

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهئية الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : *Environnement marin*

Sujet :

Evaluation des risques sanitaires liés aux déversements des effluents hospitaliers en mer : cas de la plage EL KETTANI de la commune de Bab El Oued.

Présenté par :

M. BELHARET Mokrane
M. AROUN Massinissa

Soutenu le: dimanche 12 juillet 2009

Devant le jury composé de :

M^{me} FEZAA
M. DRICHE M
M^{me} ALAMIR H
M^{elle} AMROUCHE L

Présidente
Examineur
Examinatrice
Promotrice

PROMOTION : 2009

SOMMAIRE

Introduction	01
Chapitre 01 : Généralités	
1. Evaluation du risque sanitaire.....	03
1.1. Le risque et l'évaluation du risque sanitaire.....	03
1.2. modèle général d'évaluation du risque sanitaire.....	04
2. Les effluents hospitaliers.....	05
2.1. Problématique des effluents hospitaliers.....	05
2.2. Typologie des rejets liquides hospitaliers.....	06
2.2.1. Les rejets de nature domestique.....	06
2.2.2. Les rejets de nature spécifique à l'hôpital	06
2.3. Toxicité des effluents hospitaliers.....	09
2.4. Les paramètres à contrôler	09
2.4.1. Caractérisation physico-chimiques	09
2.4.1.1. Température de l'eau.....	09
2.4.1.2. L'oxygène dissous	10
2.4.1.3. Le pH.....	10
2.4.1.4. La salinité.....	10
2.4.1.5. La demande biochimique en oxygène.....	10
2.4.1.6. Les matières en suspension (MES).....	11
2.4.2. Les paramètres microbiologiques	11
2.4.2.1. Les bactéries	11
2.4.2.1.1. Les germes indicateurs d'une contamination fécale	11
a) Les coliformes totaux	11
b) Les coliformes fécaux	12
c) Les streptocoques fécaux	12
2.4.2.1.2. Les staphylocoques	13
2.4.2.1.3. Clostridium sulfito-réducteurs	13
2.4.2.1.4. Les autres germes pathogènes	13
a) Les vibrions	13
b) Les salmonelles	13
2.4.2.2. Les virus	14
2.4.2.3. Les parasites et les champignons	14
2.4.3. Les paramètres radioactifs	15
3. Les risques sanitaires présentés par les effluents hospitaliers	15
3.1. Le risque infectieux	15
3.1.1. Les risques sanitaires liés aux bactéries	15
3.1.2. Les risques sanitaires liés aux virus	16
3.1.3. Les risques sanitaires liés aux parasites et aux champignons	17
3.2. Le risque toxique	18

3.2.1. Les risques liés aux métaux lourds	18
3.2.2. Les risques liés aux molécules organiques	19
3.3. Le risque radioactif	20

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude	21
1.1. Situation géographique.....	21
1.2. Description du site d'étude	21
1.3. Les structures sanitaires de la zone d'étude	22
1.4. Données climatiques sur la zone d'étude.....	25
2. Le choix des stations	28
3. Les prélèvements	29
4. Méthodes d'analyse	30
4.1. étude paramétrique.....	30
4.1.1. La température	30
4.1.2. Le pH	30
4.1.3. La salinité	30
4.1.4. L'oxygène dissous	30
4.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	31
4.1.6. Matière en suspension (MES)	31
4.1.7. La matière organique	32
4.2. étude bactériologique.....	32
4.2.1. Méthode de dénombrement et de recherche	33
4.2.1.1. Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les échantillons d'eau	33
4.2.1.2. Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les coquillages bivalves (les moules)	41
4.2.2. Techniques de confirmation et d'identification	51
4.2.2.1. La coloration de Gram	51
4.2.2.2. Le test de catalase	52
4.2.2.3. Le test d'oxydase	52
4.2.2.4. Le test coagulase	52
4.2.2.5. L'identification par la méthode des galeries API	53

Chapitre 03 : Résultat et discussion

1. Évaluation des paramètres physicochimiques de l'eau	57
1.1 La température.....	57
1.2 La salinité	58
1.3 L'oxygène dissous	59
1.4 Le pH	60
1.5 La matière en suspension	61
1.6 La matière organique	62
1.7 La DBO5	63
2. Evaluation des paramètres bactériologiques	64
2.1 . Evaluation des paramètres bactériologiques de l'eau	64
2.1.1. Résultats de recherche et de dénombrement des germes indicateurs de la pollution.....	64
2.1.2. Résultats d'identification des germes pathogènes	70
2.2 . Evaluation des paramètres bactériologiques des moules	74
 Discussion générale	 77
 CONCLUSION	 80

Listes des figures :

Figure 01 : schéma général d'évaluation du risque sanitaire : le modèle de la national acadmyof science (1983).....	04
Figure 02 : la problématique des effluents hospitaliers rejetés en mer.....	05
Figure 03 : la situation géographique de la zone d'étude.....	24
Figure 04 : Histogramme des températures, précipitation et vitesses du vent mensuelles des mois d'échantillonnage.....	26
Figure 05 : positionnement des stations de prélèvement.....	29
Figure 06 : colimétrie, streptométrie et recherche des staphylocoques par la filtration sur membrane.....	37
Figure 07 : recherche des salmonelles par la filtration sur membrane.....	38
Figure 08 : recherche des sulfitoréducteurs.....	39
Figure 09 : recherche des vibrions.....	40
Figure 10 : rinçage des moules avec de l'acide biocide.....	47
Figure 11 : broyeur stomacher.....	47
Figure 12 : dilution des produits solides.....	47
Figure 13 : recherche des staphylocoques et des sulfitoréducteurs dans les moules.....	48
Figure 14 : recherche des salmonelles dans les moules.....	49
Figure 15 : recherche des levures et des moisissures dans les moules.....	50
Figure 16 : test de l'oxydase.....	55
Figure 17 : identification biochimique des bactéries.....	56
Figure 18 : variation des valeurs moyennes de la température de l'eau dans la zone d'étude.....	58
Figure 19 : variation des valeurs moyennes de la salinité dans la zone d'étude.....	59
Figure 20 : variation des valeurs moyennes de l'oxygène dissous dans la zone d'étude.....	60

Figure 21 : variation des valeurs moyennes du pH dans la zone d'étude.....	61
Figure 22 : variation des valeurs moyennes de la matière en suspension dans la zone d'étude.....	62
Figure 23 : variation des valeurs moyennes de la matière organique dans la zone d'étude...	63
Figure 24 : variation des valeurs moyennes de la DBO5 dans quatre station de la zone d'étude.....	64
Figure 25 : variation des concentrations moyennes des coliformes fécaux dans la zone d'étude.....	66
Figure 26 : variation des concentrations moyennes des streptocoques fécaux dans la zone d'étude.....	67
Figure 27 : variation des concentrations moyennes des staphylocoques dans la zone d'étude.....	68
Figure 28 : variation des concentrations moyennes des sulfitoréducteurs dans la zone d'étude.....	69

Liste des tableaux :

Tableau 01 : impacts sanitaires des contaminations bactériennes (Eberlin, 1997).....	16
Tableau 02 : impacts sanitaires des contaminants viraux (Payen, 2007)	17
Tableau 03 : les établissements sanitaires de la commune de BAB EL OUED selon le recensement de 2008 (source APC de BAB EL OUED).....	23
Tableau 04 : positionnement des différentes stations de prélèvement.....	28
Tableau 05 : résultats d'analyse bactériologique des moules de surface et de profondeur de la station S5.....	74
Tableau 06 : résultats des dénombrements d'indicateurs rapportés à 100 ml d'eau ou 100 ml de contenu de moule au niveau de S5.....	76

Liste des abréviations :

BEA : Gélose Bile- Esculine

CF: Coliformes Fécaux

CT: Coliformes Totaux

DBO: Demande Biologique en Oxygène

DM : dilution mère

EPA : Eau peptonée alcaline

EPA :Environmental Protection Agency

GNAB : Gélose nutritive alcaline biliée

GPS : Global Positioning System

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

KMNI : Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

LEM : Laboratoire des Etudes Maritimes

MES: Matière En Suspension

MO: Matière Organique

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate Count Agar

PH : Potentiel d'Hydrogène

PNUE: Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PSU : Unité Pratique de Salinité

SF: Streptocoque Fécaux

SFB :Sélinite F-Bouillon

SS : Gélose Salmonella- Shigella

TCBS : Thiosulfates, Citrate, Bile, Saccharose

TIAC: Toxi-Infections Alimentaires Collectives

TSE : Tryptone Sel Eau

VBRL : Milieu Gélosé à base Lactose, Vert Brillant

VIH: Virus d'Immunodéficience Humaine

WTW : Wissenschaftlich Technische Werkstätten

Remerciements

Au terme de ce travail, nous sommes très honorés de pouvoir remercier toutes les personnes qui nous ont apporté aide et soutien.

