmenté en:             <ul style="list-style-type: none"> <li>-vert ou bleu vert pour les germes lactose négatif.</li> <li>- jaunes quand le lactose est positif (milieu jaune) (Fig. 33).</li> </ul> </li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 33. Aspect des colonies jaunes sur gélose Héctoèn</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bacilles isolés, Gram négatif.</li> <li>- Coccobacilles, Gram négatif (Fig. 34).</li> </ul>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 34. Aspect des coccobacilles Gram (-)</b></p>   |



|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| <p><b>BCP</b></p> | <p>- Bombé, transparente, de contour régulier, 0,8-1 mm de diamètre (Fig. 35).</p>  <p>Fig. 35. Aspect des colonies rose sur gélose BCP</p> | <p>- Coccobacille, Gram négatif (Fig. 36).<br/>- Bacilles isolés, Gram négatif.</p>  <p>Fig. 36. Aspect des bacilles Gram (-)</p> |
| <p><b>SS</b></p>  | <p>Culture négative</p>  | <p>-</p>   |

### 1.2.3. Résultats et identification biochimique

L'étude biochimique nous a permis d'identifier des espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et d'autres espèces bactériennes non Enterobacteriaceae dans l'eau de mer. Les résultats sont représentés dans les tableaux 15 et 16 et dans les figures 37 et 38.

Tab. 15. Résultat et identification biochimique par galerie API20E.

| API20E | Milieu           | Numéraux de code | Espèce                                  |
|--------|------------------|------------------|---|
| 01     | } Gélose GNAB    | { 7746773 }      | <i>Salmonella choleraesuis angionae</i> |
| 02     |                  | { 7746773 }      |   |
| 03     |                  | { 7756773 }      |   |
| 04     | Gélose Hektoën   | 3306537          | <i>Aeromonas hydrophila</i>             |
| 05     | Gélose Nutritive | 3345521          | <i>Citrobacter freundii</i>             |

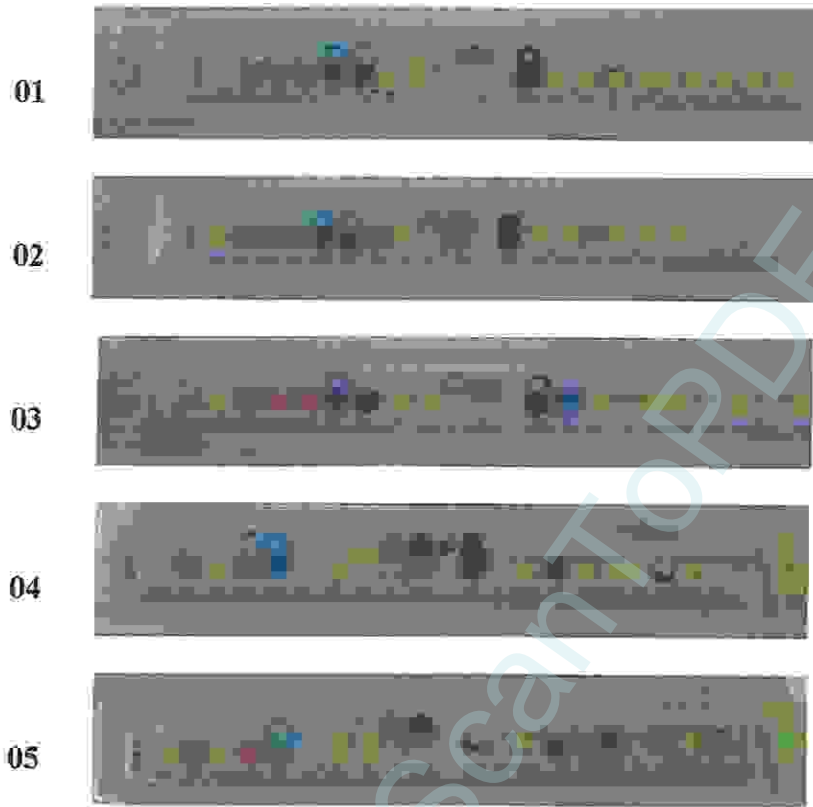


Fig. 37. Profil biochimique des résultats et identifications biochimiques par API20E.

Produced with Scantopdf

Tab. 16. Résultat et identification biochimique par la galerie classique.

| Milieu  | Cit | Man | Mob | Lac | Glu | H <sub>2</sub> S | Gaz | Uré | Ind | Nit | VP | RM | Espèce                        |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-------------------------------|
| Hektoën | -   | +   | -   | +   | +   | -                | +   | -   | +   | +   | -  | +  | <i>Escherichia. coli</i>      |
| Hektoën | +   | +   | +   | +   | +   | +                | +   | +   | +   | +   | -  | +  | <i>Proteus mirabilis</i>      |
| GNAB    | +   | +   | -   | +   | +   | -                | +   | +   | +   | -   | -  | +  | <i>Enterococcus. faecalis</i> |
| GNAB    | +   | +   | +   | +   | +   | -                | +   | -   | +   | -   | -  | +  | <i>Escherichia. coli</i>      |
| BCP     | -   | +   | -   | +   | +   | +                | +   | -   | -   | -   | +  | -  | <i>Enterobacter doacae</i>    |
| Mac     | -   | +   | +   | +   | +   | -                | +   | +   | +   | +   | +  | -  | <i>Yersinia. kristensenii</i> |

