

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE.

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

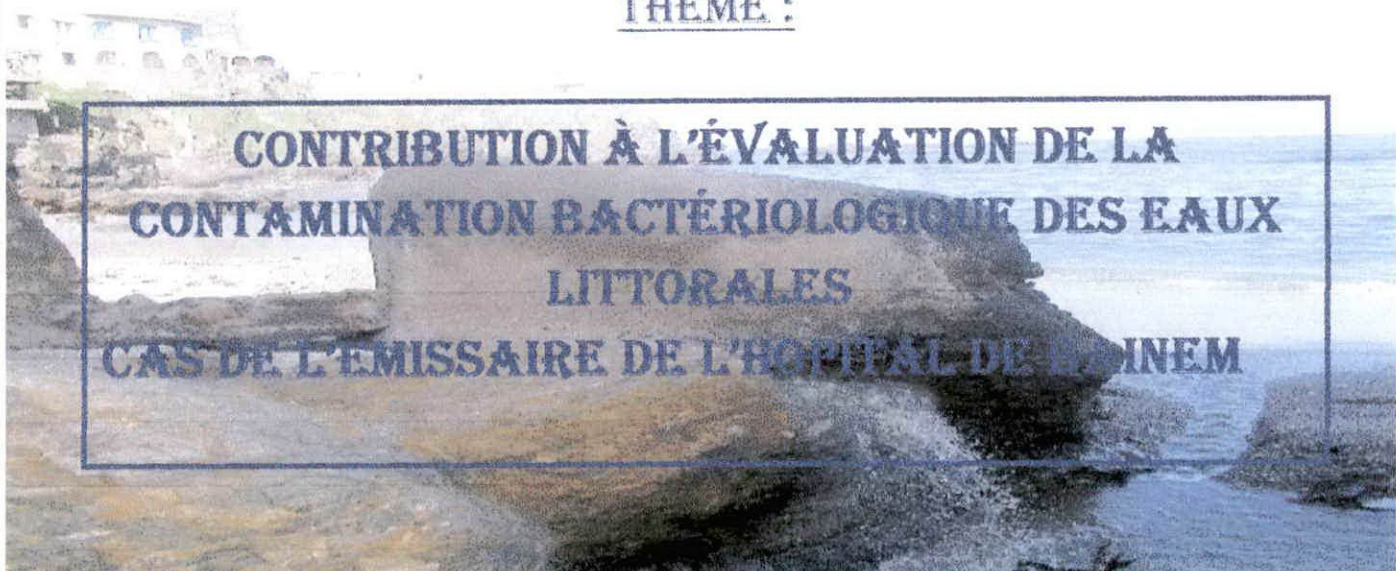
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL.

*(I.S.M.A.L)*

*MÉMOIRE : EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN SCIENCES DE LA MER.*

*OPTION : ENVIRONNEMENT LITTORAL*

THEME :



**CONTRIBUTION À L'ÉVALUATION DE LA  
CONTAMINATION BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX  
LITTORALES  
CAS DE L'EMISSAIRE DE L'HÔPITAL DE BORDJ BOU  
MELAL**

Présenté par :

**AZZOUG MOUFAK  
LAMANI KAHINA.**

Soutenus le : 22 Septembre 2005 devant le jury composé de :

<b>Mr. BELKESSA R.</b>	<b>(Chargé de cours ISMAL)</b>	<b>Président.</b>
<b>Mme. BOUBCHICHE Z.</b>	<b>(Chargé de cours ISMAL)</b>	<b>Promotrice.</b>
<b>Mme. GHALMI R.</b>	<b>(Maître assistante ISMAL)</b>	<b>Co-promotrice.</b>
<b>Melle. AMROUCHE L.</b>	<b>(Maître assistante ISMAL)</b>	<b>Examinatrice.</b>
<b>Mme. AMALOU F.</b>	<b>(Maître assistante ISMAL)</b>	<b>Examinatrice.</b>

*Session 2005*

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

### **Première partie : Partie bibliographique**

1.1) La flore microbienne marine .....	2
1.2) Le comportement des bactéries entériques en mer .....	2
1.2.1) Les microbes libres .....	2
1.2.2) Les formes de résistance .....	3
1.2.3) Les microbes adsorbés .....	3
1.2.4) Les microbes absorbés .....	4
1.3) La pollution microbienne en mer .....	4
1.3.1) Définition des indicateurs de contamination fécale .....	5
1.3.1.1) Les coliformes totaux (CT) .....	5
1.3.1.2) Les coliformes fécaux (CF) .....	6
1.3.1.3) Les streptocoques fécaux (SF) .....	7
1.3.1.4) Les clostridium sulfito-réducteurs .....	7
1.3.1.5) Les salmonelles .....	8
1.3.1.6) Les staphylocoques .....	8
1.3.2) Paramètres physico-chimiques de la pollution .....	9
1.3.2.1) La température .....	9
1.3.2.2) Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	9
1.3.2.3) La salinité .....	9
1.3.2.4) Les matières en suspension (MES) .....	9
1.3.2.5) La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	10
1.3.3) Les normes de rejets .....	10
1.4) L'auto épuration des eaux de mer .....	12
1.4.1) Les facteurs physiques .....	12
1.4.1.1) L'adsorption .....	12
1.4.1.2) La lumière .....	13
1.4.2) Les facteurs chimiques .....	13
1.4.3) Facteurs biologiques .....	13
1.4.3.1) Les bactéries prédatrices .....	13
1.4.3.2) les prédateurs microphages .....	14
1.5) Devenir et évolution d'une pollution bactérienne en milieu marin .....	14
1.5.1) La contamination de l'eau .....	14
1.5.2) La décantation des bactéries .....	14
1.5.3) La contamination du sédiment .....	15
1.6) Impact sanitaire des contaminations microbiennes .....	15
1.6.1) Risques liés à la baignade .....	16
1.6.1.1) Les affections cutaneo-muqueuses .....	16
1.6.1.2) Les affections gastro-intestinales .....	16
1.6.2) Risques liés à la consommation des fruits de mer .....	16
1.6.2.1) Les infections bactériennes .....	17
1.6.2.2) Hépatite virale épidémique .....	17

## Deuxième partie : Matériels et méthodes.

2.1) Présentation de la zone d'étude .....	18
2.1.1) Situation géographique .....	18
2.1.2) Description du site d'étude .....	18
2.1.3) Données climatiques sur la zone d'étude.....	21
2.1.3.1) Les vents.....	21
2.1.3.2) Les houles.....	22
2.1.3.3) Les courants généraux.....	22
2.1.3.4) L'ensoleillement .....	22
2.2) Le choix des stations .....	23
2.3) Les prélèvements .....	24
2.4) Méthodes d'analyses .....	24
2.4.1) Etude Paramétrique .....	24
2.4.1.1) La température.....	24
2.4.1.2) Le potentiel hydrogène (pH) .....	24
2.4.1.3) La salinité .....	24
2.4.1.4) La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	25
2.4.2) L'analyse microbiologique .....	25
2.4.2.1) Dénombrement des Coliformes .....	25
2.4.2.2) Dénombrement des streptocoques fécaux.....	28
2.4.2.3) Recherche des Staphylocoques sur milieu de Chapman gélosé .....	30
2.4.3) Techniques de caractérisation des bactéries recherchées .....	30
2.4.3.1) La coloration de Gram .....	30
2.4.3.2) Test de catalase.....	30
2.4.3.3) Test de coagulase.....	31
2.4.3.4) Test de l'esculinase sur milieu Bile- Esculine-Agar.....	32

## Troisième partie : Résultats et discussion.

3.1) Les paramètres physicochimiques .....	33
3.1.1) La salinité.....	33
3.1.2) La température .....	34
3.1.3) Le potentiel d'hydrogène (pH).....	35
3.1.4) la demande biologique en oxygène ( DBO <sub>5</sub> ) .....	36
3.2) Les paramètres microbiologique.....	37
3.2.1) les coliformes totaux.....	37
3.2.2) les coliformes fécaux.....	38
3.2.3) <i>Escherichia coli</i> .....	39
3.2.4) les streptocoques fécaux .....	40
3.3) Etude du rapport coliformes fécaux / streptocoques fécaux.....	41
3.4) Caractérisation des bactéries recherchées .....	42
3.4.1) Les staphylocoques.....	42
3.4.2) Les coliformes.....	43
3.4.3) Les streptocoques .....	46

**Discussion générale**.....47

**Conclusion et perspectives**.....49

**Bibliographie.**

**Annexes.**

## Liste des tableaux

**Tableau 01 :** Proportion des différents groupes bactériens dans le sol, l'eau douce et l'eau de mer

**Tableau 02 :** Les valeurs limites maximales des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JOURNAL OFFICIEL, 1993)

**Tableau03 :** Caractéristiques des principales bactéries pathogènes

**Tableau04 :** Taux de filtration de certains mollusques bivalves

**Tableau 05 :** Fréquences annuelles (%) vents par directions dans la région de Bainem

**Tableau 06 :** Les caractéristiques des stations de prélèvement

**Tableau 07 :** Technique de recherche de la catalase

**Tableau 08 :** Techniques de recherche de la coagulase

**Tableau09 :** Techniques de recherche de l'esculinase

**Tableau 10:**Résultats de la salinité moyenne dans la zone d'étude

**Tableau 11:** Valeurs moyennes de température dans la zone d'étude

**Tableau 12:** pH moyens observés dans la zone d'étude

**Tableau 13:** DBO<sub>5</sub> moyennes observées dans la zone d'étude

**Tableau 14:** Concentrations moyennes des coliformes totaux (CT) de l'eau de mer

**Tableau 15:** Concentrations moyennes de coliformes fécaux (CF) de l'eau de mer

**Tableau 16:** Concentrations moyennes d'*Escherichia coli* en eau de mer

**Tableau17 :** Concentrations moyennes des streptocoques fécaux en eau de mer

**Tableau 18:** Rapport CF/SF des stations de prélèvement

**Tableau 19:** Profil morphologique et biochimique des Staphylocoques

**Tableau 20:** Profil morphologique et biochimique des coliformes

**Tableau 21:** Profil morphologique et biochimique des streptocoques

## Liste des figures

**Figure 01 :** *Escherichia coli* (Encyclopédie, Microsoft Encarta, 2000)

**Figure 02 :** Les Streptocoques. Source (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2005)

**figure03 :** Salmonelle, source (Encyclopédie Microsoft Encarta 2005)

**Figure 04 :** Situation géographique de la zone d'étude

**Figure 05 :** Détails sur la zone d'étude avec les différentes plages de la commune

(Source APPL, 2005)

**Figure 06 :** schéma de la zone d'étude

**Figure07 :** Une vue du rejet et de la plage LAFAYETTE (source APPL, 2005)

**Figure 08 :** Rose des vents annuels dans la zone d'étude (ONM 1960- 2004)

**Figure 09 :** Vitesses des vents et leurs pourcentages par direction dans la région de Bainem

**Figure 10 :** Profil de l'ensoleillement mensuel moyen de la région de Bainem (ONM 1995-2004)

**Figure 11 :** Localisation des stations de prélèvement au niveau du site d'étude

**Figure 12 :** Technique de recherche des coliformes Totaux (CT) dans l'eau de mer

**Figure13:** Technique de Recherche des C.Fécaux (CF) et *Escherichia coli* dans l'eau de mer

**Figure 14 :** Technique de recherche des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer

**Figure 15:** Variations des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations

**Figure 16:** Variations des valeurs moyennes de températures en fonction des stations

**Figure 17:** Variations des valeurs moyennes du potentiel hydrogène (pH) en fonction des stations

**Figure 18:** Variations des valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> en fonction des stations

**Figure 19 :** variations des concentrations moyennes des coliformes totaux en fonction des stations

**Figure 20:** Variations des valeurs moyennes en coliformes fécaux en fonction des stations

**Figure 21:** Variations des valeurs moyennes d' *Escherichia coli* en fonction des stations

**Figure 22 :** Variations des valeurs moyennes de streptocoques fécaux en fonction des Stations

**Figure 23:** Evolution des rapports des coliformes fécaux / les streptocoques fécaux en fonction des stations

**Figure 24 :** Amas de *staphylococcus aureus* après coloration de Gram

**Figure 25 :** E.coli après coloration de gram

**Figure 26 :** Les galeries d'identification des espèces étudiées

**Figure 27 :** chaînettes de streptocoques après coloration de Gram

**Figure 28 :** *Enterococcus faecalis*

# INTRODUCTION

# Introduction générale

L'activité humaine, la poussée démographique, l'urbanisation et le développement industriel sur les zones littorales sont les facteurs majeurs qui produisent une série de nuisances en altérant la qualité de l'eau et en affectant négativement l'environnement littoral.

La pollution des eaux littorales peut avoir plusieurs origines (atmosphérique, industrielles, agricole et domestique). En Algérie, l'une des causes majeures de la pollution marine reste la contamination bactérienne par les eaux usées ; c'est-à-dire les eaux rejetées par les réseaux d'assainissement qui contiennent une large gamme de bactéries et de virus ainsi que des parasites.

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) (Ministère de la santé, 2005).

En effet, un des problèmes liés aux rejets domestiques reste les maladies qui en découlent. Selon l'OMS, 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées en partie à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales. Effectivement la plupart des microorganismes qui sont à l'origine des grandes épidémies historiques d'origine hydrique, ont pour habitat normal les intestins de l'homme et certains animaux à sang chaud. C'est pour quoi le contrôle de qualité de l'eau parait de plus en plus indispensable.

Dans cette présente étude on se propose d'évaluer le flux polluant de l'émissaire de l'hôpital de Bainem ; une campagne de prélèvements a eu lieu du mois de juin au mois de juillet 2005 dont le but principal est d'analyser quelques paramètres physicochimiques (T°C, salinité, pH et DBO<sub>5</sub>) et bactériologiques représentés par les indicateurs de contamination fécale (coliformes et streptocoques fécaux).

Pour compléter cette étude, une recherche et une identification bactérienne ont été effectuées afin de mettre en évidence d'une part les germes enterotoxiques (*E.coli* entérotoxigène, *Citrobacter*, *Klebsiella*) et d'autre part les germes d'origine non fécale impliqués dans les infections cutanées suppuratives représentés essentiellement par les staphylocoques (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*). Ces derniers sont aussi appelés indicateurs de proximité, leur recherche ne passe pas par la recherche d'autres indicateurs comme le cas des bactéries pathogènes d'origine fécale

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer des résultats qui nous permettront de prévoir d'éventuels risques liés à la pollution microbienne dans le site d'étude.

# 1. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1) La flore microbienne marine :

Dans les écosystèmes aquatiques, les organismes les plus nombreux sont les micro-organismes, les bactéries forment la composante majoritaire. Leur rôle est fondamental dans l'équilibre écologique des milieux aquatiques, principalement par la régulation des cycles biogéochimique et énergétique (BIANCHI *et al*, 1989).

Les bactéries marines diffèrent physiologiquement de celles qui ont des habitats non marins ;elles sont très adaptées aux conditions très spéciales offertes par le milieu marin (salinité, pH , oxygénation réduite, basses températures et des pressions souvent considérables) (MORITA et COLWELL,1974).

La flore microbienne terrestre est caractérisée par un grand nombre de genres et d'espèces, tandis que celle du milieu marin présente une pauvreté qualitative ; A savoir le petit nombre de cocci, la rareté d'espèces bactériennes sporulantes ainsi que les bactéries Gram (+) (WAKSMAN ,1936 in ZOBELL, 1946). Contrairement aux bactéries Gram (-) qui sont majoritaires (BAUMANN et BAUMANN ; 1981 in BERTRAND et LARSEN, 1989). Environ 95 % de la microflore totale (tableau 1) ont une morphologie et une composition chimique comparable à celle des autres bactéries (AHLES et al 1978 in BERTRAND et LARSEN ; 1989).

**Tableau 01 :** Proportions des différents groupes bactériens dans le sol, l'eau douce et l'eau de mer (TAYLOR et LOCHEAD, 1938 ; TAYLOR, 1942 ; ZOBELL et UPHAM, 1944 in ZOBELL ,1946).

Groupes morphologiques	Sol % (Taylor Locthead, 1938)	et Eau douce (Taylor ,1942)	Eau de mer (Zobell et Upham, 1944)
Bacilles gram (-)	36.1	26.7	94.6
Bacilles gram (+)	46.5	73.1	1.2
Bacilles douteux	9.4	—	0.9
Cocci	3.8	—	2.8
Autres germes	4.2	0.2	0.5

Les espèces prédominantes appartiennent aux genres suivants : Pseudomonas, Vibrio, Spirillum, Achromobacter, Flavobacterium, Bacillus.etc. (ZOBELL, 1946 ; BERTRAND et LARSEN ,1989 ; LECLERC *et al*, 1994).

A côté de cette flore autochtone adaptée rigoureusement aux conditions de la vie marine, une flore accidentelle se rencontre le long des côtes, des baies ou d'estuaires et à proximité des villes introduites soit par ruissellement ou par les égouts domestiques. Les principales espèces rencontrées sont d'origines fécales appartenant au groupe des entérobactéries telles que : les coliformes, les salmonelles et les streptocoques (BELLAN et PERES, 1974).

Ces bactéries ont à la fois un rôle en pathologie et un intérêt épidémiologique (BRISOU et DENIS, 1978 ; GHAUTIER et PIETRI, 1989).

## **1.2) Le comportement des bactéries entériques en mer :**

La mer a toujours été l'exutoire de la majorité des cours d'eau et le réceptacle des eaux résiduelles de l'activité humaine (GAUJOUS, 1995).

Les micro-organismes arrivent dans les mers par la voie fluviale, les ruissellements, sont charriés par les vents, précipités par les pluies, conduits par des émissaires de toute nature, éliminés par les animaux marins, les oiseaux, les animaux terrestres et l'homme (BRISOU et DENIS, 1978). Une fois déversés dans les océans, ils suivent 3 destinées :

### **1.2.1) Les microbes libres :**

Cette forme est peu favorable et n'autorise pratiquement aucune forme de croissance. La survie ne peut que modestement se prolonger. Elle place la cellule en situation de carence car les germes n'ayant rencontrés aucun support, aucun refuge restent libres mais vulnérables.

Ils représentent une minorité en péril et sont incapables de reproduction et par conséquent appelés à disparaître (BRISOU et DENIS, 1978 ; POMMEPUY et *al*, 1990).

### **1.2.2) Les formes de résistance :**

Certaines bactéries vivent dans un habitat relativement stable qui n'est pas soumis à des modifications physico-chimiques profondes, tel est le cas des bactéries pathogènes, parasites ou saprophytes de l'organisme hôte. D'autres organismes au contraire doivent s'adapter à des habitats contrastés et survivre dans un milieu hostile à des variations de température, de PH et à des carences nutritionnelles. Les bactéries doivent élaborer des stratégies d'adaptation afin qu'elles puissent se perpétuer.

•**Les spores** sont l'une des formes de résistance et d'évolution que prennent certaines bactéries pour survivre dans des conditions hostiles et attendre des conditions plus propices afin qu'elles puissent germer et donner de nouvelles cellules végétatives identiques aux cellules originelles (BRISOU et DENIS, 1978 ; LECLERC et *al*, 1995).