Il nous est agréable d'exprimer nos plus vifs remerciements à Madame FEZAA., Enseignante à l'ENSSMAL, qui nous fait le privilège d'accepter la présidence de ce jury en dépit de ses lourdes responsabilités.

Nous apprécions vivement l'honneur que nous fait Monsieur Driche., Enseignant à l'ENSSMAL, en acceptant de juger ce travail malgré ses nombreuses taches.

C'est un immense plaisir pour nous d'avoir Madame ALAMIR dans le jury ; nous tenons à lui exprimer toute notre reconnaissance pour avoir bien voulu apporter un jugement sur ce mémoire.

La personne à qui nous devons le plus se trouve être notre promotrice. C'est à elle que nous devons d'avoir pu faire ce travail.

Nous la remercions sincèrement, pour avoir encadré ce travail et pour la confiance et l'autonomie qu'elle nous a accordée ; ainsi pour sa présence continue, son aide, ses conseils, ses recommandations et ses encouragements. Mademoiselle Amrouche était une agréable promotrice.

Nous n'aurons garde d'oublier l'aide de Monsieur Brahim le pêcheur qui était à notre disposition durant toute la période d'échantillonnage.

Nous devons une reconnaissance particulière à notre amie MEGDOUD Kahina, de nous avoir accompagné si souvent sur le terrain par tous les temps et de nous avoir aidé au laboratoire.

Nos respects et remerciements aux ingénieurs et techniciens supérieurs du laboratoire de L'ENSSMAL qui ont mis à notre disposition toutes les conditions nécessaires pour la réalisation des manipulations.

Nous tenons à remercier vivement les bibliothécaires qui nous ont aimablement servis et de nous avoir fournis toute la documentation nécessaire.

Nous tenons aussi à remercier M^r INAL Ahmed étudiant en post graduation à l'ENSSMAL qui nous a beaucoup aidés dans notre travail.

Nous ne saurions passer sous silence l'aide négligeable de nos familles : toutes nos affections et notre reconnaissance à nos très chers parents, à nos frères et à nos sœurs.

Nous n'aurons garde d'oublier tout le personnel de l'ENSSMAL qui a, de près ou de loin, participé à la réalisation de ce travail.

Introduction

Introduction :

Les activités de services médicaux protègent, rétablissent la santé et sauvent des vies. Ces activités, en dépit de leur caractère humanitaire, sont également génératrices de pollution et de son transfert vers les milieux naturels.

D'une façon générale, les hôpitaux produisent de grandes quantités d'effluents liquides, pollués par des microorganismes pathogènes, par des radioéléments et par des substances chimiques dont certaines peuvent avoir un caractère peu biodégradable, ce qui amène à se poser plusieurs questions sur leurs risques potentiels pour la santé humaine.

L'ingestion involontaire d'eau lors de la baignade dans des eaux contaminées par des micro-organismes pathogènes, peut, par exemple, provoquer une gastro-entérite ; une otite externe ; une conjonctivite aiguë, une hépatite A et des symptômes non spécifiques comme la fièvre.

Par ailleurs, le pouvoir pathogène d'un micro-organisme varie selon différents facteurs, dont la susceptibilité de l'hôte. Ce sont surtout les jeunes enfants qui, en raison de leur comportement et de leur sensibilité aux infections, sont les plus menacés par la baignade dans des eaux polluées par des micro-organismes.

Dans ce constat, il nous est apparu intéressant de faire un état des lieux sur les risques microbiologiques que peuvent présenter ces effluents hospitaliers déversés sur les plages de BAB EL OUED, sachant que ces dernières sont ouvertes gratuitement au public et très fréquentées par de jeunes écoliers. Jusqu'à présent, aucune épidémie reliée à la baignade dans la plage El Kettani n'a été rapportée, bien que les quelques enquêtes à caractère épidémiologique réalisées auprès des riverains aient confirmé que la baignade dans ce secteur pollué est susceptible d'induire des problèmes de santé. À titre d'exemple, des épisodes d'augmentation de consultations médicales liées à des otites externes et à des dermatoses ont été observées et associées à des périodes de baignade dans cette zone. Des foyers sporadiques d'intoxication alimentaires ont été signalés suite à l'ingestion de poissons pêchés dans ce secteur. Pour cela des analyses physicochimiques et surtout bactériologiques des eaux et des moules ont été réalisées à travers une campagne de prélèvement ayant lieu du mois de mars au mois de mai .

Dans cette optique nous avons structuré notre travail de la manière suivante :

- Le Chapitre I propose une étude bibliographique sur les effluents hospitaliers. L'objectif de cette partie est de synthétiser les informations sur la caractérisation biologique, physico-chimique et écotoxicologique des rejets liquides provenant des établissements de santé.
- Le Chapitre II décrit, dans un premier temps, la situation géographique, les structures sanitaires, les données climatiques et facteurs hydrologiques de la commune de Bab El Oued les, Dans un deuxième temps, les méthodes des analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux littorales et des moules.
- Le chapitre III est consacré à l'analyse et l'interprétation des données et des résultats recueillis pour enfin conclure sur la présence ou pas de risque microbiologique de santé publique.

Généralités

1. Evaluation du risque sanitaire :

1.1. Le risque et l'évaluation du risque sanitaire :

- ❖ Le risque est, selon l'organisation mondiale de santé (1978), la fréquence supposée avec laquelle des effets indésirables apparaissent à la suite de l'exposition à un toxique. Il peut être exprimé en terme absolu comme risque lié à un toxique donné. Il peut aussi être exprimé comme un risque relatif qui est le rapport du risque dans la population exposée avec le risque dans la population non exposée. (Rivière, 1998)

Pour COVELLO et MERKHOFFER (1993) le risque est un concept « au minimum bidimensionnel, impliquant (a) la possibilité d'une issue négative et (b) une incertitude sur l'apparition, la chronologie et la gravité de cet effet négatif. Si l'une de ces caractéristiques n'existe pas, il n'y a pas de risque... plus formellement, le risque est la caractéristique d'une situation ou d'une action où il y a deux issues possibles, on ne sait pas laquelle doit se produire, et l'une d'elles représente un événement indésirable ». (Emmanuel, 2003)

Alors que RIVIERE (1998) définit le risque comme la probabilité d'apparition d'effets toxiques après l'exposition des organismes à un objet dangereux. Il considère que cette notion (le risque) prend en compte l'existence d'une possible exposition aux objets dangereux : les risques peuvent être plus grands avec un polluant peu dangereux, répandu sur de vastes surfaces pendant de longues périodes, qu'avec un produit très dangereux, produit en petites quantités, stocké dans de bonnes conditions et réservés à des usages très limités.

