

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE
L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION Du DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT LITTORAL



Présenté par :

TAKLIT NADJET

HADJ SAID NASSIMA

Soutenu le 28 Septembre 2006 devant le jury composé de :

M^r BELKESSA R.

Président (Docteur ISMAL)

M^{me} BOURABAINÉ AMALOU F.

Promotrice (Chargée de cours ISMAL)

M^{me} AMROUCHE L.

Examinatrice (Maître assistante ISMAL)

M^r DRICHE M.

Examinateur (Maître assistant ISMAL)

-PROMOTION : 2005/2006-

Sommaire

Introduction.....	1
Premier chapitre : partie généralité	
1) La microbiocénose marine.....	2
2) La contamination bactérienne.....	3
2.1) Définition.....	3
2.2) Sources de contamination.....	3
2.3) Les bactéries indicatrices de contamination fécale.....	3
2.3.1) les coliformes.....	4
2.3.1.1) Coliformes totaux.....	4
2.3.1.2) Coliformes fécaux.....	4
2.3.2) Streptocoques fécaux.....	5
2.3.3) Les clostridiums sulfato-réducteur.....	6
2.3.4) la flore mésophile aérobie totale (FMAT).....	6
2.4) les germes pathogènes.....	6
2.4.1) les salmonelles.....	6
2.4.2) Les vibrionaceae.....	7
2.4.3) Les staphylocoques.....	8
3) Les paramètres physicochimiques.....	8
3.1) Température.....	8
3.2) Le potentiel d'hydrogène.....	8
3.3) La salinité.....	9
3.4) la matière en suspension.....	9
3.5) La demande biologique en oxygène.....	9
4) L'auto-épuration des eaux de mer.....	10
4.1) La décroissance bactérienne.....	10
4.2) Les facteurs influençant la décroissance bactérienne.....	10
4.2.1) Les facteurs physicochimiques.....	11
4.2.1.1) Température.....	11
4.2.1.2) Éclairage.....	11
4.2.1.3) Sédimentation.....	11
4.2.2) Facteurs biologiques.....	11
4.2.2.1) Concentration des bactéries autochtones (compétition).....	11
4.2.2.2) Concentration des protozoaires (prédation).....	11
5) La qualité des eaux de baignade.....	12
5.1) Normes de qualité.....	12
5.2) Risque sanitaire des contaminants bactériens.....	12
5.2.1) Les principales bactéries responsables de troubles de santé.....	12
5.3) Risque lié à la baignade.....	13
5.3.1) Les affections cutano-muqueuses.....	13
5.3.2) Les maladies de la sphère ORL et oculaire.....	14
5.3.3) Les maladies gastro-intestinales.....	14
5.4) Risque lié à la consommation des fruits de mer.....	15
Deuxième partie : matériels et méthodes	
1) Présentation de la zone d'étude.....	16
1.1) Situation géographique.....	16
1.2) Données climatiques de la zone d'étude.....	18
1.2.1) Les vents.....	18
1.2.2) Les houles.....	18
1.2.3) Moyennes de température, précipitation et humidité.....	19
2) Le choix des stations.....	19
3) Les prélèvements.....	20

4) Méthode d'analyse.....	21
4.1) Les paramètres physico-chimique.....	21
4.1.1) Température.....	21
4.1.2) Le potentiel d'hydrogène.....	21
4.1.3) La salinité	21
4.1.4) La demande biologique en oxygène.....	21
4.2) L'analyse microbiologique.....	21
4.2.1) Dénombrement des coliformes.....	22
4.2.2) Dénombrement des staphylocoques fécaux.....	26
4.2.3) Dénombrement de la flore mésophile totale (FMAT).....	30
4.2.4) Technique d'étude des germes pathogènes.....	31
4.2.4.1) Les salmonelles.....	32
4.2.4.2) Les vibrions.....	34
4.2.5) Recherche des staphylocoques sur milieu gélosé.....	37
4.3) Identification biochimique	38
4.4) Technique de caractérisation des bactéries recherchés.....	40
4.4.1) La coloration de Gram.....	41
4.4.2) Test de catalase.....	41
4.4.3) Test de coagulase.....	41

La troisième partie : résultats et discussion

1) Les paramètres physicochimiques.....	42
1.1) La salinité	42
1.2) La température.....	43
1.3) Le potentiel d'hydrogène.....	44
1.4) La demande biologique en oxygène.....	45
2) Les paramètres bactériologiques	46
2.1) Les germes de contaminations fécales	46
2.1.1) Les coliformes totaux.....	46
2.1.2) Les coliformes fécaux.....	47
2.1.3) Escherichia coli.....	48
2.1.4) Les streptocoques fécaux.....	49
2.2) Evolution de la concentration des germes en fonction des paramètres physicochimiques... 51	51
2.2.1) Evolution de la concentration des germes en fonction de la salinité.....	51
2.2.2) Evolution de la concentration des germes en fonction de la température.....	52
2.2.3) Evolution de la concentration des germes en fonction de la DBO ₅	53
2.3) L'étude de l'origine de la pollution.....	53
2.4) Les germes pathogènes.....	54
2.4.1) Les salmonelles.....	54
2.4.2) Les vibrions.....	56
2.4.3) Les staphylocoques.....	56

Discussion générale

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Listes des tableaux :

<u>Tableau 01 :</u> Types et nombres de microorganismes présents dans les eaux usées domestiques non traitées (d'après GODFRE ; 1997).	p2
<u>Tableau 02 :</u> Dénombrement des indicateurs fécaux dans les selles humaines.	p4
<u>Tableau 03 :</u> le rapport SF/CF.....	p6
<u>Tableau 04 :</u> les normes françaises pour les eaux de baignade (nombre de germes/100ml).	p12
<u>Tableau 05 :</u> Principaux agents pathogènes (Pour les animaux à sang chaud et pour l'homme fréquents dans les eaux polluées, d'après KLIEN, 1962).....	p13
<u>Tableau 06 :</u> Fréquence des vents en baie de Bou-Ismaïl en pourcentage selon les directions dominantes (Source : Station météorologique de Tipaza, 2003-2005).....	p17
<u>Tableau 07 :</u> Données climatiques de la région de Bou-Ismaïl pour l'année 2005. Les valeurs représentent des moyennes sur 3 années (cf. tableau 07) (Source : station météorologique de Tipaza).....	p18
<u>Tableau 08 :</u> les caractéristiques des stations de prélèvement.....	p19
<u>Tableau 09 :</u> Aspect des colonies sur gélose Hektoen.....	p31
<u>Tableau 10 :</u> les valeurs moyennes de la salinité dans la zone d'étude.....	p40
<u>Tableau 11 :</u> les valeurs moyennes de la température dans la zone d'étude.....	p41
<u>Tableau 12 :</u> Les valeurs moyennes du pH dans la zone d'étude.....	p42
<u>Tableau 13 :</u> les valeurs moyennes de la DBO ₅ dans la zone d'étude.....	p43
<u>Le tableau 14 :</u> Concentrations moyennes en Coliformes totaux (CT)	p44
<u>Tableau 15 :</u> Les concentrations moyennes en Coliformes fécaux.....	p45
<u>Tableau 16 :</u> les concentrations moyennes d' <i>Escherichia coli</i>	p46
<u>Tableau 17 :</u> les valeurs moyennes des Streptocoques fécaux	p47
<u>Tableau 18 :</u> Rapport CF/SF des stations de prélèvement	p50

Listes des figures :

- Figure 01** : observation des streptocoques au microscope à baliage (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2006).....p5
- Figure 02** : observation des *Salmonelles* au microscope à baliage (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2006).....p7
- Figure 03** : Localisation géographique de la zone d'étude (A.P.P.L).....p15
- Figure 04** : Points de rejet et état de pollution des cours d'eaux (Source A.P.P.L).....p16
- Figure 05** : photos du rejet de la plage de Palm Beach (Source : N. TAKLIT et N. HADJ- SAID ; 2006).....p16
- Figure 06** : Localisation des stations de prélèvement au niveau du site d'étude (Source N. TAKLIT et N. HADJ SAID ; 2006).....p19
- Figure 07** : Technique de recherche des Coliformes totaux (CT) dans l'eau de mer..... p23
- Figure 08** : Technique de recherche des CF et *E.coli* dans l'eau de mer.....p24
- Figure09** : Technique de recherche des streptocoques fécaux.....p26
- Figure10** : Technique de recherche des streptocoques fécaux dans l'eau de p27
- Figure 11** : Technique de recherche des germes pathogènes « Salmonelle ».....p31
- Figure 12** : Technique de recherche des Vibriion.....p34
- figure13** : Identification sur galerie API 20^E.....p37
- Figure 14** : observation de staphylocoque au microscope optique (100x).....p38
- Figure 15** : Variation des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations..... p40
- Figure 16** : Variation des valeurs moyennes de la température en fonction des Stations..... p41
- Figure 17** : Variations des valeurs moyennes du potentiel d'hydrogène (pH) en fonction des stations..... p42
- Figure 18** : Variations des valeurs moyennes de la DBO₅ en fonction des stations.....p43
- Figure 19** : Variation des concentrations moyennes des coliformes totaux en fonction des Stations.....p45
- Figure 20** : Les variations des concentrations moyennes des coliformes fécaux en fonction des stations.....p46
- Figure 21** : Les variations des concentrations moyennes d'*Escherichia Coli* en fonction des stationsp47

Figure 22 : les variations des concentrations moyennes des streptocoques fécaux en fonction des stations.....	p48
Figure 23 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la salinité.....	p49
Figure 24 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la température.....	p49
Figure 25 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la DBO ₅	p50
Figure 26 : Evolution des coliformes fécaux / streptocoques fécaux en fonction des stations.....	p51
Figure 27 : les galeries d'identification de quelque espèces identifiées (source : N. TAKLIT et N. HADJ SAID ; Laboratoire ISMAL 2006).....	p52
Figure 28: Aspect des staphylocoques sur Chapman (ensemencement par inondation).....	p53

Listes des abréviations :

- ❖ **B.I.C.F :** bactéries indicatrices de contamination fécales
- ❖ **CT :** coliformes totaux
- ❖ **CF :** coliformes fécaux
- ❖ **SF :** streptocoques fécaux
- ❖ **gr :** gramme
- ❖ **mg :** milligramme
- ❖ **F.A.O :** Food Agriculture Organisation
- ❖ **ml :** millilitre
- ❖ **O.M.S :** organisaton mondiae de la santé
- ❖ **° :** degré

INTRODUCTION

Introduction :

Depuis toujours la mer a été considérée comme une décharge naturelle durant des millénaires, les cycles biologiques ont assuré dans une large mesure l'absorption des déchets et la putréfaction des eaux. Aujourd'hui, pourtant, nous arrivons souvent à un stade de déséquilibre du milieu marin dû à des facteurs chimiques, physiques et biologiques.

La mer possède une grande capacité d'autoépuration et c'est un univers peu favorable au développement de la majorité des germes pathogènes. Cependant, l'évacuation incontrôlée des eaux usées, provenant des zones urbaines et les résidus industriels transforment les eaux côtières en un milieu propice au développement des microorganismes.

Bien que ces micro-organismes ne présentent pas, d'une manière générale, un grand danger pour les individus qui se baignent sur les plages (sauf dans le cas de fortes pollutions fécales), ils offrent néanmoins un risque indiscutable pour ceux qui ingèrent des huîtres vivant dans les eaux côtières ou qui y sont cultivées.

L'eau joue un rôle important dans la transmission des maladies chez les humains, la fièvre typhoïde, le cholera, l'hépatite infectieuse, la dysenterie amibienne et de nombreux types d'affections gastro-intestinales sont autant de maladies transmissibles par l'eau. Selon l'OMS (1995) 80%des maladies qui affectent la population de la planète sont liées en grandes parties à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales.

A Alger, 65% des plages de la Wilaya sont polluées par les rejets industriels et domestiques d'autant plus que la plupart des stations d'épurations sont à l'arrêt.

Dans se contexte, il nous est paru opportun de répartir notre étude selon le plan suivant :

- Des généralités sur la contamination bactérienne des eaux de baignades, sources de contaminants et les bactéries indicatrices de cette contamination.
- La deuxième partie sur matériels et méthodes en particulier sur les techniques de recherche.
- La troisième partie porte sur la discussion et l'interprétation des résultats qui nous permettrons d'évaluer la qualité bactériologique de cette plage.

GÉNÉRALITÉ

1) La microbiocénose marine :

La microbiocénose d'un écosystème aquatique comprend l'ensemble de tous les microorganismes et les bactéries forment la composante majoritaire, leur comportement invite à comprendre que la vie de ces microorganismes est liée au milieu qu'elle obéit aux contraintes de nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques (BRISOU et DENIS, 1987).

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

Les germes les plus fréquemment rencontrés sont : *Pseudomonas* ; *Vibrions* ; *Spirillum* ; *Achromobacter* ; *Flavobacterium* ; *Bacillus* ; etc. (ZOBELL, 1946 ; BERTRA et LARSEN, 1989 ; LECLER *et al*, 1994).

La flore habituelle de l'environnement marin (bactéries apportées par ruissellement des eaux usées lors de fortes précipitations) trouve des conditions favorables à sa multiplication dans les eaux marines, ces germes ne constituent pas une source d'agents pathogènes pour l'homme.

Par contre les rejets urbains et agricoles après lessivage des sols d'épandages constituent une source importante de contamination des zones littorales et les principales espèces rencontrées sont d'origine fécales appartenant au groupe des entérobactéries, telles que : les coliformes, les salmonelles et les streptocoques (BELLAN et PERES, 1974).

La charge bactérienne des eaux usées domestique représente la principale source de microorganismes pathogènes pour l'homme en milieu marin, on y dénombre 10^9 à 10^{10} germes /litre selon (GOUTIER, 1989). Ces bactéries issues du tube digestif de l'homme et des animaux constituent une source de contamination permanente des eaux littorale après rejet d'effluent en mer.

Tableau 01 : Types et nombres de microorganismes présents dans les eaux usées domestiques non traitées (d'après GODFRE ;1997).

microorganismes	Concentration (nombre /ml)
Coliformes totaux	$10^5 - 10^8$
Coliformes fécaux	$10^4 - 10^5$
Streptocoques fécaux	$10^3 - 10^4$
Salmonelles	$10^0 - 10^2$
Entérovirus	$10^1 - 10^2$

2) La contamination bactérienne :

2.1) Définition :

Dans le milieu marin, les bactéries servent de nourriture à de nombreux organismes marins, elles favorisent la fixation d'algues ou de larves sur certains substrats, elles permettent également la dégradation de certains polluants tels que naphthalène, pesticides, cellulose, hydrocarbures, etc. Cependant, leur effet peut être nuisible.

Certaines bactéries ont la capacité de concentrer des polluants tels que les métaux lourds (mercure) ; leur consommation par des mollusques filtreurs ou des vers peut contaminer la chaîne alimentaire (Equinox, 1990).

2.2) Sources des contaminants bactériens :

Parmi les principales sources de la contamination bactérienne, on trouve d'une part les eaux usées qui constituent la source de pollution la plus importante du milieu marin et elles comprennent les eaux vannes et les eaux ménagères.

D'autres part, le milieu marin peut être contaminé par des germes tels que *Staphylococcus aureus* provenant des baigneurs. La probabilité d'apparition des maladies est étroitement liée à la densité des baigneurs, surtout quand le renouvellement de l'eau est insuffisant (GOUTIER, 1989). En plus, les eaux de ruissellement drainent un grand nombre de bactéries d'origine tellurique.

2.3) Les bactéries indicatrices de contamination fécale :

L'étude bactériologique des eaux de mers est fondée sur la surveillance de germes microbiens spécifique.

Les bactéries allochtones généralement non pathogène, spécifique de la flore intestinale, leur présence dans l'eau va indiquer une contamination fécale et donc il y a une possibilité de présence de germes pathogène dangereux (exemple : les salmonelles) responsable de risque épidémiologique potentiel (SERVAIS et BILLEN, 1990).

En effet pour contrôler ce type de pollution, on se base sur le choix des témoins nommés germes indicateurs ou germes tests. Le choix de ces indicateurs microbiens doit répondre à certaines exigences (LECHERC, 1987 ; PARDAKIS, 1982) :

- Etre toujours présents en plus grandes concentrations que les germes pathogènes à surveiller.
- Etre incapables de se multiplier dans le milieu aquatique.
- Etre plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique et aux désinfectants.
- Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide des techniques simples.

C'est ainsi que plusieurs témoins ont été choisis comme indicateurs de contamination fécale, il s'agit principalement des coliformes totaux et fécaux, et des streptocoques fécaux (DUPRAY et al, 1990).

La présence de ces germes dans l'eau suffit à confirmer qu'il y'a pollution fécale (BRISOU et DENIS, 1978). Le dénombrement de ces indicateurs dans les selles humaines est repris par BRISOU en 1979 (cf. tableau 02)

Tableau 02 : Dénombrement des indicateurs fécaux dans les selles humaines :

Espèces	Nombre de germes / g Matières fécales (MF)	Pourcentage
<i>Escherichia. coli</i>	58 x 10 ⁶	46.77
Streptocoques Fécaux	42 x 10 ⁶	33.87
Lactobacilles	24 x 10 ⁶	19.35

2.3.1) Coliformes :

Ce sont des bactéries gram négatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae qui sont capables de fermenter le lactose. Les coliformes sont rencontrés largement dans les fèces d'origine animale et humaine (MEHLEMAN, 1984).

Puisque les coliformes meurent lors de leur séjour en eau de mer, leur présence indique une contamination récente par des matières fécales (OMS, 1995), ce groupe est constitué de deux catégories de bactéries : les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

2.3.1.1) Coliformes totaux :

Ce sont des bacilles gram négatif, ne formant pas de spores, ne possédant pas d'oxydase, anaérobies facultatifs et fermentant le lactose avec production de gaz en 48 h à 35°C (KABLER et CLARK, 1961).

Ils peuvent avoir d'autres sources à part la matière fécale à savoir les cours d'eau, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents industriels. Ce groupe est présenté par les germes suivants : *Enterobacter*, *Serratia*, *Yersinia*, (LARPENT., 1997).

2.3.1.2) Coliformes fécaux :

Ils ont les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux mais la fermentation du lactose avec production du gaz se fait à 44°C. Ils indiquent généralement une pollution récente de l'endroit où ils sont décelés, car ils ne se multiplient pas dans le milieu marin. Leur principal problème est leur temps de survie relativement court dans l'eau de mer, ce qui peut exiger l'utilisation d'indicateurs supplémentaires.

Ce groupe englobe 5 genres : *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter erwinia* (BRISOU et DENIS, 1978).

De tous ces coliformes, *Escherichia coli* (*E coli*) est l'indicateur spécifique d'une origine fécale. Chez l'homme, il y a 4 types d'*E-coli* qui sont à l'origine de maladies gastro-intestinales (MEHLMAN, 1984) :

E coli enteropathogène (EPEC) est associé à des diarrhées infantiles.

E coli enterotoxinogène (ECET) cause une maladie gastro-intestinale chez les adultes ainsi que chez les enfants et produite des toxines thermostables et thermolabiles.

E coli enteroinvasive (EIEC) cause des diarrhées similaires à celles causées par *Shigella*.

E coli verotoxinogène (ETEC) est toxique pour les cultures cellulaires.

2.3.2) Les streptocoques fécaux :

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField (SHARPE, 1979). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (MANUEL de BERGEY, 1984), (cf. figure 01) il y a 5 espèces reconnues parmi les streptocoques fécaux (SF) : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium*. (cf. fig. 01)

Les streptocoques fécaux sont originaires des intestins de l'homme et des animaux à sang chaud et indiquent une pollution par des matières fécales. Ce groupe bactérien est souvent utilisé comme témoin supplémentaire de contamination fécale du milieu aquatique.

Les entérocoques ne sont pas pathogènes pour l'homme mais leur présence en grand nombre pourrait indiquer la présence de bactéries pathogènes.

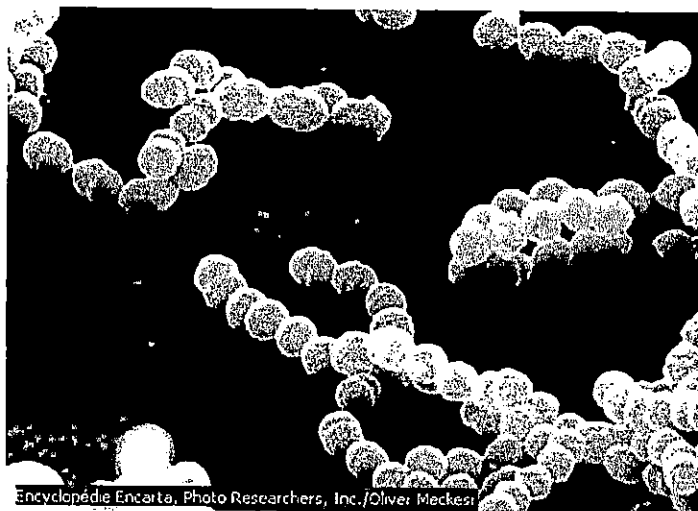


Figure 01 : observation des streptocoques au microscope à balayage (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2006)

Il est possible de connaître l'origine de la contamination fécale par l'utilisation du rapport CF/SF. Ce ratio est valable seulement quand la contamination est récente car les SF persistent plus longtemps que les CF dans l'eau de mer (BOUCHRITI et al. 1992).

Le tableau 03 présente l'origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF

Tableau 03 : le rapport SF/CF :

Ratio CF/SF	Source de contamination
R<0.7	Principalement ou entièrement d'origine animale
0.7<R<1	Mixte à prédominance animale
1<R<2	Origine incertaine
2<R<4	Mixte à prédominance humaine
R>4	Source exclusivement humaine

2.3.3) Les Clostridium sulféto-réducteur :

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux, ce sont aussi des germes telluriques. Dans une telle optique d'interprétation il y a intérêt à une recherche que les espèces plus susceptibles d'être d'origines fécales c'est le cas en particulier de *clostridium perfringens* (RODIER et al ,1996).