•**Les kystes** ; comme les spores ; appartiennent aux formes de résistances ; mais qui est spécifique aux parasites. C'est le cas des amibes par exemple (BRISOU et DENIS, 1978).

### **1.2.3) Les microbes adsorbés :**

Cette voie est la plus favorable. L'adsorption d'une particule sur une autre est due au potentiel électrique des particules qui s'attirent mutuellement (les grosses qui attirent les petites) Formant ainsi des agrégats.

Les bactéries, les virus et les parasites obéissent à cette loi qui joue efficacement en écologie bactérienne car les matériaux favorables à la survie sont rassemblés aux doses maximales sur la surface des matières adsorbantes. De telles surfaces enrichies réalisent de véritables « niches écologiques » au niveau desquelles les micro-organismes trouvent des conditions acceptables (BRISOU et DENIS ; 1978 ; POMMEPUY et *al*, 1990)

#### 1.2.4) Les microbes absorbés :

Ceci rentre dans le cadre de la nutrition de certains organismes microscopiques et macroscopiques (protozoaires, zooplancton, métazoaires et organismes filtreurs) susceptibles d'ingérer des milliers voire des millions de bactéries (PAOLETTI, 1966).

Ces organismes jouent alors le rôle de réservoirs et de vecteurs de nombreux agents pathogènes pour l'homme et les animaux (BRISOU et DENIS, 1978 ; GAUTIER et PIETRI, 1989).

#### 1.3) La pollution microbienne en mer :

La charge bactérienne des eaux usées domestiques, qui représentent la principale source de micro-organismes pathogènes pour l'homme en milieu marin, est très élevée, soit  $10^9$  à  $10^{10}$  germes/litre (GAUTHIER et PIETRI, 1989). Nous éliminons environ 1 kg d'excréments (solides ou liquides) soit 70 g de matières oxydables auxquelles il faut ajouter 90 g de matières en suspensions, toute les 24 heures (FIGARELLA et *al*, 2001).

Toutes ces bactéries pour la plupart commensales du tube digestif de l'homme et des animaux homéotherme, ne sont pas dangereuses dans les conditions normales, ce qui n'est pas le cas des pathogènes dont la présence même à de faibles concentrations présente un danger pour la santé de l'homme (GAUTHIER et PIETRI, 1989).

Les bactéries pathogènes à transmission hydrique sont réparties en 04 genres (BRISOU et DENIS, 1978 ; GAUTHIER et PIETRI, 1989 ; EBERLIN, 1997).

- **Les salmonelles** dont *Salmonella typhi* et *paratyphi*, responsables des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes qui atteignent 30 millions de personnes/an dans le monde, dont 600 000 décès.

- **Les shigelles** responsables de troubles digestifs (diarrhées, dysenteries) qui touchent près de 25 millions de personnes par an, dont 650 000 décès.

- **Les vibrio** dont *Vibrio cholerae* responsables du choléra qui touche environ 60 000 personnes par an.

- **Escherichia Coli**, qui est responsable de plusieurs pathologies (Diarrhée, Dysenterie) dont les agents sont responsables de près de 775000 décès par an.

D'autres bactéries sont utilisées comme témoins de contamination fécale, il s'agit des coliformes fécaux et les streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield, ils sont très abondants dans les eaux usées respectivement ( $2 \text{ à } 5 \cdot 10^8$  / litre et  $1 \text{ à } 2 \cdot 10^7$  / litre) (GAUTIER et PIETRI, 1989).

### 1.3.1) Définition des indicateurs de contamination fécale :

Le gros intestin héberge une flore importante et très diversifiée, plus de 450 espèces microbiennes ont été dénombrées, dont certaines sont pathogènes. Nous éliminons environ  $10^{12}$  cellules bactériennes toutes les 24 heures. (FIGARELLA et al, 2001)

La flore de contamination fécale est constituée de micro-organismes appartenant à la flore intestinale qui est susceptible de croître dans les milieux extérieurs ou d'y persister (entérocoques, entérobactéries). Pour apprécier le risque, les contrôles de la salubrité de l'eau portent sur la recherche et la numération des témoins nommés germes indicateurs de contamination fécale. (FIGARELLA et al, 2001).

Le choix de ces indicateurs doit répondre à certaines exigences (LARPENT, 1997) :

- \* Etre présents quand les pathogènes le sont.
- \* Etre toujours présents en plus grandes concentrations que les germes pathogènes à surveiller.
- \* Etre incapable de se multiplier dans le milieu marin.
- \* Etre plus résistant que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique et aux désinfectants.
- \* Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide de techniques simples.

Les micro-organismes fécaux qui répondent à toutes ces conditions sont très peu nombreux, voire inexistantes ; c'est ainsi que plusieurs témoins ont été choisis, il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de Lancfield et parfois les *Clostridium perfringens* (OMS, 1977).

La raison de ce choix tient essentiellement au fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide entre 24 à 48 heures ; que celle des germes pathogènes ; généralement plusieurs jours avec nécessité d'identification sérologique (GAUTHIER et PIETRI, 1989).

La présence simultanée des coliformes et des entérocoques suffit à confirmer qu'il y a pollution (BRISOU ET DENIS, 1978).

#### 1.3.1.1) Les coliformes totaux (CT) :

Les coliformes sont des bâtonnets (figure 01), anaérobie facultatif, gram (-) non sporulant (OMS, 1977). Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37° C (RODIER et al, 1996). Ils regroupent les genres *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (RODIER et al, 1996 ; JOLY et REYNAUD, 2003).

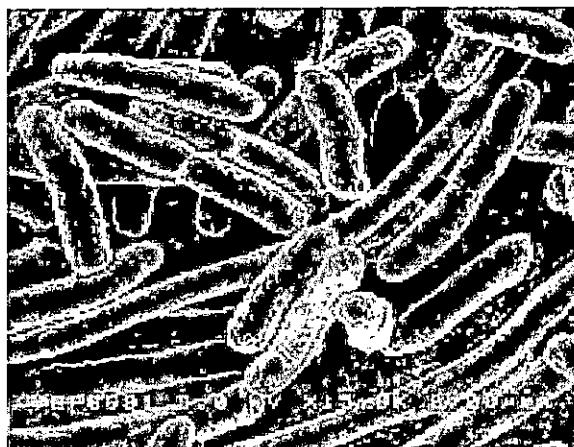
L'utilisation des coliformes totaux comme indicateurs de la pollution fécale dans les études de la qualité des eaux littorales est généralisée depuis longtemps, mais ils ne sont pas des organismes spécifiques de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. On peut trouver dans les zones littorales de nombreuses sources de coliformes telles que les cours d'eaux ; les eaux de ruissellement et les rejets urbains, et certains effluents industriels (OMS, 1977).

### 1.3.1.2) Les coliformes fécaux (CF) :

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ils produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, on les désigne souvent sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*... etc.) (OMS, 1977 ; RODIER et al, 1996 ; JOLY et REYNAUD, 2003).

***Escherichia coli* présumée** : correspondent aux coliformes thermotolérants produisant l'indole à partir du tryptophane à 44°C.

***Escherichia coli*** : ce sont des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44° C et qui ont des caractéristiques biochimiques propres à elle.



**Figure 01** : Observation d' *Escherichia coli* au microscope électronique (Encyclopédie, Microsoft Encarta, 2000).

Les coliformes fécaux thermotolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine (GAUJOUS, 1995) en voici quelques concentrations

- excréments humains  $10^9$ /gramme de matière fécale.
- Eaux usées non traitées  $10^6$  à  $10^8$  / 100ml.

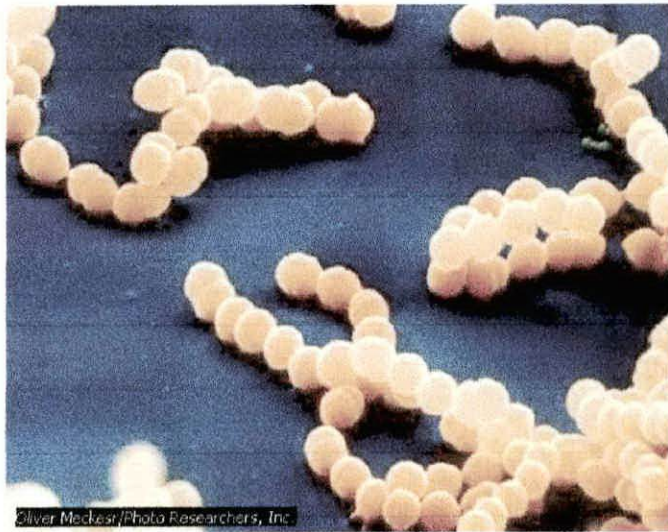
Lorsqu'on les trouve ; ils dénotent normalement une pollution fécale récente car ils ne se propagent pas dans le milieu marin. Il a été signalé des taux de disparition (T-90) correspondant à une réduction de 90 % du nombre de CF d'une à trois heures qui dépendent de la salinité, de la température et des rayonnements solaires (OMS, 1977).

Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger recourt à des indicateurs supplémentaires (OMS, 1977).

### 1.3.1.3) Les streptocoques fécaux :

Sont considérés comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales (figure02), ils sont dépourvus de catalase et se développent sur milieu bile-esculine ils possèdent une hémolysine, ils sont cultivés en 48 heures à 37°C sur le milieu de Rothe (OMS, 1977). Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes (LECLERC et al, 1995 ; JOLY et REYNAUD ,2003).

Selon la classification sérologique de Lancefield, 5 espèces sont reconnues parmi Les streptocoques fécaux (streptocoques du groupe D). Il s'agit de : *S.bovis*, *S.equinus*, *S.avium*, *S.faecalis* et *S.faecium* car les autres streptocoques ont une origine fécale douteuse. Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés (GAUJOUS, 1995). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1977).



**Figure 02 :** Observation des Streptocoques au microscope électronique (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2000).

### 1.3.1.4) Les Clostridiums sulfito-réducteurs :

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux, ce sont aussi des germes telluriques et de ce fait aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation il y a intérêt à ne chercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale, c'est le cas en particulier de *Clostridium perfringens* (RODIER et al ,1996). Les *Clostridium perfringens* sont des bâtonnets anaérobies, gram (+), sporulants et qui réduisent les sulfites en sulfures en 24 à 48heures (OMS, 1977).

Ils sont excrétés par l'homme et les animaux, on les trouve régulièrement dans les matières fécales humaines, leur densité est la suivante (OMS, 1977) :

- Excréments humains  $10^4$  à  $10^7$  / g.
- Eaux usées non traitées  $10^3$  / ml.

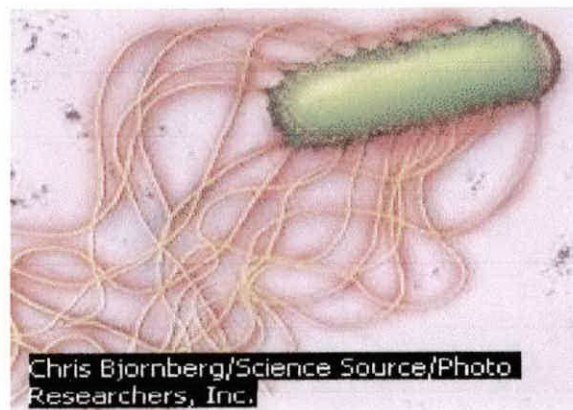
Elles sont employées comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (OMS, 1977) :

- Elles se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine.
- Elles ne se multiplient pas dans les sédiments
- Elles survivent dans les sédiments contrairement à *Escherichia coli*, donc ces deux organismes sont complémentaires. La forme spore de ces microorganismes, beaucoup plus résistante, permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente (RODIER et al, 1996).

### 1.3.1.5) Les salmonelles :

Elles appartiennent à la famille des enterobacteriacées et sont des bâtonnets mobiles (figure 03), Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies. Elles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent le sulfite en sulfure et decarboxylent la lysine.

Elles sont retrouvées dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'Hommes. Elles sont peut être la cause la plus fréquente d'infections des êtres humains par des organismes pathogènes à hôte animal (OMS, 1977). Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles (LECLERC et al, 1995)



**figure03** : Observation d'une Salmonelle au microscope électronique  
(Encyclopédie Microsoft Encarta 2000).

### 1.3.1.6) Les staphylocoques :

Les staphylocoques sont des cellules sphérique de 0.5 à 25 µm généralement regroupées en amas, ils sont immobiles et ne forment pas de spores ; ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, Gram (+), catalase (+), fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique (LECLERC, 1995).

L'espèce *Staphylococcus aureus* ou « staphylocoque doré » possède toutes ces caractéristiques, ajoutant à cela qu'elle est coagulase (+), il est à noter que les staphylocoques sont ubiquistes, très largement distribués dans l'environnement (LECLERC et al, 1995). La recherche des staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade (GAUJOUS, 1995 et RODIER et al ; 1996).

### 1.3.2) Paramètres physico-chimiques de la pollution :

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur. Un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer par des analyses, ces caractéristiques (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) (GAUJOUS, 1995).

#### 1.3.2.1) La température :

C'est un facteur écologique important du milieu marin, il influe sur le métabolisme cellulaire des organismes marin ainsi que la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des eaux de mer (thermocline) (GAUJOUS, 1995).

Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur. Ce sont par exemple les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu (GAUJOUS, 1995).

#### 1.3.2.2) Le potentiel d'hydrogène (pH) :

C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. (GOMELLA et GUERREE, 1978).

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

En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution, mais cette variation reste très localisée aussi bien dans le temps que dans l'espace et cela du fait du « pouvoir tampon » de l'eau de mer. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

### **1.3.2.3) La salinité :**

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin, par son influence sur l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leur mélange au large comme à la côte ou dans les estuaires. La grandeur de salinité représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer.

En méditerranée, elle est voisine de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37PSU (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

### **1.3.2.4) Les matières en suspension (MES) :**

L'eau tient en suspension de nombreuses particules qui jouent le rôle de matière adsorbantes des micro-organismes, sans qu'il y ait intervention de réactions chimiques (BRISOU et DENIS,1978). Ces micro-organismes ne peuvent être adsorbés que sur les particules comprises entre 1 et 20 $\mu$  (WOOD,1963 in AUBERT et DESIROTTE,1972).

En ce qui concerne les relation bactéries/particules des études ont montré que près des rejets, le pourcentage des bactéries libres est faible (< 7 %). Par temps calme, les bactéries libres sont dominantes (jusqu'à 100 %). Tandis que pendant les périodes agitées le pourcentage des bactéries libres tend à diminuer (POMMEPUY, 1987).

### **1.3.2.5) La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

Elle est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai par les bactéries : c'est-à-dire après incubation de l'échantillon durant 5 jours en obscurité à 20°C (RODIER et *al*, 1996 ; LARPENT et LARPENT GOURGAUD, 1997).

La DBO<sub>5</sub> n'a pas de signification s'il y a présence de toxiques qui bloquent le développement bactérien (GAUJOUS, 1995).

C'est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1mg (O<sub>2</sub>)/L et quand elle dépasse les 9mg/L l'eau est considérée comme étant impropre. (GOMELLA et GUERREE, 1978).

Dans les effluents domestiques, elle varie entre 250 et 300 mg (O<sub>2</sub>)/L (LARPENT et LARPENT GOURGAUD, 1997).

### **1.3.3) Les normes de rejets :**

Cela garantit la meilleure protection de base possible des eaux contre les sources ponctuelles. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 du journal officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2 définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel. Les normes de rejet sont présentées dans le tableau (02).

**Tableau 02** : Les valeurs limites maximales des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE, 1993).

PARAMETRES	UNITES	VALEURS MAXIMALES
Températures	°C	30
pH	-	5,5 à 8,5
MES	mg/l	30
DBO5	mg/l	40
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	40
Phosphates	mg/l	2
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	5
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome 3+	mg/l	3,0
Chrome 6+	mg/l	0,1
Fer	mg/l	5
Manganèse	mg/l	1
Mercure	mg/l	0,01
Nickel	mg/l	5
Plomb	mg/l	1
Cuivre	mg/l	3
Zinc	mg/l	5
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures	mg/l	20
Phénols	mg/l	0,5
Solvants organiques	mg/l	20
Chlore actif	mg/l	1,0
PCB	mg/l	0,001
Détergents	mg/l	2
Tensioactifs anioniques	mg/l	10

## **1.4) L'auto épuration des eaux de mer :**

L'autoépuration des eaux marines est le retour spontané à la normale d'un écosystème accidentellement modifié physiquement, chimiquement, biologiquement ou le tout à la fois. Il est capital de saisir l'importance du terme « accidentellement » car en cas de pollution permanente il n'y a plus d'auto-épuration possible et de retour à l'équilibre.

Une eau pure est par définition est claire, inodore, aérée, dépourvue de saveur désagréable; il n'y est toléré aucune substance nocive, aucun micro-organisme éventuellement pathogène et elle ne doit faire courir aucun risque à celui qui en fait usage (BRISOU et DENIS, 1978).

Ce pouvoir auto-épurateur est empiriquement admis depuis longtemps, la destruction des micro-organismes terrestres par l'eau de mer a été étudiée expérimentalement depuis plus d'un siècle, les premières recherches dans ce domaine (DEGIAXA, 1889 in GAUTHIER et PIETRI, 1989) avaient clairement démontré que les micro-organismes allochtones comme les coliformes survivent mal dans les eaux marines; bien que les causes de cette disparition n'aient pas été clairement discernées.

Par la suite beaucoup d'études ont été menées soit au laboratoire soit sur terrain (THOMAS, 1962; FOXWORTHY et KNEELING, 1969; BERG, 1975; CHAMBERLIN et MITCHELL; 1978 in GAUTHIER et PIETRI, 1989) qui ont montré la décroissance du nombre de bactéries entériques en mer.

Les observations avaient été interprétées comme une preuve de la mortalité des bactéries telluriques d'origine entérique dans le milieu marin et conséquemment comme la confirmation de l'existence d'un certain pouvoir épurateur de ce milieu qui résulte de l'harmonieuse association d'interventions multiples de facteurs physiques, chimiques ou biologiques étroitement soumis aux conditions offertes par l'ensemble de l'écosystème parmi lesquels il a été retenu l'essentiel avec cependant, une importance très inégale (BRISOU et DENIS, 1978; GAUTHIER et PIETRI, 1989).

### **1.4.1) Les facteurs physiques :**

#### **1.4.1.1) L'adsorption :**

Il faut lui adjoindre les diffusions, dispersions et sédimentation qui en complètent l'action. Elle concerne plus spécifiquement la fixation des polluants sur toutes les particules organiques ou minérales en suspensions dans le milieu aquatique.

Les bactéries et virus sont adsorbés dès leur arrivée dans un écosystème aquatique en grande partie. Cette adsorption s'accompagne de diffusion et de sédimentation, ces facteurs agissent presque simultanément et c'est ainsi qu'ils participent à l'épuration (BRISOU et DENIS, 1978; GAUTHIER et PIETRI, 1989).