- ❖ Quant à l'évaluation des risques, plusieurs définitions ont été proposées : Selon Covello et Merkhofer (1993), l'évaluation du risque est une opération systématique pour décrire et quantifier les risques associés à des produits dangereux, des opérations, des actions ou des événements. Tandis que VOLMAR et al. (1998) la définissent comme « les méthodes destinées à estimer l'importance et la probabilité d'effets négatifs des substances anthropogéniques sur l'environnement ». (Emmanuel, 2003)
- ❖ L'évaluation du risque sanitaire est celle qui prend en compte la santé humaine (Emmanuel, 2003). elle est définie par la National Research Council (1994) comme « l'évaluation des informations sur le danger intrinsèque des substances, le degré de l'exposition de l'homme à ces substances, et la caractérisation du risque qui en découle ». (Rivière, 1998)

1.2. Modèle général d'évaluation des risques sanitaires (Modèle de la National Academy of sciences) :

Les fondements de l'évaluation des risques ont été établis par l'académie des sciences des états unis en 1983 (figure 01). Le processus comporte quatre étapes :

- **Identification du danger** : déterminer si un produit chimique ou biologique a des effets (sous- entendu nocifs) sur la santé ;
- **Evaluer la relation dose-réponse** : déterminer la relation entre le niveau de l'exposition et la probabilité d'apparition de l'effet négatif en question ;
- **Evaluer l'exposition** : déterminer le niveau de l'exposition humaine dans différentes conditions.

A chacune des étapes correspond en parallèle une phase de recherche qui rassemble les données existantes, provenant d'études antérieures ou les données spécifiquement générées par l'étude.

- Les résultats des trois opérations précédentes sont combinés pour **caractériser le risque**, c.à.d. décrire la nature et le niveau du risque pour l'individu d'une population humaine donnée. (Riviere, 1998)

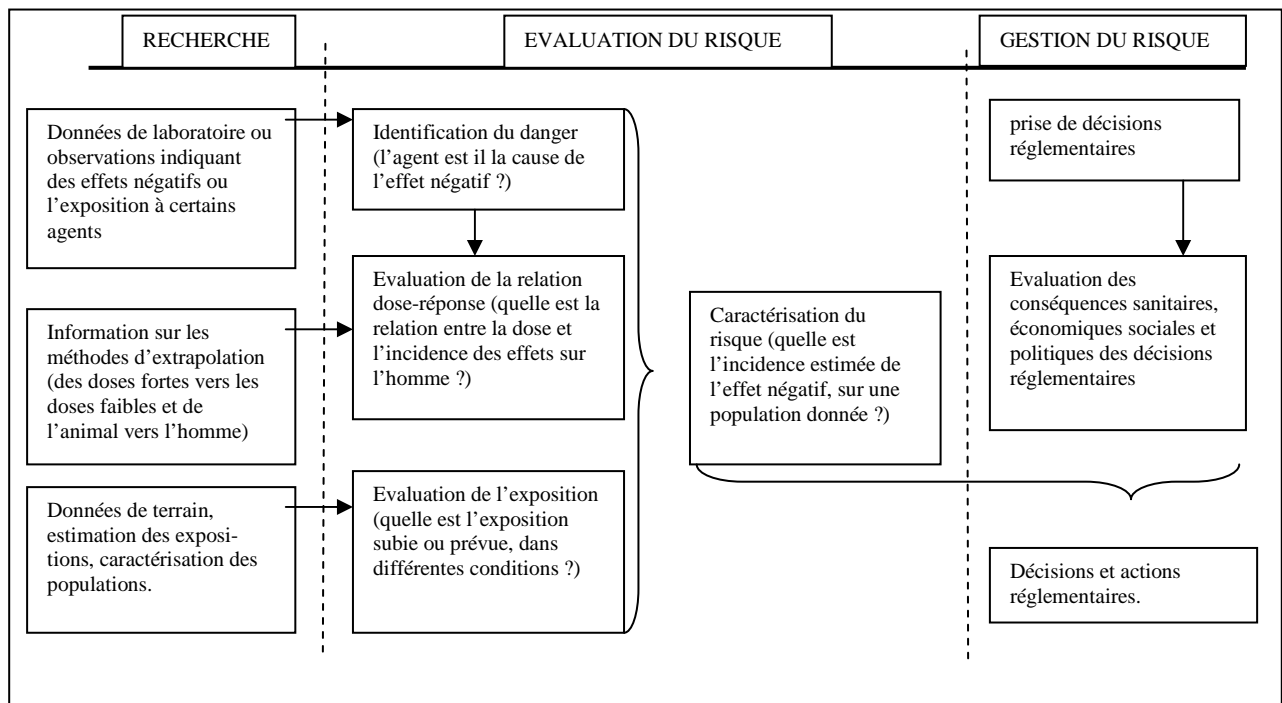


Figure 1 : Schéma général d'évaluation du risque sanitaire: le modèle de la National Academy of sciences (1983). (in Riviere J-L, 1998)

2. Les effluents hospitaliers :

2.1. Problématique des effluents hospitaliers :

L'un des principaux problèmes environnementaux posés par les effluents hospitaliers est leur rejet, au même titre que les effluents classiques urbains, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable.

Les substances chimiques utilisées dans les hôpitaux pour les activités de soins et pour la recherche médicale sont le plus souvent retrouvées dans les effluents liquides. Même si le volume élevé d'eaux usées généré par ces établissements, assure une dilution importante des polluants présents (EPA, 1989a. in Emmanuel, 2003), le rejet de ces effluents dans le réseau d'assainissement communal et dans le milieu marin représente une contribution significative à la contamination générale de cet environnement. Ce qui peut conduire à des problèmes sanitaires. La figure 2 illustre la problématique des effluents hospitaliers :