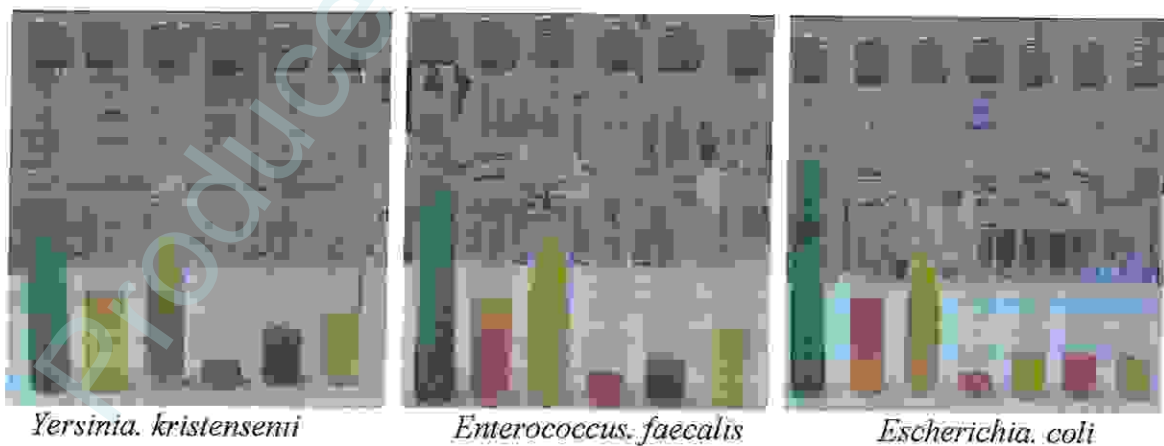


Fig. 38. Résultats de la galerie classique.

## 2. Paramètres physico-chimiques

### 2.1. La température :

La température est une mesure momentanée, qui dépend de l'heure de prélèvement et du lieu.

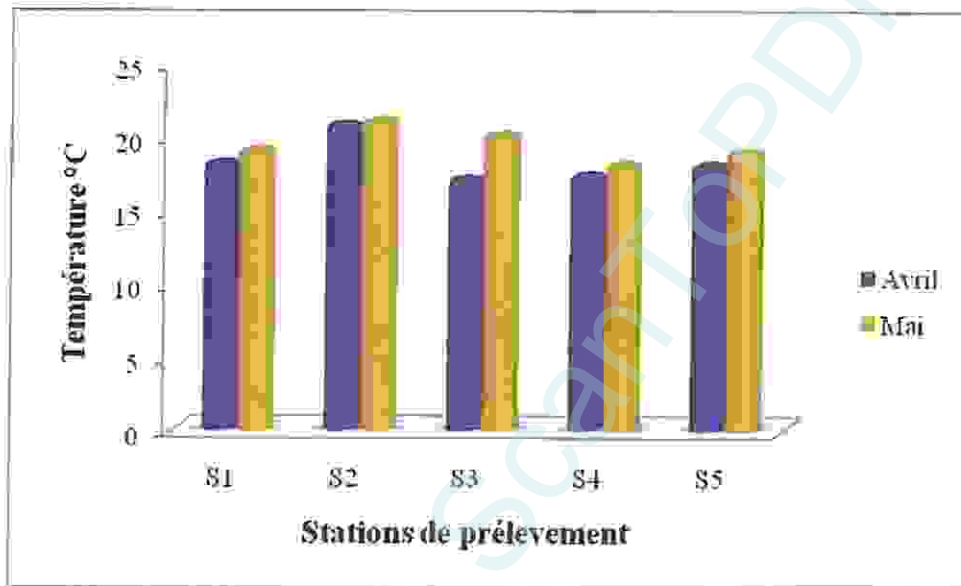


Fig. 39. Variations spatio-temporelles de la température de l'eau

Les résultats représentés dans la figure ci-dessus montrent que les valeurs de la température varient entre 17°C (station S2) et 21°C (station S3).

Les températures de l'eau enregistrée traduisent une qualité normale à bonne, selon la grille d'appréciation de la qualité des eaux (Annexe 2).

### 1.2. Le pH :

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques.



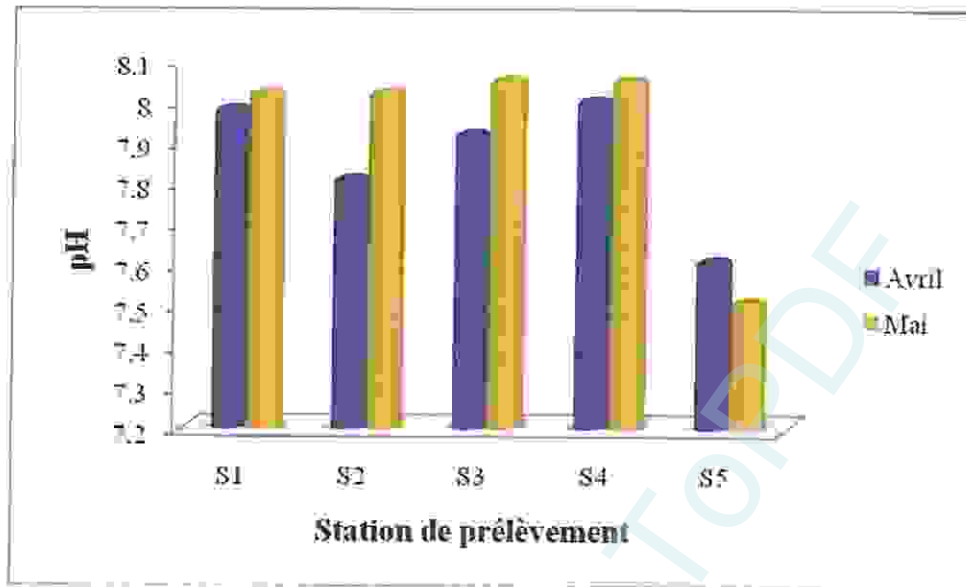


Fig. 40. Variations spatio-temporelles du pH.

Toutes les stations ont des valeurs qui oscillent au alentour de la neutralité ; entre 7.61 la valeur minimale noté pour la station (S5), et 8.05 valeur maximale enregistrée pour les deux stations (S3) et (S4) pendant le mois de mai.