C. perfringens est plus résistant que les autres indicateurs, mais il est difficile de le détecter dans l'eau d mer. Il peut contaminer les coquillages stockés dans de mauvaises conditions (TENGUEU, 1996).

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

- excréments humains 10^6 à 10^8 /g.
- eaux usées non traités 10^3 /ml.

2.3.4) Flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La Flore mésophile aérobie totale (FMAT) est utilisée comme un indicateur de pollution global. Elle englobe l'ensemble de microorganismes capables de se multiplier à l'air et à la température de 30°C/72h ou 37°C/48h.

La Flore mésophile aérobie totale (FMAT) renseigne aussi bien sur la microflore autochtone que sur la microflore allochtone qui est apportée par la pollution ou introduite lors des manipulations de produits de la pêche

2.4) les germes pathogènes :

2.4.1) Les salmonelles :

Les espèces du genre *Salmonella* appartiennent à la tribu des *Salmonella* et à la famille des Enterobacteriaceae. Le genre *Salmonella* est généralement mobile grâce à des cils péritriches et parfois immobiles (*S.pullorum*, *S.gallinarum*). (cf.fig. 02)

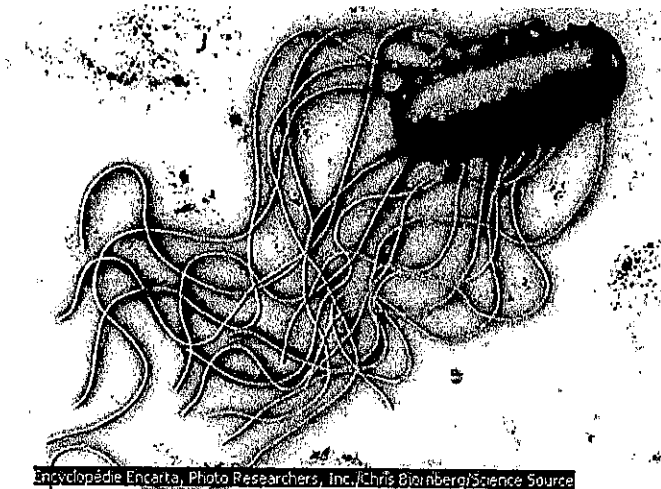


Figure 02 : observation des *Salmonelles* au microscope à balayage (Encyclopédie, Microsoft Encarta 2006)

Le genre *Salmonella* est subdivisé en 4 sous-genres :

- Sous genre I : Il est le plus important car il contient la majorité des espèces pathogènes pour l'homme et l'animal.
- Sous genre II : Il contient des sérotypes communément trouvés chez les reptiles et rarement chez l'homme.
- Sous genre III : Il contient le groupe *Arizona*.
- Sous genre IV : Il contient les sérotypes rares de *Salmonelle*.

La température optimale de croissance des salmonelles est 37°C (FAO, 1996). Elles sont présentes chez l'homme au niveau des intestins, mais aussi chez les mammifères, les oiseaux et bon nombre d'animaux à sang chaud (BRISOU et DENIS, 1978)

2.4.2) Les Vibrions :

Cette famille comprend des bacilles à gram négatif qui sont soit mobiles par une ciliature polaire péritriches contenue dans une gaine, ou bien immobiles. Ils sont aéro-anaérobies facultatifs, réduisent les nitrates et dégradent des glucides par métabolisme fermentatif.

Au sein de cette famille, on distingue 4 genres : *Vibrion*, *Aeromonas*, *Plesiomonas* et *Photobacterium*.

Le genre *Vibrio* revêt une importance particulière dans la contamination des eaux et des fruits de la mer. La plupart des *Vibrio* est d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl (FAO, 1996). Dans ce genre, on distingue une trentaine d'espèces différentes, les plus importantes qui sont réputées pathogènes pour l'homme sont : *V. parahaemolyticus*, *V. choléra* et *V. vulnificus*.

V. choléra c'est l'espèce la plus connue du genre *Vibrio*. Elle ne se trouve pas à l'état naturel dans l'eau propre, mais elle est introduite par les eaux usées non traitées.

2.4.3) Les staphylocoques :

Ces bactéries appartiennent à la famille de Micrococcaceae (BERGEY, 1984). Ce sont des cocci à grams positifs arrangés en paires, en tétrades ou en grappes. Ils sont immobiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, asporulés (OMS, 1995).

Parmi ces espèces, *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution de eaux littorales et des fruits de mer. Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important. Les produits de la mer comestibles peuvent être contaminés par les staphylocoques, soit par l'intermédiaire de manipulateurs infectés soit par l'environnement. Fréquemment, la contamination est due à un individu atteint d'une infection aux mains, d'un rhume ou d'un mal de gorge (FAO, 1996).

3) 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 par des analyses, ces caractéristiques (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) (GAUJOUS, 1995).

3.1) La température :

C'est un facteur très important, il influe sur le métabolisme cellulaire des organismes marins ainsi que la densité de l'eau et il 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).

3.2) 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 : CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} . La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse ou échange air-océan) ou en CO_3^{2-} (précipitation) entraîne donc une modification du pH (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d'eau de ruissellement sont la cause de variation de 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).

3.3) 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 37 PSU (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

3.4) Les matières en suspension (MES) :

L'eau tient en suspension de nombreuses particules qui jouent le rôle de matières adsorbantes des microorganismes, sans qu'il y ait de réaction chimiques (BRISOU et DENIS, 1978). Ces microorganismes ne peuvent être adsorbés que sur les particules comprises entre 1 et 20 μ (MOOD, 1963 in AUBERT et DESIROTTE, 1972).

En ce qui concerne les relations bactéries/particules des études ont montré que près des rejets, le pourcentage des bactéries 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).

3.5) La demande biologique en oxygène (DBO5) :

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 DBO5 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 (O₂)/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 (O₂)/l (LARPENT et LARPENT GOURGAUD, 1997).

4) L'autoépuration des eaux de mer :

Le concept classique d'autoépuration bactérienne par l'eau de mer a été longtemps retenu. Jusqu'aux années 70, il était admis que les bactéries pathogènes d'origine humaine étaient détruites en quelques heures dans l'eau de mer. Alors 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'autoépuration possible et de retour à l'équilibre.

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

Beaucoup d'études ont montré soit au laboratoire soit au terrain (THOMAS, 1962 ; FOXWORTHY et KNEELING, 1969 ; BERG, 1975 ; CHAMBERLIN et MITCHELL, 1978 in GAUTIER et PIETRI, 1989) la décroissance de nombre de bactéries en mer.

La plupart des auteurs considèrent la température et la diminution d'intensité lumineuse comme seules responsables de la décroissance bactérienne en milieu marin, mais certains n'excluent pas l'intervention d'autres facteurs défavorables tels que la salinité, les carences en éléments nutritifs, la sédimentation, l'antibiose entre les bactéries et certaines substances antibactériennes produites par les algues ou les bactéries marines. Par contre, la présence de matière organique, notamment dans les sédiments, favoriserait le processus de survie des *E. coli* et des salmonelles (BRISOU et DENIS, 1978 ; GAUTHIER et PIETRI, 1998).

4.1) La décroissance bactérienne :

La concentration en bactéries diminue, sous l'effet conjugué de la dilution et de la « mortalité ». Le terme de « mortalité » doit être précisé car entre les formes vivantes, capables de se multiplier, et les bactéries mortes, totalement dépourvues d'activités métaboliques (bactéries lysées), il existe une variété infinie d'états (HASLEY et LECLERC, 1993). En particulier l'état « viable mais non cultivable » (SERVICAIS et BILLEN, 1990). Les méthodes d'analyses sanitaires des eaux de baignade sont basées sur le comptage des bactéries viables et cultivables.

4.2) Facteurs principaux influençant la décroissance des bactéries indicatrices de contamination fécales BICF :

Les différents facteurs influençant sur la décroissance des BICF, et plus particulièrement les *Escherichia coli* (l'une des bactéries les plus étudiées) appartiennent à deux catégories :

4.2.1) Facteurs physico-chimiques :**4.2.1.1) Température de l'eau :**

La décroissance des bactéries augmente avec la température de l'eau. Ainsi, en période estival, celle-ci est un des facteurs majeurs de l'épuration microbienne (MANCINI, 1978 ; FLINT, 1987).

4.2.1.2) Eclairement :

Les radiations solaires de courtes longueurs d'onde ont un effet bactéricide reconnu, quoique important en milieu marin, lorsqu'il est couplé à la salinité de l'eau (CHAMBERLAIN et MITCHELL, 1978) qu'en rivières (FUJIOKA et *al*, 1981).

4.2.1.3) Sédimentation :

La sédimentation joue un rôle singulier dans la décroissance des BICF (bactéries indicatrices de contaminations fécales) car elle cause une disparition apparente des bactéries. Celles-ci changent de compartiment physique : elles quittent la partie supérieur de la masse d'eau, ou sont effectués les mesures de qualité bactériologique, pour se déposer sur le fond. Cette disparition peut être provisoire, car sous l'effet d'une augmentation de débits, il peut y avoir remise en suspension des sédiments et des bactéries (WILKINSON et *al*, 1995)

4.2.2) Facteurs biologiques :**4.2.2.1) Concentration des bactéries autochtones (compétition) :**

La présence des microorganismes autochtones, plus aptes à ce multiplier dans les conditions environnementales des cours d'eau, selon leur concentration et leur nature, implique la décroissance des bactéries allochtones (FLINT, 1987).

4.2.2.2) Concentration des protozoaires (prédation) :

Des avancée scientifiques récentes ont démontré que, dans les eaux marines, l'ingestion des bactéries allochtones par les protozoaires (prédateurs des bactéries) constituait leur principale cause de mortalité (SERVAIS et *al*, 1985 et 1989 ; MENON, 1993).

5) Qualité des eaux de baignades :

La qualité des eaux de baignades est principalement mesurée par la teneur de contamination fécale (coliformes, streptocoque) qui accompagne fréquemment des germes pathogènes, porteurs de maladies, dont la détection est plus difficile (cf. tableau 04)

Normes de la directive européenne 76/160/CEE du 8 décembre 1975, transcrite en droit français par le décret 81-324 du 7 avril 1981, modifié par le décret 91-980 du 20 septembre 1991, fixe les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades (cf. tableau 04).

Tableau 04 : les normes françaises pour les eaux de baignade :

Paramètres microbiologique (/100ml)	Valeurs guides	Valeurs à ne pas dépasser
Coliformes totaux	500	10000
Coliformes fécaux	100	2000
Streptocoques fécaux	100	-

5.1) Normes de qualité :

Par application du décret n°81-324 du 7 avril 1981, l'eau des baignades doit répondre aux normes suivantes :

- * sa couleur ne subit pas changement anormal ;
- * elle n'est pas irritante pour les yeux, la peau, les muqueuses ;
- * elle ne comporte pas de mousses persistantes ;
- * les huiles minérales ne doivent engendrer ni odeur ni film visible à la surface de l'eau
- * il y a absence d'odeur spécifique de phénols ;
- * sa transparence au repos est supérieure à 1mètre ;
- * son pH est compris entre 6 et 9 ;
- * elle ne contient pas de substances dont la quantité serait susceptible de nuire à la santé des baigneurs ;
- * elle ne contient pas plus de 2000 coliformes fécaux ni plus de 10000 coliformes totaux par 100 millilitres ;
- * elle ne contient pas de salmonelle dans un litre ni d'entérovirus dans dix litre.

5.2) Risques sanitaires liés aux contaminants bactériens :

5.2.1) Les principales bactéries responsables de trouble de santé :

Les espèces bactériennes à transmission hydrique, considérées comme pathogènes pour l'Homme, sont représentées par :

1) Les bactéries entériques responsables :

De fièvre typhoïde, (*Salmonella typhi*, *paratyphi* A, B et C).

De choléra, (*Vibrio choléra*) et de gastro-entérites (*Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter Jejuni*, *Shigella dysenteriae*).

2) Les bactéries non entériques, comme *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus D* et *Pseudomonas aeruginosa* (cf. tableau 05)

Tableau 05 : Principaux agents pathogènes (Pour les animaux à sang chaud et pour l'homme fréquents dans les eaux polluées, d'après KLIEN, 1962).

Organismes	Maladie	Remarques
virus	Poliomyélite ; hépatite virale	Se trouve dans les effluents de stations d'épuration
<i>Vibrio cholera</i>	choléra	Transmis par les égouts et les eaux polluées
<i>Salmonelle typhi</i>	Fièvre typhoïde	Fréquent dans les égouts et les effluents période d'épidémies
<i>Shigella anthracis</i>	Dysenterie	Eaux polluées
<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax/Chardon	Egouts. Spores résistantes aux traitements
<i>Brucella sp.</i>	Brucellose	Normalement transmise par le lait infecté. Egouts soupçonnés aussi
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	Isolé dans les effluents de sanatorium
<i>Leptospira ictero-haemorrhagiae</i>	leptospirose	Porté par les rats d'égout
<i>Entamoeba histolytica</i>	dysenterie	Se répand par l'usage des eaux d'égout comme fertilisant ; commun dans les régions chaudes.

5.3) Risques liés à la baignade :

La probabilité d'apparition des maladies est étroitement liée à la densité des baigneurs, surtout quand le renouvellement de l'eau est insuffisant.

Les risques sont surtout cutanés ou muqueux, amplifiés par les irritations de la peau et des muqueuses dues au soleil et la salinité de l'eau de mer.

Parmi les maladies qu'on trouve :

5.3.1) Les affections cutano-muqueuse :

- **Les dermatoses :**

Les bactéries responsables sont d'origines diverses telles que les staphylocoques, les streptocoques, les microcoques sont à l'origine des furonculoses, anthrax, abcès et des panaris aux q'elles il faut ajouter les affections génito-urinaires provoquées par les « chlamydies » généralement (BRISOU et DENIS, 1978).

5.3.2) Maladie de la sphère O.R.L et oculaire :

Les responsables de ces affections appartiennent au groupe des « Chlamydozoons » qui peuvent préparer le terrain à d'autres bactéries (staphylocoques) et les (adénovirus) (BRISOU et DENIS, 1978).

Au delà d'un certain seuil apparaissent des troubles intestinaux c'est :

5.3.3) Les affections gastro-intestinales :

Les salmonelles, shigelles sont les principales bactéries incriminées, sont à l'origine des diarrhées, dysenteries, fièvres typhoïdes et paratyphoïde et le cholera (BRISOU et DENIS, 1978).

A coté de ces deux types de troubles, on peut observer une pathologie correspondant à des affections oto-rhino-laryngologie, à la surinfection des plaies et à des otites externes.

5.4) Risques liés à la consommation des fruits de mer :

Une grande partie de fruits de mer filtrent pour se nourrir des volumes d'eau très importants et concentrent les éléments en suspension dans l'eau, supports de polluants microbiens. Ils deviennent dans certains milieux pollués, de véritables réservoirs de germes dangereux. Parmi les affections transmises par ces coquillages contaminés, les salmonelloses et les gastro-entérites virales sont au premier plan.

La consommation de ces coquillages marins peut provoquer aussi chez le consommateur d'autre toxi-infection de type paratyphoïdique.

- **Vibrio cholérique :**

V.cholerae provoque le choléra, des toxi-infections intestinales aiguës strictement adaptée à l'espèce humaine. Après une incubation de 1 à 5 jours, la maladie se manifeste par des vomissements spontanés, des diarrhées profuses avec des selles aqueuses et incolores (OMS, 1978).

- **Les salmonelles :**

Les études épidémiologiques amènent à distinguer 3 groupes de salmonelloses :

- Les formes septicémiques (salmonelloses majeures) : fièvre typhoïde et paratyphoïde.
- Les formes digestives : toxi-infections alimentaires
- Les autres salmonelloses : Elles sont plus rares : méningites, atteinte ostéoarticulaires, infections pulmonaire

- **Les staphylocoques :**

Les staphylocoques possède l'aptitude d'élaborer des entérotoxines (six types distincts A, B, C1, C2, D, E) qui provoquent des intoxications alimentaires (ABABOUCH, 1995) causant des vomissements, des nausées et des diarrhées (FAO, 1996).

MATÉRIELLES

ET

MÉTHODES

1) Présentation de la zone d'étude :

1.1) Situation géographique :

La baie de Bou-Ismaïl (ex Castiglione) est l'une des plus importantes baies de la côte Algérienne. Elle s'étend sur 40Km entre la longitude 2°25' Ouest à 2°55' Est et couvre une surface de 350Km².

Elle est limitée par Ras-Acrata à l'Est, le mont de chenoua à l'Ouest, la plaine de la Mitidja au sud et la méditerranée au nord.

Notre zone d'étude, la plage de Palm Beach qui fait partie de la baie de Bou-Ismaïl, est située selon les coordonnées géographiques suivantes :

Longitude : 2°50'45'', 2°50'30'' Est

Latitude : 36°44'17'' Nord.

Elle est insérée entre la plage Ouest de SIDI Feredj à l'Est et Azur plage à l'Ouest elle appartient au quaternaire récent (actuel) elle est formée par des dunes actuelles alluvions récents et des sables argileux.

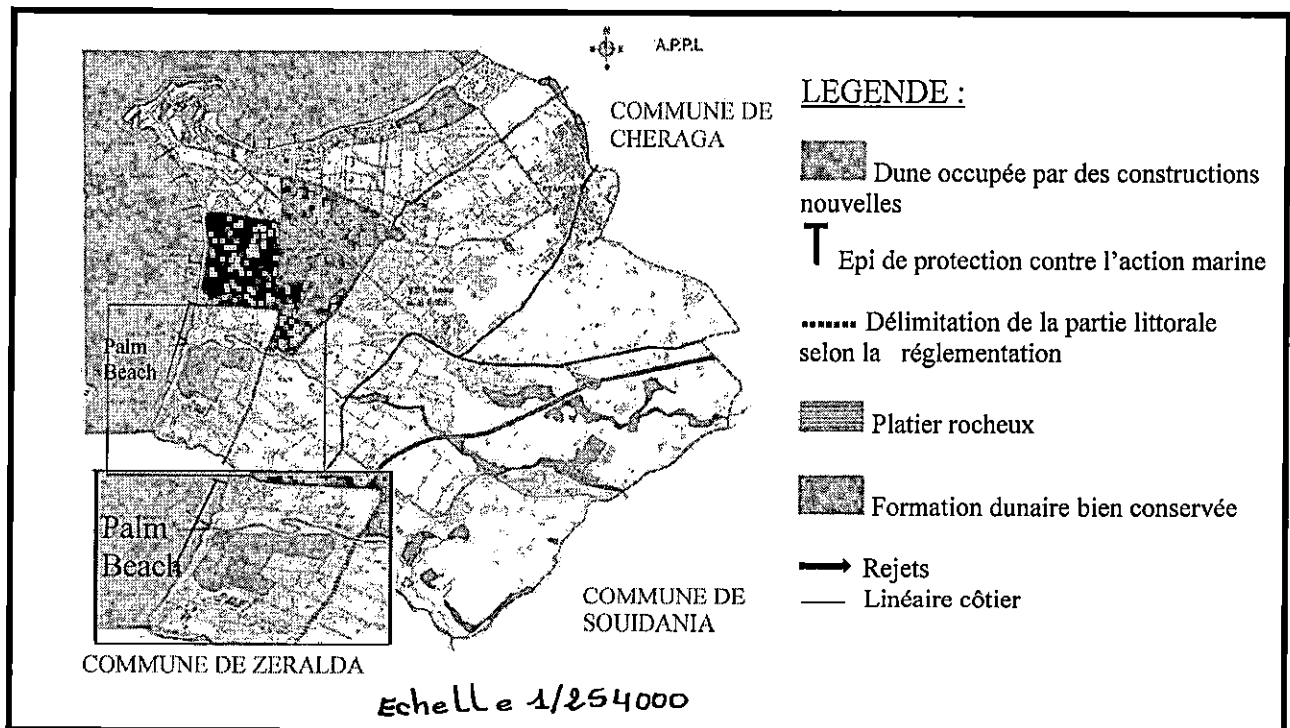


Figure 03 : Localisation géographique de la zone d'étude (A.P.P.L)