Mais ce facteur est soumis à des controverses, certains hygiénistes (GERBA et MC LEOD, 1976 in BRISOU et DENIS, 1978) mettent en garde contre les dangers de déversements de polluants dans les zones d'estuaires, car les sédiments enrichis en matière organique assurent non seulement la longue survie aux germes fécaux, mais il est possible aussi d'enregistrer une certaine prolifération. Les sédiments riches en bactéries contaminent les fruits de mer, ils sont en outre constamment remis en suspension. Il est difficile dans ces conditions de considérer qu'il y a auto-épuration.

#### **1.4.1.2) La lumière :**

Elle intervient d'une manière indirecte dans la dispersion et la sédimentation dans le sens où elle conditionne les mouvements verticaux et horizontaux des masses planctoniques, et cela sans oublier son effet direct bactéricide par le biais des radiations UV (BRISOU et DENIS, 1978).

Les bactéries dans l'eau de mer sont très sensibles aux rayonnements solaires et il suffit de quelques heures pour qu'une suspension bactérienne en eau de mer ne puisse plus être cultivable (Le T90 dans ces conditions sont de l'ordre de 1 à 2 h) (BONNEFONT et *al*, 1990 in POMMEPUY et *al*, 1990).

Certains auteurs la considère comme le facteur le plus important intervenant dans la décroissance bactérienne observée en milieu marin, sans pour autant exclure l'effet d'autres facteurs dans certaines conditions particulières (nuits, eaux turbides et augmentation de la profondeur) (GAMESON et GOULD, 1975 ; CHAMBERLIN et MITCHELL, 1978 in GAUTHIER et PIETRI, 1989).

#### **1.4.2) Les facteurs chimiques :**

Il faut retenir l'action d'antibiotiques sécrétés au sein de microbiocénoses où pullulent les champignons inférieurs et les bactéries. Les antibiotiques entrent dans la famille des allomones (hormones répulsives), il s'agit de suppresseur donnant des avantages adaptatifs à l'organisme qui les produit. Les Actinomycètes et les streptomycètes se révèlent d'excellents sécréteurs d'antibiotiques et ont des propriétés antagonistes contre certaines bactéries entériques. Mais les effets de l'antibiose dans la nature restent très limités et ne peuvent être qu'exceptionnels, réduits à des microenvironnements (BRISOU et DENIS, 1978).

Il ne faut pas négliger également l'activité létale de la salinité et de la carence en sels nutritifs (CARLUCCI et PRAMER, 1960 in GAUTHIER et PIETRI, 1989).

#### **1.4.3) Facteurs biologiques :**

Il convient de retenir le rôle des prédateurs représenté par les bactéries, des organismes unicellulaires plus complexes et des animaux invertébrés microphages et filtreurs (BRISOU et DENIS, 1978).

##### **1.4.3.1) Les bactéries prédatrices :**

###### **Les bdelloVibrio :**

Ils constituent un groupe de bactéries de petites tailles qui se développent qu'en présence de cellule hôte qu'ils parasitent et détruisent. Ils sont très répandus dans les sols, les eaux douces et marines et même dans les égouts (BRISOU et DENIS, 1978). Ce sont en quelques sortes les félins du monde bactérien, ce sont des vibrions très mobiles qui n'attaquent que les bactéries Gram (-) (PELMONT, 1993).

###### **Les myxobactéries :**

C'est des germes Gram (-) qui sont capables de lyser les cellules bactériennes et d'utiliser celles-ci comme substrat (BRISOU et DENIS, 1978).

### **1.4.3.2) Les prédateurs microphages :**

Ce vaste groupe est représenté par les amibes, les flagellés, les ciliés ou des être plus évolués tels que les filtreurs qui absorbent de grandes quantités de bactéries allochtones avec leur nourriture (PAOLETTI, 1966 ; BRISOU et DENIS, 1978 ; GAUTHIER et PIETRI, 1989). Il faut encore souligner que ces germes absorbés ne sont pas nécessairement détruits.

L'association et la combinaison de tous ces phénomènes peuvent parvenir à l'élimination de la pollution bactérienne d'origine tellurique si toute fois elle n'est pas excessive et permanente (GAUTHIER et PIETRI, 1989).

### **1.5) Devenir et évolution d'une pollution bactérienne en milieu marin :**

De nombreuses études ont été menées afin d'apporter des précisions concernant le devenir des bactéries entériques rejetées dans le milieu marin. Elles sont réalisées soit in situ soit au laboratoire pour tenter de mettre en évidence les facteurs et les paramètres intervenant dans la décroissance bactérienne dans le milieu marin (CRANE et MORE, 1986 in POMMEPUY et *al*, 1990).

#### **1.5.1) La contamination de l'eau :**

Elle peut se faire d'une manière directe par les rejets d'eaux usées ou indirecte par la remise en suspension des particules décantées, la contamination sera dépendante de la qualité physicochimique de l'eau de mer qui conditionnera la survie ou la mort des germes.

Selon POMMEPUY et *al* (1990), les paramètres qui déterminent la mortalité des microorganismes ou leur survie dans l'eau de mer sont :

- La présence de composés organiques osmoprotecteurs qui permettent à la cellule de supporter le choc osmotique lors du passage de l'eau usée douce à l'eau de mer salée.
- La présence de matières organique assimilable
- La température de l'eau et l'effet bactéricide de l'ensoleillement car il suffit d'une exposition d'une à deux heures à l'ensoleillement pour qu'une suspension bactérienne ne devienne plus cultivable.

#### **1.5.2) La décantation des bactéries :**

Les bactéries issues des rejets se présentent sous forme libre ou agglomérée. La décantation des bactéries est un phénomène lent car il faut en moyenne 10 heures pour que les concentrations bactériennes diminuent d'un logarithme (POMMEPUY et *al*, 1990).

Cependant cette décantation est sélective dans le sens où elle est conditionnée par la taille et la forme que peuvent prendre certaines bactéries. Par exemple les streptocoques se disposent en chaînettes de 20 à 40  $\mu\text{m}$  ; ils auront tendance à se concentrer plus au fond que les coliformes 1 à 2  $\mu\text{m}$  (ANONNYME, 1980).

### 1.5.3) La contamination du sédiment :

Les dépôts des particules chargées de bactéries seront fonction de l'hydrodynamisme et se feront dans les zones peu profondes, abritées des courants et des clapots. Plus le sédiment est riche en matière organique plus les bactéries fécales survivront plus longtemps.

Dans le sédiment les bactéries d'origine fécale peuvent acquérir une résistance vis-à-vis des facteurs inhibiteurs par l'échange de gènes avec les bactéries autochtones (GAUTHIER, 1989).

Le sédiment peut être considéré comme un réservoir de bactéries, les temps de survie y sont très élevés et les  $T_{90}$  peuvent atteindre les 14 jours et exceptionnellement 40 jours lorsque les conditions y sont favorables (LE GUYARDDER et al, 1990 in POMMEPUY, 1990). Lorsqu'il est remis en suspension, il peut recontaminer l'eau surnageante (WOOD, 1967 in POMMEPUY et al, 1990).

### I.6) Impact sanitaire des contaminations microbiennes :

Les impacts associés à la contamination microbiologique des eaux littorales affectent la qualité de l'eau elle-même mais aussi celle des cheptels présents sur les sites soumis aux contaminations. C'est l'homme : l'utilisateur du littoral en qualité de « baigneur » ou de « consommateur de fruits de mer » qui suscite un grand intérêt. L'eau de mer souillée contient une large gamme de germes, virus et bactéries susceptibles de provoquer des troubles infectieux. Certaines espèces de bactéries (tableau 03) peuvent être à l'origine de trouble infectieux, de gastro-entérites ou d'intoxication (POGGI, 1990).

**Tableau 03** : Caractéristiques des principales bactéries pathogènes (POGGI, 1990).

Bactéries	Habitat habituel			Dose minimale infectante D.M.I
	Eau de mer	Homme et animaux	environnement	
E.coli entérotoxique		●		$10^4$ à $10^{10}$
Salmonella		●		$10^2$ à $10^5$
Vibrio parahaemolyticus	●			$10^5$ à $10^7$
Vibrio cholerae	●		●	$10^6$ à $10^9$
Shigelles		●		$10$ à $10^2$
Staphylocoques		●		
Aeromonas	●		●	

A côté de ces bactéries dites majeures, il convient de citer d'autres microorganismes tels que : Protéus, Yersinia, Pseudomonas, Entéro virus, parasites (amibes, flagellés, ciliés) qui ont un pouvoir pathogène non négligeable (BRISOU et DENIS, 1978).

### **1.6.1) Risques liés à la baignade :**

Dans le domaine des eaux de baignade comme pour la consommation des coquillages, l'ingestion est le mode d'agression le plus important. Un baigneur ingère de l'ordre de 75 à 100 ml d'eau en moyenne lorsqu'il nage la tête sous l'eau (POGGI, 1990).

Lorsque les eaux sont polluées, elles demeurent des agents non négligeables de diffusion de certaines maladies parmi lesquelles on retrouve :

#### **1.6.1.1) Les affections cutaneo-muqueuses :**

- **Maladies de la sphère O.R.L et oculaire :**

Les conjonctivites sont les maladies majeures liées au séjour sur les sables de plages et les eaux de mer. Les responsables de ces affections appartiennent au groupe des « Chlamydozoons » qui peuvent préparer le terrain à d'autres bactéries (staphylocoques) et les virus (adénovirus). (BRISOU et DENIS, 1978).

Les affections de la sphère ORL sont aussi fréquentes, provoquées généralement par les streptocoques du groupe D de LANCFIELD (BRISOU et DENIS, 1978).

- **Les dermatoses :**

Les incidents cutanés sont fréquents chez les baigneurs et les sujets fréquentant les sables de plage. Elles reconnaissent des origines diverses : Les bactéries banales telles que les staphylocoques, les streptocoques, les microcoques (*Micrococcus epidermis*) sont à l'origine des furonculoses, abcès et des panaris auxquelles il faut ajouter les affections génito-urinaires provoquées par les « chlamydies » généralement (BRISOU et DENIS, 1978).

#### **1.6.1.2) Les affections gastro-intestinales :**

Il reste entendu que la majorité de ces syndromes ont une origine bactérienne. Les salmonelles, shigelles, E.coli entérotoxique, Protéus et *Vibrio cholerae* sont les principales bactéries incriminées.

Ces bactéries sont à l'origine des diarrhées, dysenteries, fièvres typhoïdes et paratyphoïdes et le choléra (BRISOU et DENIS, 1978).

### **1.6.2) Risques liés à la consommation des fruits de mer :**

Les germes présents dans une eau s'accumulent dans les coquillages filtreurs. Le processus de concentration des germes, liés au taux de filtration, a fait l'objet de nombreuses études. En retenant celles fournies par (DESLOUS-PAOLI et al, 1987 in POGGI, 1990), on peut estimer la capacité de filtration des principaux bivalves à usage commercial (tableau 04).

**Tableau 04 : Taux de filtration de certains mollusques bivalves (DESLOUS-PAOLI et al, 1987 in POGGI, 1990).**

Espèces de bivalves	Volume d'eau filtrée	
	L/h/g de chair fraîche	L/h/ kg d'animal vivant (estimation)
Moule	3.5 à 13	175 à 650
Coques	3.5 à 9	140 à 360
Huîtres creuses	4 à 5.5	100 à 150
Palourdes	Environ 3	Environ 150.

#### 1.6.2.1) Les infections bactériennes :

- Les salmonelloses (Typhoïde, paratyphoïde, toxi-infection, gastro-intestinale) restent à la première place des affections bactériennes transmises par les fruits de mer.

- Les vibrioses

*Vibrio-cholerae*: reste l'un des plus redoutables puisque c'est le germe responsable du choléra endemo-épidémique.

*Vibrio parahaemolyticus* à été reconnu responsable de gastro-entérite aiguës, parfois mortelles. (BRISOU et DENIS, 1978 ; POGGI, 1990 ; EBERLIN, 1997)

#### 1.6.2.2) Hépatite virale épidémique :

Cette affection entre dans le cadre des infections virales majeures transmises par les coquillages. Les agents responsables de cette affection sont

- le virus A (M.S.1 HA) pour l'hépatite A.

- le virus B (M.S.2 HB) pour l'hépatite B. (BRISOU et DENIS, 1978 ; POGGI, 1990) ; EBERLIN, 1997).

A côté de cet impact sanitaire dit majeur, il faut signaler aussi les conséquences écologiques de la pollution urbaine qui sont catastrophiques pour presque tous les organismes constituant les peuplements des milieux néritiques.

Des études ont montré que le déversement d'effluents urbains suffit à dégrader voire à détruire totalement le peuplement sous-marin sur des surfaces considérables. Cette pollution détruit des herbiers de Posidonies, ces grandes plantes à fleurs sous-marines qui constituent une des communautés vivantes les plus riches et les plus productives de toutes les eaux du littoral méditerranéen. Les conséquences induites se mesurent ainsi en comparant l'état du milieu pollué avec ce qui l'aurait été sans pollution. Ajoutant à cela les conséquences esthétiques qui se manifestent par la perturbation de l'image d'un milieu (turbidité, altération de la qualité des eaux, mauvaises odeurs... etc.) qui seront remarquables par le grand public (GAUJOUS, 1995).

## 2. MATERIELS ET METHODES

## 2.1) Présentation de la zone d'étude :

### 2.1.1) Situation géographique :

La plage de « LA FAYETTE » se situe dans la région de Bainem, ouest d'Alger centre, rattachée administrativement à la commune de Hammamet ; daïra de Cherraga ; wilaya d'Alger. Ses coordonnées Lambert sont de 2° 98' longitude Est, et 36° 81' latitude Nord. C'est une petite anse sableuse qui reçoit l'émissaire de l'hôpital de Bainem (Figure04).

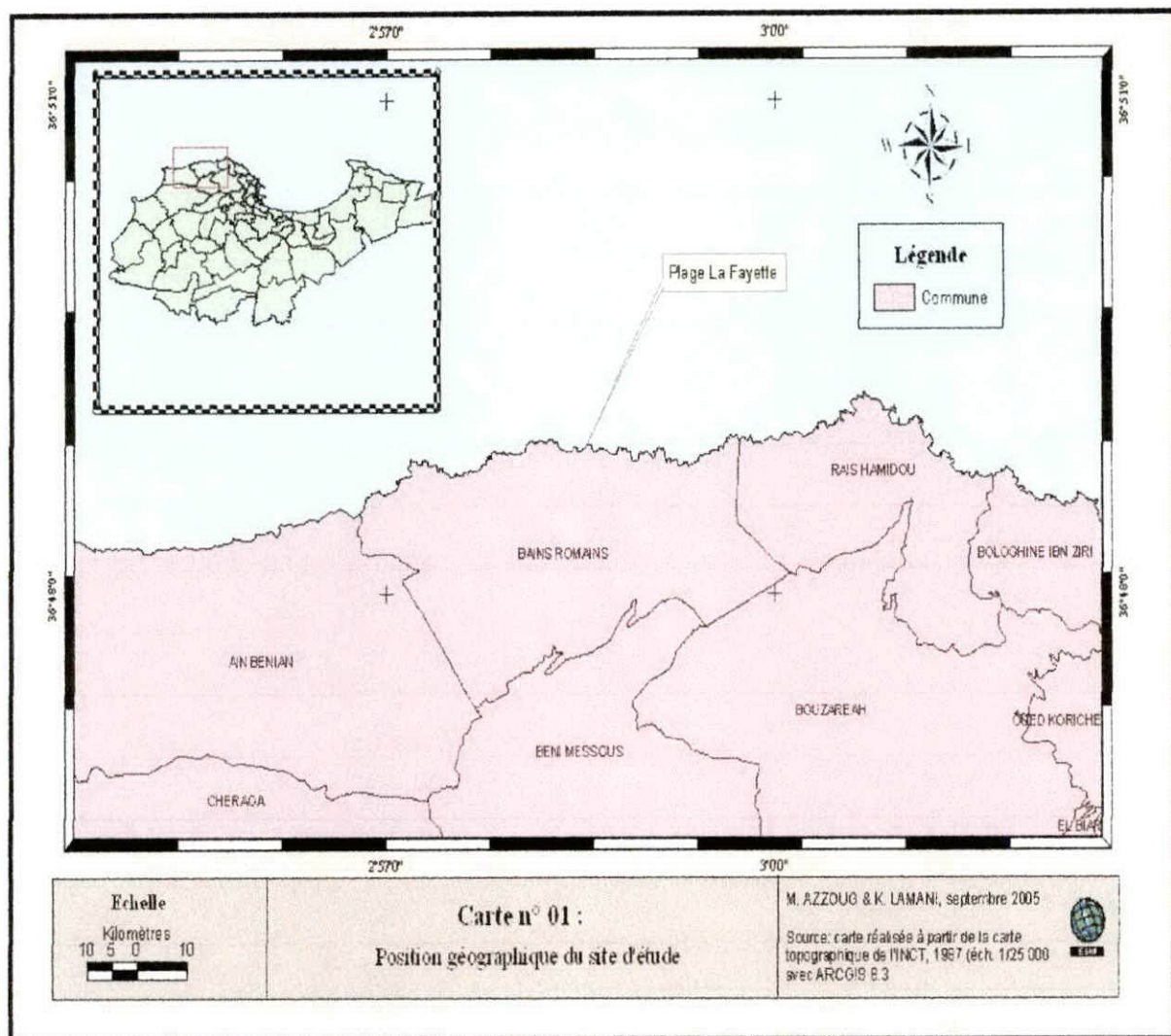
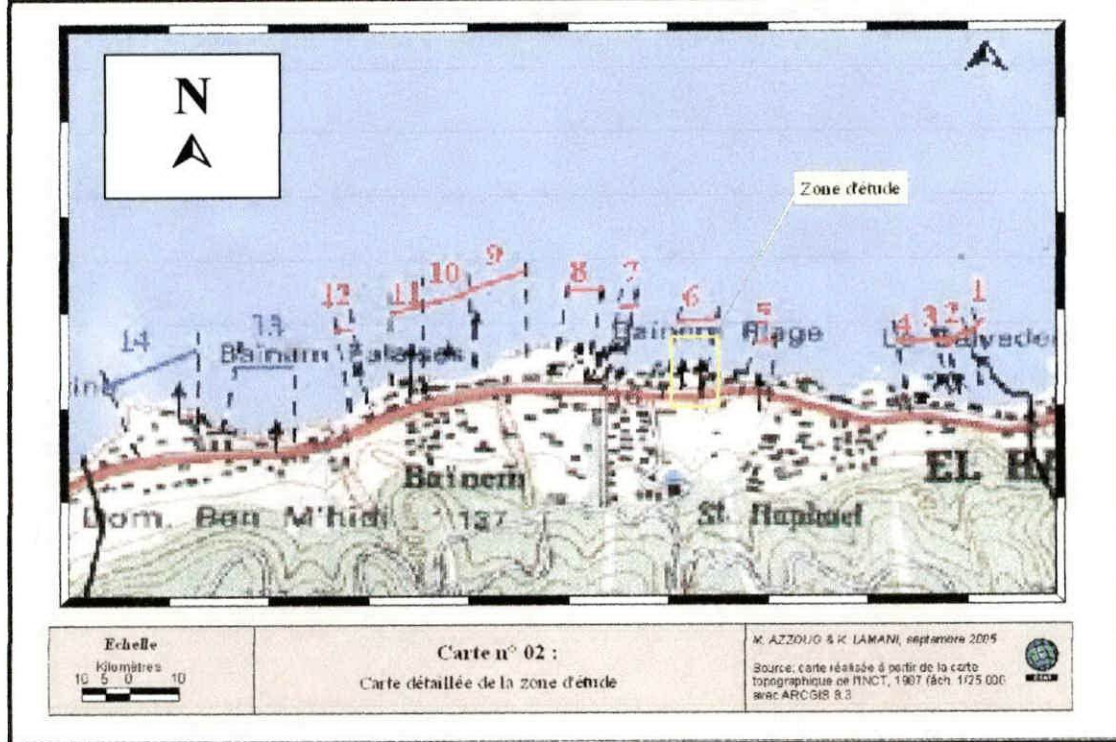


Figure 04 : Situation géographique de la zone d'étude.