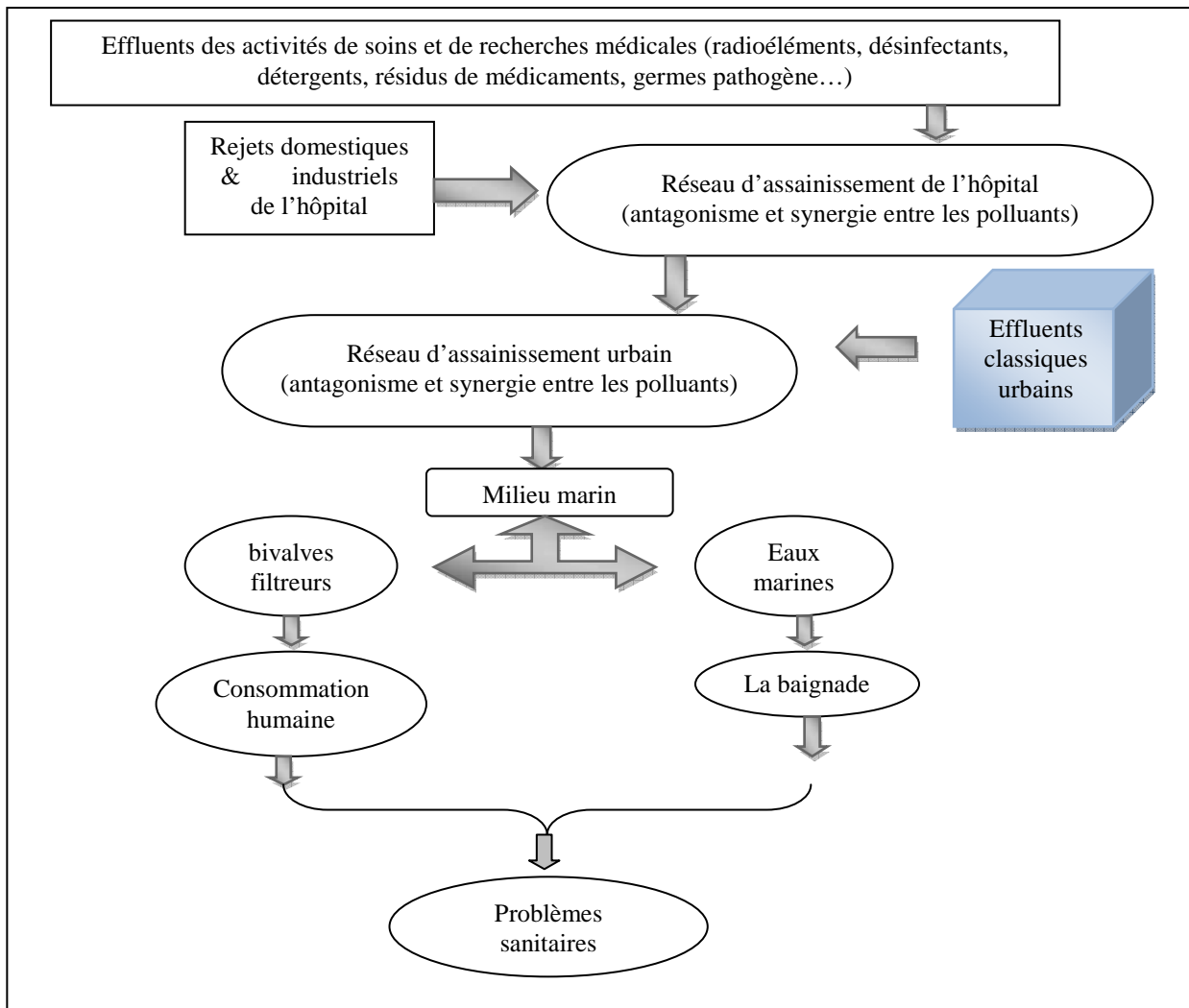


Figure 2: Schéma résumant la problématique des effluents hospitaliers rejetés en mer

2.2. Typologie des rejets liquides hospitaliers (Dermont et Hadjali, 1997):

On distingue deux catégories de rejet dans les établissements de santé :

- les rejets de nature domestique
- les rejets spécifiques aux hôpitaux

2.2.1. Les rejets de nature domestique :

Dans cette catégorie, on retrouve les rejets des cuisines, les rejets de produits détergents, les rejets des garages et ateliers, enfin ceux de la blanchisserie.

- Les rejets des cuisines :

La confection des repas pose principalement le problème de rejet d'eaux grasses. Celles-ci ne posent pas de risques, mais elles peuvent provoquer un colmatage des réseaux et engendrer un développement bactérien.

- Les rejets de produits détergents et d'entretien :

La consommation de détergents et de produits d'entretien dans un hôpital est considérable compte-tenu de l'usage intensif qu'il en est fait : blanchisserie, nettoyage des surfaces, nettoyage du matériel médico-chirurgical, toilette des patients et du personnel.

Les risques de pollution par ces rejets sont surtout liés à leur nature chimique, leur caractère non biodégradable pour certains et leur utilisation intensive.

- Les rejets des garages et ateliers :

Les garages et les ateliers utilisent des produits chimiques (détergents, savons, huiles...). On peut donc également parler de pollution chimique par les rejets occasionnés, avec cependant une pollution moindre pour les ateliers, les quantités utilisées étant moins importantes.

2.2.2. Les rejets de nature spécifique à l'hôpital :

Ces rejets sont spécifiques d'une part de l'activité de soins concernant de nombreux services et d'autre part de l'activité de certains services.

2.2.2.1. Les rejets spécifiques communs aux différents services de soins :

a. Les rejets de produits désinfectants et antiseptiques :

L'hôpital est un gros consommateur de produits désinfectants et antiseptiques, compte tenu des problèmes d'hygiène qu'on y rencontre.

Les principaux produits désinfectants utilisés pour la désinfection des sols et des surfaces ou encore pour la désinfection des instruments et des matériels sont :

- soit des produits chlorés, le plus courant étant l'eau de javel
- soit des produits contenant des aldéhydes tels que par exemple le glutaraldéhyde pour la désinfection de certains matériels médico-chirurgicaux (endoscopes, fibroscopes...) ou encore le formaldéhyde sous forme liquide employé pour la désinfection des circuits d'hémodialyse.

Les antiseptiques, produits chimiques utilisés pour lutter contre les infections bactériennes des peaux et des plaies, sont principalement le soluté de Dakin (dérivé chloré), la bétadine et la chlorhexidine.

b. Les rejets contenant des éléments pathogènes

L'hôpital est un lieu où sont concentrées des personnes potentiellement porteuses de germes pathogènes et où peuvent se développer des infections nosocomiales.

En effet, il peut exister plusieurs sources de rejet d'éléments pathogènes à l'hôpital. Des germes bactériologiques, viraux et/ou parasitaires peuvent être évacués avec les eaux de vannes et avec les produits d'analyses des laboratoires s'il n'existe pas de systèmes de récupération ou de traitement spécifiques.

De plus, du fait de l'utilisation quelquefois intensive d'antibiotiques à l'hôpital, certaines souches bactériennes peuvent développer des facultés de polyrésistance aux antibiotiques. Le danger de pollution peut donc être accentué par la présence de ces germes dans le milieu récepteur.

c. Les rejets médicamenteux :

Les médicaments utilisés dans les établissements de santé sont variés et représentent des quantités importantes. On peut citer à titre d'exemple ; les analgésiques, les antipyrétiques, les antibiotiques, les antiviraux, les antifongiques, les immunodépresseurs et les anticancéreux.

On distingue deux voies d'élimination des médicaments, la première et la plus conséquente concerne les excréta et les liquides biologiques, et la seconde représente le circuit d'élimination des médicaments non utilisés et du matériel souillé.

Suivant la voie d'administration du médicament, le médicament est plus ou moins métabolisé par l'organisme et on retrouve donc en partie les médicaments et les métabolites dans le réseau des eaux usées puis dans le milieu récepteur. Pour certains médicaments cela peut poser de graves problèmes de santé publique et d'environnement si aucune précaution n'est prise quant à leur rejet notamment pour les anticancéreux.

d. Les rejets contenant des métaux lourds

Les métaux lourds pouvant être rencontrés à l'hôpital sont l'argent (service de radiologie) et le mercure. Le mercure, métal très dangereux puisque très toxique, peut se retrouver accidentellement dans les eaux usées suite à des thermomètres cassés. On trouve également du mercure dans certaines sondes gastriques, certains antiseptiques et dans la colonne des tensiomètres manuels...

2.2.2.2. Les rejets spécifiques à certains services de soins :

a. Le service d'hémodialyse :

Les rejets de ce service sont de deux types, d'une part le rejet consécutif au traitement du malade et d'autre part les rejets de désinfection des appareils.

C'est un procédé lors duquel le sang du patient est épuré. Des rejets liquides seront donc générés et qui dans la majorité des cas se déversent à l'égout. Or ils peuvent être chargés en produits chimiques (médicaments...) et facteurs infectieux.

Le second paramètre à prendre en compte concerne les protocoles de désinfection du matériel utilisant des produits chimiques tels que le formol, et l'eau de javel. Les rejets s'effectuant directement dans le réseau à l'égout.

b. Les laboratoires d'analyses et la pharmacie :

Dans le cadre de leurs activités (travaux et analyses, nettoyage des appareils), les laboratoires utilisent différents produits chimiques (solvants, acides, bases, produits radioactifs, des produits de rinçage...) et manipulent des liquides biologiques (sang, urines, selles, expectorations, cellules...) plus ou moins infectieux.

Ces produits présentent des dangers pour l'environnement et pour l'Homme, rendant nécessaire des mesures particulières d'utilisation et d'élimination.

c. Les services de Médecine nucléaire :

Pour le diagnostic in vivo ou in vitro ou pour des finalités thérapeutiques, ce service manipule des éléments radioactifs qui vont générer des déchets solides mais aussi des déchets liquides.