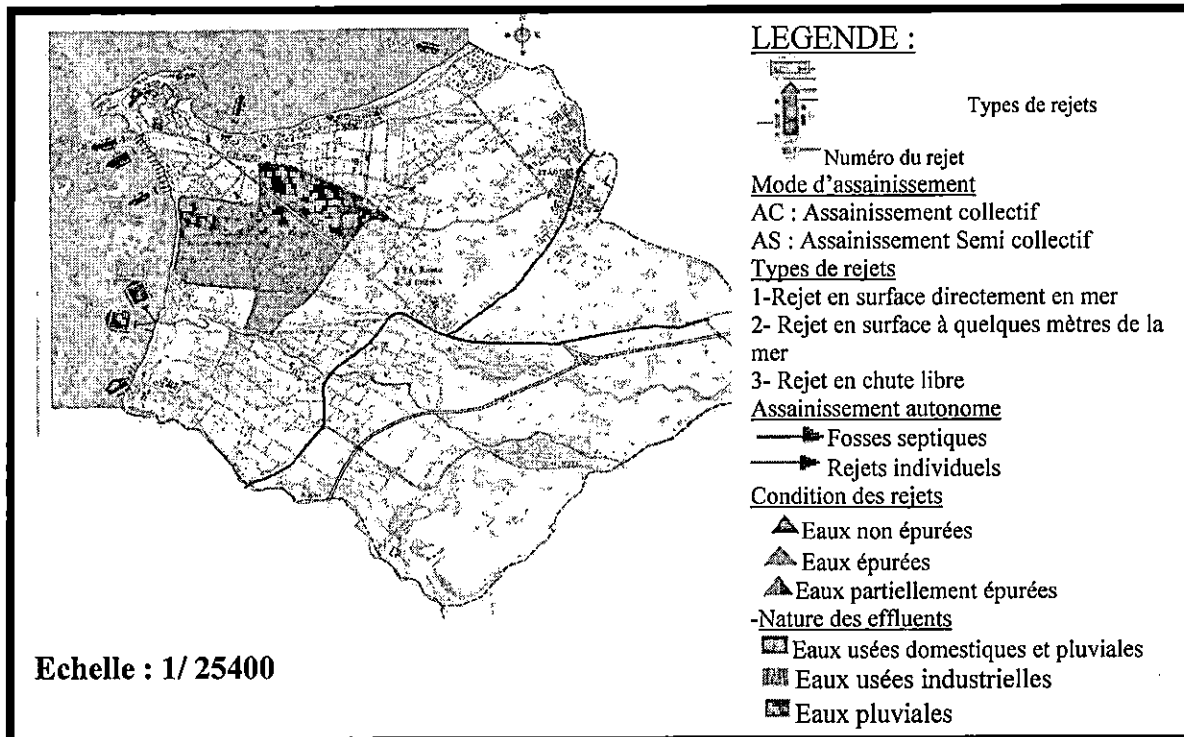


Figure 04 : Points de rejet et état de pollution des cours d'eau
 (Source A.P.P.L)

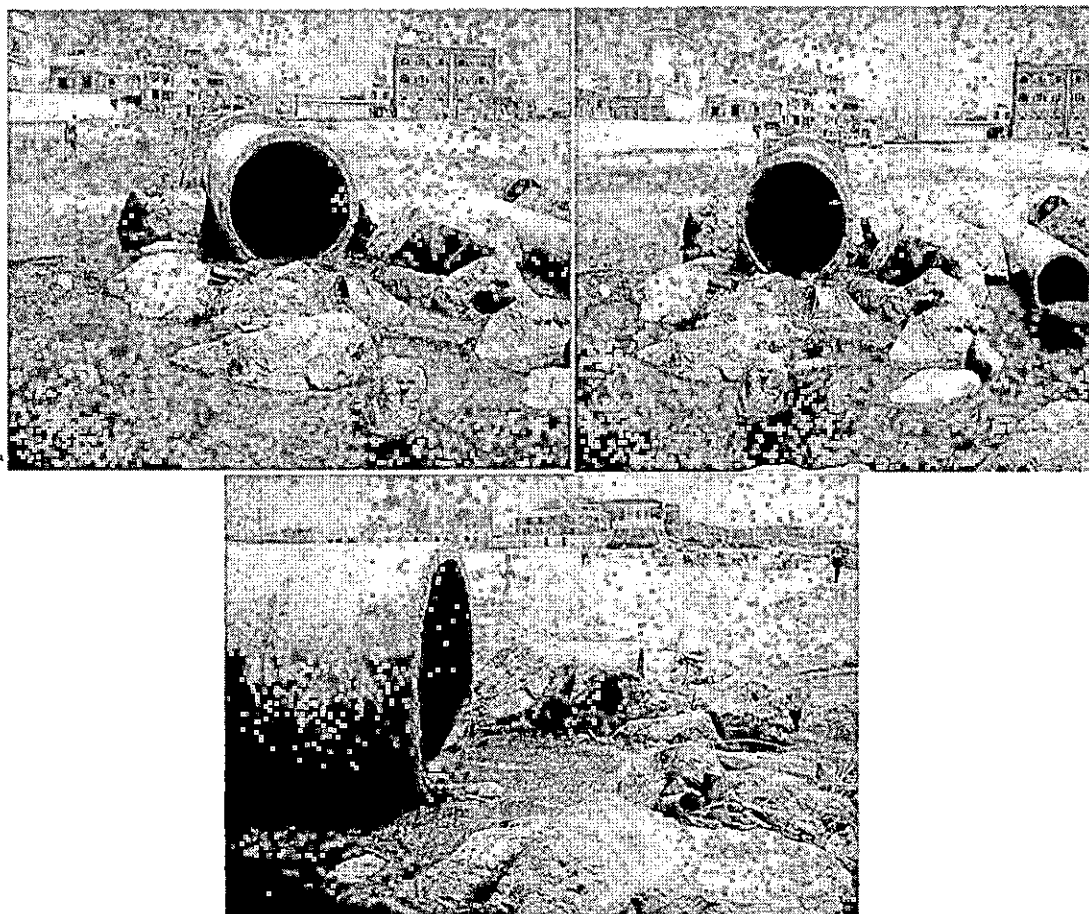


Figure 05 : photos du rejet de la plage de Palm Beach
 (Source : N. TAKLIT et N. HADJ-SAID ; 2006).

1.2) Données climatiques de la zone d'étude :**1.2.1) Les vents :**

L'analyse des régimes des vents de la région de Palm Beach qui fait partie de la baie de Bou-Ismaïl, effectuée par la station météorologique de Tipasa en 2003 sur une période de trois ans, a montré que les vents les plus fréquents sont de secteur Nord Nord-Ouest et Nord-Est à Est (cf. Tableau 06). La période estivale montre une prédominance des vents de secteur Nord-Est à Est avec quelques violents vents d'Ouest.

Tableau 06 : Fréquence des vents en baie de Bou-Ismaïl en pourcentage selon les directions dominantes (Source : Station météorologique de Tipaza, 2003-2005).

Direction	Annuelle	Hivernal	Estival
NE à Est	17.80%	12.20%	23.40%
NNW	23.30%	27.50%	19.00%
Ouest	8.40%	8.50%	8.20%
SSE	7.50%	12.20%	3.60%
Vent nuls	11.60%	6.40%	16.80%

1.2.2) Les houles :

La zone de Palm Beach est caractérisée par des houles fortes, en période hivernal, marquée par une direction Ouest dominante. En été, elles sont du secteur Est et de faibles amplitudes.

1.2.3) Moyennes de température, précipitation et humidité :

Tableau 07 : Données climatiques de la région de Bou-Ismaïl pour l'année 2005.

Les valeurs représentent des moyennes sur 3 années (cf. tableau 07) (Source : station météorologique de Tipaza).

Mois	Température (C°)	Précipitation (mm)	Humidité (%)
Janvier	12,2	56	72
Février	13,4	64	58
Mars	15,08	91,87	63,87
Avril	15,9	23,45	83,50
Mai	16	52,12	82,05
Juin	21,9	9,82	74,87
Juillet	25,15	9,65	76,95
Août	25,6	1,10	80,97
Septembre	23,9	35,75	83,97
Octobre	20,18	91,20	86,15
Novembre	16,56	75,95	87,12
Décembre	13,11	120,87	91,62

2) Le choix des stations :

L'une des principales sources de contamination de la plage Palm Beach est les eaux apportées par l'égout qui sont rejetée directement en mer sans aucun prétraitement, c'est pourquoi il est primordial d'étudier et de comprendre la provenance et la propagation des rejets en mer afin d'évaluer le taux de pollution de cette plage, tout en analysons les paramètres physicochimique et bactériologique.

Les prélèvements sont effectués dans le rivage de mer normalement utilisée par les baigneurs et précisément ou la distance par rapport au rivage est comprise entre 0 et 100m.

Cinq stations ont été choisies en fonction du point de rejet (égout) et la largeur de la plage. L'échantillonnage est effectué entre 11 heures et 14 heures (cf. figure 06).

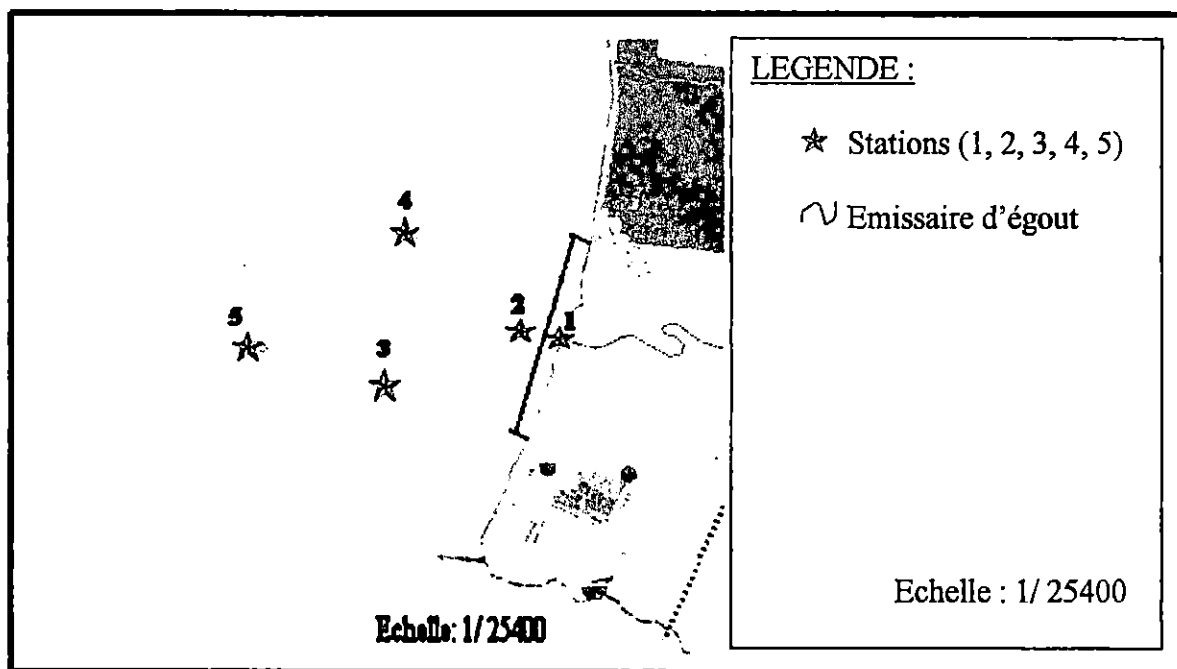


Figure 06 : Localisation des stations de prélèvement au niveau du site d'étude
(Source N. TAKLIT et N. HADJ SAID ; 2006)

Tableau 08 : les caractéristiques des stations de prélèvement

Stations	1	2	3	4	5
Distance Par rapport à la cote	0	5	50	50	100

3) Les prélèvements :

Le contrôle des eaux de baignades de la plage de Palm Beach est effectué du 22 Avril au 29 mai 2006, les échantillons sont recueillis une fois par semaine, pour un total de six échantillons.

Au niveau de chaque station un prélèvement d'eau a été effectué pour l'analyse bactériologique et la mesure de la DBO₅, la température, la salinité et le pH ont été mesuré in situ à la surface de chaque station.

L'échantillonnage pour la détermination des paramètres bactériologiques (coliformes, streptocoques, salmonelles et vibrions) est prélevé dans des flacons de verre d'une contenance au moins 500ml, stérilisés au four pasteur à 170°C pendant une heure, les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau pour éviter toute contamination avec l'air.

Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C) à l'abri de la lumière dans l'attente des analyses qui doivent être effectués dans les 24 heures successives aux prélèvements.

4) Méthodes d'analyses :

4.1) Les paramètres physicochimiques :

4.1.1) La température :

Pour la mesure de la température nous avons utilisé la méthode électrochimique avec une électrode en verre, on utilisant un pH mètre de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**
On a utilisé aussi un thermomètre gradué de 20 à 250°C de marque **LABOSI**.

4.1.2) Le potentiel hydrogène :

Pour le pH c'est aussi la méthode électrochimique avec électrode de verre, en utilisant un pH mètre portable de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

4.2.3) La salinité :

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

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

4.2.4) La demande biologique en oxygène (DBO5) :

La mesure de la DBO5 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 250 ml.
- Introduire 250ml dans un flacon brun en verre contenant un aimant d'agitation magnétique.
- Mettre la capsule qui contient deux soutes (NAOH) dans la bouteille.
- Les bouchons doivent être fermés à moitié pendant 15 min ; 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 jours en obscurité.
- On relève les valeurs sur des colonnes de mesures.

4.2) Les paramètres bactériologiques :

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 révélateurs de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption de contamination plus dangereuse (FIGARELLA et al, 2001).

Les germes supplémentaires recherchés sont les germes pathogènes (salmonelles et vibrions) et les staphylocoques et cela pour leurs intérêts pratiques concernant les eaux de baignades.

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).

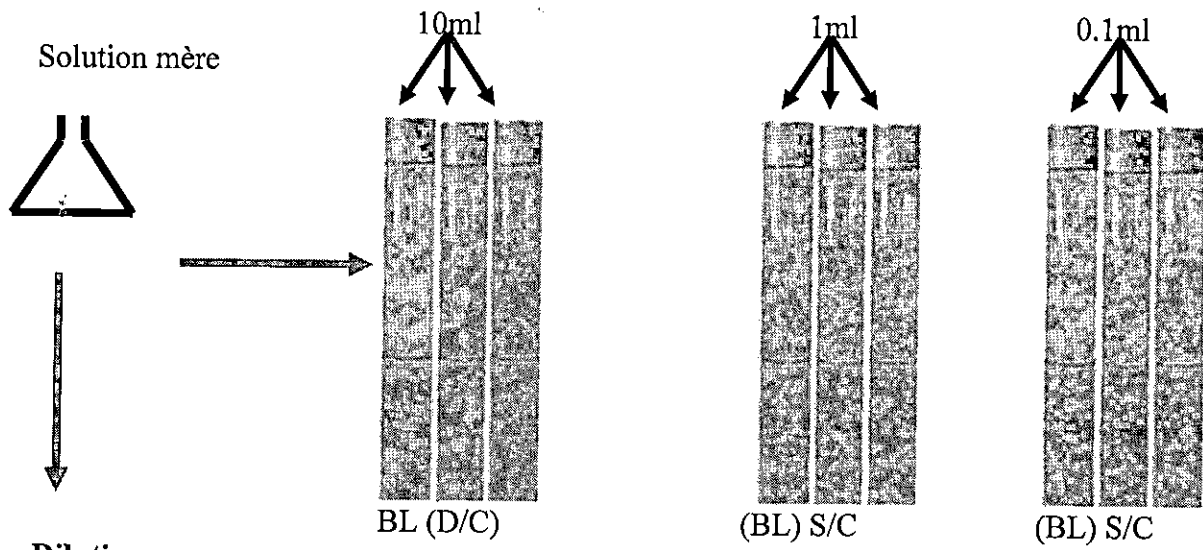
La détermination du nombre caractéristique (le nombre de tubes positifs) permettra l'établissement du nombre le plus probable par la consultation de la table de Mc Grady (voir annexe II). (BRISOU ET DENIS, 1980 ; RODIER et *al*, 1996).

4.2.1) Dénombrement des Coliformes :

La méthode standard (JOFFIN, 2001), indiquée dans les figures (07) et (08) fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

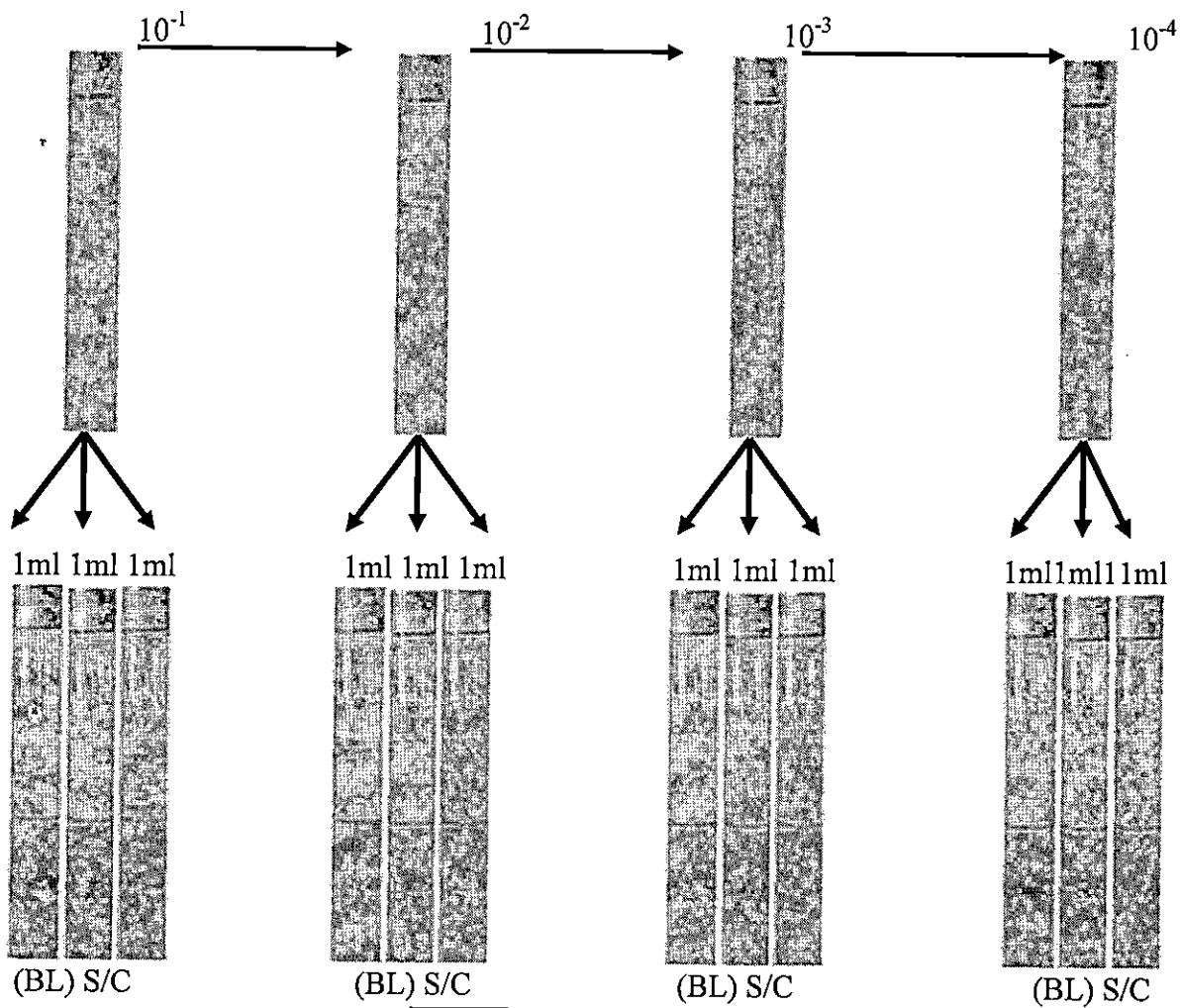
- **Le test de présomption** : réservé à la recherche des coliformes totaux, réalisé sur bouillon lactosé, sa fermentation se manifeste par un trouble et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham. (cf. figure 07).
- **Le test de confirmation** : réservé à la recherche des coliformes fécaux (CF) dits Coliformes thermotolérants et des *Escherichia Coli* à une température de 44°C, à partir des tubes positifs du test précédent (cf. figure 08)

Test présomptif :