### 2.1.2) Description du site d'étude :

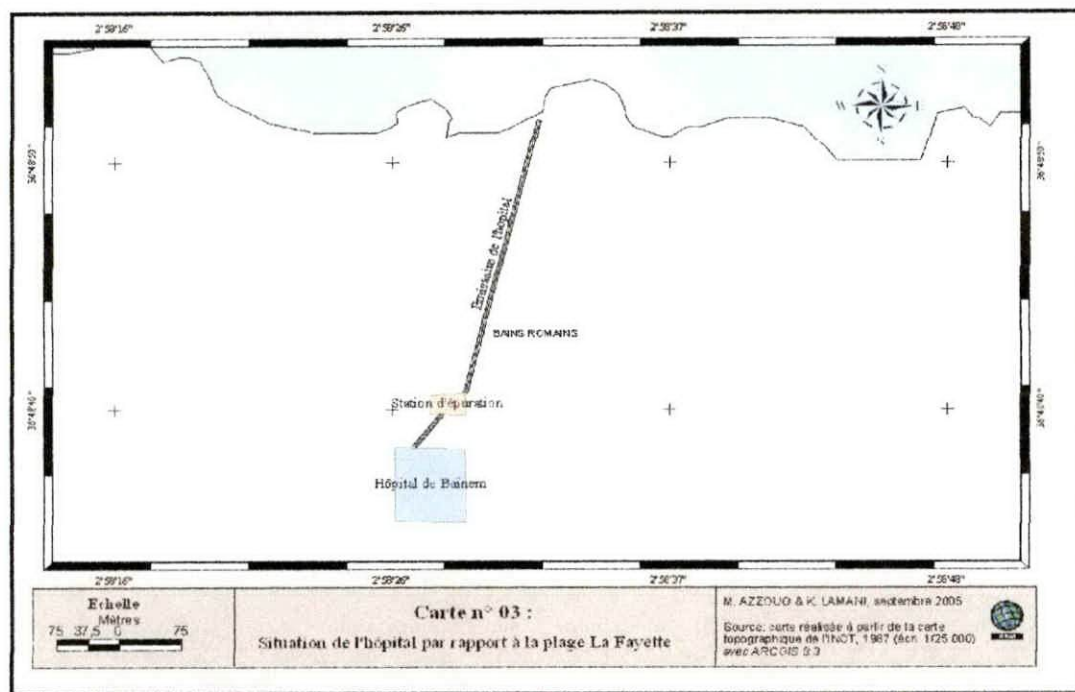
L'hôpital de Bainem se situe environ à 500 m de la plage LAFAYETTE (site d'étude). Il a été construit en 1986. Une petite station d'épuration de l'hôpital assurait l'incinération des déchets solides et la javellisation des eaux résiduaires de l'hôpital, actuellement elle n'est plus fonctionnelle, les eaux résiduaires de ce dernier sont directement rejetées dans la mer au niveau de la plage LAFAYETTE sans aucun traitement préalable par le biais de l'unique émissaire que compte cet hôpital. C'est un émissaire sous terrain orienté horizontalement vers son lieu de déversement (figure 05,06 et 07).



**Légende**

1 : La Crique	6 : La Fayette	11 : Les Trois Bancs
2 : La Compino	7 : Bekouche	12 : Les Allemands
3 : Miliani	8 : Bainem Plage	13 : Les Jumelles
4 : La Martin	9 : Tir au Pigeon	14 : Le Phare
5 : Belvédère	10 : Les Oiseaux	→ Plage interdite
		— Plage autorisée

**Figure 05 :** Détails sur la zone d'étude avec les différentes plages de la commune (Source APPL, 2005)



**Figure 06 :** schéma de la zone d'étude



**Figure07** : Une vue du rejet et de la plage LAFAYETTE (APPL, 2005).

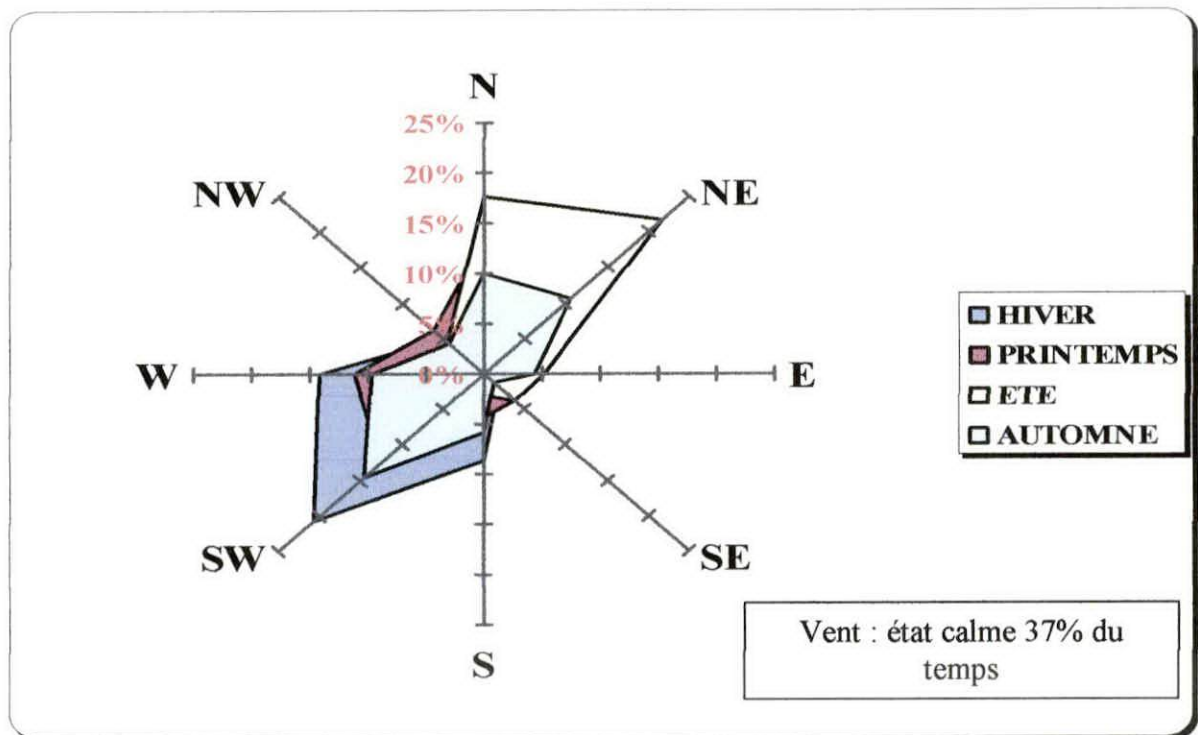
## 2.1.3) Données climatiques sur la zone d'étude :

### 2.1.3.1) Les vents :

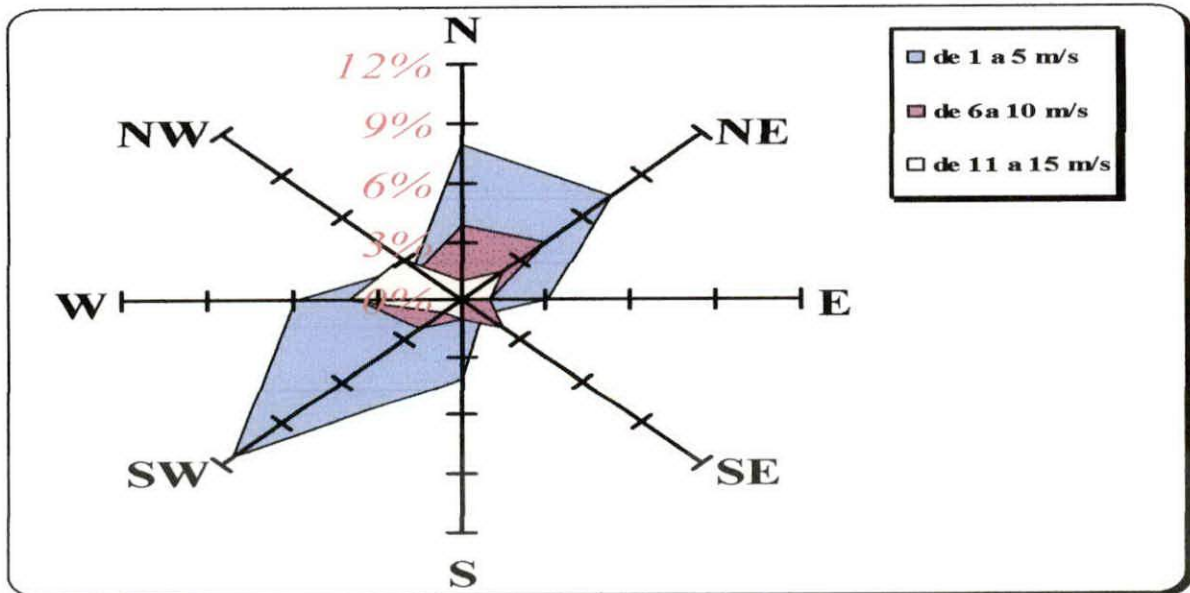
**Tableau 05** : fréquences annuelles (%) vents par directions dans la région de Bainem (ONM-1960 – 2004).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<b>HIVER</b>	6,10%	4%	2,60%	1,80%	8,70%	20,80%	14,20%	4,90%
<b>PRINTEMPS</b>	13,40%	11,30%	3,90%	3,70%	4,40%	12,50%	11,10%	6,20%
<b>ETE</b>	17,60%	21,70%	5,10%	3,70%	2,20%	6%	5,40%	4,50%
<b>AUTOMNE</b>	10%	10,50%	4,40%	1,20%	5,80%	14,60%	9,60%	4,10%

l'analyse des régimes des vents dans la région de Bainem effectuée par l'ONM de Dar EL Beida sur une période de 44ans ( 1960 – 2004) a montré que les vents les plus fréquents par leurs direction sont de secteur Sud-Ouest et Nord à Nord-Est ( tableau05). Pendant la période estivale les vents les plus fréquents sont de secteurs Nord et Nord-Est (figure 08). Les vents les plus violents sont de secteur Ouest (figure 09).



**Figure 08** : Rose des vents annuels dans la zone d'étude (ONM 1960- 2004).



**Figure 09 :** Vitesses des vents et leurs pourcentages par direction dans la région de Bainem (ONM : 1960 - 2004).

### 2.1.3.2) Les houles :

Les données du SUMMARY OF SYNOPTIC METEOROLOGICAL OBSERVATION (SSMO, 1984 in BOUTIBA, 1996) couvrant une zone au large des côtes algériennes situées entre 2° et 5° de longitude Est et 36° et 38° latitude nord, constituées de 29392 observations sur une période de 8 ans (1963-1970), montrent que les houles les plus fréquentes proviennent de trois secteurs essentiels : Est, Nord-Est et Ouest.

### 2.1.3.3) Les courants généraux :

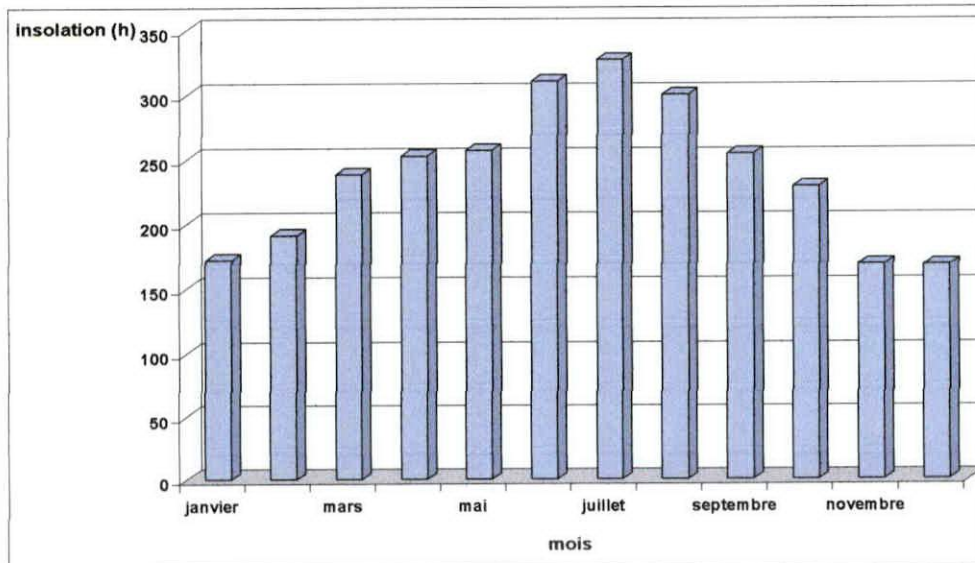
Ces courants, sont le résultat d'un déplacement des masses d'eaux atlantiques qui traversent le détroit de Gibraltar. Ils se dirigent vers l'Est au large des côtes algériennes avec une vitesse variant entre 0.5 à 2.5 nœuds. (IFREMER, 1986).

Lors de la campagne Mediprod V (IFREMER, 1986), des mesures hydrologiques du coté central du bassin algérien (longitude 2- 3° Est , latitude 36- 37° Nord ), ont établi la présence d'un courant permanent de surface de direction Est avec des vitesses variantes de 0.3 à 0.5 m/s.

### 2.1.3.4) L'ensoleillement :

D'après l'histogramme représenté ci-dessous (figure 10) nous distinguons trois périodes :

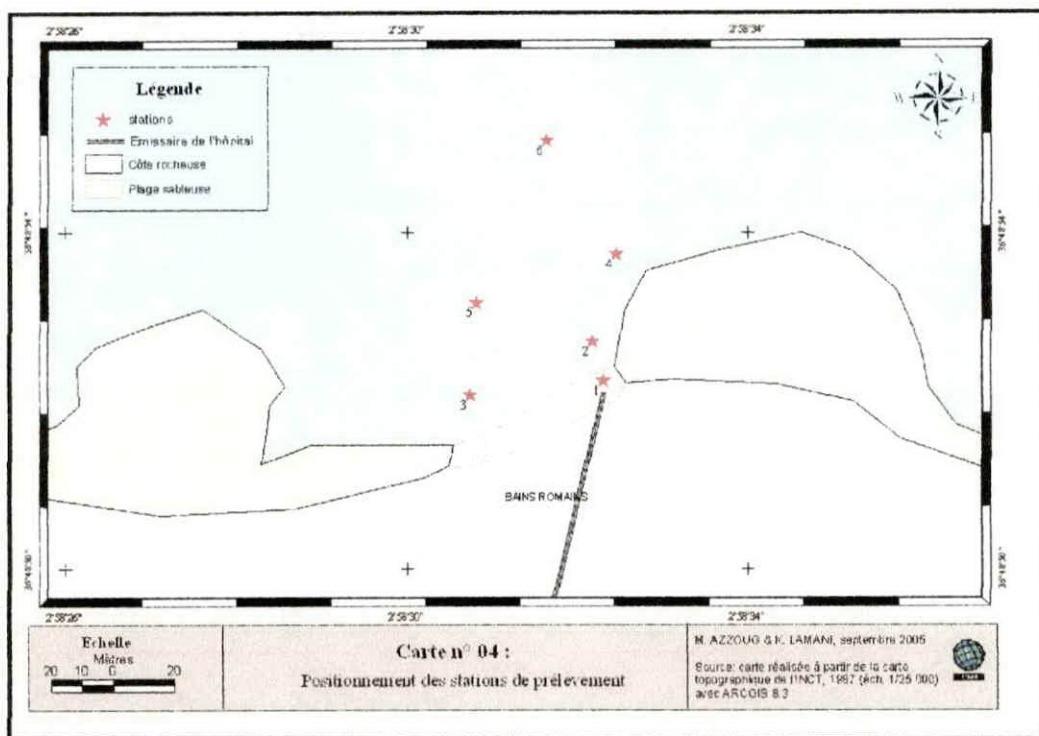
- Une période à forte insolation qui s'étale du mois de Juin au mois d' Août.
- Une période à faible ensoleillement qui s'étend sur quatre (04) mois, du mois de novembre jusqu'au mois de Février.
- Une période à ensoleillement moyen qui est répartie en deux (02) phases, une du mois de mars au mois de mai et une seconde de septembre à octobre.



**Figure 10 :** Profil de l'ensoleillement mensuel moyen de la région de Bainem (ONM 1995-2004).

## 2.2) Le choix des stations :

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la charge bactérienne apportée par l'émissaire de l'hôpital de Bainem sur la plage de LAFAYETTE. Notre stratégie d'échantillonnage est basée sur le recouvrement global de toute la zone fréquentée par les baigneurs. Six stations ont été choisies en fonction de la largeur de la plage et de la distance par rapport à la côte afin d'apprécier la qualité microbiologique et l'état de salubrité de cette eau (Figure 11).



**Figure 11 :** Localisation des stations de prélèvement au niveau du site d'étude.

Les caractéristiques des stations sont synthétisées dans le tableau suivant :

**Tableau 6 : les caractéristiques des stations de prélèvement**

stations	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
Distances en surface (m)	0	2	2	40	40	80

### 2.3) Les prélèvements :

Au niveau de chaque station un prélèvement d'eau a été effectué pour l'analyse bactériologique et la mesure de la DBO<sub>5</sub>. Les températures, la salinité et le pH ont été mesurés in situ à la surface de chaque station.

Les prélèvements se sont étalés sur une période de trois semaines entre juin et juillet 2005. Le rythme d'échantillonnage était d'une fois par semaine, la fréquence étant souvent conditionnée par les conditions météorologique. Les prélèvements ont été réalisés à bord d'un zodiac.

L'eau destinée à l'analyse microbiologique est prélevée dans des flacons de verre de 500 ml, stérilisés au four Pasteur à 170°C pendant 1 heure et pour éviter toute contamination, les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau .

Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C), l'analyse se fait le même jour en aucun cas au delà de 24h.

### 2.4) Méthodes d'analyses :

#### 2.4.1) Etude Paramétrique :

##### 2.4.1.1) La température :

Nous avons procédé à une prise de température de l'eau in situ en utilisant un thermomètre gradué de -20 à 250°C de marque **LABOSI**.