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau, nous permet de conclure que l'eau est de bonne qualité (de 6,5 et 8,5) (Annexe 2).

### 2.3. Les matières en suspension (MES) :

Toutes les eaux superficielles contiennent des matières en suspension et des teneurs de quelques mg/l qui ne posent pas de problèmes majeurs. Leurs teneurs et leurs compositions minérales et organiques sont très variables.

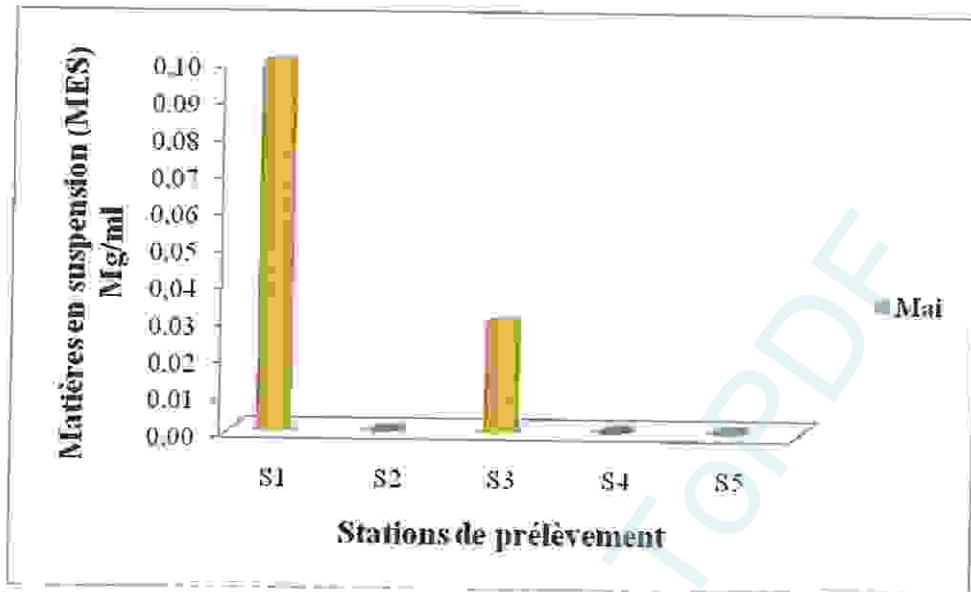


Fig. 41. Variations des MES.

Cette analyse a été réalisée uniquement pendant le mois de mai 2011.

Les taux des MES sont élevés dans les stations (S1) et (S3). Le maximum a été enregistré dans la 1<sup>er</sup> Station (0.01 mg/ml).

#### 2.4. Les TDS:

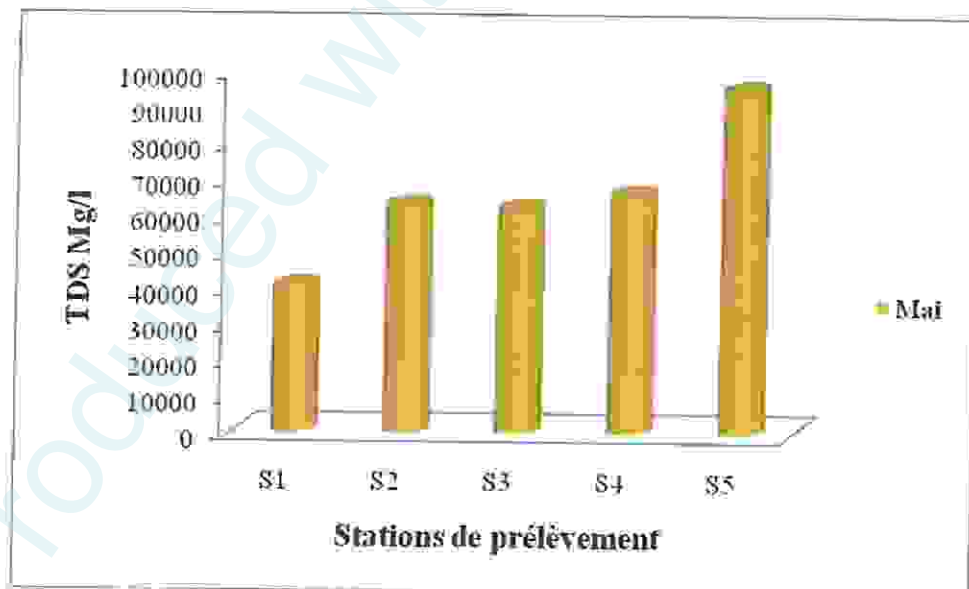


Fig. 42. Variations des TDS.

Les taux des TDS mesurés affichent des valeurs variant entre 4000 mg/l au niveau de la station S1 et 100000 mg/l au niveau de la station S5, ce qui prouve que une minéralisation continue de ces milieux.

# Conclusion

Produced with Scantopdf

Au cours de notre étude, bien que courte et non détaillée, nous avons pu déduire que les plages urbaines de la ville de Annaba (El-Kettara et Saint-Cloud) sont plus polluées que la plage de Djenane El-bey, car elles reçoivent les eaux usées de la ville qui sont souvent déversées directement sans traitement préalable. Au niveau de ces pages, nous avons dénombré des taux assez élevés de bactéries (coliformes, coliformes fécaux et streptocoques D), qui témoignent des risques pour les personnes fréquentant ces milieux. Au niveau de ces biotopes largement fréquentés durant la période estivale, nous avons aussi isolé un bon nombre de bactéries capables de causer des maladies et de ce fait elles peuvent constituer un fléau de santé publique tel que les *Salmonella*, *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Yersinia* et *Enterococcus*.