Dilution

9ml Eau physiologique



BL + cloche de Durham
Incuber à 37°C pendant 48H

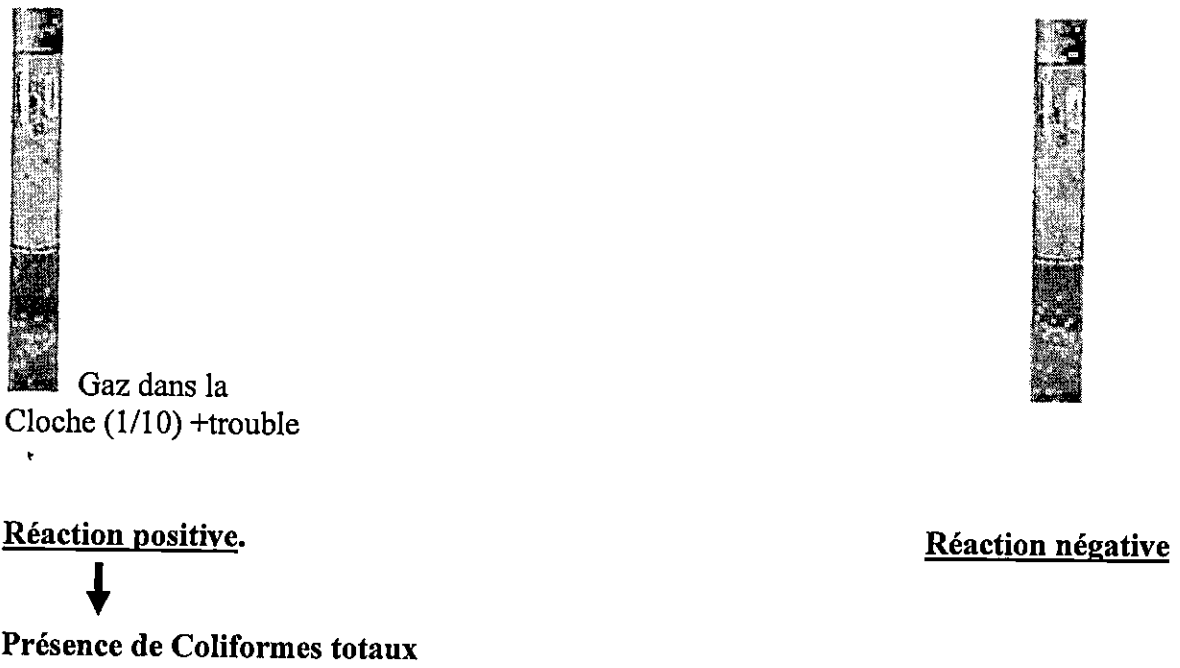
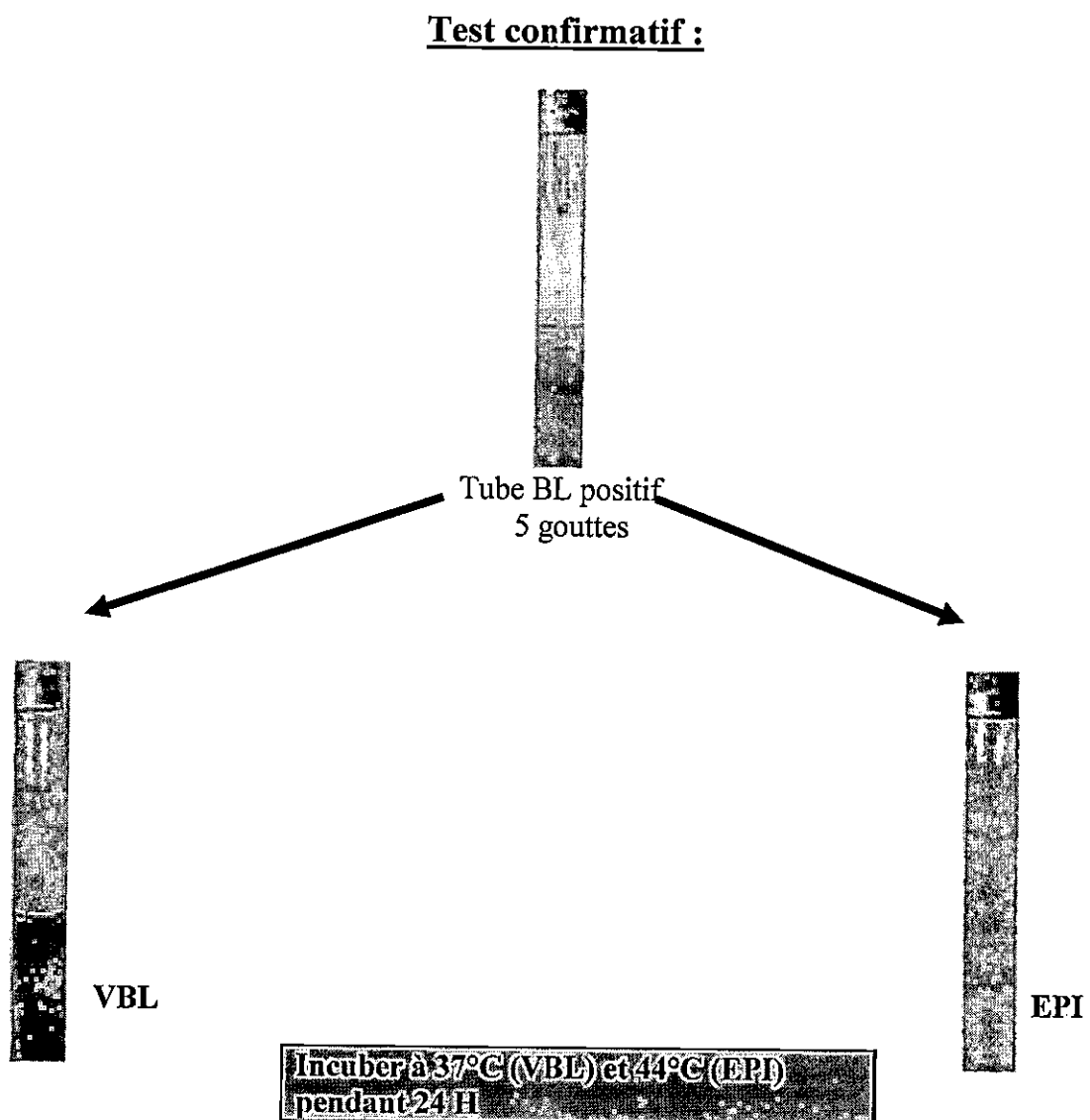


Figure 07 : Technique de recherche des Coliformes totaux (CT) dans l'eau de mer



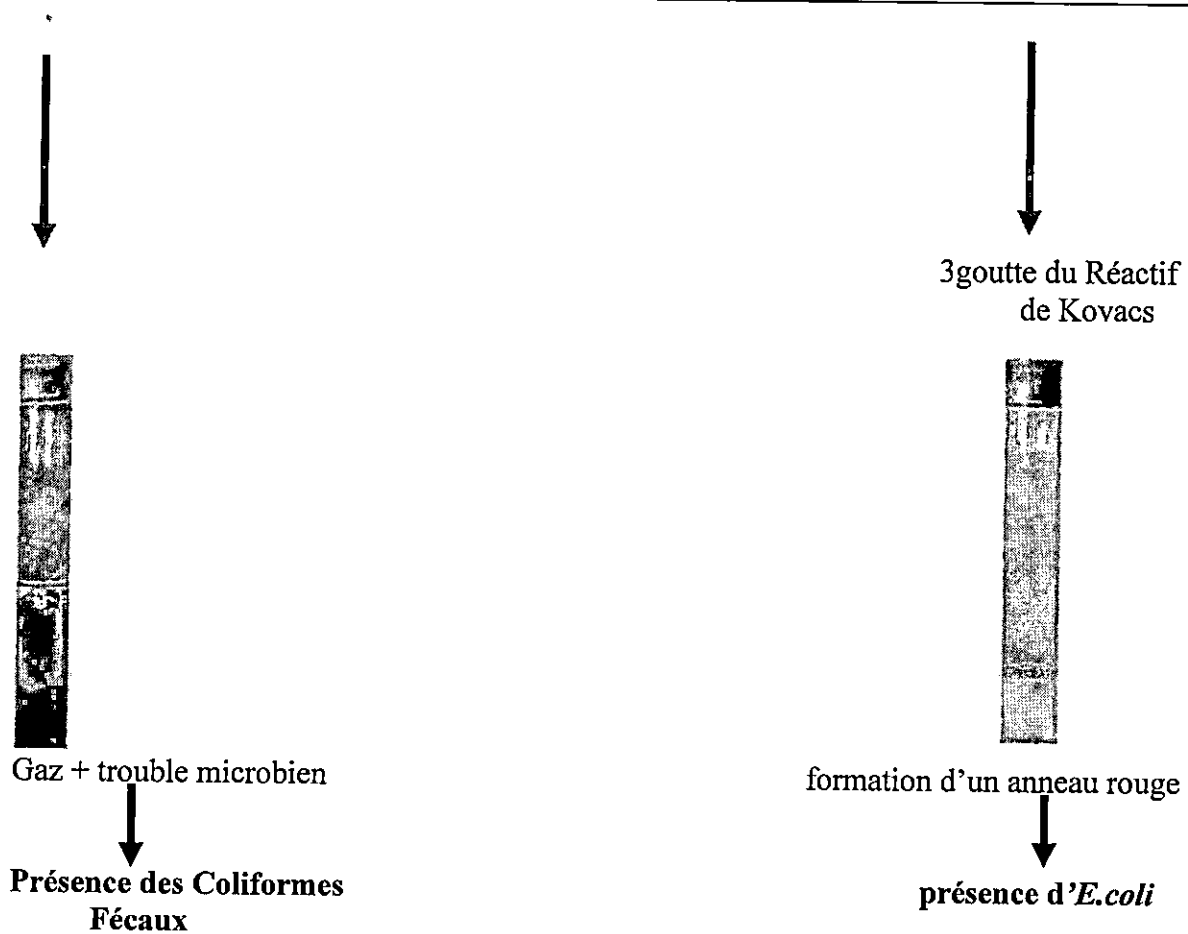


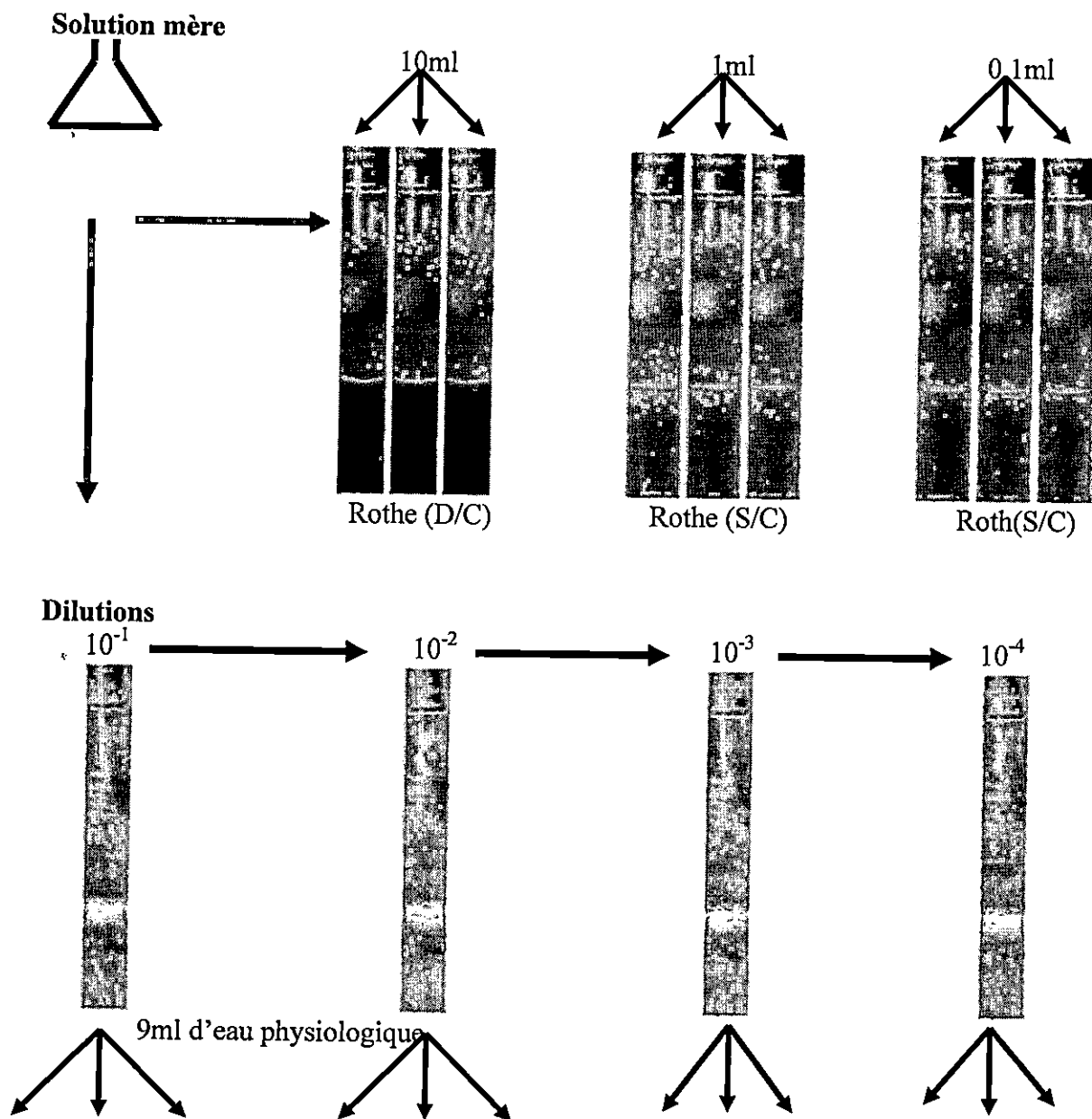
Figure 08 : Technique de recherche des CF et *E.coli* dans l'eau de mer

4.2.2) Dénombrement des streptocoques fécaux :

La recherche des streptocoques fécaux nécessite deux tests consécutifs (JOFFIN, 2001) qui sont indiquées dans la figure :

- **Un test présomptif :** réalisé sur le milieu de Rothe (cf. figure 09).
- **Un test confirmatif :** les tubes présentant un trouble microbien sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif (cf. figure 10).

Test présomptif :



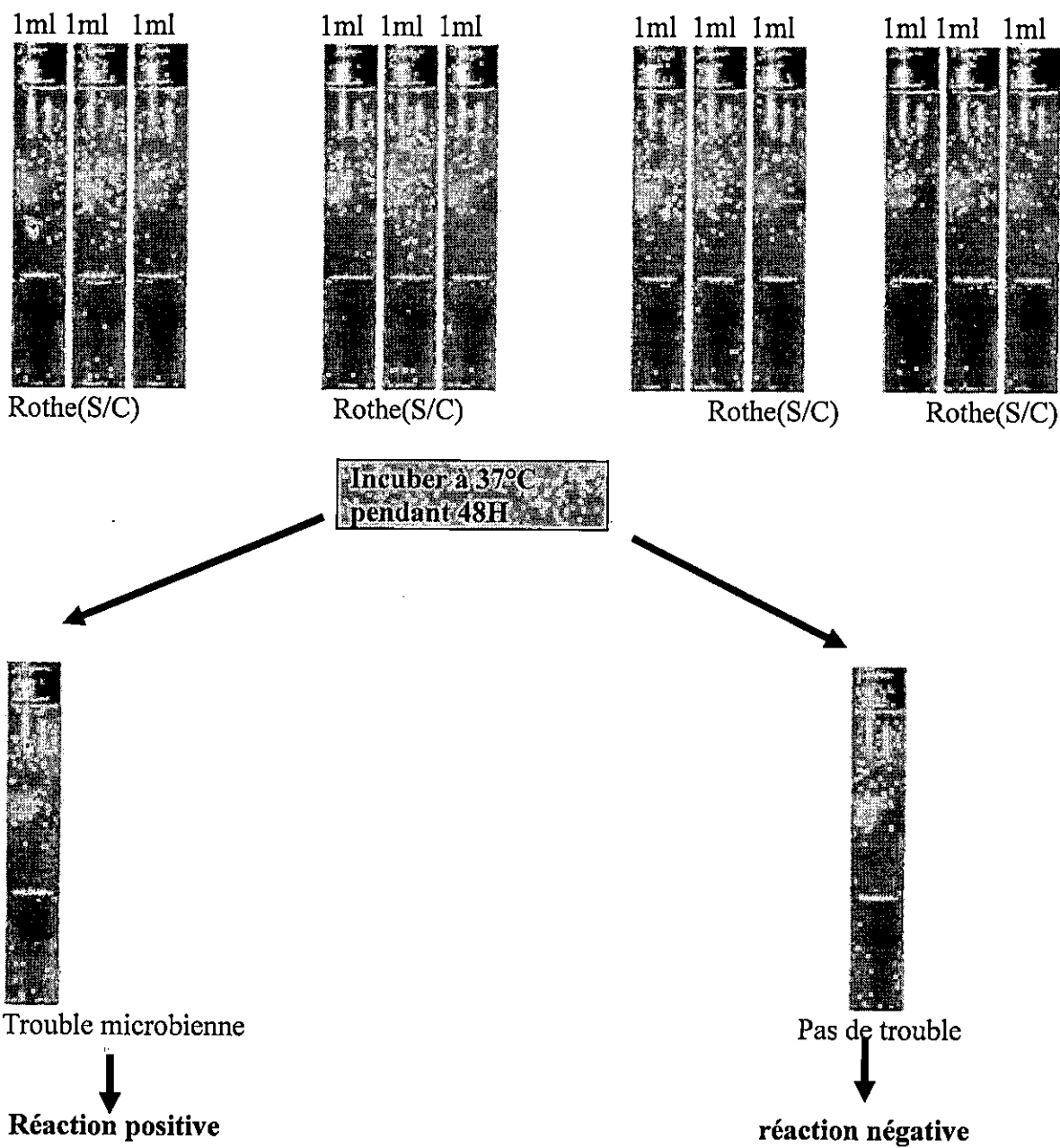


Figure09 : Technique de recherche des streptocoques fécaux

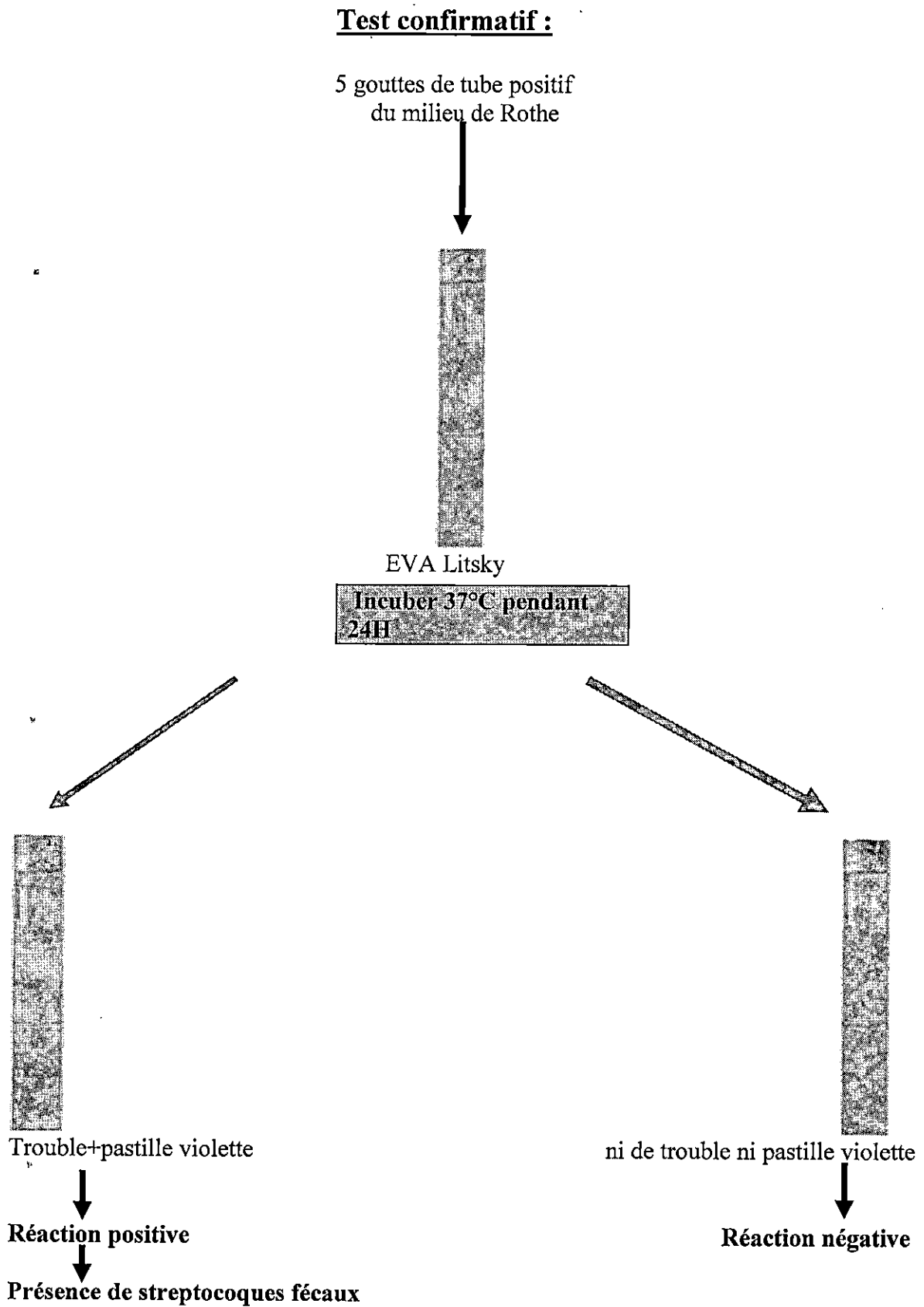


Figure10 : Technique de recherche des streptocoques fécaux dans l'eau de mer

4.2.3) Le dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) :

La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) est un indicateur d'hygiène important. En effet, elle permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant colonie) présente dans l'eau. Ce dénombrement se fait à 30°C ce qui permet de dénombrer trois grands types de flore :

- la flore thermophile Totale optimale de croissance à 45°C
- La flore mésophile Totale optimale de croissance entre 20°C et 40°C
- La flore psychrophile Totale optimale de croissance à 20°C

Une colonie observable sur la gélose peut venir d'un micro-organisme isolé, ou bien d'une spore ou d'une micro colonie.

4.2.3.1) Technique des dilutions successives :

On prend un ml de l'eau à analyser grâce à une pipette graduée, et on le transpose dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique. Alors on vient de réaliser une dilution au 1/10. On recommence l'opération en changeant de pipette et en versant de nouveau 1 ml dans un nouveau tube d'eau physiologique et ainsi de suite jusqu'à ce que la concentration en bactérie devienne relativement faible.

4.2.3.2) mise en gélose PCA :

Après avoir préparé les boîtes de pétries (la date, la dilution qui va être utilisée, la température d'incubation, la durée d'incubation). Il devrait y avoir deux boîtes par dilution

On prend une nouvelle pipette et à partir de la dernière dilution, on prélève 1 ml de dilution qu'on répartit en goutte au fond de la boîte correspondante, et renouvelons l'opération pour la seconde boîte sans changer de pipette, remontons à la dilution supérieure.

On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 30 et 300. Au-dessus 300, elles sont indénombrables, en dessous 30 on considère qu'elles sont trop rares pour être dénombrées

4.2.4) Technique d'étude des germes pathogènes :

La recherche des salmonelles et des vibrions est effectuée par la méthode qualitative, réalisée en trois étapes successives : l'enrichissement, l'isolement et l'identification biochimique.

4.2.4.1) Les salmonelles :

Ce sont des Entérobactéries, pathogène pour l'homme et largement distribuées parmi les animaux.

- **Premier enrichissement :**

Le milieu d'enrichissement des salmonelles est le bouillon au sélénite de sodium (SFB) à partir de la solution mère, on ensemence simultanément 10ml dans le tube de SFB double concentration (D/C), et 1ml dans le tube simple concentration (S/C).