##### 2.4.1.2) Le potentiel hydrogène (pH) :

Pour la mesure du pH nous avons utilisé la méthode électrochimique avec électrode de verre, en utilisant un pH mètre portable de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

##### 2.4.1.3) La salinité :

La salinité représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer. elle n'est pas accessible par la méthode de mesure mais elle déduite de la chlorinité ou de la conductimétrie. (AMINOT et CHAUSSEPEID, 1983). C'est cette dernière qui fut utilisée lors du dosage.

L'appareil utilisé est un conductimètre de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

#### 2.4.1.4) La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :

Elle est représentée par la quantité d'oxygène nécessaire au microorganismes, pour dégrader la matière organique dans l'eau (AMINOT et CHAUSSEPEID, 1983).

La mesure de la DBO<sub>5</sub> a été faite à l'aide d'un DBO mètre de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

*Mode opératoire* : (RODIER et al, 1996)

- La prise d'essai est de 250ml
- Introduire 250ml dans un flacon brun en verre contenant un aimant d'agitation magnétique.
- Mettre la capsule qui contient deux pastilles de soude (NAOH) dans la bouteille.
- Les bouchons doivent être fermés à moitié pendant 15min ; puis on procède à leur fermeture complète.
- L'agitation est ensuite enclenchée par un dispositif adéquat.
- La température est équilibrée par un thermostat réglé à 20°C.
- On laisse les échantillons sous incubation pendant cinq (05) jours en obscurité.
- On relève les valeurs sur des colonnes de mesures.

#### 2.4.2) L'analyse microbiologique :

Les germes tests recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia Coli* et les streptocoques fécaux. Ces germes sont peu ou pas pathogènes, ils sont révélateur de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption de contamination plus dangereuse (FIGARELLA et al, 2001).

Les germes supplémentaires recherchés sont les staphylocoques et cela pour leur intérêt pratique concernant les eaux de baignade (GAUJOUS, 1995 ; RODIER et al ; 1996).

La méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation des tubes en milieu liquide a été utilisée pour la recherche de ces germes (JOLY et REYNAUD, 2003).

La détermination du nombre caractéristique (le nombre de tubes positifs) permettra l'établissement du nombre le plus probable par la consultation de la table de Mc Grady (annexeII) (BRISOU et DENIS, 1980 ; RODIER et al, 1996)

##### 2.4.2.1) Dénombrement des Coliformes :

La méthode standard (JOFFIN, 2001), indiquée dans les figures (12) et (13) fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

**Le test de présomption** : réservé à la recherche des coliformes totaux, réalisé sur bouillon lactosé, sa fermentation se manifeste par un trouble et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham.

**Le test de confirmation** : réservé à la recherche des coliformes fécaux (CF) dits Coliformes thermo- tolérants, et des *Escherichia coli* à une température de 44°C, à partir des tubes positifs du test précédent (figure 13).

## Test présomptif

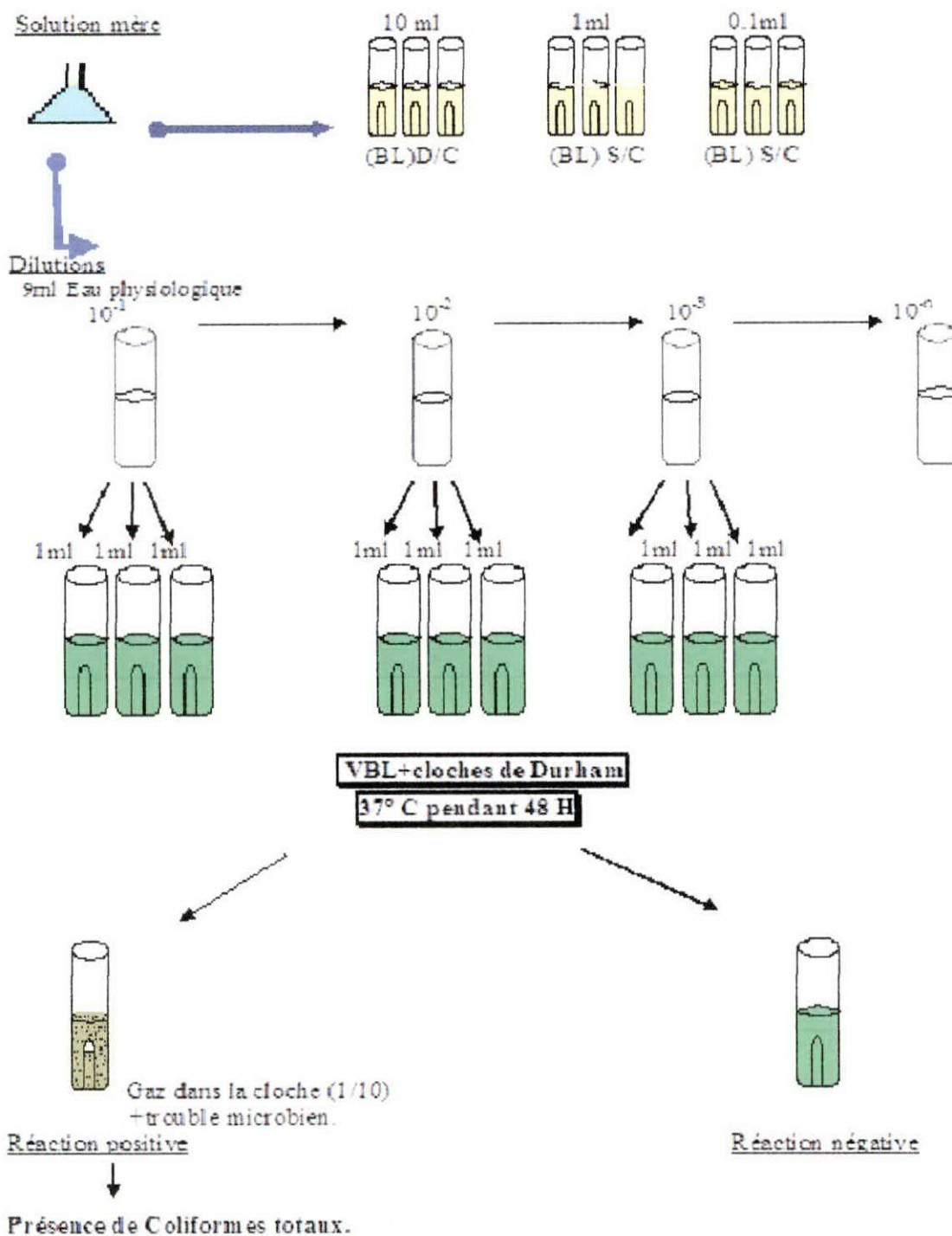


Figure 12 : Technique de recherche des coliformes Totaux (CT) dans l'eau de mer.

Test confirmatif

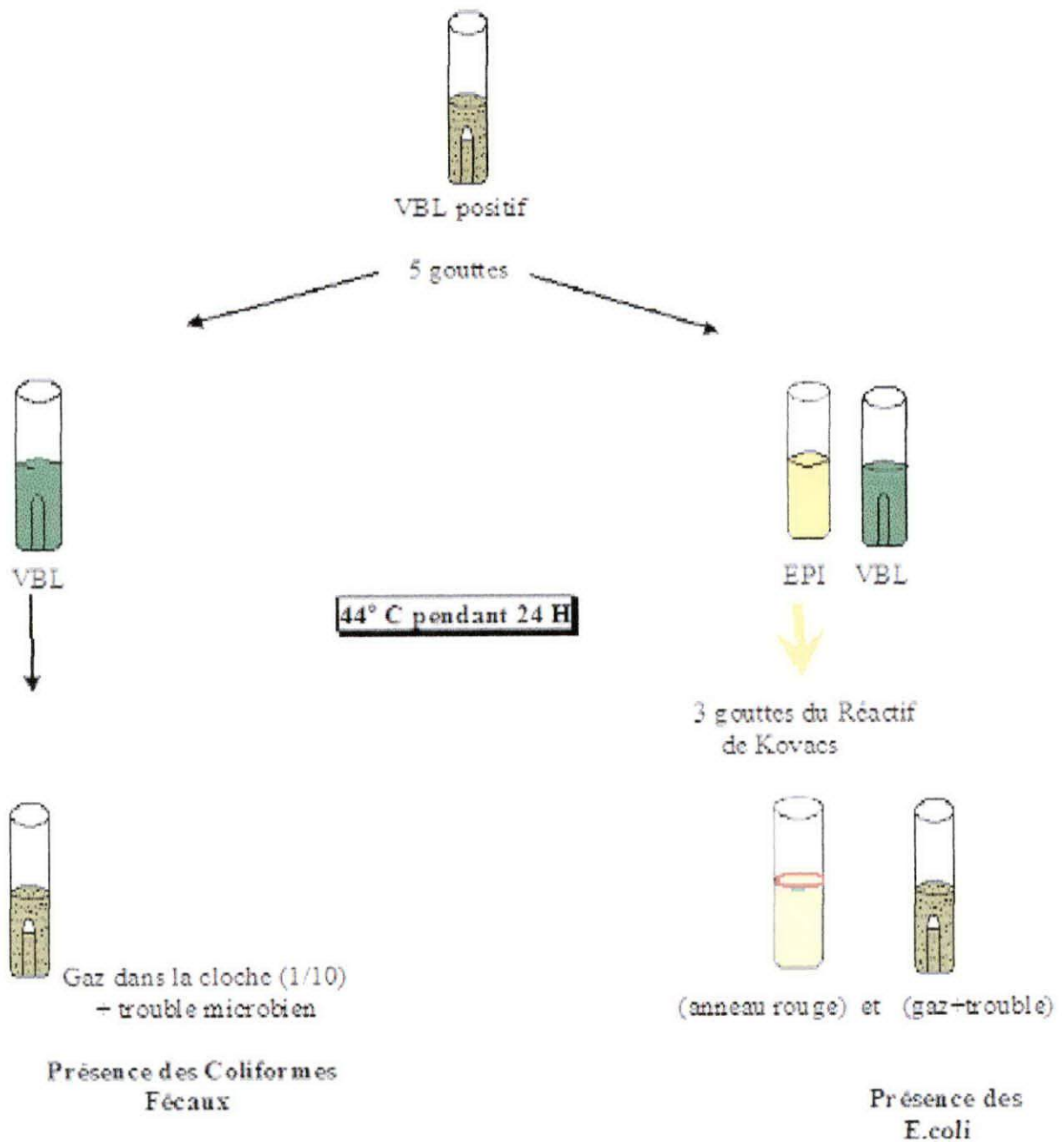


Figure13: Technique de recherche des C.Fécaux (CF) et *Escherichia coli* dans l'eau de mer.

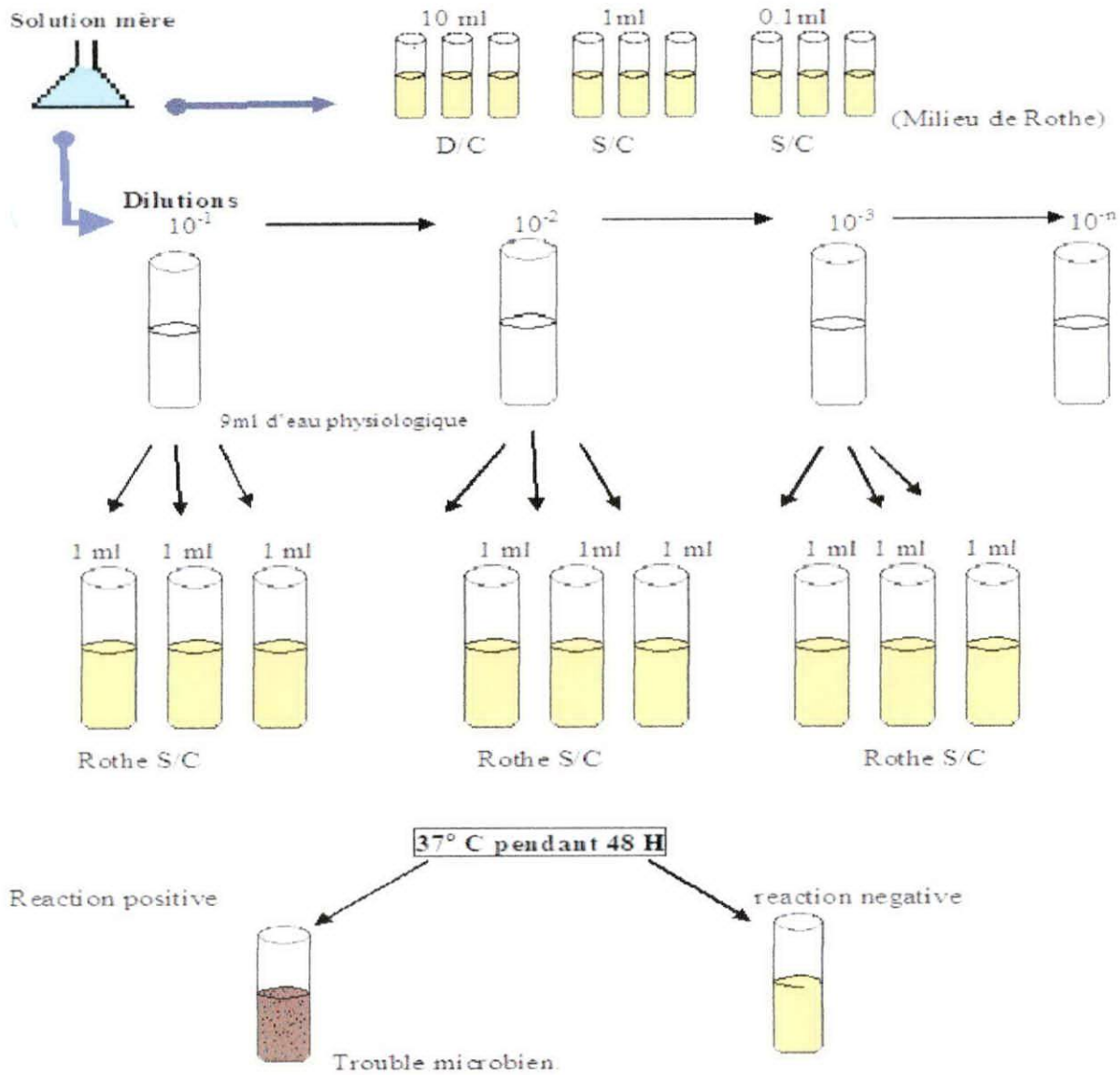
### 2.4.2.2) Dénombrement des streptocoques fécaux :

La technique de recherche des Streptocoques fécaux indiquée dans la (figure 14), nécessite deux tests consécutifs (JOFFIN, 2001) :

**Un test présomptif** : réalisé sur le milieu de Rothe.

**Un test confirmatif** : qui consiste à repiquer les tubes positifs sur le milieu d'EVA Litsky.

#### Test présomptif.



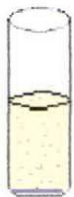
Test confirmatif.

5 gouttes à partir du tube positif



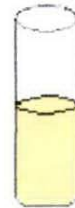
EVA LITSKY

**37°C pendant 24H**



Trouble  
+ Pastille violette.

Réaction positive



Réaction négative

Figure 14 : Technique de recherche des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer.

### 2.4.2.3) Recherche des Staphylocoques sur milieu de Chapman gélosé :

#### Préparation du milieu :

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant la gélose Chapman, et la couler dans des boîtes de pétri ; puis séchée.

Ce milieu 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 et al, 1996).

#### Ensemencement :

A partir de la solution mère et des dilutions décimales on porte ascétiquement 50µl(2 gouttes) dans les boîtes de pétri qu'on étale à l'aide d'un râteau.

#### Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 48 H.

### 2.4.3) Techniques de caractérisation des bactéries recherchées :

Afin de mieux caractériser le profil biochimique et morphologique des bactéries recherchées, qui appartiennent aux groupes des coliformes, streptocoques fécaux et des staphylocoques, une série de tests à été effectué, il s'agit de :

#### 2.4.3.1) la coloration de Gram :

##### Le protocole

Un frottis fixé à la chaleur est coloré pendant une minute avec une solution de violet de Gentiane, le frottis coloré est rincé rapidement avec une solution iodo-iodurée de Lugol.

Il est maintenu dans ce milieu pendant une minute, le frottis est ensuite décoloré avec de l'alcool à 95% pendant quelques secondes jusqu'à ce que l'excès de colorant soit éliminé.

Le frottis est rincé immédiatement sous un robinet puis soumis à une coloration avec une solution de Fuschine, rincé rapidement au robinet et séché. Après ce traitement les cellules Gram négatif sont roses et les cellules Gram positif sont violettes (SINGLETON et SAINSBURY, 1984)

##### Le principe de la coloration

Le principe de cette coloration est que le violet de gentiane se fixe sur des composants cytoplasmiques et après ce temps de coloration, toutes les bactéries sont violettes. Chez les bactéries à **Gram négatif**, la paroi, riche en lipides, laisse passer l'alcool qui décolore le cytoplasme et adopte la couleur rosâtre de la fuschine alors que, chez les bactéries à **Gram positif**, la paroi constitue une barrière imperméable à l'alcool et le cytoplasme demeure coloré en violet (PELMONT, 1993).

### 2.4.3.2) Test de catalase :

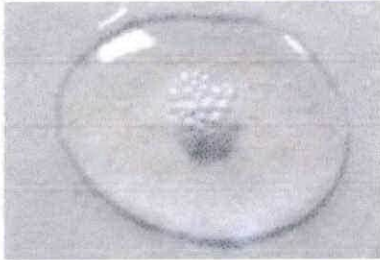
Cette enzyme catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) qui est produit par certaines réactions cellulaires et est très toxique, donc c'est l'une des enzymes chargées d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation (PELMONT, 1993).

La réaction catalysée est la suivante :




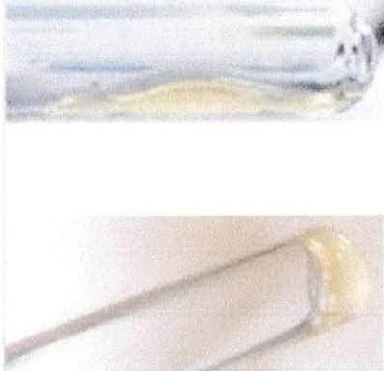
Le test de la catalase consiste essentiellement à ajouter du peroxyde d'hydrogène à des bactéries : la présence de catalase donne lieu à l'apparition de bulles d'oxygène (tableau 07)

**Tableau 07 :** Recherche de la catalase.

Aspect du test positif	Techniques	Résultats
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sur une lame propre et séchée déposer une goutte d'eau oxygénée à 10 volumes.</li><li>• A l'aide d'une pipette Pasteur, ajouter un fragment d'une colonie bactérienne isolée.</li><li>• Observer immédiatement.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apparition de bulles, dégagement gazeux de dioxygène : <b>catalase (+)</b>.</li><li>- Pas de bulles : <b>catalase (-)</b>.</li></ul>

### 2.4.3.3) Test de la coagulase :



Ce test détecte la présence d'une enzyme, la coagulase, qui coagule le plasma en formant des caillots. Il est utilisé principalement pour différencier les souches de *Staphylococcus aureus*, produisant de la coagulase, des espèces coagulase négative de *Staphylococcus epidermidis* (JOFFIN, 2001). La coagulase est mise en évidence par « le test en tube à réaction » représenté dans le tableau (08).