Une unité de médecine nucléaire peut rejeter des effluents radioactifs provenant :

- des laboratoires de préparation et de manipulation
- des sanitaires de l'unité
- des chambres protégées réservées à l'hospitalisation des patients faisant l'objet d'une thérapie anticancéreuse.

d. Les services de Radiologie-Imagerie médicale

Il s'agit dans ce cas des effluents photographiques générés lors du développement des films radiologiques sur support papier ou film. La technique utilise des produits chimiques de contraste et consomme une grande quantité d'eau en particulier pour les bains de rinçage.

On retrouve donc les révélateurs, les fixateurs, les sels d'argent (en quantité variable suivant l'utilisation qui en est faite), dans les eaux usées. Or ces produits sont des sources de pollution importante.

2.3. Toxicité des effluents hospitaliers :

Les travaux réalisés par la société française d'hygiène hospitalière (SFHH) en 1991, ont mis en évidence la toxicité élevée des effluents hospitaliers, sans pouvoir expliquer l'origine de celle-ci. En 1994, la SFHH et la DRASS (Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales) ont piloté une importante étude sur trois hôpitaux de la région Rhone-Alpes. Les résultats de cette étude ont permis de confirmer la toxicité élevée des effluents hospitaliers et d'élaborer des hypothèses de travail quant à la provenance de cette toxicité (DELOFFRE-BONNAMOUR, 1995. In Emmanuel, 2003). L'hypothèse la plus retenue est celle portant sur la présence de rejets contenant des produits détergents, désinfectants. (EMMANUEL, 2003)

2.4. Les paramètres à contrôler:

Globalement, les effluents hospitaliers présentent des caractéristiques très proches de celles des eaux usées domestiques. La biodégradabilité est légèrement plus faible et la toxicité sensiblement plus élevée mais sans commune mesure avec les effluents industriels. (DARSY et al., 2002)

2.4.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les principaux paramètres physico-chimiques utilisés pour l'évaluation des risques sanitaires des effluents hospitaliers déversée dans une mer peuvent être résumés comme suit :

2.4.1.1. La température :

C'est un descripteur de base pour la connaissance du milieu marin, et est considérée comme un facteur écologique primordial qui influe sur l'activité biologique et sur la répartition des espèces ainsi que sur la stratification des eaux des lacs et des mers. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. (Aminot et Kérouel, 2004).

2.4.1.2. L'oxygène dissous :

Concerne exclusivement l'oxygène moléculaire O₂ en solution ; par définition l'oxygène dissous est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. (Aminot et Kérouel, 2004). Sa solubilité varie avec la température et la salinité des eaux. Les eaux superficielles sont souvent nettement sursaturées du fait de l'activité photosynthétique. (copin- montégut, 1996).

2.4.1.3. Le pH :

Le pH est relatif à la concentration en ion hydrogène (H⁺) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion est définie par Sorensen (1909) comme le logarithme décimal de la concentration en ion H⁺ ($\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$). L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde (Aminot et Chaussepied, 1983).

2.4.1.4. La salinité :

Représentée par le symbole **S**, et exprimée en g/kg , PSU ... elle est définie comme : « la masse en grammes des éléments solides séchés à poids constant à 480 °C, obtenus à partir de 1 kg d'eau de mer, Il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leur équivalent en chlore et les carbonates convertis en oxydes. (Rodier, 2005) En Méditerranée elle varie de 38 à 39 PSU, mais près des côtes elle est de 36 à 37 PSU (Aminot et Chaussepied, 1983)

2.4.1.5. Demande biochimique en Oxygène :

La DBO correspond à un test normalisé consistant à mesurer in vitro la quantité d'oxygène consommée au cours du temps par les réactions biochimiques qui interviennent au sein d'un échantillon d'une eau naturelle ou d'une eau résiduelle. Le test de la DBO se poursuit pendant plusieurs jours, lorsque la durée n'est pas explicitement indiquée, il s'agit de la durée normalisée de 5 jours (DBO₅) (Copin- montégut, 1996). L'utilisation de DBO₅ a pour but de :

- ❖ quantifier la charge polluante organique de l'eau
- ❖ évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel
- ❖ évaluer l'intensité de traitement nécessaire

2.4.1.6. matière en suspension (MES) :

Elles sont essentiellement des composées de diverses matières organiques et minérales et de matières végétales ou animales (vivantes ou mortes). Les matières organiques en suspension servent du support et de véhicule à une abondante flore bactérienne qui comprend des espèces pathogènes. Les matières minérales sont des particules produites par l'exploitation des sables et graviers le long du littoral, les travaux d'aménagement littoraux et le rejet de résidus de fabrication industriels. Leurs actions est surtout mécanique : elles augmentent la turbidité de l'eau et modifient la nature des fonds ; changeant ainsi la faune et la flore. Elles peuvent adsorber à leur surface des polluants chimiques et des germes. (Gaujous, 1998)

2.4.2. Paramètres microbiologiques :

2.4.2.1. Les bactéries :

2.4.2.1.1. Les germes indicateurs de contamination fécale :

La notion des germes indicateurs a été mise au point en microbiologie de surveillance sanitaire, certaines bactéries faisant partie de la microflore normale de tube digestif et étant relativement résistantes, sont utilisées pour rechercher une contamination avec des matières fécales dans un aliment, dans des eaux ou d'autres échantillons environnementaux. (Grimont, 1995). Les principaux témoins d'une contamination fécale sont :

- les coliformes totaux (CT)
- les coliformes fécaux (CF)
- les streptocoques fécaux (SF)

Les germes témoins de contamination fécale ne sont pas dangereux en eux même, mais leur présence peut s'accompagner de celle de germes pathogènes. Le risque sanitaire augmente avec le niveau de contamination de l'eau par les indicateurs de pollution. (Rodier, 2005)

a) Les coliformes totaux :

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme «coliforme» correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia. (Rodier, 2005)

b) Les coliformes fécaux :

C'est un sous groupe des coliformes totaux, capable de fermenter le lactose en donnant un gaz en moins de 24h à une température de 35C° et 44C° (PNUE / OMS ,1995). La recherche et le dénombrement des conformes fécaux, examen sans base taxonomique, mais proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*... (Rodier, 2005).

La présence de coliforme en absence d'*E.Coli* peut être le signe de contamination fécale ancienne ou contamination fécale récente mais d'origine animale ou de contamination non fécale. Si on veut chercher l'origine il faut donc chercher d'autres germes fécaux. (PNUE / OMS ,1995)

c) Les streptocoques fécaux :

Il s'agit des streptocoques possédant l'antigène D (acide teicoïque) de Lencefield , sont présents dans les fèces de l'homme et des animaux , sont capable de croître à 10C° et 45C° à pH=9,6 ou en présence de NaCl 6,5% (CEAEQ ,2005). Ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus*.

- Pour les *Enterococcus* ; on peut avoir :*E.avium* , *E.faecalis*, *E. gallinarum*, *E.casseliflavu*, *E. faecium*, *E . hirae*. La plus part de ces espèces sont d'origine fécale donc peuvent être considérées comme des indicateurs spécifiques d'une pollution fécale humaine ; on peut aussi les isoler à partir des végétaux (OMS, 1995)
- Concernant le genre *Streptococcus* ; ces germes sont les plus résistants aux conditions de l'environnement, l'origine fécale est incertaine lorsqu' ils sont détectés tous seuls, le dénombrement devient intéressant lorsqu' ils sont couplées aux coliformes. seule *S.bovis* et *S.equinus* possèdent l'antigène de groupe D.