De ce fait, un contrôle rigoureux des eaux de ces plages doit être réalisé au cours de tout le cycle annuel et par des gens spécialisés, ce qui permettra une bonne biosurveillance de ces écosystèmes. L'installation d'une station d'épuration des eaux ménagères et des eaux industrielles s'impose afin d'éviter tout risque de contagion et de pollution dont les conséquences sont souvent irréversibles.



### **Perspectives :**

En général, dans les études de l'évaluation des impacts de pollution sur les milieux aquatiques il ne s'agit pas seulement de faire un constat de l'état dans lequel se trouvent les eaux du littoral, mais il faut également proposer des solutions en termes de perspectives d'avenir. Pour cette raison, il s'avère intéressant de:

- 1- Traiter préalablement les rejets industriels avant leur évacuation.
- 2- Réaliser des investissements de dépollution ou d'économie de ressources et une introduction des dimensions environnementales dans l'activité des entreprises industrielles et artisanales.
- 3- Consolider les capacités des appliquant des lois par la mise en place des stations d'épuration et assurer leur gestion.
- 4- Renforcer la coordination entre les réseaux des surveillances locaux et nationaux pour un suivi continu et plus rigoureux.
- 5- Mettre en œuvre des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme en réhabilitant la police des eaux et la police de l'urbanisme.
- 6- Mener ; avec rigueur ; les enquêtes de commodo et d'incommodo concernant toute implantation d'activité proches du littoral.
- 7- Mettre en place un système de classement des zones sensibles pour déterminer une « note santé publique », une « note biodiversité et habitat » et une « note valeur socioéconomique », ce système est un moyen d'établir un ordre de priorité de ces zones et d'identification des interventions prioritaires.
- 8- Intégrer différentes disciplines scientifiques et associé leurs résultats aux décisions des gestionnaires.



# *Références bibliographiques*

**Afri-Mehennaoui F.Z., (1998).** Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de Magister en Ecologie. Université de Mentouri de Constantine. 238p.

**Afroun., (2004).** MILIANA, Le Joyau au bord du Temps Reportage : El Kadi IHSANE Photographie : Hassina AFROUN« TASSILI ». Régie Sud Méditerranée – Alger

**Agrigon A., (2000).** Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. DUNOD. 206p.

**Ait Kaci S. et Hamdi M.S.,(2008).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous". DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L)

**Alain A. et Roger K., (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses *Quae*, 336p.

**Aouissi A., Fouzari A. et Meziane N., (2007).** Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.

**Archibald F., (2003).** Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. 3p.

**Ayada M., (2003).** Caractères physico-chimiques et impact des apports terrigènes et anthropiques sur la biomasse phytoplanctonique dans la baie d'Annaba. Mémoire de Magister en science de la mer. Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie. 71p.

**Azizi D., (2006).** Cours national de microbiologie des eaux et des aliments. Institut Pasteur d'Algérie.

**Barbault R., (2001).** Ecologie générale structure et fonctionnement de la biosphère. 5<sup>ème</sup> édition DUNOD.

**Bedrani S., Ababsa S. et Chehat F., (2004).** L'agriculture Algérienne en 2000, une révolution tranquille : le PNDA. Rev. Prospectives agricoles n°1 2001, *INRAA* Alger.

**Belabed B.E. ; Djabourabi et Mourad B., (2008).** Teneurs en Plomb, Cadmium, Mercure et Zinc relevée dans la chair de la moule, *Perna perna*, dans le littoral d'Annaba. Revue des sciences et de la Technologie, synthèse n°18 ; université Badji Mokhtar: Annaba. 192p.

**Belabed B.E., (2010).** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Mémoire de Doctorat en science de la mer. Université Badji-Mokhtar, Annaba. 230p.

**Blackwood C.M., (1987).** L'eau dans les usines de traitement du poisson. Food & Agriculture org, 80p

**Boucherit K. ; Kadi K. et Dafri F., (2009).** Caractérisation microbiologique et physico-chimique de l'eau durant un traitement au niveau de la STEP de la ville de Guelma. Mémoire de l'Ingénieur d'état. Université 08 Mai 1945, Guelma. 89p.

**Boughlem H., (1997).** Contribution à l'étude de la macrofaune benthique dans un milieu perturbé (la petite darse du port d'Annaba). Mémoire d'études supérieures, option : océanologie Université Badji-Mokhtar. Annaba, 59p.

**Boukrouma N., (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El-Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 64p.

**Boukroune H., (2008).** Contribution à l'étude biologique du pouvoir auto-épuration de l'eau : cas du marais d'El-Kennar. Mémoire de Magister. Université de Jijel. 119p.

**Bourgeois C.M. et Leveau J.Y., (1980).** Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. *APRIA*. 331p.

**Brémond R. et Perrodon C., (2008).** Aspects qualitatifs : Définition et mesure des pollutions.



**Bricha S., Omene K., Oulkheir S., El Haloui N. et Attarassi B., (2007).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M<sup>n</sup>asra (Maroc). *Afrique Sciences*, 404p.

**Brisou J.F. et Denis F., (1980).** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. *Masson*. 206p.

**Camille D., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. *Tec et Doc* 156 p.

**Carbonnelle D. et Kouyoumdjian S., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. *Méd. Mal. Inf.* 251 p.

**Carmouze J.P., d'Élia Sampaio C. et Domingos S., (1994).** Évolution des stocks de matière organique et de nutriments dans une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Hydrobiol. trop.* 27: 217-234.

**Castany G., (1982).** Hydrogéologie principes et méthodes, édition *DUNOD*.

**Communauté Européenne, (2000).** Directive Européenne/ Journal officiel de la communauté européenne du 23 octobre 2000 sur la politique de l'eau.

**Chaouch R., (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba: aspect physico-chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 105p.