Aspect avant ensemencement	Aspect du test positif	Techniques	Résultats
		<p>Dans un tube à hémolyse stérile, introduire 8 gouttes de plasma et y introduire 5 colonies à l'aide d'une anse.</p> <p>Placer la suspension bactérienne à 37°C</p> <p>Des lectures doivent être effectuées toutes les heures au moins pendant les cinq premières heures, ainsi qu'après 24 heures.</p>	<p>- Coagulation du plasma =&gt; <b>Coagulase +</b> =&gt; <i>Staphylococcus aureus</i>.</p> <p>- Pas de coagulation du plasma =&gt; <b>Coagulase-</b> =&gt; <i>Staphylococcus sp.</i></p>

**2.4.3.4) Test de l'esculinase sur milieu Bile-Esculine-Agar (BEA) :**

L'esculine est un hétéroside, son hydrolyse catalysée par l'esculinase (tableau09), est un des critères usuels utilisés dans l'identification différentielle au sein de nombreux genres bactériens, notamment les Streptocoques fécaux (PELMONT, 1993).

**Tableau09** : Le test d'esculinase.

Aspect du milieu avant utilisation	Aspect du milieu après utilisation	Technique : mode d'ensemencement	Résultats
		<p>Piqûre centrale dans le culot, et incubée à 37°C.</p>	<p>Milieu présente une forte coloration noire : hydrolyse de l'esculine : <b>esculine (+)</b></p> <p>Le milieu ne présente pas de coloration noire : <b>esculine (-)</b>.</p>

Afin de mieux confirmer les résultats précédents, des galeries biochimiques API 20E et API 20Strep, permettant d'étudier le profil fermentaire ont été utilisées.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1) Les paramètres physicochimiques :

Les données brutes des paramètres étudiés ; à savoir la salinité, température, pH et DBO<sub>5</sub> figurent en annexe (III).

Pour les besoins de l'étude, les moyennes des valeurs observées au niveau de chaque station de prélèvement ont été retenues.

#### 3.1.1) La salinité :

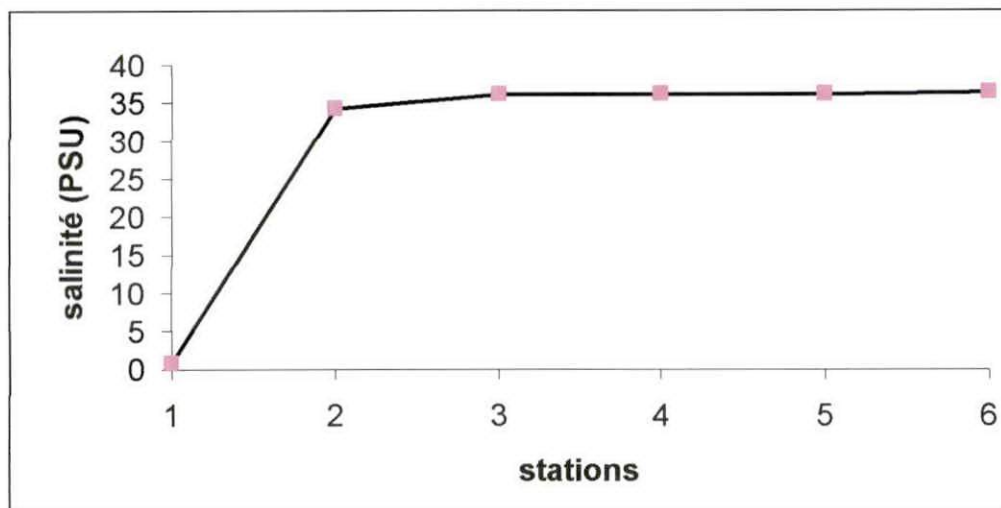
Le tableau regroupe les valeurs moyennes de la salinité qui sont en nette croissance du point de rejet (ST.1) à la station la plus éloignée.

**Tableau10** : Résultats de la salinité moyenne dans la zone d'étude.

stations	Distances (m)	Salinité (PSU)
1	0	0,83
2	2	34,23
3	2	35,93
4	40	36,1
5	40	36,06
6	80	36.23

**PSU** : Pratical Salinity Unit

Les résultats représentés dans le tableau ci-dessus montrent que l'eau de l'émissaire présente une salinité très faible (0.83 PSU). Au point de mélange (ST.2), la salinité augmente de 33.4 PSU, son ajustement s'opère graduellement en s'éloignant de l'émissaire (figure 15).



**Figure 15**: Variations des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations

Il faut retenir que la dispersion se fait lentement car la valeur enregistrée à la station 6 (36.23 PSU) bien que voisine des moyennes observées près de nos côtes (36- 37 PSU) (IFREMER, 1986), elle demeure néanmoins inférieure aux valeurs observées lors de mesures estivales effectuées antérieurement par OULD HOUCINE et HEDROUG, (1993) qui étaient de 37.3 PSU.

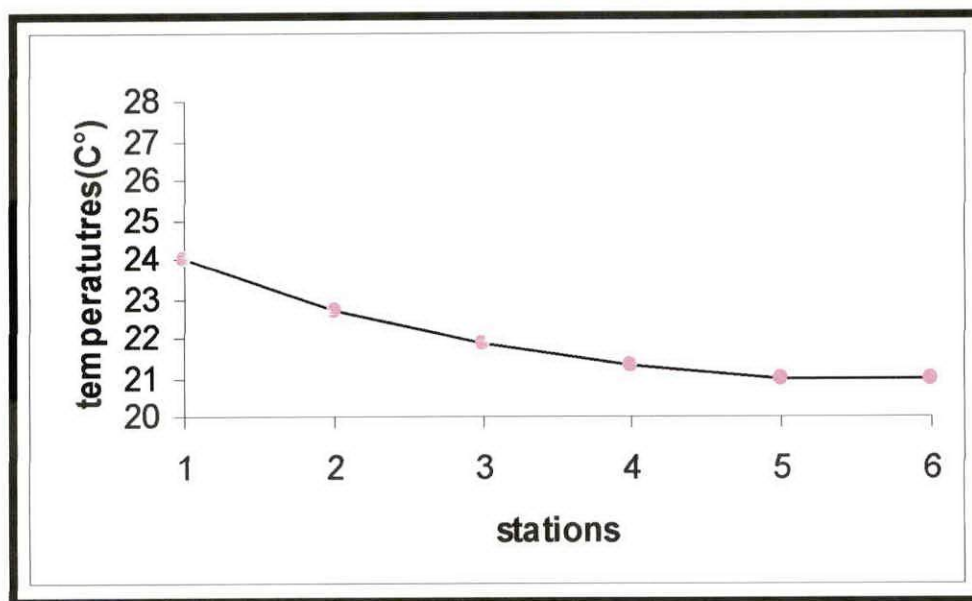
Les valeurs obtenues dans la présente étude reflètent assez bien l'évolution des eaux résiduelles rejetées par l'émissaire dans l'eau de mer ; jusqu'à 80 m de la côte la dilution est encore effective.

### 3.1.2) La température :

La température de surface est comprise entre 24 C° au débouché de l'émissaire et 21C° au niveau de la station 6 (tableau 11). Les eaux rejetées par l'émissaire ne présentent pas un grand écart de température avec l'eau de mer. Une légère baisse au point de contact (ST.2) suivie d'une diminution graduelle au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'émissaire et qui se stabilise à partir de la station 5 (figure16).

**Tableau 11:** Les valeurs moyennes de la température dans la zone d'étude

Station	Distances (m)	Températures(C°)
1	0	24
2	2	22,66
3	2	21,83
4	40	21,33
5	40	21
6	80	21



**Figure 16:** Variations des valeurs moyennes de température en fonction des stations.

### 3.1.3) Le potentiel d'hydrogène (pH) :

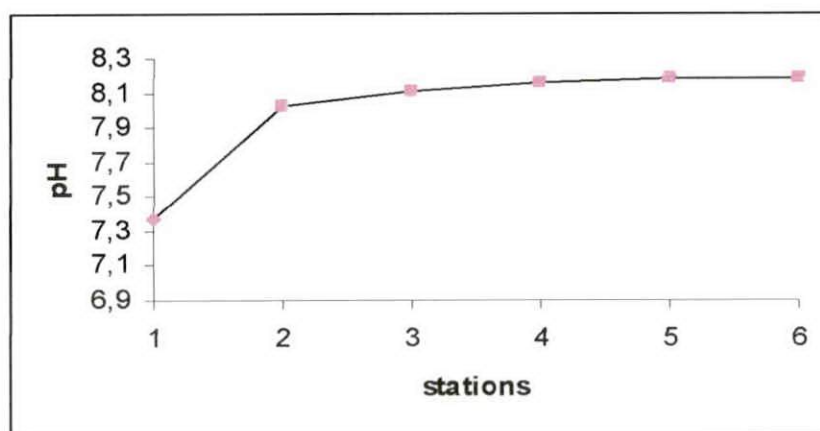
Le pH est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux. Il doit être étroitement surveillé au cours de toute la période de prélèvement. (BRISOU et DENIS, 1980).

On remarque que le pH se situe entre 7.37 (ST.1) et 8.18 à la station la plus éloignée. Au point de contact, un mélange très important est réalisé, le pH passe de 7.37 à 7.8 (tableau 12). Puis augmente graduellement pour atteindre la valeur maximale (8.18) à la station 6. Ces valeurs sont très voisines du pH moyen de l'eau de mer (AMINOT et CHAUSSEPIED 1983).

**Tableau 12 :** pH moyens observés dans la zone d'étude.

Stations	Distances (m)	pH
1	0	7,37
2	2	8,02
3	2	8,10
4	40	8,15
5	40	8,17
6	80	8,18

Les faibles variations du pH enregistrées à partir de la station 4 (figure 17) pourraient s'expliquer par le fait que ces stations soient dans une zone ouverte vers le large soumise à un brassage important avec l'eau de mer. De même cette stabilisation est due à l'effet tampon de l'eau de mer.



**Figure 17:** Variations des valeurs moyennes du potentiel hydrogène (pH) en fonction des stations.

### 3.1.4) la demande biologique en oxygène ( DBO<sub>5</sub>) :

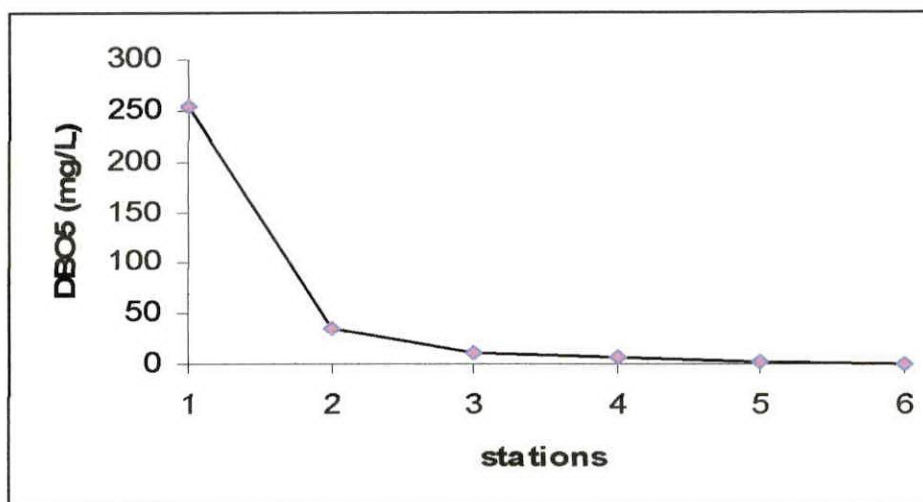
La mesure de ce paramètre se fait généralement pour les effluents d'eaux usées domestiques et industrielles mais dans le cadre de notre étude, l'objectif de l'analyse de ce paramètre est de déterminer le degré d'élimination de la charge organique par l'eau de mer.

**Tableau 13:** DBO<sub>5</sub> moyennes observées dans la zone d'étude

Stations	Distances (m)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)
1	0	253,33
2	2	35
3	2	11,66
4	40	6,66
5	40	1,66
6	80	0

Les variations de la demande biochimique en oxygène des eaux au débouché de l'émissaire jusqu'à la station la plus éloignée (figure 18). Les eaux brutes du rejet ont une teneur très élevée, en moyenne 253mg/L par contre à la station 6 elle tend vers 0mg/l (tableau 13).

Une lecture de ce tableau nous permet de déduire que l'épuration se fait essentiellement au point de contact (ST2) ; la DBO<sub>5</sub> est réduite de plus de 85% (de 253 à 35 mg/l) et elle diminue graduellement pour atteindre une valeur de 0 mg/l au point le plus éloigné du rejet.



**Figure 18:** Variations des valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> en fonction des stations.

Cette forte réduction pourrait s'expliquer par la dégradation de la charge organique par le biais d'agents biologiques (bactéries, algues, champignons. etc.) ou bien par les phénomènes physiques (adsorption, dispersion et sédimentation) liés aux mécanismes très complexe de l'autoépuration des eaux marine.

### 3.2) Les paramètres microbiologique :

Au voisinage du point de déversement de l'émissaire de l'hôpital de Bainem, les concentrations bactériennes moyennes observées sont élevées.

La population bactérienne perd en moyenne 95% (GAUTHIER et PIÉTRI, 1989) de son effectif au point de contact. Mais ces 5% de bactéries restantes dépassent dans certains cas avec des eaux très chargées en bactéries, les normes de qualité proposées par le CCE (1975) in RODIER et al (1996). Elles prennent comme indicateurs principaux les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. (Annexe III).

#### 3.2.1) Les coliformes totaux :

On a constaté une charge moyenne importante en coliformes totaux (CT) rejetée par l'émissaire (ST.1). La concentration est réduite à 4% ( $27 \cdot 10^6$  (ST1) à 1183333 (ST.2)) au point de contact avec l'eau de mer (ST.2). En s'éloignant du point de rejet, les concentrations bactériennes diminuent progressivement (tableau14).

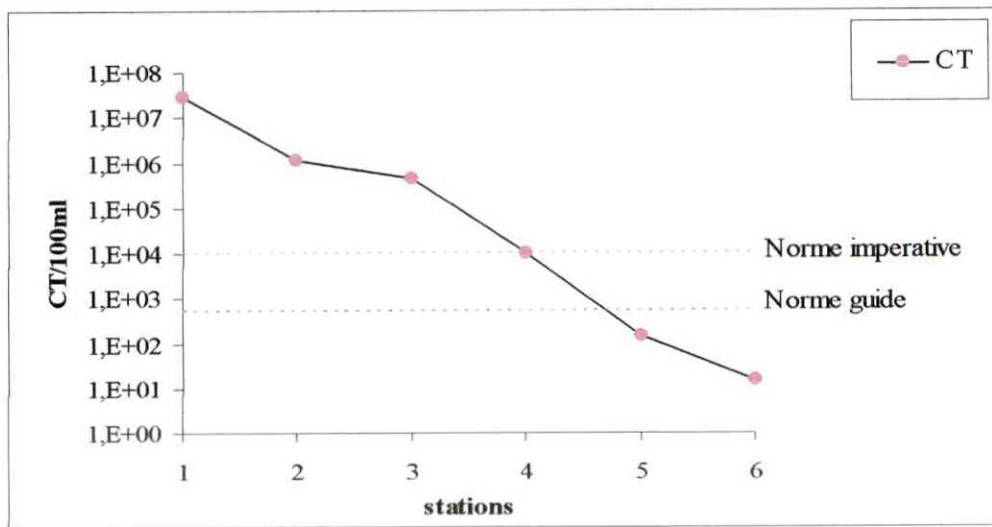
Tableau 14: Concentrations moyennes en coliformes totaux (CT).

Stations	CT/100ml
1	27000000
2	1183333
3	436667
4	10333
5	145
6	15

En comparant les résultats obtenus aux normes (figure 19), les stations 1, 2 et 3 présentent des concentrations supérieures aux normes qui sont de 500 CT/100ml pour la norme guide et de 10000 CT/100ml pour la norme impérative (CCE, 1975 in RODIER et al, 1996).

La station 4, bien que sa concentration en CT soit voisine de la norme impérative mais elle reste toute fois de mauvaise qualité microbiologique (normes françaises in BRISOU et DENIS, 1980) et elle présente par conséquent un risque pour tout usager.

Quant aux stations 5 et 6, leurs concentrations sont inférieures à la norme guide et de ce fait, leurs eaux sont de bonne qualité.



**Figure 19 :** variations des concentrations moyennes des coliformes totaux en fonction des stations.

### 3.2.2) Les coliformes fécaux :

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux (tableau 15), montre des variations similaires, observées chez les coliformes totaux, ce sont uniquement leurs proportions qui diffèrent.

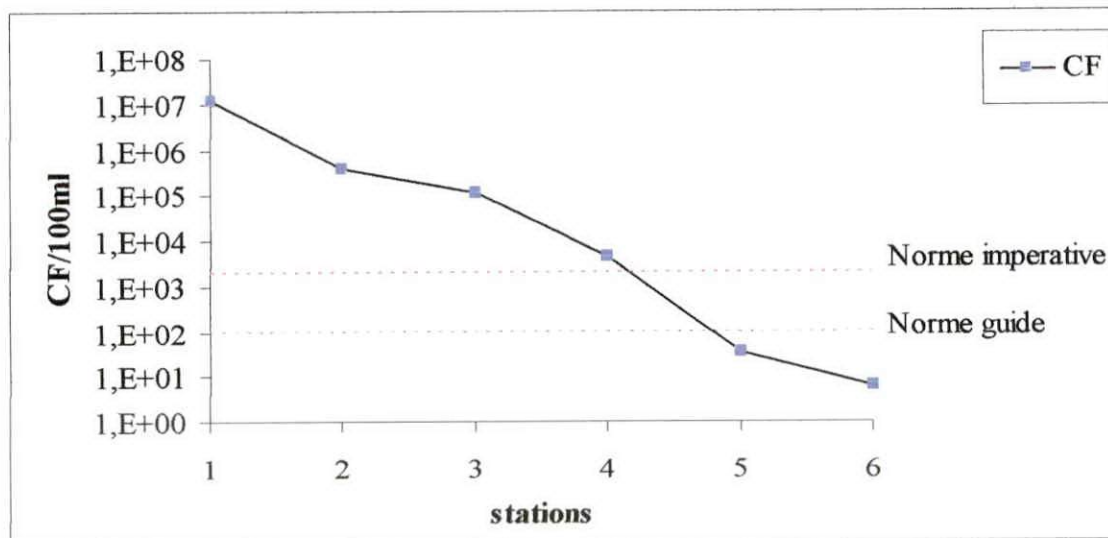
L'effectif des coliformes fécaux est réduit d'environ 97% au point de contact (ST.2) (de 12500000 à 398333 CF/100ml). Ces 3% restant vont se répartir et se disperser au gré des mouvements de l'eau.