2.4.2.1.2. Les staphylocoques:

Ceux sont des bactéries à Gram+, catalase+, de forme arrondie groupés en amas sous forme de grappe de raisin. Trois espèces sont connues : *S.aureus*, *S.epidemicus* et *S.saprophyticus*

Les espèces les plus recherchées sont *S.aureus* qui provoquent une affection cutanée et une intoxication. (Ramade, 1999)

2.4.2.1.3. Clostridium sulfitoréducteurs :

Ils sont des bacilles Gram+, anaérobies sporulant, mobiles par ciliatures péritriches. Sont des hôtes normaux de l'intestin mais peuvent être d'origine tellurique (Gaujous, 1998). Ils peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection (Emmanuel 2003) ; généralement ce sont des témoins d'une contamination fécale ancienne surtout lorsqu'ils sont présents aux côtés des coliformes et les streptocoques. La toxine produite par ces bactéries provoque de violentes douleurs abdominales accompagnées de vomissements et attaque le système nerveux central en bloquant l'influx nerveux. L'espèce la plus caractéristique est *Clostridium perfringens*, qui est présente dans les fèces mais en bien moins grand nombre qu'*E. Coli*.

2.4.2.1.4. Les autres germes pathogènes :

Ce sont des bactéries qui provoquent un ensemble de trouble spécifique chez un hôte infecté, il arrive parfois que les agents pathogènes offrent des signes cliniques reconnaissables.

a) Les vibrions :

Sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droit, mobile, aérophile, Gram - et oxydase +, sont plus au moins basophiles (pH = 8,5- 9) et sont des halophiles non sporulés. La survie de ce germe dans l'eau de mer peut atteindre 81jours. Ce sont des formes qui contaminent les fruits de mer, le sédiment et le plancton. La majorité de ces germes sont actuellement englobés sous le signe NAG (non agglutinable par les sérums antivibrions) (J-F –Brisou ; F-A. Denis, 1978). Dans ce cas là on peut avoir les espèces suivantes : *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*.

b) Les salmonelles :

Ils appartiennent au groupe des entérobactéries, elles sont en forme de bâtonnet, Gram - , non sporulées, anaérobie facultatives ; en principe on utilise les noms de sérovars pour la

classification d'où : *S. typhi* et *S. paratyphi A et B*. Les salmonelles sont responsables d'infection typho-paratyphoïdes ; de gastro-entérites, de toxi-infection alimentaire par ingestion des fruits de mer. Dans les eaux littorales polluées ,28% de sédiment est occupé par les salmonelles. (Geldreich 1972, in J-F Guillaud, 1996)

Lorsque le dénombrement des coliformes dépasse 200 pour 100 ml ; les risques de rencontre des salmonelles s'élèvent entre 70 et 98% pour les eaux, et de 50 à 80% pour les sédiments (J-F Guillaud, 1996)

2.4.2.2. Les virus :

Ils appartiennent à plusieurs familles et genres et sont capables de provoquer chez l'homme des manifestations pathogènes variées allant de l'atteinte de système nerveux aux gastro-entérites (J-F Guillaud, 1996). Les entérovirus se présentent en quantités importantes dans les eaux usées. Leur présence, en tant que marqueurs de pollution virale, dans les effluents hospitaliers est à corrélérer avec celle d'autre virus, le VIH par exemple. (Emmanuel, 2003).

Le VIH, agent causal du SIDA, a été isolé des liquides biologiques et excréments des personnes infectées. Ces rejets liquides sont directement déversés dans le réseau d'assainissement des hôpitaux et des laboratoires de recherche et peuvent contribuer à la présence du virus dans les réseaux de drainage urbains et dans les milieux de déversement.

Casson et al. (1997) mentionnent la présence de particules infectieuses de VIH dans les eaux naturelles et usées. De plus en plus de scientifiques sont unanimes à reconnaître que le nombre de PI pouvant activer la virulence du VIH en milieu liquide inhumain doit être supérieur à 100 (Casson et al., 1997 ; Lue-Hing et al.,1999 . in Emmanuel, 2003).

2.4.2.3. Les parasites et les champignons :

Les parasites sont des êtres vivants qui obtiennent leurs moyens de subsistance au dépend d'un autre, appelé hôte. Ils peuvent être facultatifs (pouvant vivre sans hôte) ou obligatoires (entièrement dépendant de l'hôte) et il existe des parasites animaux et parasites végétaux. En eau de mer, les parasites végétaux sont plus nombreux que les parasites animaux. (Brisou, 1968)

Contrairement aux bactéries, les champignons sont des microorganismes nucléés (dotés d'un noyau). En raison de leur remarquable capacité d'adaptation aux différents facteurs de l'environnement, ils sont largement répandus dans toutes les niches écologiques.

Un petit nombre de ces microorganismes s'est spécialisé dans le parasitisme d'hôtes vivants et chez les quels ils peuvent provoquer des maladies parasitaires. En certains points la densité des levures et des champignons inférieurs atteint 5000 à 6000 cellules par litre d'eau de mer. (Brisou, 1968)

2.4.3. paramètres radioactifs :

Généralement, les hôpitaux utilisent des sources scellées et des sources non scellées. Les sources scellées utilisées en radiothérapie ne produisent pas de déchets. Par contre, les sources non scellées utilisées dans la recherche biologique et médicale, pour le diagnostic et la thérapeutique produisent des déchets radioactifs dont la nature et l'activité sont très diverses et varient avec l'application qui fait des radioéléments. (Emmanuel, 2003). Parmi ces radioéléments utilisés en médecine nucléaire, on cite : ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S , ^{121}I , ^{125}I , ^{131}I ...

3. Les risques sanitaires présentés par les effluents hospitaliers

On peut citer trois types de risques potentiels :

3.1. Le risque infectieux :

Il est théoriquement possible de retrouver dans les eaux usées hospitalières des germes pathogènes dont l'origine a été précisée plus haut. Les germes pathogènes peuvent être :

- des bactéries présentes dans les selles ou urines (Salmonelles, Shigella, Coliformes, Vibrions, Streptocoques, Entérobactéries...) ou encore des bactéries responsables d'infections nosocomiales (Staphylocoques, Streptocoques, Pseudomonas...). La particularité et le danger de ces bactéries résident dans le fait qu'elles sont souvent polyrésistantes aux antibiotiques.
- des virus (Hépatites, Entérovirus, Rotavirus...)
- des parasites (amibes, taenia, ascaris, champignons...) (Darsy, 2002)

a. les risques sanitaires liés aux bactéries :

La contamination microbiologique des eaux de baignade peut causer de très graves maladies infectieuses. Le tableau suivant résume les principales de ces maladies ainsi que les agents bactériens responsables :

Tableau 1 : Impacts sanitaire des contaminations bactériennes (Eberlin, 1997).

Paramètre	Utilisé dans l'appréciation de la qualité de l'eau	Symptômes	remarques
Coliformes totaux	Oui	Gastro-entérite, pneumopathies, cystites, diarrhées,	
Coliformes fécaux	Oui	Cystites, pleurésies, méningites	
Escherichia coli	Oui	Diarrhées, infections biliaires, infections de l'arbre urinaire, méningite néonatale, infection respiratoire	775000 de cas /an
Streptocoques fécaux	Non	Infections de la sphère ORL et inflammation respiratoire (pneumonie, otites, sinusites), méningites.	100 million de cas/an et 10 millions de décès
Staphylocoques	Non	Furoncles, des orgelets (petits furoncles situés en bordure de l'œil), infections généralisées	
Salmonelles	Oui	Déshydratation et troubles digestifs, typhoïde (fièvre, des nausées, vomissements et diarrhées)	30 millions de cas /an, 600 000 décès
Shigelles	Oui	Infections digestives de gravités variables, diarrhées sanglantes avec des selles riches en mucus et inflammation	250 millions de cas/ an, 650 000 décès
Vibrions	Oui	Cholera, diarrhées, vomissements, crampes abdominales, nausées, fièvres et migraines	300 000 à 60 000 cas /an (500 décès en 1993)

b. les risques sanitaires liés aux virus :

L'épidémiologie moléculaire a révélé que les principaux virus mis en cause dans leur transmission à l'homme par les coquillages sont les Norovirus (calcivirus) et le VHA (le Guyader et Pommepuy, 2002). Mais on retrouve également les genres Entérovirus, Hépatovirus, Rotavirus, Astrovirus, adénovirus , coronavirus, parvovirus). (Payen, 2007). Les effets dus aux virus apparaissent relativement vite après l'ingestion de coquillage, il s'agit donc d'une toxicité aigue.