**Chocat B., (1997).** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Technique et Documentation. 121p.

**Coulibaly K., (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie. Université de Bamako. 69p.

**Dajoz R., (2000).** Précis d'hydrologie. 7<sup>ème</sup> édition *DUNOD*, 300p.

**Debieche T.H., (2002).** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote, les métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse Nord –Est algérienne. Thèse de doctorat. Université de Constantine. 235p.

**Dégrément, (1998).** Mémento technique de l'eau 8ème édition *TecetDoc*. Paris 986p.

**Dekimpe C. et Giddings M., (2001).** Elément nutritifs-Azote et Phosphore in Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Rapport n°1. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE.

**Derdour H., (1983).** ANNABA 25 siècle de vie quotidienne et de luttes. 2<sup>ème</sup> édition. 80p.

**DDS/Guelma., (2004).** La direction de la santé de la wilaya de Guelma.

**Durfour P., (1997).** Les pollutions nature. Importance et origine. édition environnement et ressources aquatiques du Cote d'Ivoire.

**Emberger L., (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci.* Montpellier, série botanique: 343p.

**FAO, (2005).** Assurance de qualité des produits de la pêche. Document technique sur les pêches n°334. FAO., Rome, Italie.

**Farheti H., (2007).** Les Copépodes parasites chez 04 espèces de poissons Téléostéens (Sparidae, Mullidae) pêchées dans le golfe d'Annaba (Algérie) Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar, Annaba. 120p.

**Faurie C. ; Ce ferra ; Déveaux J. et medortP., (1998).** Ecologie approche scientifique et pratique ; 4<sup>ème</sup> édition.

**Françoi R., (1995).** Elément d'écologie : Ecologie appliqué. 6<sup>ème</sup> édition. *ediscience international*. 863p.

**Gaid A., (1984).** Epuration des eaux usées urbaine. Edition *OPU* Alger.

**Genin B. ; Cauvin C. et Menarod Educagris F., (2003).** Cours d'eau et indice biologique. Pollution. Méthodes IBGN ; édition *educagris*.

**Gérard M., (2003).** La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Rapport. Office parlementaire d'Evaluation des Choix scientifiques et Technologiques.

**Ghanem R., (2009).** Préservation du patrimoine forestier contre le dépérissement: cas des subéraies de l'Edough Annaba, Mémoire de Master, Université BadjiMoukhtar Annaba 68p.

**Guiraud J. P., (1998).** Microbiologie alimentaire. *DUNOD*. France. 652p.

**Habila S., (2008).** Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement : effets ecotoxicologiques.

**Hakmi A., (2002).** Traitement des eaux "analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de Magister. Université des sciences et de la technologie Oran. 71p.

**Halpern B.S., Walbridge S., Selkoe K.A., Kappel D.V., Micheli F., D'Agrosa C., Bruno J.F., Casey K.S., Ebert C., Fox H.E., Fujita R., Heinemann D., Lenihan H.S., Madin E.M.P., Perry M.T., Selig E.R., Spalding M., Steneck R. et Watson R., (2008).** A Global Map of human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 15 February 2008: Vol. 319. no.5865, pp.948-952.

**Herbet S. et Lecar B., (2000).** Suivi de la qualité des rivières et des petits cours d'eau. Québec ; direction des suivis de l'état de l'environnement. Ministère de l'environnement, rapport n°=QE.123.24.

**Hidouci S., (2009).** Qualité bactériologique des eaux du golfe d'Annaba. Mémoire de Magister en science de la mer. Université Badji-Moukhtar, Annaba. 132p.

**Hilliard C. et Reedyk ARAP S., (2000).** Les meilleures pratiques de la gestion agricole la qualité de l'eau son compte.

- Institut Pasteur, (1978).** Les milieux et réactifs de laboratoire Pasteur. Publifab.575p
- Jackson R.E., (1980).** Pollution et protection des aquifères. Edition *UNESCO*.
- Jean., (2004).** Analyse d'eaux et d'eaux usées. *CIRAD*. (12). 1-3.
- Kacemie M., (2006).** Protection du littoral en Algérie entre politique et pouvoirs locaux, Vertigo- le revue électronique en science de l'environnement volume 7numéro 3.
- Kan E. et Strelffe T., (2002).** Compagne suis de réassurance zuriche.
- Khammar H., (2007).** Caractères chimiques des effluents urbains, introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magister, université Badji Mokhtar, Annaba, 130p.
- Labres et Mouffok F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. *Institut Pasteur d'Algérie*. 53p.
- Lacaze J.C., (1996).** L'eutrophisation des eaux marine et continentales. Edition Ellipses.
- Lacoste, Y. (2008).** L'eau dans le monde .Larousse, 2ème édition 128 pages.
- Lahlab N., (2011).** Traité d'histoire de vie et régime alimentaire chez les Hirondelles de fenêtre (*Delichonurbicameridionalis*) dans le Nord-Est algérien. Mémoire de Doctorat en écologie des systèmes terrestres et aquatiques. Université Badji-Mokhtar, Annaba. 212 p.
- Larpent J.P., (1998).** Microbiologie alimentaire. Edition *TEC et DOC*.
- Lebres E. ; Azizi D. ; Hamza A. ; Taleb F. et Taouchichet B., (2002).** Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer. Institut Pasteur d'Algérie.
- Lebres E. ; Azizi D. et Boudjellab B., (2006).** Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux ; Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie.