**Tableau 15:** Les concentrations moyennes en coliformes fécaux (CF)

Stations	CF/100ml
1	12500000
2	398333
3	111666
4	4666
5	34
6	6

Pour les stations 1, 2, 3 et 4 (figure 20), les charges bactériennes sont très élevées par rapport aux normes qui sont de 100CF/100ml pour la norme guide et de 2000CF/100ml pour la norme impérative (CCE, 1975 in RODIER, 1996). Leur qualité microbiologique est mauvaise est de ce fait elles constituent un danger pour la baignade.

Les stations les plus éloignées, qui sont respectivement les stations 5 et 6 ; sont de bonne qualité car leurs charges bactériennes sont inférieures à la norme guide.



**Figure 20:** Variations des valeurs moyennes en coliformes fécaux en fonction des stations

### 3.2.3) *Escherichia coli* :

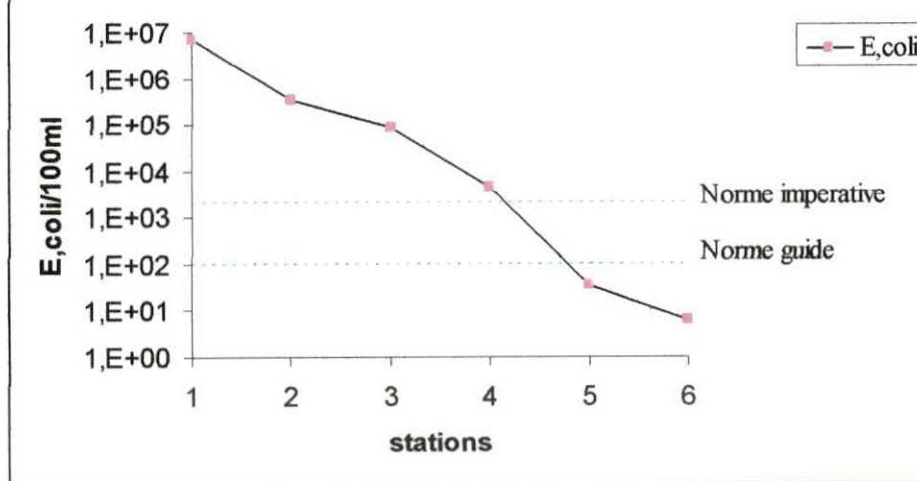
Du point de vue sanitaire, *Escherichia coli* est le plus important des paramètres microbiologiques pris en compte dans le contrôle de qualité des eaux de baignade au même titre que les streptocoques fécaux ; leur présence simultanée suffit à confirmer qu'il y a effectivement pollution (JOLY et REYNAUD, 2003).

**Tableau 16:** Concentrations moyennes d'*Escherichia coli*.

Stations	E.coli/100ml
1	7333333
2	331666
3	88333
4	4300
5	34
6	6

Les résultats illustrés par la figure (21) montrent l'existence d'une grande similitude entre les profils d'évolution des valeurs moyennes des Coliformes fécaux et d'E.coli. Notons à ce propos qu'il y a peu de différence, du point de vue pratique, entre les indications fournies par le dénombrement des Coliformes fécaux et d'E.coli. L'examen est souvent orienté vers l'un ou l'autre de dénombrement (RODIER, 1996).

Selon la directive communautaire 76/160/CEE du 08 décembre 1975(annexe II), les eaux de bonne qualité ne sont atteinte qu'à partir de la station 05.



**Figure 21:** Variations des valeurs moyennes d' *Escherichia coli* en fonction des stations.

### 3.2.4) Les streptocoques fécaux :

Les teneurs en streptocoques fécaux émises par l'effluent sont les plus faibles de tous les germes recherchés (tableau 17). D'une façon générale, les concentrations en Streptocoques fécaux sont dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement polluée par le bétail, inférieurs à celles des Coliformes fécaux (RODIER, 1996).

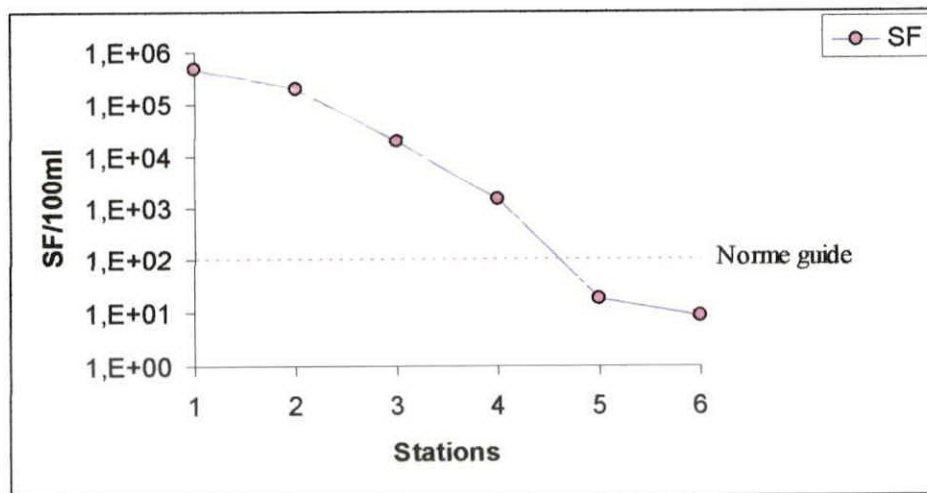
Une réduction de l'effectif de 60% est observée Au point de contact (St2). Ces indicateurs de pollution fécale sont les germes qui survivent le plus dans le milieu marin et cela grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (OMS, 1977).

**Tableau17 :** Concentrations moyennes des streptocoques fécaux.

Stations	SF/100ml
1	466666
2	186666
3	18666
4	1400
5	18
6	9

même évolution que les autres germes mais avec toute fois une décroissance moins rapide (figure 22).

Une stabilisation est observée à partir de la station 5, ceci s'explique par le fait qu'ils soient des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés (GAUJOUS, 1995) et dans les milieux présentant des pH élevés (OMS, 1977).



**Figure22 :** Variations des valeurs moyennes de streptocoques fécaux en fonction des stations

Les concentrations moyennes observées dans les stations 1, 2,3 et 4 demeurent toujours au dessus des normes de salubrité qui sont de 100 SF/100ml (CCE, 1975 in RODIER et al, 1996) (annexe II), et de ce fait elles sont qualifiées de mauvaise qualité microbiologique. Les normes de bonne qualité ne sont atteintes qu'à partir de la station 5.

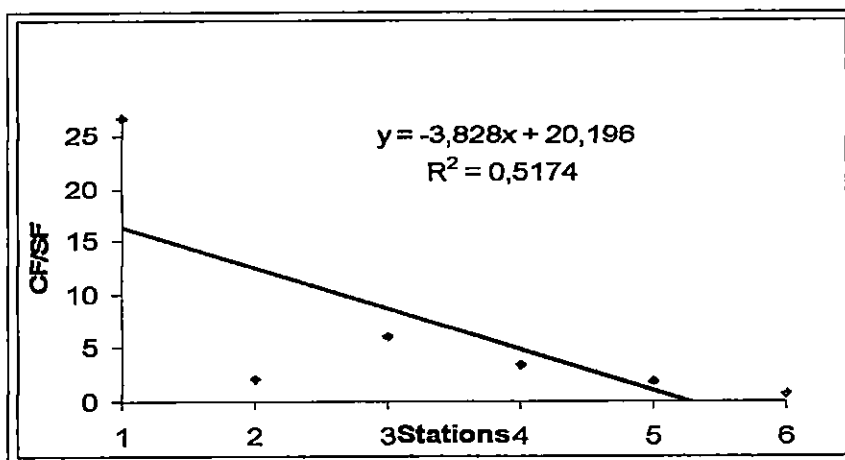
### 3.3) Etude du rapport coliformes fécaux / streptocoques fécaux :

Le rapport CF/ SF nous renseigne sur l'origine de la pollution étudiée. Il varie en fonction des stations (tableau 18). L'application du barème de l'OMS (1977) sur la valeur calculée à la source de l'émissaire confirme que la pollution est exclusivement humaine ( $CF/SF = 26.78 > 4$ ).

**Tableau 18:** Rapport CF/SF des stations de prélèvement

Stations	CF/SF
1	26,78
2	2,13
3	5,98
4	3,33
5	1,88
6	0,66

Les rapports jusqu'à la station 4 sont largement en faveur des coliformes fécaux car, comme il s'agit d'une analyse de l'eau de surface il est tout à fait normal que les coliformes soient prépondérants étant donné que les streptocoques s'associent en chaînettes de 20 à 40µm de long et auront donc tendance à se concentrer plus au fond (ANONYME, 1980). Exception faite pour la station 2 due à une forte mortalité des coliformes fécaux, observée au point de contact par rapport aux streptocoques fécaux.



**Figure 23:** Evolution des rapports des coliformes fécaux / les streptocoques fécaux en fonction des stations.

A partir de la station 5, les rapports n'offrent qu'un léger avantage pour les coliformes fécaux et le rapport s'inverse au profit des streptocoques fécaux à la station 6.

Par ailleurs des études montrent que dans les zones polluées, les coliformes sont nettement plus abondants que les streptocoques et l'inverse pour les zones moins polluées (GAUTHIER et PIÉTRI, 1989). Ceci confirme les résultats obtenus dans la présente étude.

### 3.4) Caractérisation des bactéries recherchées :

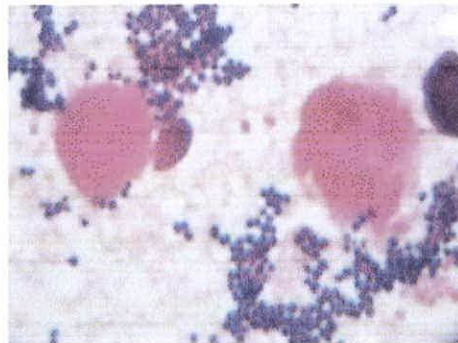
#### 3.4.1) Les staphylocoques :

La plus part des colonies, observables sur le milieu de Chapman après une incubation de 24 heures à 37°C, sont des Gram positifs (figure 24), catalase et coagulase positives.

Ces caractères montrent qu'il s'agit du profil classique de l'espèce *S.aureus*, décrit par Singleton et Sainsbury, 1984.

Il est à noter ici la présence d'autres espèces qui sont coagulase (-) et qui correspondent au profil classique de l'espèce *S.epidermidis*.

caractères			
Aspect, couleur des colonies	Rondes, blanches	Rondes, jaune vif	Rondes, translucides
Aspect des cellules	Coques en amas	Coques en amas	Coques amas
Gram	+	+	+
Catalase	+	+	+
Coagulase	+	+	-
Nom de l'espèce	<i>S.aureus</i>	<i>S.aureus</i>	<i>S.epidermidis</i>



**Figure 24 :** Observation de *Staphylococcus aureus* au microscope optique (100x)

### 3.4.2) Les coliformes :

Après plusieurs repiquages sur la gélose nutritive (annexe I), les résultats (tableau 20), montrent que toutes les espèces sont des Gram négatif (figure 25), catalase négative et gazogènes.

Ces résultats sont confirmés par les galeries API 20E (figure 26) pour chaque espèce. Le profil biochimique des espèces est détaillé en (annexe III), il correspond à celui décrit par (LARPENT, 1997).

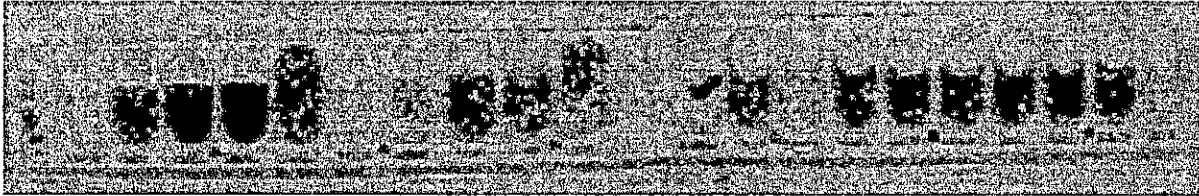
**Tableau 20** : Profil morphologique et biochimique des coliformes.

Caractères			
Aspect et couleur des colonies	Très petites rondes et blanchâtres.	Rondes, blanchâtres	Rondes, blanchâtres et translucides
Aspect des cellules	Bacilles, paires et en chaînettes.	Bacilles, paires et en chaînettes.	Bacilles, paires et en chaînettes.
Gram	-	-	-
Catalase	-	-	-
Production de gaz	+	+	+
Nom de l'espèce	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>E.coli</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>

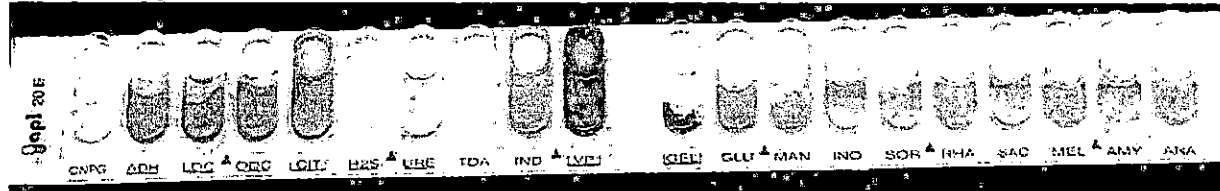


**Figure 25** : Observation de l'espèce *E.coli* au microscope optique (100x)

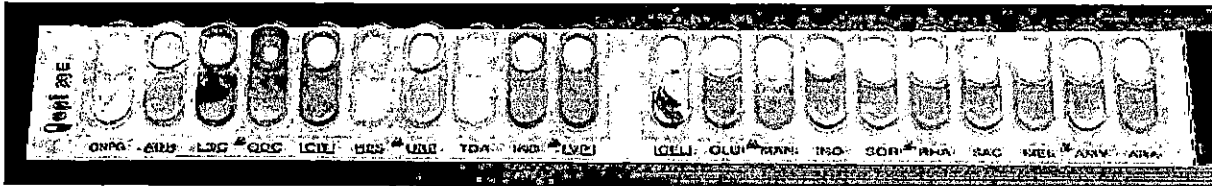
*Escherichia coli.*



*Citrobacter freundii*



*Klebsiella*



*Klebsiella pneumoniae*

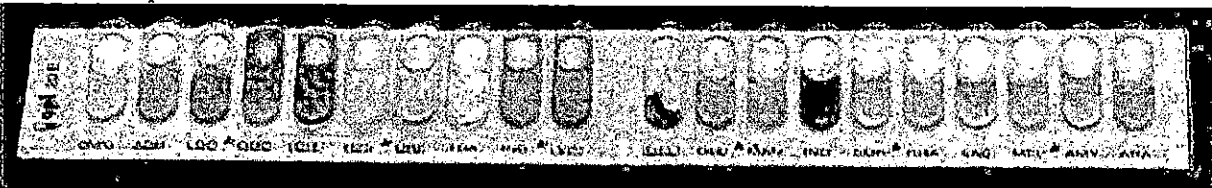


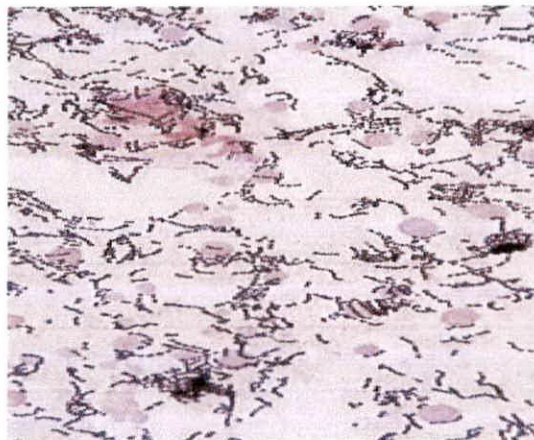
Figure 26 : Les galeries d'identification des espèces étudiées.

### 3.4.3) Les streptocoques :

La sélection des espèces de streptocoques fécaux qui a été réalisée sur le milieu Muller-Hinton (MH) au sang frais (annexe I), montre qu'il s'agit bien de cellules gram (+) (figure 27), esculine (+) et également hémolyse (+) qui apparaît comme une zone circulaire dans laquelle les globules rouges sont lysés, ce qui témoigne sans ambiguïté des streptocoques fécaux (LARPENT, 1997).

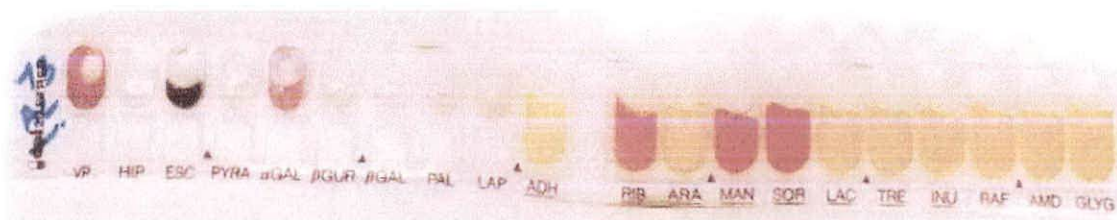
**Tableau 21 :** Profil morphologique et biochimique des streptocoques.

caractères			
<b>Aspect et couleur des colonies</b>	Colonie à centre rouge avec contour blanc	Colonies très petites, blanches	Grosses colonies, blanches ou faiblement rosées.
<b>Aspect des cellules</b>	Cocci Paires et en chaînettes	Coccobacilles, Paires et en chaînettes	Cocci, Paires et en chaînettes
<b>Gram</b>	+	+	+
<b>Esculinase</b>	+	+	+
<b>Catalase</b>	-	-	-
<b>Hémolysine</b>	+	+	+
<b>Nom de l'espèce</b>	<i>S.faecalis</i>	<i>S.bovis</i>	<i>S.feacium</i>



**Figure 27 :** Observation des streptocoques fécaux au microscope (100x)

La figure (28) représente le profil biochimique de l'espèce *Enterococcus faecalis* décrit par LARPENT (1997).



**Figure 28 :** *Enterococcus faecalis*

# DISCUSSION GENERALE

## Discussion générale

L'OMS estime que dans le monde entier, les maladies à transmission hydrique ont été responsables de trois millions de décès en 1995 ; 80% étaient des enfants de moins de cinq ans.

En Algérie, le problème lié aux maladies à transmission hydrique reste les rejets domestiques sans traitement dans les milieux naturels. A Alger par exemple, 65% des plages de la wilaya sont polluées par les rejets industriels et domestiques d'autant plus que la plupart des stations d'épuration sont à l'arrêt.

Donc, Il a été important qu'une étude portée sur l'évaluation physicochimique et microbiologique des eaux rejetées par l'émissaire de l'hôpital de bainem soit proposée, surtout que cet émissaire déverse ces rejets sur une plage fréquentée.

L'étude du pH permet de constater une augmentation au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte pour atteindre une valeur moyenne de 8.18 qui avoisine les valeurs moyennes d'un pH marin (8.2 ; 8.3) présentées dans les travaux réalisés par AMINOT et CHAUSSEPIED (1983). Cette augmentation est sans doute due au brassage des masses d'eaux en s'éloignant du point de déversement.

Une même évolution en fonction de la distance par rapport à la côte a été observée pour la salinité, elle passe de 34.23 PSU au point de contact à 36.23 PSU au point le plus éloigné. Ces résultats reflètent assez bien l'évolution des eaux douces rejetées par l'émissaire en surface.