Le SFB favorise leur développement en inhibant par l'action du sélénite de sodium la croissance des coliformes et des Entérocoques. MERCK 1986. L'incubation se fait à 37°C pendant 18 heures.

- **Premier isolement :**

Du premier enrichissement, un isolement est réalisé à partir des tubes de SFB positifs (simple concentration). Une goutte du milieu est étalée à la surface de la gélose Hektoen dont le pouvoir sélectif est assuré par les sels biliaires qui limitent le développement des Coliformes et des *Proteus*. Les boîtes ensemencées sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

- **Le deuxième enrichissement :**

Il s'effectue en transférant quelques gouttes des tubes positifs de SFB (double concentration) dans un tube de SFB (simple concentration). Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 heures.

- **Deuxième isolement :**

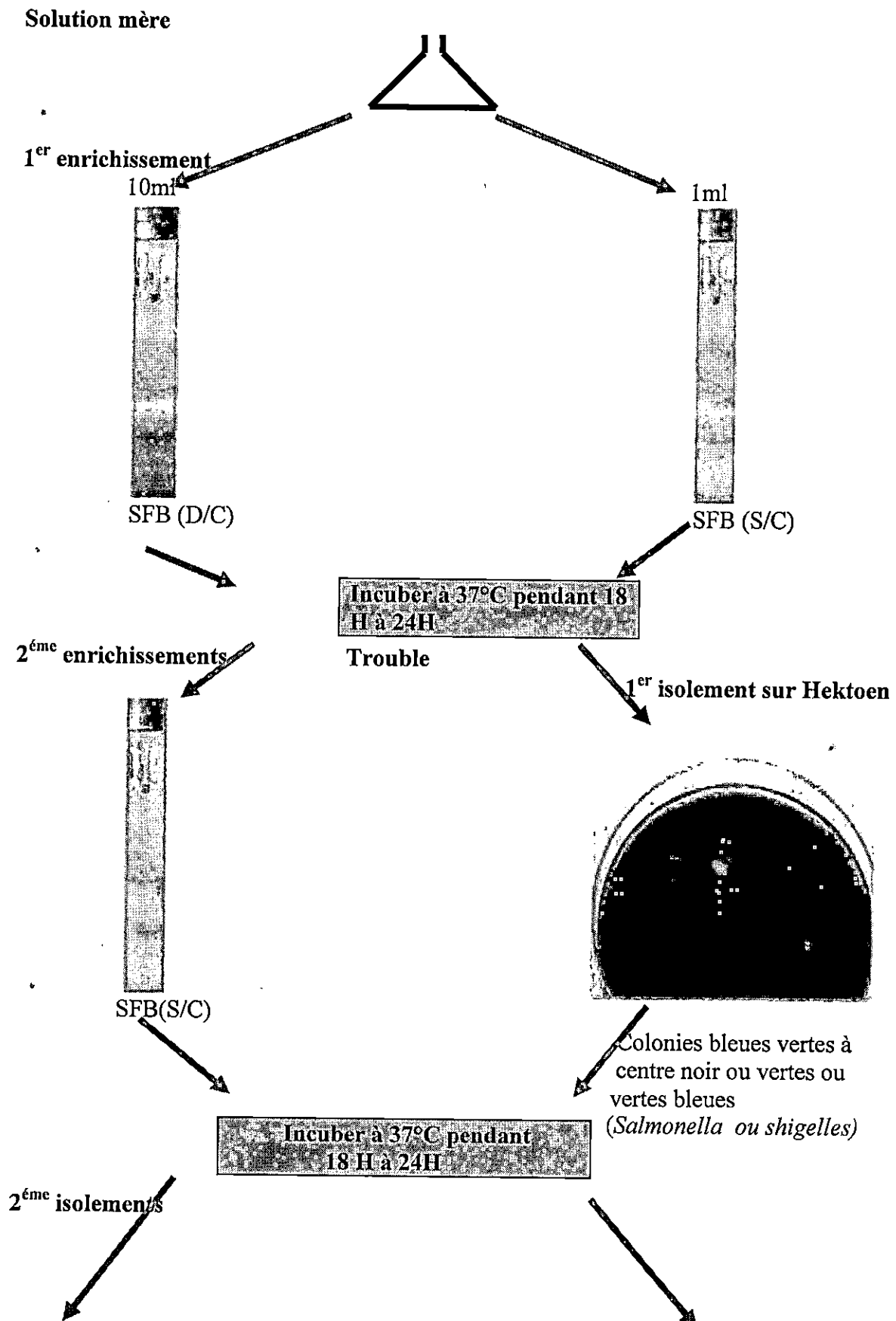
Il s'effectue en étalant une goutte de SFB positif (simple concentration) sur gélose Hektoen.

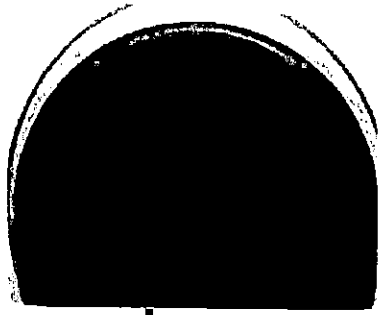
- **Identification biochimique :**

Inoculation sur TSI :

Les colonies suspectées sont repiquées sur le milieu TSI (Triple Sugar Iron.) par piqûre central du culot et des stries sur la pente, puis incubé pendant 24 heures à 37 °C.

Pour la confirmation des résultats précédents, des galeries biochimiques API 20E ont été utilisées.





Incuber à 37°C pendant 24H

Identification biochimique

Identification biochimique

Figure 11 : Technique de recherche des germes pathogènes « Salmonelle »

❖ La lecture sur gélose Héktoen :

Les colonies observées sur gélose Hektoen après une incubation de 24 heures à 37°C sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 09 : Aspect des colonies sur gélose Hektoen

Couleurs	Germes
Colonies jaunes saumon	<i>Escherichia coli</i> <i>Citrobacter</i> <i>Klebsiella</i> <i>Enterobacter</i> <i>Serratia</i> <i>Salmonella arizonae</i> <i>Vibrion choléra (oxydase positive)</i> <i>Aeromonas (oxydase positive)</i> <i>Yersinia</i>
Colonies jaunes saumon à centre gris noir	<i>Proteus vulgaris</i> <i>Citrobacter Freudii</i>
Colonies bleues à centre noir	<i>Proteus mirabilis</i> <i>Salmonella</i>
Colonies vertes	<i>Shigella</i> <i>Salmonella typhi</i> <i>Providentia</i> <i>Proteus morgani</i>

❖ **Lecture de TSI :**

- Le culot jaune (fermentation du lactose, du saccharose ou les deux).
- La pente rouge (absence de fermentation du lactose ou saccharose) les salmonelles n'attaquent aucun de ces sucres.
- Production du gaz.
- Production de H₂S.

Ce milieu permet de vérifier la pureté des colonies et de fournir les quantités nécessaires pour l'identification biochimique ou sérologique.

4.2.4.2) Les vibrions :

Les vibrions sont des germes pathogènes pour l'homme et les animaux (ex : *vibrion choléra*) leurs recherches sont d'ordres qualitatifs selon les étapes suivantes :

• **Premier enrichissement :**

Le milieu d'enrichissement des vibrions est l'eau peptonée (E.P.A) 10 fois concentrée, au 50 ml d'E.P.A on ajoute 450ml d'eau de mer puis l'incubation se fait à 37°C pendant 16 à 18 heures.

• **Premier isolement :**

A partir du premier enrichissement on procède à l'étalement d'une goutte prélevée de la surface du flacon d'E.P.A sur Gélose Nutritive Alcaline Biliée (GNAB).

• **Deuxième enrichissement :**

Il consiste à transférer quelques gouttes du flacon d'E.P.A 10fois concentré dans un tubes d'E.P.A simple concentration (S/C).j'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

• **Deuxième isolement :**

A partir du deuxième enrichissements on procède aussi à l'étalement d'une goutte prélevée de la surface du tube d'E.P.A sur GNAB puis incuber à 37°C pendant 18H à 24H.

• **Identification biochimique :**

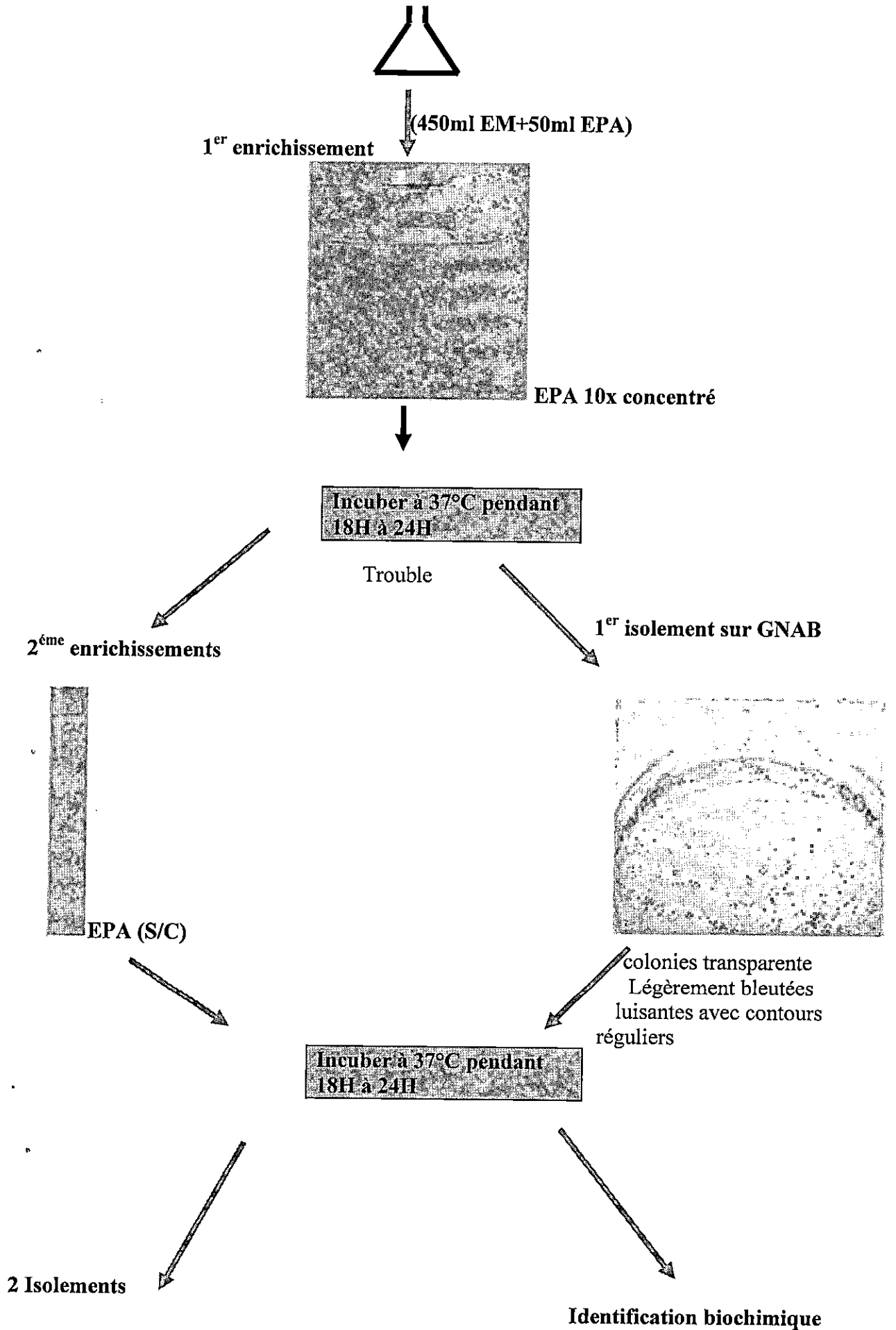
Inoculation sur KIA :

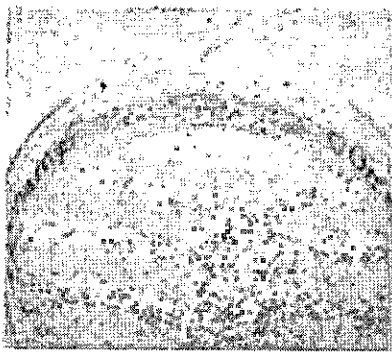
Les colonies suspectées sont repiquées sur le milieu gélosé de Hajna-Kligler (KIA) par piquûre centrale du culot, des stries sue la pente.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Afin de mieux confirmer les résultats précédents, des galeries biochimiques API 20E ont été utilisées.

Solution mère





37°C pendant 18H à 24H



Identification biochimique

Figure 12 : Technique de recherche des Vibrion

❖ **La lecture sur la gélose GNAB :**

Les colonies observées sur gélose GNAB sont des colonies transparentes légèrement bleutées, luisantes avec contours réguliers (ressemble à une gouttes d'eau).
Les colonies suspectes sont repiquées sur le milieu gélosé de Hajna-Kligler (K.I.A).

❖ **La lecture de K.I.A :**

- Un culot jaune indique la fermentation du glucose.
- Une pente rouge indique la non oxydase du lactose.
- La production du gaz se manifeste par les bulles ou une poche d'air.
- Un noircissement indique la réduction de thiosulfate en H₂S.

4.2.5) 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*, 1969).

- **Ensemencement :**

A partir de la solution mère et des dilutions décimal on porte 1 ml dans les boîtes de pétri qu'on étale à l'aide d'un râteau.

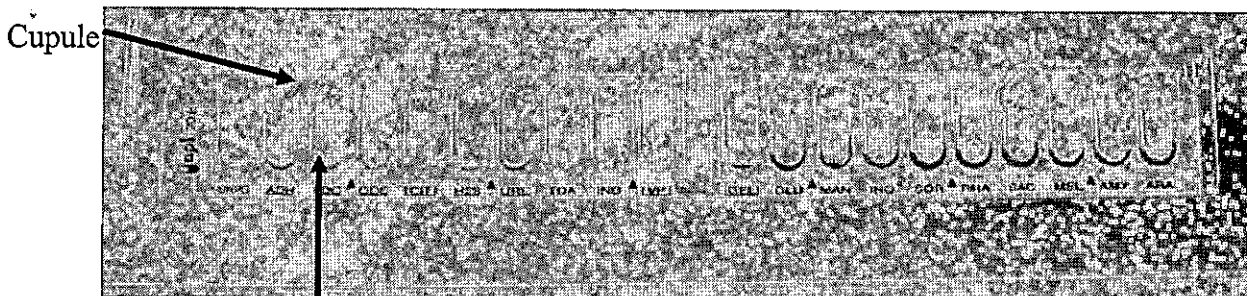
- **Incubation**

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

4.3) Identification biochimique :

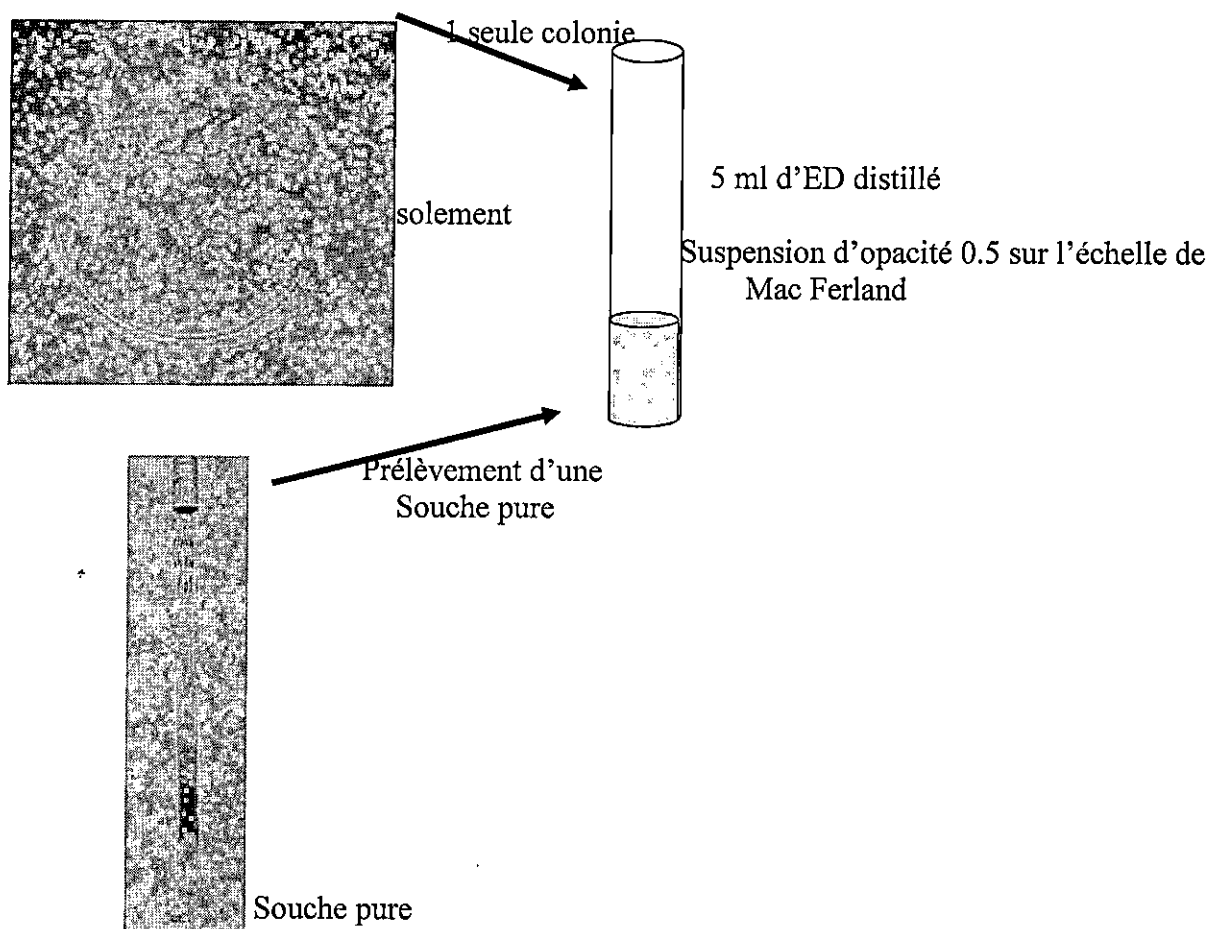
- **Présentation de la galerie :**

Galerie de 20 microtubes prêts à l'emploi permettant à réaliser 23 tests biochimiques afin d'identifier les bacilles Gram négatif appartenant à la famille des Entérobactériaceae.



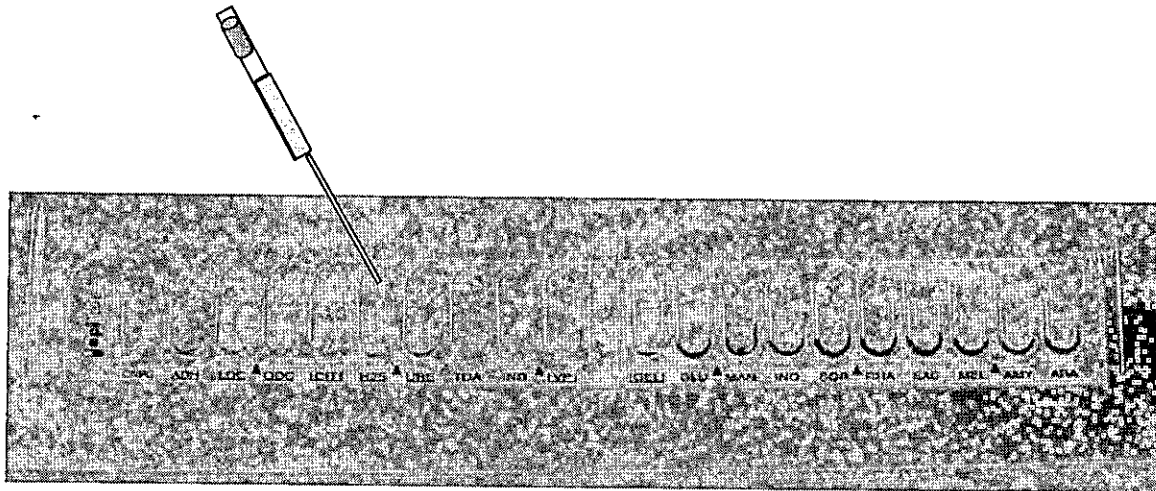
Le tube contenant le milieu déshydraté.

La suspension bactérienne dissout le milieu déshydraté

Préparation de l'inoculum :

• **Ensemencement de la galerie 20E. :**

Introduire la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette pasteur stérile, pointe appuyée sur l'intérieure et sur le coté, pour éviter la formation de bulles.



Pour certains caractères



Remplir de suspension la cupule et le tube CIT, VP, GEL



remplir de suspension le tube et recouvrir d'huile de paraffine ADA, LDC, ODC, H₂S, URE

figure13 : Identification sur galerie API 20E

4.4) Techniques de caractérisation des bactéries recherchées :

Pour mieux caractériser le profil biochimique et morphologique des bactéries recherchées, qui appartiennent aux groupes des coliformes, streptocoque fécaux, salmonelle, vibron et staphylocoques, une série de tests a été réalisé, il s'agit de :

4.4.1) Coloration de Gram :

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 en suite 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 puit 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).