- Lebres E., (2004a).** Entérocoques et Streptocoques. Institut Pasteur d'Algérie.
- Lebres E., (2004b).** Les *Salmonella*. Institut Pasteur d'Algérie.
- Lebres E., (2004c).** Identification biochimique des micro-organismes, Institut Pasteur d'Algerie.
- Leclerc, (1996).** Microbiologie générale. *Doim*. 368p.
- Lightfoot N.F. et Maier E.A., (1998).** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau: directives pour l'assurance qualité. Contemporary Publishing International-GB Science Publisher, 350p.
- Lugub B., (1999).** L'eau et ses enjeux. Editin fondation de la maison de chimie.
- Mamadou L-N., (2005).** Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d'étude supérieure en sciences naturel de l'environnement. Université de Badji Mokhtar, Annaba, 120p.
- Margat J., (2004).** Plan Blue, L'Eau des Méditerranéens: Situation et Perspectives, Athènes, PAM(MAP Technical Report Series, no 138).
- Matte J.L. et Smarmée C.R., (2002).** La qualité des eaux de lorraine. Edition *DIREN*: Lorraine.
- Mayat S., (1994).** Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, *Edisem*, 195p.
- Mazieres J.; Richard B. et Mazières S., (1980).** Une méthode de recherche rapide des coliformes fécaux dans les eaux de mer et les coquillages. *Rc. Trav. Inst. Pêchesmarit.*(3). 289-293.
- Menesguen, (1990).** The response of Coastal Eutrophication marine transitional system to human impact: Problems and perspectives for restoration. 21 -24 mars, Bologne (Italie). *Sci. Total Environ. (suppl.)*: 979-992.

- Merzoug S.E., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 08Mai 1945 Guelma, 119p.
- Metiche M., (2004).** Environnement phénomènes de pollution et techniques de protection. Centre universitaire de Bachar.
- Meybeseck M.; Helmer R.; Förstner U. et Chilton J., (1989)** Global waters quality assessment. Chapter 19. In : *Global Assessment of Fresh Waters Quality - A first Assessment*, Basil Blackwell, press, Oxford, 271-292.
- Mouffouk F., (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer, institut Pasteur d'alger. 40p.
- Moumouni M. et Djermakoye H., (2005).** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat, Université de Bamako. 135p.
- Nehili F., (1997).** Conditions physicochimiques et cartographie sédimentaire des petits fonds du secteur Est de la baie d'Annaba. Mémoire d'études supérieures en océanologie. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 54p.
- Pechère J. C. ; Acar J. ; Grenier B. et Nihoul E., (1982).** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4<sup>ème</sup> édition. *Edisem ST-Hyacinthe. Québec.* 509p.
- Permo et Jacques Mayet., (1994).** La pratique de l'eau : Traitement de l'eau au point d'utilisation, Comportement de l'eau dans les installations, Origine des désordres et solutions », 2eme édition, 17, Rue d'Uzès-74002 Paris, Le moniteur.
- Pilet C., (1987).** Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. *Doim.* 371p.
- Prescott H., (2003).** Microbiologie. De Book & Larciens. a. 842p.

**Protais J. ; Nagard B. ; Boscher E. ; Queguiner S. ; Beaumont C. et Salvat G., (2003).** Evolution d'une contamination par salmonella enteritidis chez deux lignées de pondeuses vaccinées en période d'élevage. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole. *Cneva*. 1-4.

**Ramade F., (1993).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. *Science Internationale*. Paris, 822p.

**Ramade F., (2002)** Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement ; 2<sup>ème</sup> édition DUNOD.

**Regam A.,(2010).** Evaluation de la Qualité Physico – Chimique et Bactériologiques desEaux Potables : Cas de la Station de Traitement de HammamDebagh–Guelma , Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma, 75p.

**Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux- Aspects réglementaires et techniques , Biologie technique CRDP d'aquitaine. 358p.

**Rodier J., (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition.DUNOD. Paris, 1383p.

**RodierJ., (1971).** La protection des eaux contre la radioactivité. Bulletin de l'Association pharmaceutique française pour l'hydrologie. (15).1- 40.

**Rodier J., (1984).** L'analyse de l'eau. DUNOD.Paris,1365p.

**Rodier J., (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. . 8<sup>ème</sup> éditionDUNOD. 1384p.

**Rodier J., (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition, DUNOD.Paris,1579p.

**Rouaiguia M., (2010).** *Qualité micrbiologique de l'eau de OuedMessida*. Mémoire de master 2, Université 8 mai 1945 Guelma. 78p.

**Roux., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. NOVELLO Célia. IUP SIAL, Université Paris 12p.

**Sayad L., (2008).** Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf): Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba. 125p.

**Tandia C.T., (2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. *CREPA*. (3). 1-52.

**Tuffery C., (1980).** Incidence écologique de pollution. Edition *peson*.

**Vaissiere R. et Fredj G., (1963).** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Int. Océanogr. Monaco*. 60 (1272), 83 p, 5 cartes.

### **Web graphie :**

(1). **S.O.W.A. 2011.** Site Officiel de la Wilaya d'Annaba. (04/2011).

[www.wilaya-annaba.org](http://www.wilaya-annaba.org)

(2). **DHWA, 2008.** Direction d'hydraulique wilaya d'Annaba. (04/2011).

(3). **Google Earth, 2011.** Europa Technologies. Tele Atlas.

[www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)(05/2011).



## Résumé

Au cours des deux mois de notre étude (avril et mai 2011), nous avons isolé des trois plages de la ville d'Annaba (Saint Cloud, El-Kettara et Djenane El bey) un bon nombre de microorganismes considérés comme pathogènes, à savoir : *Salmonella*, *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Yersinia* et *Enterococcus*. La présence d'*E.coli* est omniprésente dans les trois milieux.

Le dénombrement microbien a révélé des taux élevés de bactéries coliformes, coliformes fécaux et streptocoques fécaux surtout dans les plages urbaines (Saint Cloud et El-Kettara). Ces derniers sont largement fréquentés durant la période estivale par de nombreux vacanciers.