La température moyenne au débouché de l'émissaire qui était de 24°C ne présente pas un grand écart avec le milieu récepteur et demeure largement inférieure à la norme fixée par la législation algérienne qui est 30°C (JOURNAL OFFICIEL, 1993).

Il est à remarquer également une réduction importante de la DBO<sub>5</sub> au point de contact, elle passe de 253mg/l à 35mg/l ce qui correspond à une réduction de 85%. Sa dégradation s'opère graduellement jusqu'à s'annuler carrément à la station 6. L'eau de mer dans ce cas parvient à l'élimination de la charge organique sans doute par le biais de facteurs physiques (adsorption, dispersion et sédimentation) et de facteurs biologiques (bactéries, champignons... etc).

Les résultats obtenus par l'analyse microbiologique, nous font ressortir des teneurs très élevées en germes indicateurs de contamination fécale au débouché de l'émissaire et à la zone de contact.

Bien que leurs effectifs soient réduits à 95% en moyenne, les coliformes restent conséquents et leurs concentration dépassent de loin les normes préconisées par le CCE (1975), au point de contact.

Une diminution graduelle s'observe en s'éloignant de la côte, qui est due sans doute aux phénomènes physiques cités ci-dessus ajoutant à cela l'action bactéricide de la lumière, salinité ainsi que les phénomènes d'antibioses.

Même évolution est remarquée chez les streptocoques, mais avec un taux de mortalité moins élevé, ceci s'explique par leur capacité de résistance dans les milieux où le pH est de 8.18. D'une manière générale, les streptocoques fécaux sont des indicateurs assez résistants dans les milieux marins présentant des pH élevés (OMS, 1977) et aussi dans des milieux salés (GAUJOUS, 1995).

L'identification bactérienne, a fait ressortir une large gamme de bactéries entériques (*Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli*) appartenant aux coliformes fécaux, caractérisés par une réaction négative pour la catalase et production de gaz. Ces germes possèdent des enterotoxines qui peuvent être à l'origine de nombreuses infections.

Des streptocoques du groupe D (*Streptococcus faecalis*, *Streptococcus bovis* et *Streptococcus faecium*) ont été aussi identifiés et confirmés par des galeries API20sterpt. A titre d'exemple, le *Streptococcus faecalis* est un germe qui peut provoquer des infections urinaires

Concernant les indicateurs de proximité, des souches de staphylocoques pathogènes (*staphylococcus aureus* et *staphylococcus epidemidis*) ont été aussi identifiées. Ces espèces ne sont pas sans danger pour les baigneurs dans la mesure où ils sont responsables des principales infections pyogènes de la peau et des muqueuses (BRISOU et DENIS, 1978 ; LECLERC et al, 1995 et EBERLIN, 1997).

D'un point de vue sanitaire, notre site d'étude est pollué et de ce fait un risque de contamination pour les baigneurs est imminent.

# CONCLUSION GENERALE

Cette étude a pour objectif l'évaluation d'une éventuelle pollution bactérienne apportée par l'émissaire de l'hôpital de Bainem. Bien qu'elle ne soit pas exhaustive dans la mesure où elle s'est intéressée qu'au compartiment « eau », les phénomènes liés aux accumulations dans la matrice biologique n'ont malheureusement pas pu être pris en charge lors de notre étude. Mais cela nous a permis néanmoins de présenter un état des lieux de la zone d'étude en faisant ressortir certains résultats. La synthèse de ces derniers nous ramène à une zonation de notre site d'étude en fonction de la distance par rapport au point de rejet.

- une aire polluée, qui correspond à la station 2 et 3 où les eaux présentent de faibles salinités, des DBO<sub>5</sub> supérieures aux limites de propreté et une population bactérienne très abondantes.
- Une aire moins polluée qui englobe la station 4 et sa proximité. Cette superficie ne présente pas une grande pollution physicochimique mais les concentrations bactériennes observées dépassent les normes préconisées par le Conseil des Communautés Européennes (1975)
- Une aire plus ou moins salubre correspondant aux stations 5 et 6 où la pollution microbiologique est en dessous des normes et la DBO<sub>5</sub> qui tend vers 0 mg/L.

Les concentrations bactériennes décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point de rejet. Cette décroissance est sans doute due à la combinaison de phénomènes physiques (adsorption, dispersion et sédimentation) et aux phénomènes d'inactivation biologiques et mortalités bactériennes.

Les analyses microbiologiques font ressortir que sur tous les germes étudiés, les streptocoques sont ceux qui présentent la plus forte survie dans le milieu marin. Contrairement aux coliformes qui présentent des taux de mortalités assez élevés.

La synthèse de tous ces résultats retrouvés nous ramène à conclure que le site d'étude est pollué sur un rayon de 40m qui se manifeste par une pollution esthétique de la plage Lafayette à savoir les odeurs pestilentielles qui s'y dégagent, la turbidité de l'eau ainsi que tous les débris solides charriés par l'émissaire, présentant ainsi un risque sanitaire pour les baigneurs.

Sachant que cette plage est fréquentée, il serait préjudiciable de laisser les phénomènes de dégradation se poursuivre.

Des projets sont en cours d'étude ayant pour but de dévier tous les émissaires présents sur la commune Hammamet (une quinzaine environ) et les raccorder à une station d'épuration avant qu'ils ne soient rejetés en mer.

Cette solution entre dans le cadre de la préservation des zones côtières contre les sources de pollution ponctuelles, elle s'avère très indispensable après la mise en évidence de l'ampleur de la contamination bactérienne dans l'ensemble du site par notre étude.

Il est à noter que notre travail reste ponctuel et les perspectives demeurent nombreuses, il serait fort intéressant d'enrichir les résultats obtenus en multipliant les expériences dans le temps et permettre ainsi d'avoir une idée exhaustive sur la contamination.

L'appréhension de l'impact réel et du degré de contamination d'un point de vue microbiologique, passe par un suivi de l'évolution des microorganismes dans l'espace.

Pour finir, il serait nécessaire de compléter cette étude par une large analyse microbiologique (recherche des germes pathogène) pour une meilleure estimation du risque sanitaire et une prévention adéquate.

Le contrôle de qualité des eaux de baignade, véritable océanographie médicale est un domaine en perpétuelle évolution. L'équilibre du moment est toujours instable et peut être rompu à cause de la montée de la précarité ; mais d'autre part, l'évolution des maladies infectieuses à transmission hydrique incite l'homme à plus d'humilité face à la maladie. Il faut la prendre comme un gage d'évolution positive dans la mesure où elle incite à revoir certaines règles d'hygiène et de techniques de recherche ainsi que des mesures de prévention, ce qui doit s'avérer bénéfique pour notre avenir.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] **AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO :395p.
- [2] **ANONYME., 1980.** Le courrier du CNRS, N° 35.janvier, 1980.
- [3] **AUBERT J., DESIROTE N., 1972.** Note sur le rôle de la sédimentation dans l'épuration des eaux résiduaires. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome 27 : 41-69.
- [4] **BELLAN G., PERES J.M., 1974.** La pollution des mers.Edit. Presses Universitaires de France.127p.
- [5] **BIANCHI M., MARTHY D., BERTRAND J.C., CAUMETTE P., GAUTHIER M., 1989.** Les microorganismes du domaine oceanique.Edit.Masson.447p.
- [6] **BOUTIBA M., 1996.** Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de SIDI FREDJ (Ouest d'Alger).thèse de magister, aménagement du littoral.ISMAL :123p.
- [7] **BRISOU J.F., DENIS F., 1978.** Hygiène de l'environnement maritime.Edit.Masson.248p.
- [8] **BRISOU J.F., DENIS F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement maritime.Edit.Masson. 206p.
- [9] **BERTRAND J.C., LARSEN H., 1989.** La bactérie marine.microorganisme dans les écosystèmes océaniques. Edit.Masson.447p.
- [10] **EBERLIN T., 1997.** Les infections microbiennes.Edit.Masson.128p.
- [11] **FIGARELLA J., LEYRAL G., TERRET M., 2001.** Microbiologie générale et appliquée. Edit. Jacques Lanore.285p.
- [12] **GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris.217p.
- [13] **GAUTHIER M., 1989.** L'adaptation physiologique des bactéries entérique dans l'eau de mer. Microorganismes dans les écosystèmes oceaniques.Edit.Masson.447p.
- [14] **GAUTHIER M., PIETRI C., 1989.** Devenir des bactéries et virus entériques en mer. Microorganismes dans les écosystèmes oceaniques.Edit.Masson.447p.
- [15] **GOMELLA C., GUERREE H., 1978.** Le traitement des eaux publiques industrielles et privées, Edit. Eyrolles. Paris.262p.
- [16] **GUIRAUD J-P.,1998.** Microbiologie alimentaire.Edit.Dunod.652p.
- [17] **IFREMER., 1986.** Variabilités a moyenne échelle du bassin algérien. Observation hydrologiques, biologiques et chimiques.Campagne Mediprod V.CNRS :90-98.
- [18] **JOFFIN J-N.,LEYRAL G., 2001.**Microbiologie technique : dictionnaire des techniques. Collection biologie technique 3<sup>ème</sup> edit.312p.

[20] **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, N° 46, JUILLET., 1993.**

[21] **LARPENT J.P., LARPENT-GOURGAUD M., 1997.** Mémento de microbiologie.Edit.Techniques et Documentation.1023p.

[22] **LARPENT J-P., 1997.**Techniques de laboratoire. Edit. Technique et documentation.Paris.1041p.

[23] **LECLERC H., GAILLARD J.L., SIMONET M., 1995.** Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. Edit.Doin.535p.

[24] **LECLERC H., MEYER A., DEIANA J., 1994.** Cours de microbiologie generale.Edit.Doin.365p.

[25] **MORITA R.Y., COLWELL R., 1974.** Effect of the ocean environment on microbial activities.Edit.Colwell et Morita.Univ.Park Press, Baltimore.587p.

[26] **OULD HOCINE B., HEDROUG S., 1993.** Contribution à l'étude de quelques métaux lourds présents dans les matières en suspension, l'herbier à posidonies et les sédiments superficiels de la baie de Bou Ismail.Memoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle. USTHB.115p.

[27] **PAOLETTI R., 1966.** Pollution fécale du littoral et considération sur le pouvoir autoepurateur du milieu marin.Revue internationale d'océanographie medicale.Tome 1 : 44-55.

[28] **PELMONT J., 1993.**Bactéries et environnement : adaptations physiologiques.Collection Grenoble Sciences.899p.

[29] **PNUE / OMS., 1977.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague : 168p.

[30] **POGGI R., 1990.** Impacts sanitaires des contaminations microbiologiques.IFREMER.la mer et les rejets urbains, n° 11 : 115-132.

[31] **POMMEPUY M., 1987.** Capacité d'acceptation du milieu marin.Bacteriologie de la rade de Brest.Edit.IFREMER, Brest, France.60p.

[32] **POMMEPUY M., GUILLARD J.F., MARTIN Y., DUPRAY E., DERRIEN A., L'YAVANC J., CORMIER M., 1990.** Le devenir des bactéries en zone littorale.IFREMER.La mer et les rejets urbains, n° 11 : 89-100.

[33] **RODIER J., BAZIN C., CHANBON P., BROUTIN J.P., CHAMPSAUR H., RODI L., 1996.** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. DUNOD.8<sup>ème</sup> edition, Paris.1383p.

[34] **SINGLETON P.,SAINSBURY D.,1984.**Abrégé de bactériologie. Edit. Masson, Paris.158p.

[35] **ZOBELL C., 1946.** Marine microbiology. Edit. Mass Chronica Botanic Company.240p.

# ANNEXES

# Annexe I

## Milieux de culture et réactifs

### **Bouillon lactosé (BL)**

Composition en g/l :

<b>composition</b>	<b>S/C</b>	<b>D/C</b>
Extrait de viande de boeuf	3	6
Peptone	5	10
Lactose	5	10
Eau permutée	1000 ml	1000 ml

S/C et D/C : simple et double concentration respectivement  
pH final : 6.7, autoclaver à 120C° pendant 20minutes.

### **Bouillon lactosé bilié au vert brillant (VBL)**

Composition en g/l :

<b>Composition</b>	
peptone de viande	10
Lactose	10
Bile de bœuf desséchée	20
Vert brillant	0.0133
Eau permutée	1000 ml

pH final : 7.2, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes.

### **Eau peptonée exempte d'indole (EPI)**

Composition en g/l :

<b>Composition</b>	
Peptone tryptique de caséine	10
Nacl	5
Eau permutée	1000 ml

pH final 7.2, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes

Composition en g/l :

<b>Composition</b>	
Paradiméthylamino-benzaldehyde	5
Alcool amylique	75
HCL pur	35
Eau permutée	1000 ml

### Gélose nutritive

Composition en g/l :

<b>composition</b>	
Peptone	5
Extrait de viande	1
Extrait de levure	2
Chlorure de sodium	5
Agar	15
Eau permutée	1000 ml

### Milieu de Rothe

Composition en g/l :

<b>Composition</b>	<b>S/C</b>	<b>D/C</b>
Peptone	20	40
Glucose	5	10
Nacl	5	10
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Dihydrogenophospahte de potassium	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4
Eau permutée	1000 ml	1000 ml

pH final : 6.8- 7, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes.

### Milieu de Litsky (EVA)

Composition en g/l :

<b>composition</b>	
Peptone	20
Glucose	5
Nacl	5
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7
Dihydrogenophospahte de potassium	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyl violet	0.0005
Eau permutée	

pH final : 6.8 – 7, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes

Composition g/l	
Extrait de viande	2
Hydrolysate acide de caséine	17.5
Amidon	1.5
agar	10
Eau permutée	1000ml

PH final = 7,4 autoclaver pendant 15 minutes à 120°C.

### **Bile-Esculine-Agar**

Composition en g/l	
Peptone tryptique	17
Peptone pepsique de viande	3
Extrait de levure	5
Bile de bœuf	10
Chlorure de sodium	5
Esculine	1
Citrate de fer ammoniacal	0.5
Azide de sodium	0.15
Agar	13
Eau permutée	1000ml

pH final = 7 , autoclaver à 120°C.

## Normes de salubrité

**\*\*Critères de qualité des eaux de baignade proposés par le conseil des communautés européennes (CCE) du 8 décembre 1975 in RODIER, 1996).**

Paramètres	Norme Guide ( G )	Norme impérative ( I )	Méthode d'analyse
Coliformes totaux (NPP/100ml)	500	10 000	En tubes multiples. Nombre le plus probable ou filtration sur membrane. Milieu du bouillon lactosé
Coliformes fécaux (NPP/ 100ml)	100	2000	
Streptocoques fécaux (NPP /100ml)	100	–	Méthode de Litsky. Nombre le plus probable.
Salmonelles par litre	–	0	
Entérovirus PFU / 10L	–	0	

**\*\* Normes de salubrité pour les eaux de baignades (normes françaises ; in BRISOU et DENIS,1980).**

Qualité	Coliformes fécaux (NPP / 100ml)	Streptocoques fécaux (NPP/ 100ml)
Très bonne	< 50	< 5
Bonne	50 - 200	5 – 20
Moyenne	200 - 1000	20 – 100
Suspecte	1000 - 2000	100 - 200
dangereuse	> 2000	> 200

G = guide                      I = impératif (seuil de sécurité)

< G = bactériologiquement satisfaisant.

Entre G et I = situation encore acceptable.

➤ I = seuil de sécurité – alerte.

**Normes bactériologiques (E.coli)**

**Directives communautaire 76/160/CEE du 08 Décembre (1975).**

Pour 100 ml	<i>Echerichia coli</i>
Normes Guides	100
Normes Impératives	2000

Table de MC Grady :

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur :			NPP dans : 100 ml	Limite de confiance 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13
1	0	0	4	< 0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	440
3	2	1	150	35	470
3	2	2	210	36	1300
3	3	0	240	71	2400
3	3	1	460	150	4800
3	3	2	1100		

Table de MC Grady :

Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml
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		

## Les résultats bruts

### La salinité (PSU)

Dates	stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	0.8	34.5	36	36.2	36.3	36.3
20/06/2005	0.8	34	35.8	36.0	35.9	36.3
04/07/2005	1	34.2	36	36.1	36	36.1

### La température (C°)

Dates	stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	23	22	22	21	21	21
20/06/2005	24	22	21.5	21	21	21
04/07/2005	25	24	23	22	21	21

### Le pH

Dates	stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	7.52	8.05	8.15	8.15	8.18	8.15
20/06/2005	6.85	7.92	8.02	8.10	8.15	8.2
04/07/2005	7.75	8.1	8.15	8.2	8.2	8.2

Dates	stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	250	30	10	5	00	00
20/06/2005	265	50	15	10	5	00
04/07/2005	245	25	10	5	00	00

**Les concentrations bactériennes suivant la méthode (NPP)**

**Coliformes totaux (/ 100ml)**

Dates	Stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	$25 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$75 \cdot 10^4$	$75 \cdot 10^2$	240	20
20/06/2005	$11 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^3$	45	9.5
04/07/2005	$45 \cdot 10^6$	$45 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$95 \cdot 10^2$	150	15

**Coliformes fécaux (/100ml)**

Dates	Stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	$11 \cdot 10^6$	$65 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^2$	43	7
20/06/2005	$15 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	20	7
04/07/2005	$25 \cdot 10^6$	$95 \cdot 10^3$	$45 \cdot 10^3$	$95 \cdot 10^2$	39	4

**Escherichia coli (/100ml)**

Dates	Stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	$11 \cdot 10^6$	$45 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^2$	43	7
20/06/2005	$15 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^2$	20	7
04/07/2005	$95 \cdot 10^5$	$95 \cdot 10^3$	$45 \cdot 10^3$	$95 \cdot 10^2$	39	4

Dates	Stations					
	1	2	3	4	5	6
15/06/2005	45*10 <sup>4</sup>	16*10 <sup>4</sup>	15*10 <sup>3</sup>	7*10 <sup>2</sup>	15	7
20/06/2005	2*10 <sup>5</sup>	15*10 <sup>4</sup>	16*10 <sup>3</sup>	2*10 <sup>3</sup>	28	15
04/07/2005	75*10 <sup>4</sup>	25*10 <sup>4</sup>	25*10 <sup>3</sup>	15*10 <sup>2</sup>	11	7

**Profil biochimique détaillé (Enterobactéries).**

	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H <sub>2</sub> S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
<i>Escherichia coil</i>	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Citrobacter freundii</i>	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Klebsiella sp</i>	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+

## Les données climatiques sur la zone d'étude

### Vitesses des vents (ONM, 2004)

Vitesses	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
de 1 a 5 m/s	7,90%	7,50%	3%	1,10%	4,10%	11,40%	5,90%	2,40%
de 6a 10 m/s	3,80%	4,20%	1%	2%	1%	2%	3,70%	2,20%
de 11 a 15 m/s	1%	2%	1%	0%	1%	1%	4%	3%

### Insolations moyennes mensuelles de la région de Bainem (ONM, 1995-2004).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avl	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Insolation (h).	172,2	191,1	238,3	252,5	256,8	310,4	327,3	299,9	254,1	228,7	168,9	168,3