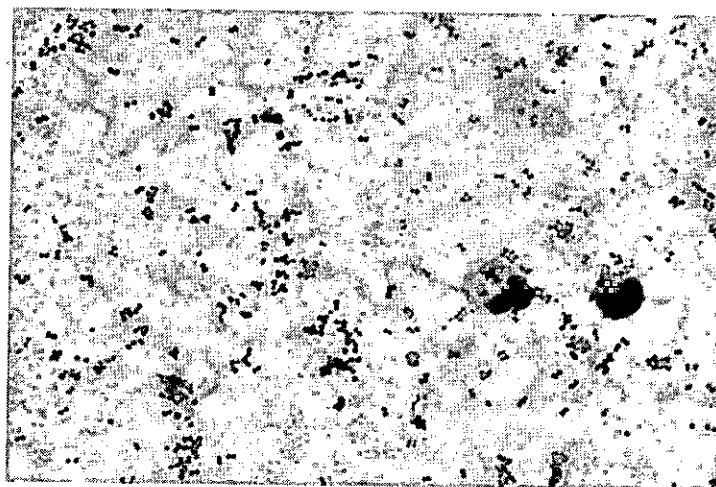
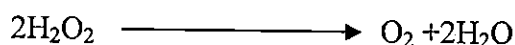


Figure 14 : observation de staphylocoque au microscope optique (100x).

4.4.2) Test de catalase :

Cette enzyme catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) qui est produit par certaines réactions cellulaires et est très toxique, donc c'est l'une des enzymes chargée d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation (PELMENT, 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.

Mode opératoire :

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.

Mode opératoire :

- Sur une lame propre et séchée on dépose une goutte d'eau oxygénée à 10 volumes.
- A l'aide d'une pipette pasteur, on ajoute un fragment d'une colonie bactérienne isolée.
- On observe immédiatement :
 - ❖ Apparition des bulles et dégagement gazeux de dioxygène : donc catalase positif.
 - ❖ Pas de bulles : catalase négatif.

4.4.3) Test de coagulase :

Ce test détecte la présence d'une enzyme 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 ».

Mode opératoire :

- dans un tube à hémolyse stérile, introduire 8 gouttes de plasma et y introduire 5 colonies à l'aide d'une anse.
- Placer la suspension bactérienne à 37°C.
- Des lectures doivent être effectuées toutes les heures au moins pendant les 5 premières heures, ainsi qu'après 24 heures.

- ❖ coagulation du plasma → coagulase+ → *Staphylococcus aureus*
- ❖ Pas de coagulation du plasma → coagulase - → autres germes de *Staphylocoques*

DISCUSSIONS

ET

RÉSULTATS

1) Les paramètres physicochimiques :

Les résultats bruts relatifs aux analyses physicochimiques des eaux (température, salinité, pH et DBO5) figurent en annexe (IV).

Pour les besoins de notre étude, nous avons calculé les moyennes de chaque station (1,2, 3, 4 et 5).

1.1) La salinité :

Le tableau ci dessous représente les valeurs des moyennes de la salinité qui augmente du point de rejet à la station la plus éloignée (St5).

Tableau 09 : les valeurs moyennes de la salinité dans la zone d'étude

stations	distance (m)	Moyenne (PSU)
St1	0	0.8
St2	5	34.15
St3	50	35
St4	50	35.70
St5	100	36.20

PSU : Pratical Salinity Unit

L'étude de ce paramètre montre que l'eau de la station 1 présente une salinité très faible (0.80 PSU) qui augmente de 33.15 PSU au point de mélange puis il continu à augmenter progressivement en s'éloignant de la source.

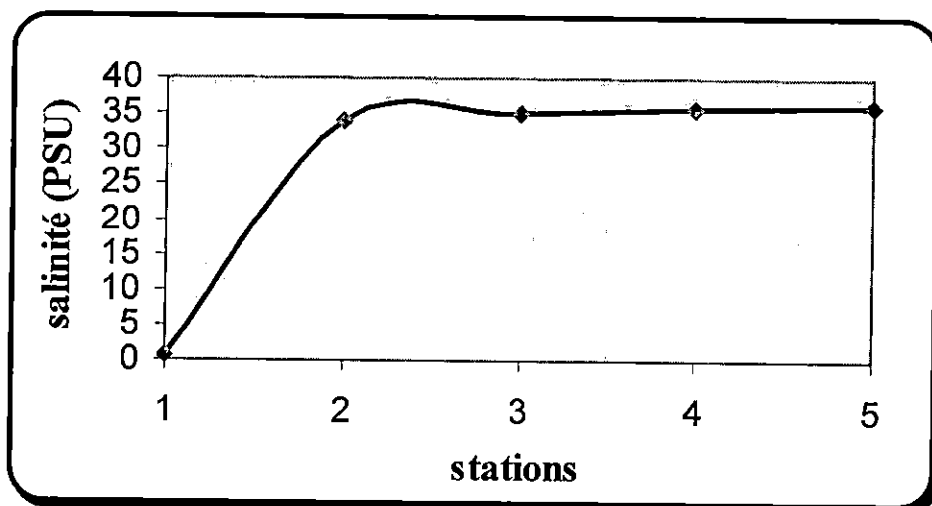


Figure 15 : Variation des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations

Les résultats obtenus dans la présente étude reflètent assez bien de la salubrité des eaux rejetée par l'égout dans la mer.

1.2) La température :

Les valeurs de température obtenues fluctuent selon les stations de prélèvements. Elle est comprise entre 21.80°C au point de l'égout et 19.75°C au niveau de la station la plus éloignée (St5).

Tableau 10 : les valeurs moyennes de la température dans la zone d'étude

stations	distance (m)	Moyenne (°C)
St1	0	21.80
St2	5	20.70
St3	50	20.45
St4	50	20
St5	100	19.75

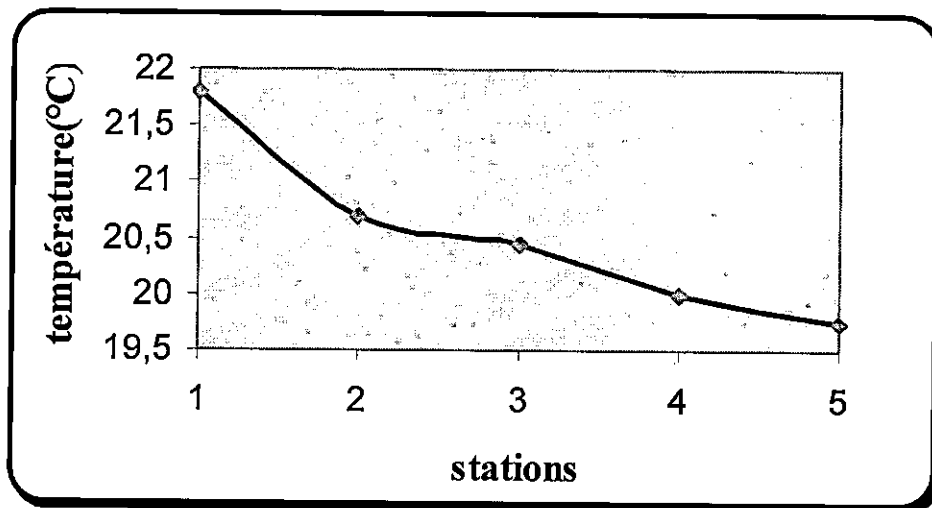


Figure 16 : Variation des valeurs moyennes de la température en fonction des stations

les eaux usées rejetées par l'égout ne présentent pas un grand écart de température avec l'eau de mer, la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la première station puis elle diminue légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet.

1.3) Le potentiel d'hydrogène :

Le tableau ci dessous regroupe toutes les valeurs moyennes de pH mesurer au cours de nos prélèvements.

Tableau 11 : Les valeurs moyennes du pH dans la zone d'étude

stations	distance (m)	Moyenne de pH
St1	0	7
St2	5	7.5
St3	50	8.11
St4	50	8.16
St5	100	8.20

Le pH est 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 DANIS ; 1980).

Les valeurs du pH des différentes stations se situent entre 7 à la station 1 et 8.2 au niveau de la station 5. Ce qui est remarquable qu'au niveau de la station 2 le pH a fait un saut de 1.03 résultant d'un mélange très important d'eau rejetée avec l'eau de mer, puis il continu d'augmenter graduellement pour atteindre la valeur maximal (8.2) à la station 5.

Ces valeurs sont très voisines du pH moyen de l'eau de mer (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

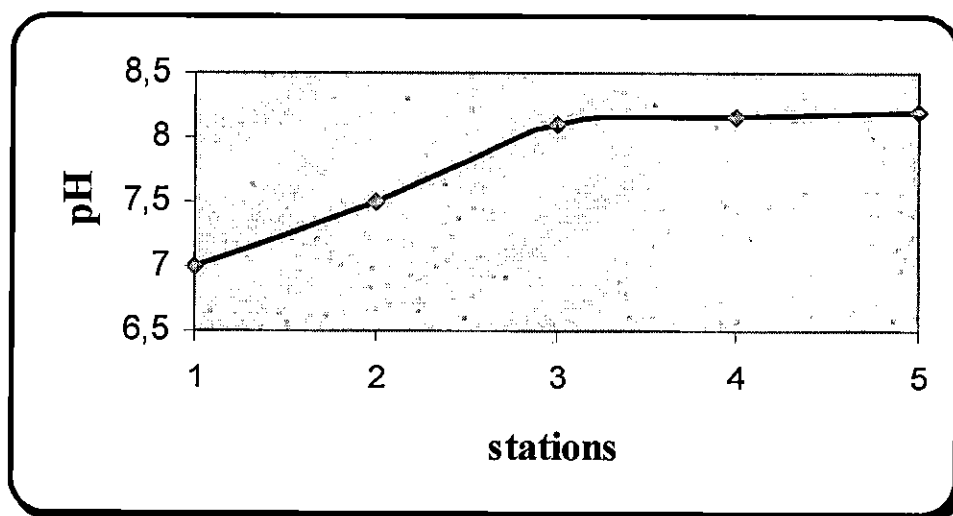


Figure 17 : Variations des valeurs moyennes du potentiel d'hydrogène (pH) en fonction des stations

1.4) La demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La demande biologique en oxygène (DBO₅) constitue un moyen valable pour l'étude de phénomènes de destruction de la matière organique. Elle exprime la qualité de la matière organique biodégradable présente dans l'eau, elle exprime aussi l'importance de l'activité bactérienne qui se déroule dans l'eau.

Les résultats des analyses effectuées au niveau de chaque station sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : les valeurs moyennes de la DBO₅ dans la zone d'étude

stations	distance (m)	DBO ₅ (mg/l)
St1	0	250
St2	5	30
St3	50	11,66
St4	50	1
St5	100	0

Les valeurs obtenues de la DBO₅ des différentes stations présentent des variations très importantes, la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la première station (250 mg/l). Une chute importante de la demande biochimique en oxygène est observée au point de contact, cela permet de déduire que l'épuration se fait essentiellement au niveau de cette station, puis elle diminue graduellement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet pour atteindre la valeur 0mg/l au niveau de la station 5.

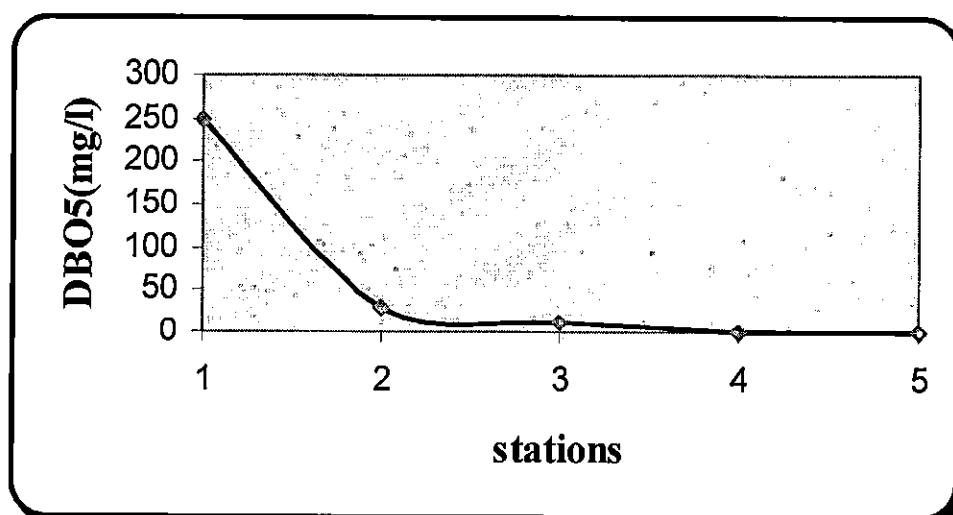


Figure 18 : Variations des valeurs moyennes de la DBO₅ en fonction des stations

Les facteurs influençant sur la décroissance de la dégradation de la matière organique sont les agents biologiques (bactéries, algues, champignons, tec...) et les phénomènes physiques (adsorption, dispersion et sédimentation).

2) Les paramètres bactériologiques :

2.1) Les germes de contamination fécale :

.Les concentrations des différents germes quantifiés figurent en annexe (IV)

2.1.1) Les coliformes totaux (CT) :

Les concentrations obtenues en coliformes totaux rejetées par l'égout est de l'ordre décroissant, le maximum est noté au niveau de la source de contamination (27500000/100ml). La concentration marque une chute remarquable au point de mélange avec l'eau de mer, elle est réduite de 95% (St2). Puis la charge bactérienne diminue progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point de rejet

Le tableau 13 : Concentrations moyennes en coliformes totaux (CT) :

stations	distance (m)	CT/100ml
St1	0	27500000
St2	5	1258333
St3	50	67000
St4	50	1086
St5	100	45.5

Les stations 1, 2 et 3 présentent des concentrations supérieurs 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). Alors on peut conclure que leurs eaux sont de mauvaise qualité bactériologique.

La concentration en coliformes totaux de la station 4, est voisine de la norme impérative, mais elle reste toujours de mauvaise qualité bactériologique et elle présente un risque pour les baigneurs

La station la plus éloignée présente une concentration inférieure à la norme guide et de ce fait, leur eau est de bonne qualité.

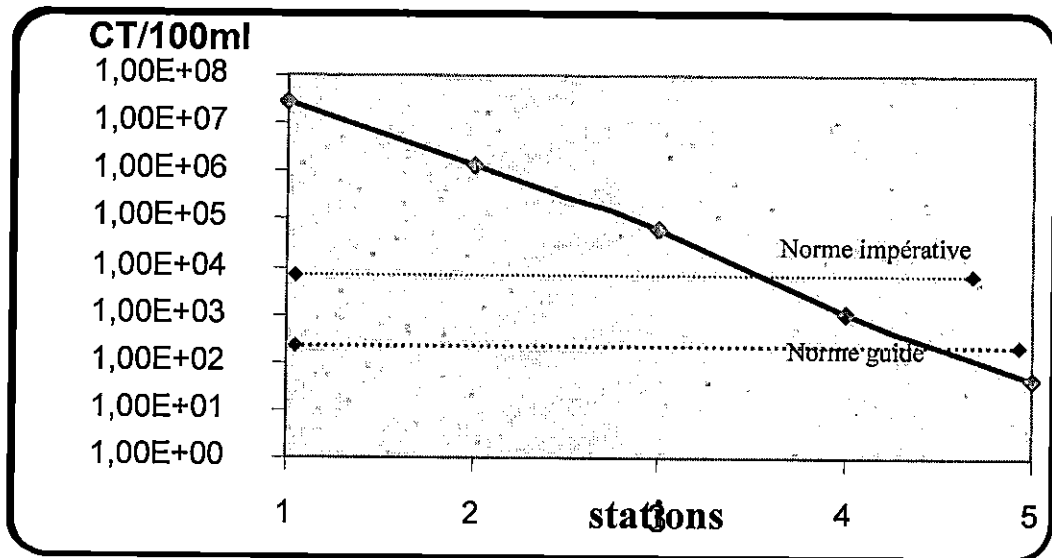


Figure 19 : Variation des concentrations moyennes des coliformes totaux en fonction des stations

2.1.2) Les coliformes fécaux (CF) :

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux sont très similaires à celles obtenues pour les coliformes totaux, mais de concentrations légèrement inférieures.

Tableau 14 : Les concentrations moyennes en coliformes fécaux

stations	distance (m)	CF/100ml
St1	0	2433333
St2	5	202500
St3	50	5750
St4	50	387.5
St5	100	6.5

Selon les normes qui sont de 1000 CF/100ml pour les normes guide et de 2000 CF/100ml pour les normes impérative (CCE, 1975 in RODIER, 1996), les stations 1, 2 et 3 présentent une charge bactérienne supérieure alors, leurs eaux sont de mauvaises qualité bactériologique.

Les eaux des stations 4 et 5 ; sont considérées comme étant de bonne qualité bactériologique car leurs concentrations sont moins élevées par rapport aux normes guide.

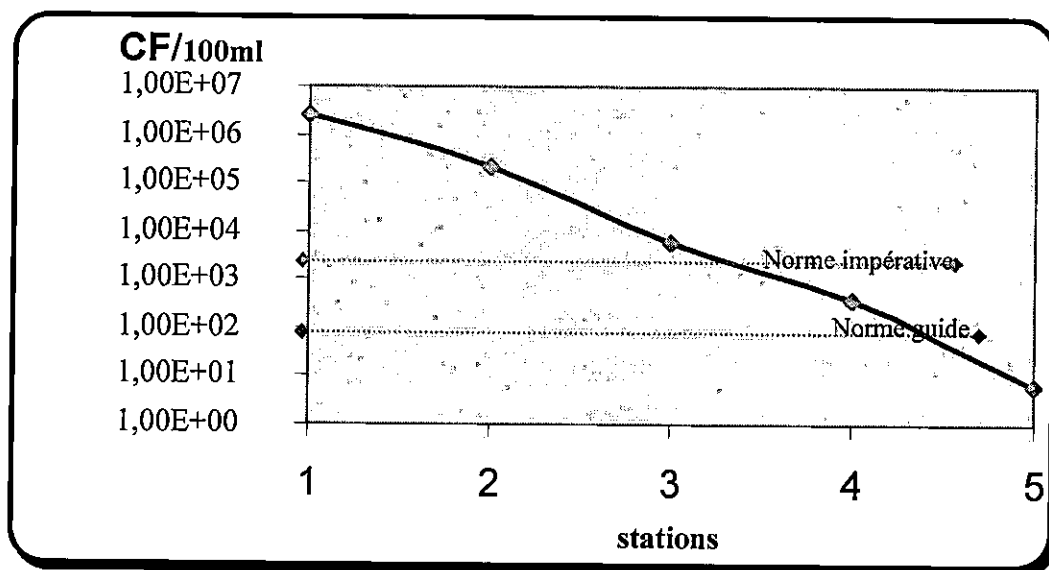


Figure 20 : Les variations des concentrations moyennes des coliformes fécaux en fonction des stations

2.1.3) Escherichia coli :

Escherichia coli fait partie des bactéries de la flore intestinale de l'homme et des animaux. Certaines de ses souches sont pathogènes, d'autres non. Dans tous les cas, leur présence dans les eaux de mer témoigne d'une contamination fécale, au même titre que les streptocoques fécaux, parce que la présence simultanée de ces paramètres suffit à confirmer qu'il y a effectivement pollution fécale (JOLY et REYNAUD, 2003)

Tableau 15 : les concentrations moyennes d'*Escherichia Coli*

stations	distance (m)	<i>E.coli</i> /100ml
St1	0	2183333
St2	5	202500
St3	50	5183
St4	50	387.5
St5	100	6.5

A partir des résultats obtenus on remarque une grande similitude entre les profils d'évolution des valeurs moyennes des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli*, il y a seulement peu de différence, du point de vue pratique, entre les indications fournies par le dénombrement des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli*.

Selon les résultats qu'on a trouvés et la directive communautaire 76/160/CEE du 08 Décembre 1975 les eaux de bonne qualité ne sont atteintes qu'à partir de la station 4.

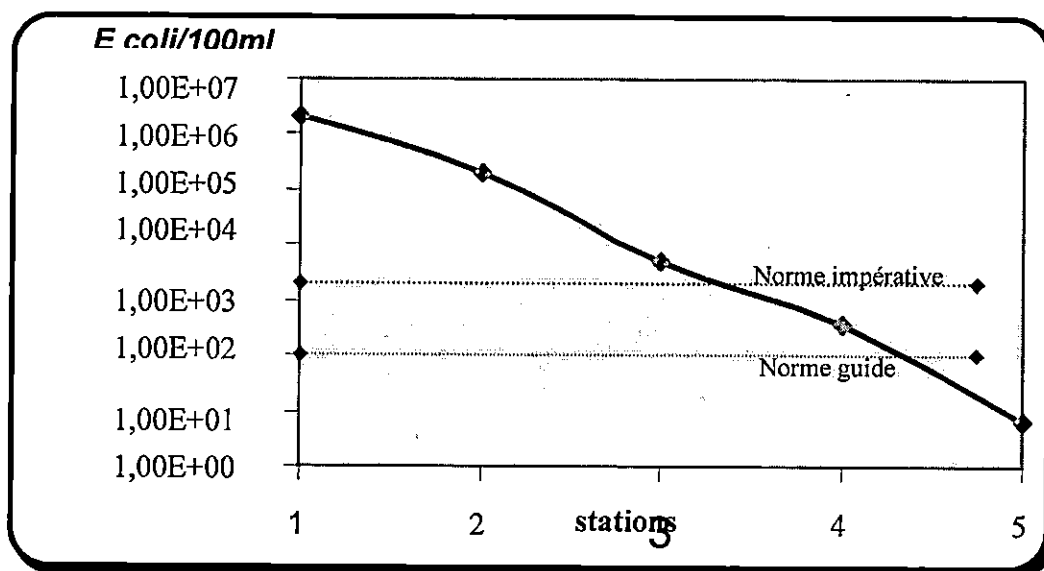


Figure 21 : Les variations des concentrations moyennes d'*Escherichia Coli* en fonction des stations

2.1.4) Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques sont des excellents indicateurs de pollution fécale, et ce 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).

On remarque une très forte réduction de l'effectif de au point de contact (ST2), les teneurs en streptocoques fécaux émises par l'égoût sont les plus faibles par rapport aux autres germes recherchés (cf. tableau 16).