**Mots clés :** Qualité microbiologique, pollution de l'eau, contamination fécale, physico-chimie, plages de la ville Annaba

Produced with Scantopdf

## Abstract

During the two months of our study (April and May 2011), we isolated from three beaches in the city of Annaba (St. Cloud, El-Kettara and Djenane El Bey) a number of pathogenic microorganisms considered, namely: *Salmonella*, *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Yersinia* and *Enterococcus*. The presence of *E. coli* is ubiquitous in all three media.

The microbial count revealed elevated levels of coliform bacteria, fecal coliforms and fecal streptococci quite high especially in urban beaches (St. Cloud and El-Kettara). They are widely popular during the summer by many vacationers.

**Key words:** Quality microbiology, pollution of water, fecal contamination, physico - chemistry, beaches in the city of Annaba

Produced with Scantopdf

## الملخص

خلال شهرين (أفريل و ماي 2011) من دراستنا لثلاثة شواطئ في مدينة عنابة (رزقي رشيد ؛ القطارة و جنان الباي) تمكنا من عزل عدد معتبر من الكائنات الحية الدقيقة التي تعتبر مسببة للأمراض ، وهي : السالمونيلا ، Aeromonas ، الليمونية ، يرسينيا ومكور معوي. أما البكتيريا القولونية فهي موجودة في الأوساط الثلاث.

كشفت العد الميكروبي وجود نسبة عالية جدا من البكتيريا القولونية ، القولونيات البرازية والعقديات البرازية خاصة في الشواطئ الحضرية و العمرانية (رزقي رشيد ؛ القطارة). وهي تحظى بشعبية على نطاق واسع خلال فصل الصيف من قبل العديد من المصطافين.

الكلمات المفتاحية : النوعية الميكروبيولوجية، التلوث المائي، تلوث برازي، الفيزيو كيميائية شواطئ مدينة عنابة

# Annexes

Produced with ScantopDF



Tab. 17. Evolution du nombre des coliformes totaux.

|              | Station1        | Station2   | Station3     | Station4      | Station5       |
|--------------|-----------------|------------|--------------|---------------|----------------|
| <b>Avril</b> | 140000<br>CT/ml | 3500 CT/ml | 140000 CT/ml | 1100<br>CT/ml | 20000<br>CT/ml |
| <b>Mai</b>   | 140000<br>CT/ml | 3000 CT/ml | 700 CT/ml    | 600 CT/ml     | 300 CT/ml      |

Tab. 18. Evolution du nombre des coliformes fécaux.

|              | Station1        | Station2   | Station3        | Station4  | Station5   |
|--------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|------------|
| <b>Avril</b> | 140000<br>CF/ml | 1800 CF/ml | 280000<br>CF/ml | 700 CF/ml | 9500 CF/ml |
| <b>Mai</b>   | -               | -          | -               | -         | -          |

Tab. 19. Evolution du nombre des Streptocoques fécaux.

|              | Station1    | Station2   | Station3   | Station4  | Station5   |
|--------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|
| <b>Avril</b> | 22000 SF/ml | 1100 SF/ml | 1600 SF/ml | 700 SF/ml | 4500 SF/ml |
| <b>Mai</b>   | 700 SF/ml   | 0 SF/ml    | 0 SF/ml    | 0 SF/ml   | 0 SF/ml    |

Tab. 20. Evaluation de la température.

|              | Station1 | Station2 | Station3 | Station4 | Station5 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Avril</b> | 18.1     | 20.7     | 17       | 17.3     | 18.0     |
| <b>Mai</b>   | 19       | 21       | 20       | 18       | 18.9     |

Tab. 21. Evaluation du pH.

|              | Station1 | Station2 | Station3 | Station4 | Station5 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Avril</b> | 7.98     | 7.81     | 7.92     | 8.00     | 7.61     |
| <b>Mai</b>   | 8.02     | 8.02     | 8.05     | 8.05     | 7.51     |

Tab. 22. Evaluation de La matières en suspension (MES).

|            | Station1   | Station2   | Station3   | Station4   | Station5   |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Mai</b> | 0.10 Mg/ml | 0.00 Mg/ml | 0.03 Mg/ml | 0.00 Mg/ml | 0.00 Mg/ml |

Tab. 23. Evaluation de taux des sels dissous (TDS).

|            | Station1   | Station2   | Station3   | Station4   | Station5   |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Mai</b> | 40560 Mg/l | 62868 Mg/l | 61854 Mg/l | 65910 Mg/l | 94978 Mg/l |

Tab. 24. Réserve d'eau de l'hydrosphère. (Rejsek, 2002).

| Réservoirs                 | Volume ( $10^{15} \text{ m}^3$ ) | % Total    |
|----------------------------|----------------------------------|------------|
| Océans                     | 1350                             | 97         |
| Glaciers                   | 33                               | 2,4        |
| Eaux souterraines          | 8                                | 0,6        |
| Lacs                       | 0,1                              | <0,01      |
| Eaux dans le sol           | 0,070                            | <0,01      |
| Eaux dans l'atmosphère     | 0,013                            | <0,001     |
| Eaux superficielles        | 0,0017                           | 0,0001     |
| Eaux de la matière vivante | 0,0011                           | 0,0001     |
| <b>Total</b>               | <b>1391</b>                      | <b>100</b> |

Tab. 25. Tableau de Mac CRADY. (Mouffok, 2001).