Les principaux effets causés par ces virus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2: Impacts sanitaires des contaminants viraux (Payen, 2007)

Le genre	Période d'incubation	Les effets sur la santé	Observations
Norovirus	28-48h	Diarrhées, vomissements	-sont les virus les plus souvent incriminés dans les pathologies dues à la consommation du coquillage. -il touche toutes les catégories d'âge avec une forte incidence chez les enfants de moins de 5ans, et plus particulièrement l'hiver. -résiste aux traitements d'épuration chimique et physique. Résistent à la chaleur (120h à 37°C)
Virus de l'hépatite A (VHA)	28 à 30 j en moyenne	Fièvre, sensation de malaise, anorexie, nausée, gêne abdominale suivie après quelques jours d'un ictère	-l'affection, si elle est bénigne dure de 1 à 2 semaines mais elle peut être gravement incapacitante et dans ce cas durer de 6 à 9 mois -le virus reste infectieux après avoir été chauffé 10 à 12h à 60°C.
Rotavirus	24 à 72h	Fièvre, vomissements, suivis de diarrhée et déshydratation sévère chez l'enfant	-les taux les plus importants d'infection sont observés en hiver et au début du printemps. -ils sont inactivés à une température supérieure à 50°C mais sont viables pendant des mois à 4 et 20°C.
Adénovirus	3 à 10 j	Nausées, vomissements, diarrhée, sensation de malaise	-il en existe 2 types, l'un provoquant des pathologies respiratoires et l'autre, le 40/41, responsable d'infections digestives. -les plus forts taux sont observés en automne, en hiver et au début du printemps. -ce virus est sensible à une température de 56°C pendant au moins 30 minutes.

c) Les risques liés aux parasites et aux champignons:

La présence d'espèces parasites dans l'environnement constitue une contrainte évolutive majeure pour la très large gamme d'organismes vivants. (Thomas et al., 2007)

On dispose de peu d'informations sur les effets de santé sur l'homme de la contamination du milieu marin par les parasites tels que les nématodes (ascaries, trichocéphales, toxoplasme, oxyures.) ; il semble toutefois que le danger d'infection par ingestion d'eau de mer soit faible.

Par contre, les œufs de nématode ainsi que les protozoaires tels que *Entamoeba*, *Giardia* et *Naegleria* peuvent présenter un risque par consommation de fruits de mer contaminés, à savoir surtout les moules et les huîtres pêchées à proximité des égouts. (OMS/PNUE, 1987)

Les principaux parasites fréquemment rencontrés lors d'épidémies hydriques de gastroentérites aiguës sont : *Cryptosporidium*, *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma gondii*, *Dracunculus medinensis*. (Le roux, 2005)

Les champignons, quant à eux, sont responsables de plusieurs infections. Selon l'espèce de champignon, l'infection peut rester limitée au niveau de la peau mais on observe également des cas isolés chez lesquels le champignon passe dans la circulation sanguine et se répandant ainsi dans tout l'organisme, s'attaquant aux organes internes et même au cerveau. (La grande encyclopédie, 2009)

3.2. Le risque toxique :

Le risque toxique concerne à la fois l'environnement et la Santé publique : les eaux hospitalières peuvent être contaminées par des métaux lourds (mercure, argent) et par des molécules organiques (solvants, antibiotiques, désinfectants, détergents, médicaments...).

3.2.1. Les risques liés aux métaux lourds :

Comme on l'a déjà signalé précédemment, les métaux lourds pouvant être rencontrés dans les effluents hospitaliers sont l'argent (service de radiologie) et le mercure (C. Dermont et R. Hadjali, 1997) :

a) Le Mercure :

Les espèces organiques du mercure, en particulier le méthylmercure (MeHg), sont plus toxiques que les espèces inorganiques. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), 99% de MeHg absorbé quotidiennement par la population provient de l'alimentation, la source d'exposition majeure au MeHg est le poisson et les bivalves. Le mercure métallique est transformé en mercure organique par la microflore bactérienne marine, ce qui le rend biodisponible et explique sa forte capacité d'accumulation dans les coquillages et les poissons prédateurs en haute de la chaîne trophique (Leblanc et al., 2006). Le mercure est quasiment insoluble dans l'eau et s'accumule facilement dans les organismes, le facteur de bioaccumulation chez la moule est de 13300 pour le mercure organique et de 2540 pour le mercure inorganique (P. PAYEN, 2007). Le mercure induit deux effets essentiels :

➤ Effets aigus :

Les effets aigus du mercure inorganique (chlorure mercurique) se manifestent par des lésions gastro-intestinales et des insuffisances rénales. La dose létale de chlorure mercurique est estimée entre 10 et 42 mg de mercure /kg pour un homme de 70 kg.

➤ Effets chroniques :

Le principal organe touché par le mercure organique est le cerveau, ce qui peut provoquer une altération de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, du goût mais également des troubles de la mémoire. Cette exposition peut entraîner la mort des individus. Le principal organe touché par le mercure inorganique est le rein (protéinurie, néphropathie). Mais des effets neurotoxiques et des troubles cardiovasculaires ont également été observés. Le taux d'absorption digestive est de 7 à 15%. Outre ces effets précités, le mercure peut aussi conduire à des cancers divers. (PAYEN, 2007)

b) l'argent :

L'intoxication chronique (l'argyrie) peut se développer pour une dose quotidienne de 0,5 mg d'argent. Elle se traduit par des troubles digestifs, un liseré gingival et une coloration gris bleuâtre de la peau. Cette dyschromie prédomine sur le visage et les régions découvertes, ainsi que sur les ongles. (Jehannin, 1999)

3.2.2. Les risques liés aux molécules organiques :

Le problème majeur concerne surtout les médicaments anticancéreux qui présentent des risques mutagènes et tératogènes importants (tératogène : qui provoque des malformations congénitales (végétaux ou animaux) anormaux). (Darsy et al., 2002)

Des quantités significatives d'acides et de cyanures sont rejetées dans les effluents hospitaliers, notamment lors du dosage de l'hémoglobine. D'autres produits tels que l'alcool, le formol et la soude se retrouvent aussi en quantités non négligeables dans ces effluents (Darsy et al., 2002). Ces produits solubles représentent donc un danger de pollution puisqu'ils peuvent modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et peuvent ainsi exposer le baigneur à une toxicité cutanée. Des maladies de la peau comme la dermatite ou l'eczéma allergique (FOUSSEREAU, 1985. In Emmanuel, 2003) et aussi l'irritation des yeux et du nez avec accompagnement de rhinites (JORDIN et al. In Emmanuel, 2003) peuvent toucher des personnes suite à une exposition au glutaraldéhyde généralement utilisé dans les centres hospitaliers comme désinfectant et agent de stérilisation. (EMMANUEL, 2003)

3.3. Le risque radioactif :

Les risques sont potentiellement élevés dès qu'on utilise des éléments radioactifs. Cependant, selon la réglementation très stricte sur les conditions d'utilisation et d'élimination, les risques sont minimisés. Il faut rester « vigilant » car il peut survenir des accidents ou des fuites. (Dermont et Hadjali, 1997)

Les rayonnements ionisants peuvent avoir des effets aigus (irradiation du corps entier à de fortes doses) et des effets chroniques tels les leucémies et divers cancers : poumon, typhoïde, voies digestives et urinaires.

L'ingestion de substances radioactives provoque une irradiation interne qui ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu par élimination naturelle et décroissance ou par traitement (exemple de décroissance radioactive : 8 jours pour l'iode 131, 5700 ans pour le carbone 14).