Tableau 16 : les valeurs moyennes des streptocoques fécaux

stations	distance (m)	SF/100ml
St1	0	128333
St2	5	95000
St3	50	4633
St4	50	175
St5	100	12

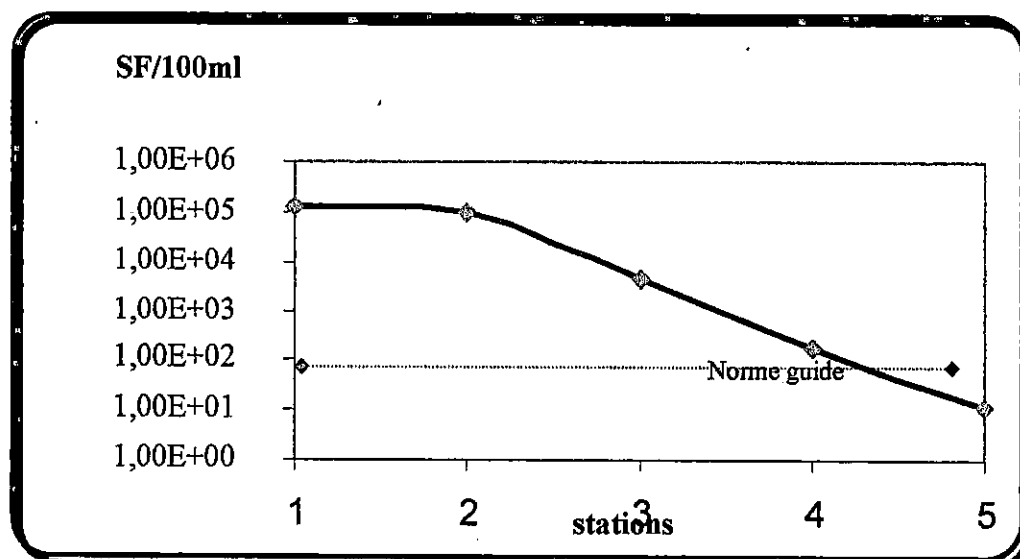


Figure 22 : les variations des concentrations moyennes des streptocoques fécaux en fonction des stations

la courbe d'évolution des teneurs en streptocoques fécaux suit la même évolution que les autres germes.

Les concentrations moyennes observées dans les stations 1, 2, 3 demeurent toujours au dessus des normes de salubrité qui sont de 100 SF/100ml (CEE, 1975 in RODIER *et al*, 1996). La station 4, bien que sa concentration en streptocoques fécaux soit voisine de la norme impérative mais elle reste toute fois de mauvaise qualité bactériologique (normes françaises in BRISOU et DENIS, 1980) et elle présente par conséquent un risque pour tout usager.

Les normes de bonne qualité ne sont attendues qu'à partir de la station 5

2.2) Evolution de la concentration des germes en fonction des paramètres physicochimique :

2.2.1) L'évolution de la concentration des germes en fonction de la salinité :

La figure 23 montre que la concentration des germes évolue inversement par rapport à la salinité.

La salinité de l'eau a un effet bactéricide reconnu, quoique important en milieu marin, qu'au point de rejet.

La salinité lorsque elle est couplée aux radiations solaires de courtes longueurs d'ondes crée un effet synergique dans les eaux de mer (CHAMBERLAIN et MITCHELL, 1978).

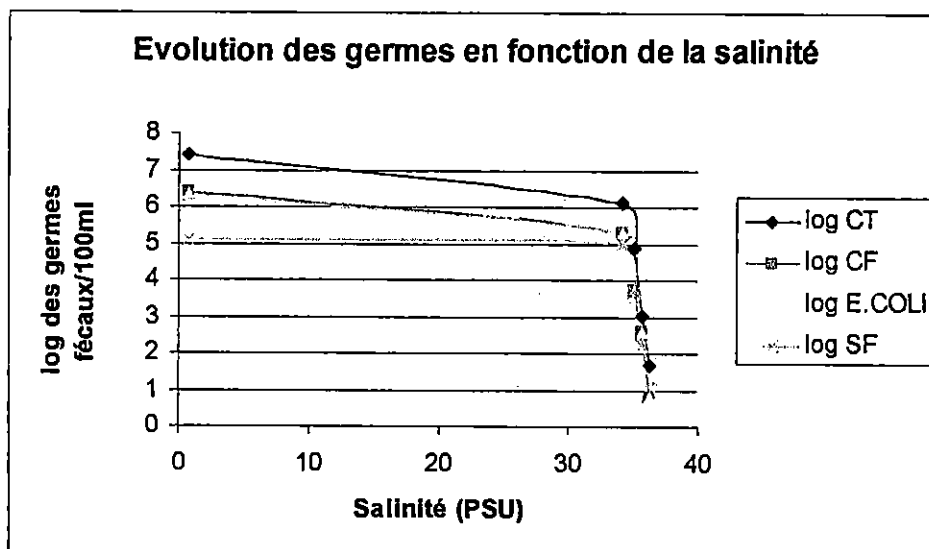


Figure 23 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la salinité

2.2.2) L'évolution de la concentration des germes en fonction de la température :

L'objectif de cette analyse est de mettre en évidence la corrélation existant entre les effets de la température et l'évolution des germes tests.

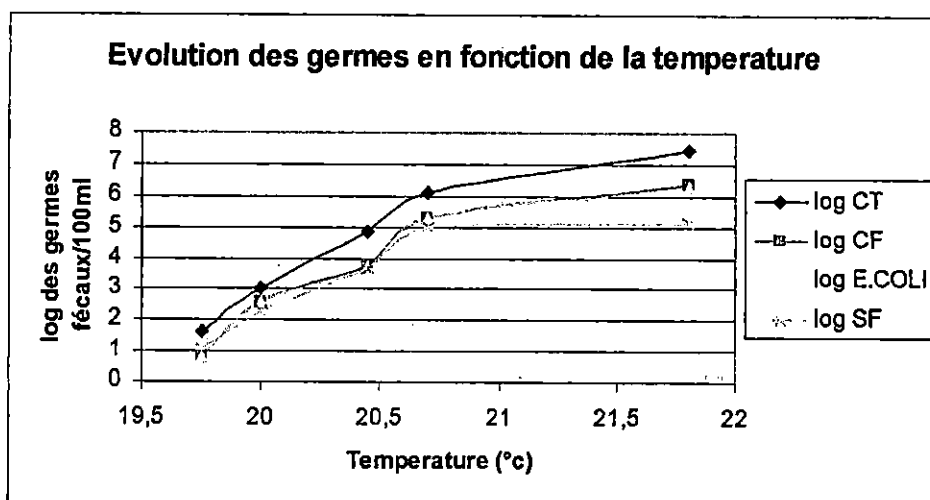


Figure 24 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la température.

La concentration des bactéries augmente avec la température de l'eau. Ainsi, en période estival, celle-ci est un des facteurs majeurs de l'épuration microbienne (MANCINI, 1978 ; FLINT, 1987). Mais dans notre étude les valeurs de température comprise entre 19.5°C et 22°C (intervalle de tolérance) favorisent la prolifération bactérienne.

2.2.3) L'évolution de la concentration des germes en fonction de la DBO₅ :

La figure nous reflète les variations de la concentration des germes en fonction de la demande biologique de l'oxygène.

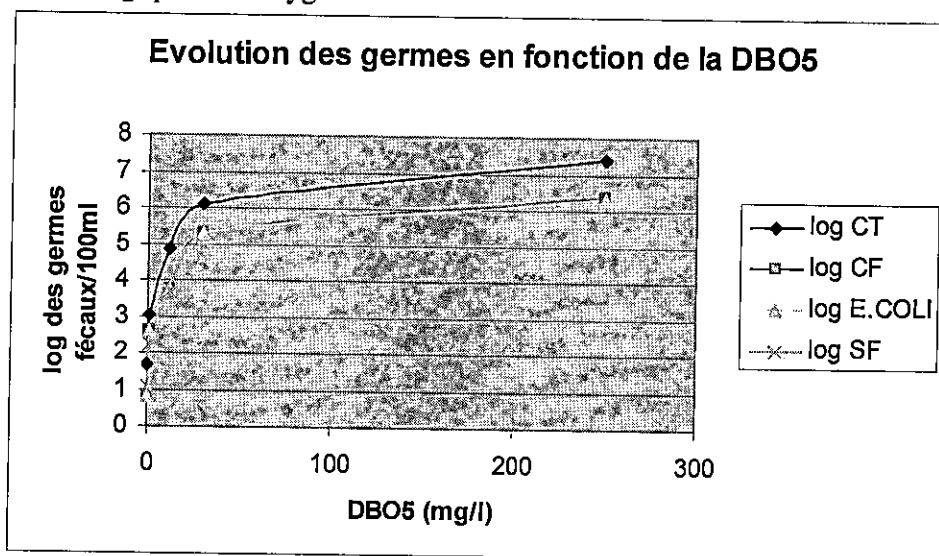


Figure 25 : L'évolution de la concentration des germes en fonction de la DBO₅.

A partir des courbes obtenues une augmentation proportionnelle des teneurs en germes en fonction de la DBO₅ ; cette augmentation est due à l'importance de la pollution (matière organique), qui était plus importante au niveau de la station 1 et qui diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet.

2.3) Etude de l'origine de la pollution :

L'origine de la pollution fécale ; a été étudiée par GELDREICH et KENNER (1969) qui ont proposé d'évaluer le rapport CF/SF, pour déterminer l'origine de la contamination.

Tableau 17 : Rapport CF/SF des stations de prélèvement

Stations	CF/SF
St 1	18.96
St2	2.13
St 3	1.24
St4	2.21
St5	0.54

A partir de la valeur calculée à la station 1 qui est la source de la contamination confirme que la pollution est d'origine humaine (CF/SF = 18.96 supérieur à 4).

Puisqu'il s'agit d'une analyse d'eau de surface, les coliformes sont prédominants que les streptocoques, car ces derniers s'associent en chaînettes de 20 à 40 Um de long et donc auront tendance à se décanter (ANONYME, 1980).

Les 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 PIETRI, 1989) ceci confirme les résultats obtenus à la station 5 où le rapport s'inverse au profit des streptocoques.

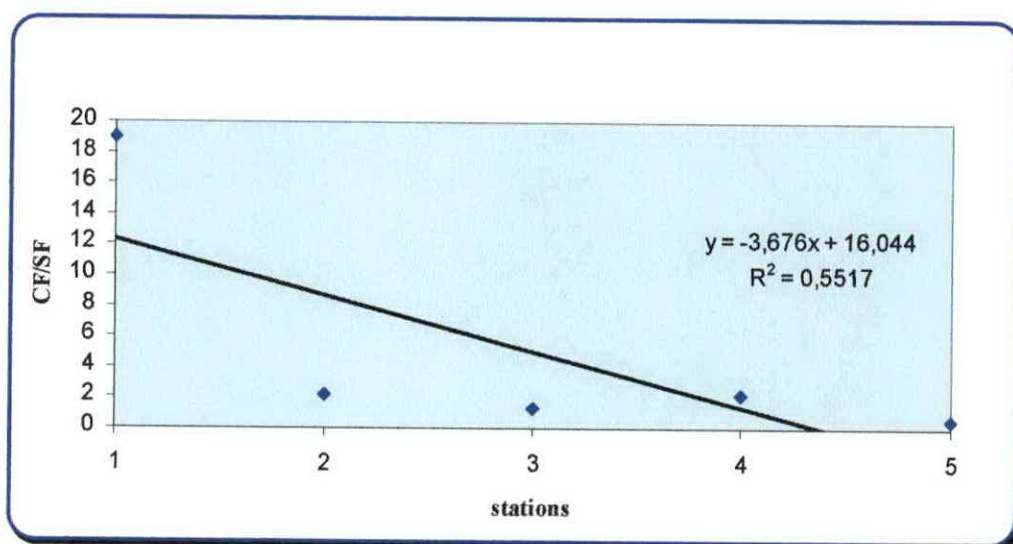


Figure 26 : Evolution des coliformes fécaux / streptocoques fécaux en fonction des stations.

La lecture du PCA :

Les résultats obtenus au niveau des stations 1 et 2 les colonies sont indénombrables. Plus de 300 colonies.

Les stations 3 et 4 les nombres de colonies sont respectivement 250 UFC et 125 UFC

Quand de la station elle aussi indénombrables moins de 30 colonies.

2.4) Les germes pathogènes :

2.4.1) Les salmonelles :

Après plusieurs repiquage sur la gélose Hektoen pour obtenir des souches pures. Nous avons pu identifier certaines espèces qui sont pathogènes pour l'homme et d'autres sont commensales :

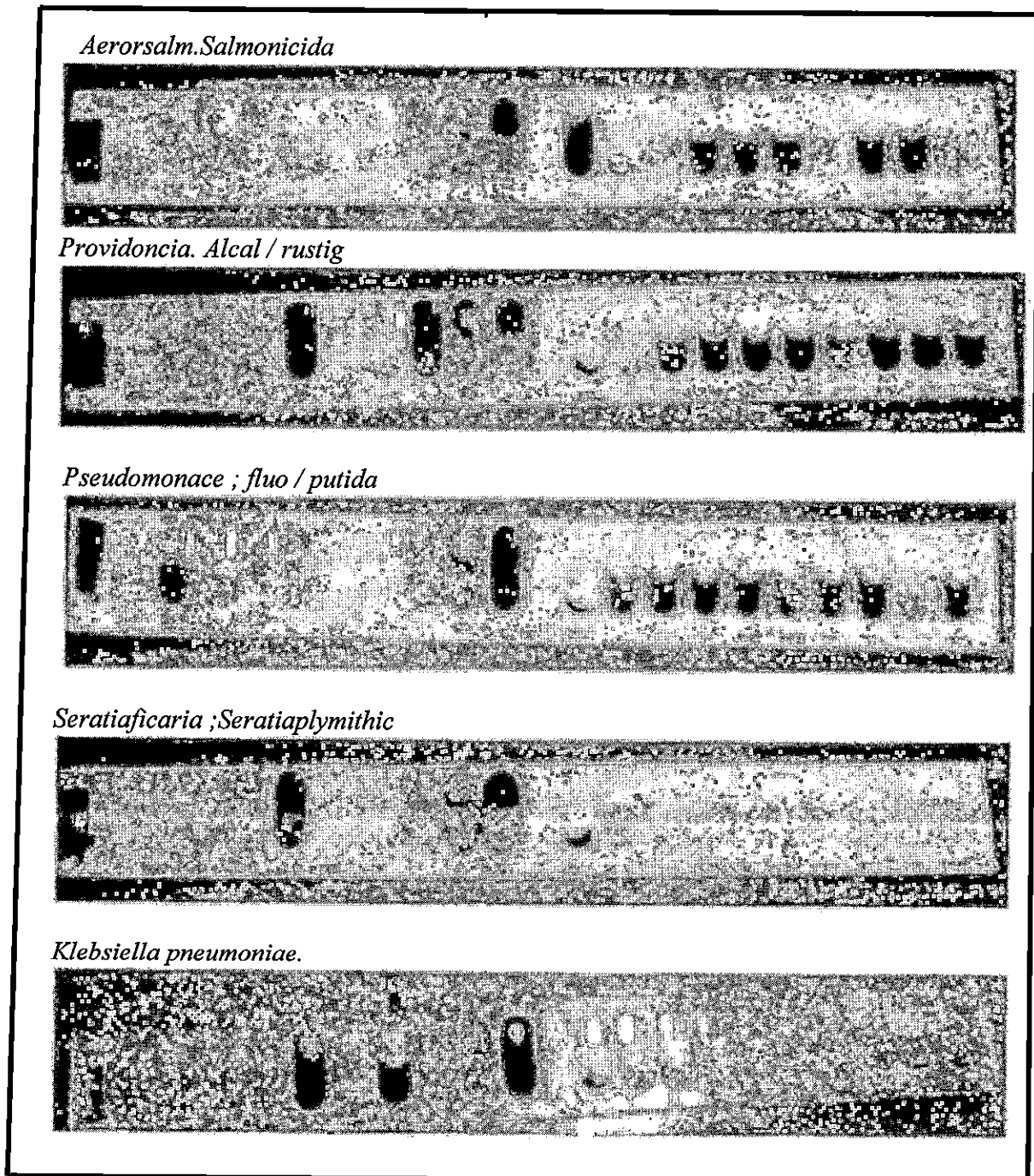


Figure 27 : les galleries d'identification de quelque espèces identifiées (source : N. TAKLIT et N. HADJ SAID ; Laboratoire ISMAL 2006)

Ce qui concerne les salmonelles l'espèce identifier est « *Salmonella spp* »

2.4.2) Les Vibrions :

L'espèce identifier est *Vibrion fluvialis*.

2.4.3) Les Staphylocoques :

La plupart des colonies, observable sur le milieu de Chapman après une incubation de 24 heures à 37°C, sont des Gram positifs, 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.

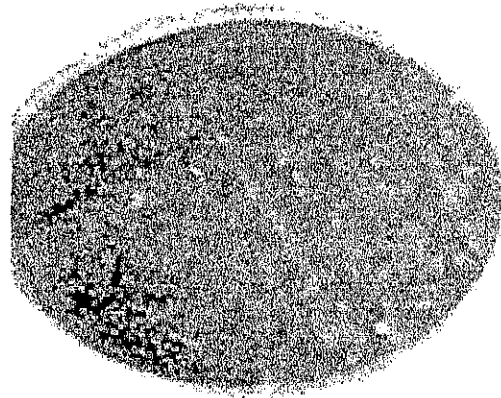


Figure 28: Aspect des Staphylocoques sur Chapman (ensemencement par inondation).

DISCUSSION

GÉNÉRALE

Discussion générale :

Les eaux de baignade, qui constituent la source de loisir par excellence durant la période estivale, peuvent cependant être dangereuses pour la santé du citoyen ; lorsqu'elles contiennent certaines bactéries pathogènes. Pour cela des examens bactériologiques deviennent alors nécessaires pour l'appréciation de la qualité hygiénique de l'eau afin d'assurer une protection efficace des baigneurs.

Du point de vue de la santé publique la contamination des eaux de baignades de la plage « Palm Beach » par les égouts présente un grave danger pour la population. Alors il nous a donc semblé intéressant d'étudier l'évaluation physicochimique et bactériologique des eaux rejetées par cet égout.

L'évaluation du pH nous a permis de constater une augmentation au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet pour atteindre une valeur moyenne de 8.20 qui avoisine les valeurs moyennes d'un pH marin (8.20 ; 8.30) présentés dans les travaux réalisés par AMINOT et CHAUSSEPIED (1983). Cette élévation du pH est due au brassage des masses d'eau.

L'évolution de la salinité des eaux douces rejetées par l'égout en surface reflètent assez bien les résultats dans la présente étude qui augmente en fonction de la distance par rapport à la côte.

Les valeurs moyennes de températures obtenues au débouché de l'égout ne présente pas un grand écart avec celle de l'eau de mer. Une légère baisse s'observe au point de contact (St2) suivie d'une diminution graduelle on s'éloignant de la côte.

Une chute importante de la demande biologique en oxygène est observée, au point de contact elle passe de 250mg/L à 30mg/L ce qui correspond à une réduction de 88%. Cette diminution de la DBO5 s'opère graduellement pour atteindre 0mg /l au niveau de la station la plus éloignée (station 5). En effet cette dégradation de la charge bactérienne pourrait s'expliquer par le biais des facteurs physiques (absorption, dispersion et sédimentation) et des facteurs biologiques (bactéries, champignon).

Les résultats obtenus par l'analyse bactériologique montrent que les teneurs les plus élevées en germes indicateurs de contamination fécale s'observe au point de rejet et au point de mélange. Bien que la population bactérienne perd en moyenne 95% (GAUTHIER et PIETRI, 1989) de son effectif au point de contact. Mais les 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

Les concentrations en coliformes dépassent les normes préconisées par le CCE (1975) au point de contact malgré que leurs effectifs soient réduits de 95% en moyenne.

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet la concentration des germes indicateurs de pollution diminuent progressivement pour atteindre les valeurs les plus faibles au niveau de la station 5 cela est dû aux phénomènes physiques et l'action bactéricide de la lumière, salinité ainsi que les phénomènes d'antibiose.

Les valeurs moyennes observées chez les streptocoques sont moins élevées par rapport à celle des autres germes mais leur évolution est la même. Les streptocoques fécaux sont des

indicateurs assez résistants dans le milieu marin présentant des pH élevés (OMS.1977) et aussi dans les milieux saumâtres (GAUJOURS 1995) ce qui explique leurs mortalités moins élevées par rapport aux autres germes.

A partir des galeries API 20strept, nous avons identifié pour les streptocoques du groupe D deux souches (*Streptococcus faecalis*, *Streptococcus bovis* et *Streptococcus faecium*). Le *Streptococcus faecalis* est un germe qui peut provoquer les infections urinaires.

Concernant les indicateurs pathogènes qui proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution ; nous avons identifié les germes suivants :

- Pour les staphylocoques, deux souches ont été identifiées (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*), responsables des principales infections pyogènes de la peau et des muqueuses (BRISOU et DANIS, 1978 ; LECLERC et EBERLIN, 1997).
- Pour les salmonelles une souche bactérienne a été identifiée (*Salmonella spp*).
- Pour les vibrions l'espèce identifiée (*Vibrio fluvialis*), Cette espèce est commune au niveau des eaux saumâtres et estuarières. Elle est potentiellement pathogène pour l'homme et peut causer de la gastro-entérite.

Les bivalves peuvent être des vecteurs de nombreux germes pathogènes dont les plus fréquents peuvent engendrer des infections et des maladies épidémiques.

Selon les résultats de notre étude la plage de Palm Beach présente un risque majeur pour les baigneurs.