| 3 tubes par dilution   |                    |                        |                    |                        |                    |
|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Nombre caractéristique | Nombre de cellules | Nombre caractéristique | Nombre de cellules | Nombre caractéristique | Nombre de cellules |
| 000                    | 0,0                | 201                    | 1,4                | 302                    | 6,5                |
| 001                    | 0,3                | 202                    | 2,0                | 310                    | 4,5                |
| 010                    | 0,3                | 210                    | 1,5                | 311                    | 7,5                |
| 011                    | 0,6                | 211                    | 2,0                | 312                    | 11,5               |
| 020                    | 0,6                | 212                    | 3,0                | 313                    | 16,0               |
| 100                    | 0,4                | 220                    | 2,0                | 320                    | 9,5                |
| 101                    | 0,7                | 221                    | 3,0                | 321                    | 15,0               |
| 102                    | 1,1                | 222                    | 3,5                | 322                    | 20,0               |
| 110                    | 0,7                | 223                    | 4,0                | 323                    | 30,0               |
| 111                    | 1,1                | 230                    | 3,0                | 330                    | 25,0               |
| 120                    | 1,1                | 231                    | 3,5                | 331                    | 45,0               |
| 121                    | 1,5                | 232                    | 4,0                | 332                    | 110,0              |
| 130                    | 1,6                | 300                    | 2,5                | 333                    | 140,0              |
| 200                    | 0,9                | 301                    | 4,0                |                        |                    |

Tab. 26. Qualité requise des eaux de mer (Mouffok, 2001).

| Paramètre         | Unités | Valeurs guides | Valeurs limites |
|-------------------|--------|----------------|-----------------|
| Coliformes totaux | / ml   | 50000          | 1000000         |
| Coliformes fécaux | / ml   | 10000          | 200000          |
| Streptocoques     | / ml   | 10000          | -               |

Tab. 27. Normes de salubrité pour les eaux de baignade, concernant *Eschérichia coli* et les Streptocoques fécaux (Brisou et Dennis, 1980) :

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

Tab. 28. Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

| Température | Qualité  | Classe |
|-------------|----------|--------|
| <20°C       | Normale  | 1A     |
| 20°C-22°C   | Bonne    | 1B     |
| 22°C-25°C   | Moyenne  | 2      |
| 25°C-30°C   | Médiocre | 3      |
| >30°C       | Mauvaise | 4      |

Tab. 29. Classifications des eaux d'après leur pH. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

|          |  |
|----------|--|
| pH<5     | Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles |
| pH=7     | pH neutre  |
| 7<pH<8   | Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.                              |
| 5.5<pH<8 | Majorité des eaux souterraines   |
| pH>8     | Alcalinité forte, évaporation intense  |

Tab. 30. Lecture de la galerie miniaturisée API 20E (Lightfoot et Maier, 1998).

| Tests                 | Substrat                      | Caractère recherché           | Résultats                  |                       |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|
|                       |                               |                               | Négatif                    | Positif               |
| <b>ONP<br/>G</b>      | Ortho-nitro-phenylgalactoside | Beta-galactosidase            | incolore                   | jaune                 |
| <b>ADI</b>            | Arginine                      | Arginine dihydrolase          | Jaune                      | Rouge/orangé          |
| <b>LDC</b>            | Lysine                        | Lysine décarboxylase          | Jaune                      | Orangé                |
| <b>ODC</b>            | Ornithine                     | Ornithine décarboxylase       | Jaune                      | Rouge/orangé          |
| <b>CIT</b>            | Citrate de sodium             | Utilisation du citrate        | Vert pâle/jaune            | Bleu-vert/vert        |
| <b>H<sub>2</sub>S</b> | Thiosulfate de sodium         | Production d'H <sub>2</sub> S | Incolore/grisâtre          | Dépôt noir/fin liseré |
| <b>URE</b>            | Urée                          | Uréase                        | Jaune                      | Rouge/orangé          |
| <b>TDA</b>            | Tryptophane                   | Tryptophane désaminase        | <b>TDA / Immédiat</b>      |                       |
|                       |                               |                               | Jaune                      | Marron foncé          |
| <b>IND</b>            | Tryptophane                   | Production d'indole           | <b>IND / 2 mn, maxi</b>    |                       |
|                       |                               |                               | Jaune                      | Anneau rouge          |
| <b>VP</b>             | Pyruvate de                   | Production d'acétoïne         | <b>VP 1 + VP 2 / 10 mn</b> |                       |



|                |                     |  |                               |                           |
|----------------|---------------------|--|-------------------------------|---------------------------|
|                | sodium              |  | incolore                      | Rosé-rouge                |
| <b>GEL</b>     | Gélatine de Kohn    | Gélatinase                                       | Non diffusion                 | Diffusion du pigment noir |
| <b>GLU</b>     | Glucose             | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>MAN</b>     | Mannitol            | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>INO</b>     | Inositol            | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>SOR</b>     | Sorbitol            | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>SOR</b>     | Sorbitol            | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>RHA</b>     | Rhamnose            | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>SAC</b>     | Saccharose          | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>MEL</b>     | Melibiose           | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>AMY</b>     | Amygdaline          | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>ARA</b>     | Arabinose           | Fermentation/oxydation                           | Bleu/bleu-vert                | Jaune                     |
| <b>Ox</b>      | Sur papier filtre   | Cytochrome-oxydase                               | <b>Ox / 5-10 mn</b>           |                           |
|                |                     |  | incolore                      | Anneau violet             |
| <b>NO3-NO2</b> | Tube GLU            | Production de NO2<br>Réduction au stade N2       | <b>NIT 1 + NIT 2 / 2-3 mn</b> |                           |
|                |                     |  | Jaune                         | Rouge                     |
|                |                     |  | <b>Zn</b>                     |                           |
|                |                     |  | Rouge                         | Jaune                     |
| <b>MOB</b>     | Microscopé          | Mobilité   | Immobile                      | Mobile                    |
| <b>MAC</b>     | Milieu de MacConkey | Culture sur                                      | Absence                       | Présence                  |
| <b>OF</b>      | Glucose             | Fermentation : sous huile<br>Oxydation : à l'air | Vert<br>Vert                  | Jaune<br>Jaune            |
| <b>CAT</b>     |                     | Possession d'une catalase                        | <b>H2O2 / 1-2 mn</b>          |                           |
|                |                     |  | Pas de bulles                 | Bulles                    |