Conclusion générale

La pollution en provenance des eaux d'égouts et des déchets solides est un problème important pour les pays en voie de développement, spécialement dans les zones urbaines et périphériques ce qui est le cas pour notre zone d'étude.

Ce présent travail a pour objectif d'estimer la charge bactérienne apportée par les eaux d'égout rejetées directement en mer sans aucun prétraitement.

Les analyses bactériologiques portent sur les germes microbiens dits « témoins de contamination fécale ». On recherche principalement la présence de coliformes, *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux qui ne constituent pas en eux-mêmes un danger pour les baigneurs mais dont la présence peut en fonction des contaminations relevées indiquer la présence simultanée de germes pathogènes dangereux pour l'homme (Salmonelles et Vibrions). Le risque sanitaire augmente avec le niveau de contamination de l'eau par ces indicateurs de pollution.

Les résultats d'analyses bactériologiques qui ont été effectués au niveau de laboratoire de L'ISMAL font ressortir que les concentrations bactériennes décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point de rejet. Cette décroissance est due aux phénomènes physicochimiques (température de l'eau, éclaircissement et la sédimentation) et aux facteurs biologiques et la mortalité des bactéries.

Par l'utilisation du rapport SF/CF nous a permis de connaître l'origine de la contamination fécale qui est exclusivement humaine. Ce ratio est valable seulement quand la pollution est récente car les streptocoques fécaux persistent plus longtemps que les coliformes fécaux dans l'eau de mer (BOUCHRITI et al. 1992).

En ce qui concerne les germes pathogènes recherchés les salmonelles et les vibrions les deux espèces identifiées sont respectivement *Salmonella spp* et *Vibrio fluvialis*

Les résultats du contrôle sanitaire des eaux de baignade doivent être obligatoirement affichés sur le site et en mairie.

Pour finir ce travail nous suggérons certains moyens pour lutter contre cette pollution :

- Sur le terrain : Pour lutter contre la pollution, des actions doivent être organisées sur le terrain, actions d'assainissement effectuées par des associations.
- Sensibilisation du grand public : A pour but de sensibiliser les enfants au respect de l'environnement et de leur faire prendre conscience à travers ces formations de l'ampleur que prend cette pollution aujourd'hui. On met en place dans les lieux publics des poubelles de recyclage permettant de faire prendre conscience aux gens qu'ils sont aussi concernés par la pollution.
- La recherche : De plus, des prélèvements d'eau doivent être régulièrement effectués afin de mesurer la concentration des germes dangereux, ce qui permet un classement des eaux des différentes plages selon quatre niveaux de qualité

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- ABABOUC H. L., 1995.** Assurance de qualité en industrie halieutique. Actes édition, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXXO ; p 394.
- BELLAN G., PERES J. M., 1974.** La pollution des mers. Edt. Presses Universitaires de France. p127.
- BOUCHRITI N., EL MARRAKCHI A., FAHIM A., 1992.** The microbiological contamination of an oyster growing area in Morocco, the Oualidia lagoon. Hydroécol. Appl. 4 (12) : p189-202.
- BRISOU J. F., DENIS F., 1978.** Hygiène de l'environnement maritime. Edt. Masson. p248.
- BRISOU J. F., DENIS F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement Maritime. Edt. Masson.p206.
- CHAMBERLIN C.E., MITCHELL R.,1978.** A decay model for enteric bacteria in natural waters. Water pollution microbiology Vol 2, p325-348.
- Equinoxe n° spécial, 1990.** Le magazine des ressources vivantes de la mer "Environnement littoral". p32-54.
- FAO., 1996.** Assurance de qualité des produits de la pêche. Document technique sur les pêches n°334. FAO., Rome, Italie.
- FLINT K.P., 1987.** The long-term survival of *Escherichia Coli* in river water. Journal of applied bacteriology Vol 63, p261-270.
- FUJIOKA RS., HASHIMOTO H.H., SIWAK E.B., YOUNG RHF.,1981.** Effect of sunlight on survival of indicator bacteria in seawater. Appl. Environ. Microbiol. Vol 41, p690-696.
- GAUJOU D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Edt. Lavoisier Techniques et documentations. Paris. p217.
- GOUTIER M., 1989.** L'adaptation physiologique des bactéries entériques dans l'eau de mer. Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edt. Masson. p 447.
- GAUTHIER M., PIETRI C., 1989.** Devenir des bactéries et virus entériques en mer. Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edt. Masson. p447.
- GOMELLA C., GUERREE H., 1978.** Le traitement des eaux publiques industriel et privé. Edt. Eyrolles. Paris. p262.

- HASLEY C., LECLERC H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. 495p, Technique et Documentation - Lavoisier.
- JOFFIN J-N., LEYRAL G., 2001.** Microbiologie technique : dictionnaire des techniques. Collection biologie technique 3^{ème} Edt. p312.
- JOLY B., REYNAUD A., 2003.** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses Edt. Techniques et documentations. paris.p356.
- KABLER P.W.; CLARK H.F., 1961.** Coliform group and organisms as indicators of pollution in drinking water. J. Amer. Water Work Association. p 53, 1577,1579.
- LARPENT J-P., 1997.** Techniques de laboratoire. Edt technique et documentation. Paris. p1041.
- LARPENT J.P., LARPENT- GOURGAUD M., 1997.** Mémento de microbiologie. Edt. Techniques et documentations. p1023.
- MANCINI J.L., FLINT., 1987.** Numerical estimates of coliform mortality rates under various conditions. Water pollution control board Journal, p2477-2484.
- (MANUEL de BERGEY, 1984.** systematic bactériology ; 9 édition.
- MEHLMAN I.J., 1984.** Coliforms, fecal coliforms, *Esherichia coli*. Pp. 265-285. In M.L Speck (ed.), Compendium of methods for the microbiological examination of food, 2nd ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- MORITA R.Y., COLWELL R., 1974.** Effect of the ocean environnement on micribial activities. Edt. Colwell et Morita. Univ. Park Press, Baltimore. 587p.
- PELMONT J., 1993.** Bactéries et environnement : adaptation physiologiques. Collection Grenoble Sciences. p899.
- O.M.S/PNUE. 1995.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Recommandations générales. Partie I. Danemark : p57.
- POMMEPUY M., 1987.** Capacité d'acceptation du le milieu marin. Bactériologie de la rade de Brest. Edt.IFREMER, Brest, France. p60.
- 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^{ème} édition, Paris. p1383.
- SERVAIS P., BILLEN G., 1990.** Le contrôle de la qualité bactériologique des eaux de baignade. Tribune de l'eau, n°543, p23-28.

SERVAIS P., BILLEN G., VIVES-REGO J., 1985 et 1989., MENON P. -1993- Mortalité des bactéries allochtones rejetées dans les milieux aquatiques. 140p, Thèse en Sciences de la Terre, Paris.

SHARPE M.E., 1979. Identification of the lactic acid bacteria Identification Methods for Microbiologists. Skinner F.A and D.W, Lovelock (Edi). Academic Press (London). p1233-1255.

TENGUEU M.V., 1996. Etude de la contamination bactériologique de deux écosystèmes fluviaux marocains : le Loukkos et l'Oum er rbia. Mémoire de 3^{ème} cycle halieutique. Institut Agronom (SINGLETON et SAINSBURY, 1984)

SINGLETON P., SAINSBURY D., 1984. Abrégé de bactériologie. Edt. Masson, Paris. p185.

WILKINSON J., JENKINS A., WYER M., KAY D.,1995. Modelling faecal coliform dynamics in streams and rivers. Water research Vol 29, p847-855.

ZOBELL C., 1946. Marine microbiology. Edt. Mass Chronica Botanic Company.240p

Principaux sites consultés :

www.idec.gr/tempo/pollution/pollution-fr/pollutionfr2.htm

www.polmar.com/pollution/plomb.htm

Annexes

ANNEXE I

Milieux de culture et réactifs :

1) Bouillon lactosé (BL) (g/l) :

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

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

2) Bouillon lactosé bilié au vert brillant (VBL) (g/l) :

Composition	g/l
Peptone de viande	10
Lactose	10
Bile de boeuf desséchée	20
Vert brillant	0.0133
Eaux permutée	1000ml

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

3) Eau peptonée exempte d'indole (EPI) (g/l) :

Composition	g/l
Peptone tryptique de caséine	10
Nacl	5
Eau permutée	1000ml

PH final 7.2 ; autoclaver à 120°C pendant 20minutes.

4) Réactif de KOVACS (g/l) :

Composition	g/l
Paradiméthylamino-denzaldehyde	5
Alcool amylique	75
HCL pur	35
Eau permutée	1000ml

5) Milieu de ROTHE (g/l) :

Composition	S/C	D/C
peptone	20	40
Glucose	5	10
NaCl	5	10
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Dihydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4
Eau permutée	1000ml	1000ml

PH final 6.8 – 7 autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

6) Milieu de Litsky (EVA) (g/l) :

Composition	g/l
peptone	20
Glucose	5
NaCl	5
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7
Dihydrogenophosphate de potassium	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyl violet	0.0005
Eau permutée	1000ml

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

7) Gélose nutritive alcaline et biliée (GNAB) (g/l) :

composition	g/l
Peptone de viande	30
Extrait de viande	3
Chlorure de sodium	5
Bile de bœuf desséchée	2
Agar	18
Eau permutée	1000ml

PH final 8.7 autoclaver à 120°C pendant 20minut

8) Milieu de KLIGLER-HAJNA (KIA) (g/l)

composition	g/l
Peptone de viande	5
Proteose peptone	5
Extrait de viande	3
Extrait de levure	3
Glucose	1
Lactose	10
Citrate de Fer ammoniacal	0.3
Chlorure de sodium	5
Sodium thiosulfate	0.3
Rouge de phénol	0.05
Agar	18
Eau permutée	1000ml

Dissoudre 50.65 g dans un litre d'eau permutée, répartir à raison de 7 ml par tube à vis incliné, autoclaver 121°C pendant 15 minutes, pH final 7.4.

9) Gélose de conservation (g/l) :

composition	g/l
Extrait de viande	3
Proteose peptone	10
NaCl	3
Agar	10
Disodium phosphate	0.8
Eau permutée	1000ml

pH final 7.2-7.4, autoclaver à 121°C pendant 20minutes.

10) Milieu de Hektoen (g/l) :

composition	g/l
Peptone pepsique de viande	12
Extrait de levure	03
Sels biliaires	09
Lactose	12
Saccharose	12
Salicine	02
Chlorure de sodium	05
Hyposulfite de sodium	05
Citrate de fer ammoniacal	1.5
Bleu de bromothymol	0.064
Fushsine acide	0.040
Gélose	15

Diluer, chauffer après refroidir à 45-50°C

ANNEXES II

Normes de salubrité des eaux de baignade : Les normes Européennes

****Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 81-324 du 7 avril 1981)**

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUE	G (*)	I (**)
Coliformes totaux	500	10 000
<i>Escherichia coli</i> / 100 ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100 ml	100	-
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIE		
Coloration	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales (mg/l)	- 0,3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
Substances tensioactives réagissant au bleu de méthylène (mousses) (en mg/l de Laurylsulfate)	- 0,3	Pas de mousse persistante
Phénols (indices phénols) en mg/l de Phénol (C ₆ H ₅ OH)	- 0,005	Aucune odeur spécifique
Transparence (en mètres)	2	1 (0)

(*) **G** : Le nombre guide G caractérise une bonne qualité pour la baignade, vers laquelle il faut tendre.

(**) **I** : Le nombre impératif I constitue la limite supérieure au-delà de laquelle la baignade est considérée de mauvaise qualité.

(0) : Dépassement des limites prévues en cas de conditions géographiques ou météorologiques exceptionnelles

Les normes découlent du décret du 7 avril 1981 (modifié par le décret n° 91-980 du 20 septembre 1991) qui a repris les dispositions de la directive CEE du 8 décembre 1975.

Principe de classement français :

Ce classement est établi suivant quatre catégories :

A	Eau de bonne qualité	B	Eau de qualité moyenne
	<p>Au moins 80% des résultats en <i>Escherichia coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre guide;</p> <p>Au moins 95% des résultats en <i>Escherichia coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre impératif;</p> <p>Au moins 90% des résultats en Streptocoques fécaux sont inférieurs ou égaux au nombre guide;</p> <p>Au moins 95% des résultats en Coliformes totaux sont inférieurs ou égaux au nombre impératif;</p> <p>Au moins 80% des résultats en Coliformes totaux sont inférieurs ou égaux au nombre guide;</p> <p>Au moins 95% des résultats en sont inférieurs ou égaux aux seuils impératifs pour les huiles minérales, les phénols et les mousses.</p>		<p>Au moins 95% des prélèvements respectent le nombre impératif pour les <i>Escherichia coli</i>, et les Coliformes totaux;</p> <p>Au moins 95% des résultats sont inférieurs ou égaux aux seuils impératifs pour les huiles minérales, les phénols et les mousses.</p> <p>Les conditions relatives aux nombres guides n'étant pas, en tout ou en partie, vérifiées.</p>
<p>Les eaux classées en catégories A ou B sont conformes aux normes européennes</p>			
C	Eau pouvant être momentanément polluée	D	Eau de mauvaise qualité
	<p>La fréquence de dépassement des limites impératives est comprise entre 5% et 33,3%</p> <p>Il est important de noter que si moins de 20 prélèvements sont effectués pendant toute la saison sur un point, un seul dépassement du nombre impératif suffit pour entraîner le classement de la plage en catégorie C.</p>		<p>Les conditions relatives aux limites impératives sont dépassées au moins une fois sur trois.</p> <p>Toutes les zones classées en catégorie D une année, doivent être interdites à la baignade l'année suivante.</p>
<p>Les eaux classées en catégorie C ou D ne sont pas conformes aux normes européennes</p>			

Les normes Algériennes

**Décret exécutif n°93-164 du 10
Juillet 1993 définissant la qualité
requis des eaux de baignade**

Le Chef du gouvernement

Sur le rapport du ministre de l'éducation
National,

Vu la constitution, notamment ses articles
81 et 116

Vu l'ordonnance n°76-80 du 23 octobre
1976 portant code maritime ;

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

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

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

Vu la loi n° 98-23 du 19 décembre 1989
relative à la normalisation ;

Vu le décret n°83-457 du 23 juillet 1983
portant création de l'agence nationale pour la
protection de l'environnement (ANPE) ;

Vu le décret n°85-13 du 26 janvier 1985
fixant les conditions d'utilisation des plages ;

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

Vu le décret présidentiel n°92-307 portant
Nomination des membres du Gouvernement ;

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

Décète :

article 1er.- le présent décret a pour objet
de définir la qualité des eaux de baignade à
l'exception des eaux destinées aux usages thé-
rapeutiques et des eaux de piscine.

Art.2. – Au sens du présent décret on
entend par :

-« eaux de baignade » les eaux ou parties de
celles-ci douces, courantes ou stagnantes ainsi
que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade
est autorisée où n'est pas un nombre important
de baigneurs,

-« zone de baignade » l'endroit où se trou-
vent des eaux de baignade ;

Art.3. – la qualité des eaux de baignade
doit satisfaire aux paramètres micro-biolo-
gique et physico-chimique indiqués à l'an-
nexes du présent décret,

les méthodes d'échantillonnage, de
conservation, de manipulation et l'analyse
des échantillons sont effectuées selon les
normes algériennes en vigueur.

Art.4. – la fréquence minimale du prélè-
vements, le nombre minimal d'échantillons et
d'analyses sont déterminés par arrêté conjoint
du ministre chargé de l'environnement et des
ministres concernés.

Art.5. – lorsque la qualité des eaux de bai-
gnade ne satisfait pas aux paramètres prévus
à l'annexes du présent décret, le wali territo-
rialement compétent interdit la baignade pour
cause de pollution.

Art.6. – l'agence nationale pour la protection
de l'environnement (A.N.P.E) est chargée
d'effectuer les opérations de surveillance de la
qualité des eaux de baignade et ce, en liaison

Avec les organisations et institutions concernés.
Elle peut, a cet effet, faire appel à des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur, agissant sous sa direction et Son contrôle.

Art.7. – le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne Démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 10 juillet 1993
Blaide ABDESSELAM.

10. Phénols (indice phénol) mg/l
C6H5O4 < 0.005 0.05 aucune odeur spécifique

11. Transparence M 2 1

12. Résidus goudronneux et matières flottantes (bois, plastique, bouteille et toute autre matières débris ou éclats) - - Absence

13.P.H - - 6-8

14. Oxygène dissous % saturation en oxygène- 80-120

15. Autres substances- - Ne doit Pas contenir de substances susceptible de Nuire à la santé des baigneurs

ANNEXES

QUALITE REQUISE DES EAUX BAIGNADE

PARAMETRES UNITES VALEURS GUIDES VALEURS LIMITES

MICRIBIOLOGIQUES PARAMETRES UNITES VALEURS GUIDES VALEURS LIMITES MICROBIOLOGIQUE

1. Coliformes totaux /100ml 500
10000
2. Coliformes fécaux/100ml 100 2.000
3. Streptocoques/100 100-
4. Salmonelles 1L - 0
5. Entérovirus PFU/1 OL - 0
6. Vibrions cholérique/450ml - 0

PHYSICO-CHIMIQUE

7. coloration mg/l- pas de changement anormal de la couleur
8. Huiles minérales mg/l - pas de Visible a la surface de l'eau et absence D'odeur
9. substances tensioactives réagissant au Bleu de méthylène mg/l < 0.3 pas de Mousse persistante

1. les concentrations inférieurs ou égales Aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité

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

Annexe III

Nombre le plus probable (NPP) et intervalle de confiance sans le cas du système d'ensemencement dans 3 tubes (solution mère) (REDIER et al, 1996)

Nombre de tubes donnant une solution Positives sur :			NPP Dans :	Limite de confiance 95%	
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml	100ml	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		

**Le nombre le plus probable (NPP) dans les cas du système des trois tubes (dilution)
(BRISOU et DENIS ; 1980)**

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

ANNEXES IV

Les résultats bruts :

1) La température (°C) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2006	21.70	21.60	21.0	20.90	20.20
29-04-2006	19.23	19.20	18.90	18.5	18.5
07-05-2006	21.80	18.50	17.90	17.90	18.20
13-05-2006	20.80	20.00	19.50	19.00	19.00
22-05-2006	23.00	22.50	22.00	21.00	20.00
29-05-2006	24.10	22.40	23.40	22.70	22.60

2) La salinité (PSU) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2006	1.1	18.7	24.2	36.0	36.8
29-04-2006	0.9	18.5	35.5	36.3	36.3
07-04-2006	0.7	17.7	35.9	36.0	36.0
13-05-2006	0.7	19.5	32.8	35.0	35.5
22-05-2006	0.9	20.2	35.7	35.7	36.1
29-05-2006	0.8	19.5	35.3	35.7	.6.2

3) Le pH :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2066	6.86	7.40	8.11	8.19	8.20
29-04-2006	7.02	7.35	8.15	8.15	8.20
07-04-2006	6.85	7.75	8.02	8.15	8.19
13-05-2006	6.95	7.92	8.10	8.16	8.20
22-05-2006	6.80	7.15	8.12	8.15	8.19
29-05-2006	7.02	7.75	8.16	8.18	8.20

Les concentrations bactériennes suivant la méthode de (NNP)

4) Coliformes totaux (/100ml) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2066	$20 \cdot 10^6$	$15 \cdot 10^5$	$6.5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	75
29-04-2006	$35 \cdot 10^6$	$30 \cdot 10^4$	$16 \cdot 10^4$	$7.5 \cdot 10^2$	43
07-04-2006	$25 \cdot 10^6$	$11.5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^2$	75
13-05-2006	$40 \cdot 10^6$	$25 \cdot 10^5$	$11.5 \cdot 10^4$	$0.7 \cdot 10^2$	64
22-05-2006	$30 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^4$	$11.5 \cdot 10^2$	11
29-05-2006	$15 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	5

5) Coliformes fécaux (/100ml) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2066	$20 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^4$	$85 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^2$	11
29-04-2006	$45 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^3$	$45 \cdot 10^3$	$35 \cdot 10^2$	9
07-04-2006	$25 \cdot 10^5$	$7.5 \cdot 10^3$	$55 \cdot 10^2$	$90 \cdot 10^2$	7
13-05-2006	$30 \cdot 10^5$	$35 \cdot 10^4$	$70 \cdot 10^2$	$35 \cdot 10$	4
22-05-2006	$15 \cdot 10^5$	$20 \cdot 10^4$	$60 \cdot 10^2$	150	4
29-05-2006	$11 \cdot 10^5$	$95 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^2$	200	4

6) *Escherichia coli* (/100ml) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2066	$20 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^4$	$70 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^2$	11
29-04-2006	$45 \cdot 10^5$	$45 \cdot 10^3$	$45 \cdot 10^3$	$35 \cdot 10^2$	9
07-04-2006	$25 \cdot 10^5$	$7.5 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^2$	$90 \cdot 10^2$	7
13-05-2006	$15 \cdot 10^5$	$35 \cdot 10^4$	$70 \cdot 10^2$	$35 \cdot 10$	4
22-05-2006	$15 \cdot 10^5$	$20 \cdot 10^4$	$56 \cdot 10^2$	150	4
29-05-2006	$11 \cdot 10^5$	$95 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^2$	200	4

7) Streptocoques fécaux (/100) :

dates	stations				
	1	2	3	4	5
22-04-2066	$20 \cdot 10^4$	$16 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	300	15
29-04-2006	$15 \cdot 10^4$	$85 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$	225	9
07-04-2006	$7 \cdot 10^4$	$60 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	120	13
13-05-2006	$10 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	110	10
22-05-2006	$16 \cdot 10^4$	$70 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^2$	200	16
29-05-2006	$9 \cdot 10^4$	$45 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^2$	100	7