Tous les radioéléments ne sont pas éliminés naturellement (par les urines par exemple) à la même vitesse. Certains peuvent s'accumuler dans des organes tels les os ou le foie avant d'être évacué du corps. (Lacronique et al., 2001)

Matériel
et
méthodes

1. Présentation de la zone d'étude :

1.1. Situation géographique :

La commune de Bab El Oued, située sur le littoral algérois, est localisée à 2 km à l'ouest du centre d'Alger. C'est l'un des quartiers les plus vieux d'Alger, complètement urbanisé, détient un réseau routier important qui le relie avec plusieurs communes avoisinantes, d'où sa situation stratégique. Cette commune est caractérisée par sa superficie qui avoisine 1,4 Km² et son littoral s'étendant sur environ 1,6 Km. Elle est limitée :

- Au nord par la mer méditerranée
- A l'Est par la commune de la casbah
- Au Sud par les deux communes : Oued Koriche et Bouzareah
- A l'Ouest par la commune de Bologhine

Le dernier recensement populaire d'avril 2008, révèle un nombre très élevé avoisinant 61407 habitants avec une densité populaire d'environ 4386,14 habitant/Km² cela est du au caractère touristique de cette commune (APC de Bab El Oued, 2009).

1.2. Description du site d'étude :

Notre zone d'étude est une portion du littoral de la commune de Bab El Oued , elle est limitée par la plage R'Mila à l'ouest et par KAA ESSOUR à l'Est. Au cours de notre étude, on l'a subdivisée en deux secteurs séparés par la pointe El Kettani :

- ❖ Le premier secteur représente la plage d'El Kettani, qui s'étend sur une longueur de 356m et sur une largeur de 19m en été et 16m en hiver .
- ❖ Le deuxième secteur est situé entre la pointe El Kettani et le collecteur de Kaa Essour et qui s'étend sur une longueur d'environ 300m.

Notre zone d'étude est exposée à deux sources principales d'effluents hospitaliers :

- le collecteur de l'oued M'kecel qui déverse ses eaux et ses contaminants sur la plage R'Mila, mais qui touchent également le premier secteur de notre zone par leur dispersion due aux courants.
- Le collecteur de Kaa Essour qui déverse des volumes importants d'eaux usées et des contaminants au niveau du deuxième secteur de la zone. (figure 03)

Les coordonnées géographiques de notre zone d'étude sont :

- Longitude : $03^{\circ} 03' 21,5''$ et $03^{\circ} 03' 45,21''$ Est
- Latitude : $36^{\circ} 47' 28,89''$ et $36^{\circ} 47' 42,02''$ Nord

1.3. Les structures sanitaires de la zone d'étude :

La commune de Bab El Oued rassemble un total de 10 établissements sanitaires (secteurs sanitaires, centres de santé, cliniques....) et un centre hospitalo-universitaire qui représente 7% de la superficie totale de la commune (APC de Bab El Oued, 2009) (figure 05). Ces établissements rejettent directement dans le réseau d'assainissement, sans aucun traitement préalable, des volumes importants de déchets liquides, qui contribuent de façon plus ou moins importante à la pollution des eaux marines dans lesquelles ils sont déversés. Ces différents établissements, ainsi que les types de rejets suspectés, sont résumés dans le tableau 3 :

Tableau 3 : les établissements sanitaires de la commune de Bab El Oued selon le recensement de 2008 (source APC de BAB EL OUED).

L'établissement	Localisation	spécialisation	Typologie des principaux rejets
Clinique de chirurgie dentaire	18 rue M ^{ed} seghir sadaoui		-effluents biologiques -effluents chimiques
Centre de santé	17 rue M ^{ed} Ichalalène	- dermatologie - pédiatrie - chirurgie dentaire	
Centre sanitaire médecine générale et protection de la maternité	02 Derbouz Louni Arezki Parc Berrak	-médecine générale -protection de la maternité	-effluents chimiques.
Centre sanitaire des handicapés	02 Derbouz Louni Arezki	-	-effluents chimiques
Unité de contrôle et de suivi	110 BVD colonel Lotfi	-chirurgie dentaire -pédiatrie -maladies de la gorge	-effluents biologiques -effluents chimiques
Polyclinique	08 rue Hocine Boulmaize	-laboratoire d'analyses et de radiologie -medecine générale -chirurgie dentaire	-effluents biologiques -chimiques -radioactifs
Polyclinique	10 BVD commandant Mira	-ophtalmologie -maladies internes	- biologiques -chimiques
Centre sanitaire des maladies pulmonaires	24 rue Ali KADRI	-maladies pulmonaires	- chimiques
Polyclinique	46 BVD Omar Benaissa	-laboratoire d'analyse et de radiologie -médecine générale -chirurgie dentaire -maladies diabétiques	-biologiques -chimiques -radioactifs
Clinique d'accouchement	17 rue Brahim Gherrafa	- accouchement -opérations chirurgicales	-biologiques -chimiques
CHU M ^{ed} Lamine Debbaghine (ex Maillot)	01 BVD Said Touti	Toutes les spécialités	-biologiques -chimiques -radioactifs

1.4. Données climatiques sur la zone d'étude :

1.4.1. Facteurs météorologiques :

a) La température :

La température des eaux marines est un facteur primordial puisqu'elle donne des estimations sur plusieurs paramètres tels que la survie des bactéries, le degré de bioaccumulation chez les moules, la diffusion de l'oxygène...etc. la température des eaux de surface sont influencées par celles de l'air.

La région algéroise en générale et celle de Bab El Oued en particulier, selon LEM (2006), se distingue par deux périodes dans le cycle saisonnier annuel :

- La première, chaude, s'étale de mai à octobre avec un maximum en Aout (39,2°C) ;
- La seconde, relativement froide, couvre les autres mois de l'année avec un minimum en février (3°C).

Les températures moyennes lors des trois mois d'échantillonnage sont respectivement 14,6 ; 16,4 ; et 21,2 °C pour les mois de mars, d'avril et de mai.

b) Pluviométrie :

Les précipitations influent sur les analyses physicochimiques et bactériologiques par l'apport important en éléments terrigènes (ruissellement) et la dilution des germes présents dans les eaux marines.

Les précipitations sur la région varient de 600 à 1000 mm et tombent en 80 jours en moyenne. Elles sont très irrégulièrement réparties à l'échelle annuelle.

On observe une croissance rapide de la pluviosité de septembre à décembre puis une décroissance plus lente jusqu'en juin et enfin des pluies quasiment nulles en juillet et en Aout. (LEM , 2006)

Durant les trois mois d'échantillonnage les précipitations cumulées étaient respectivement : 55,62 ; 57,5 ; et 27,18 mm.

c) Le vent :

La connaissance de la vitesse et la direction des vents paraît indispensable puisque elle renseigne sur la vitesse et la direction de déplacement des eaux de surface et donc la manière par laquelle s'effectue la diffusion des germes et d'autres éléments en suspension.

Selon les observations effectuées entre janvier 1976 et novembre 1981, les vents du secteur NE (N60°) sont les plus fréquents avec près de 30% des observations. Ces vents sont mieux marqués en été. Leur vitesse se répartit entre 1 et 30 nœuds, toutefois pour près de 20% de ces observations la vitesse est de 6 à 10 nœuds.

Les vents du secteur WSW (N260°) sont bien représentés avec plus de 20% des observations. Ils soufflent principalement en hiver. La vitesse de ces vents est de 6 à 10 nœuds pour 17% des observations mais peut atteindre 30 nœuds (0,23%).

Les vents du secteur SSE (N180°), les moins représentés avec moins de 10% des observations, sont mieux marqués en automne et en hiver. Leur vitesse est de 6 à 10 nœuds pour près de 9% des observations. (LEM, 2006)

Il est intéressant de signaler que durant les trois mois d'échantillonnage les vitesses moyennes des vents étaient respectivement : 8,31, 8, et 6,58 nœuds. Et leur direction était variable entre WSW et NE.

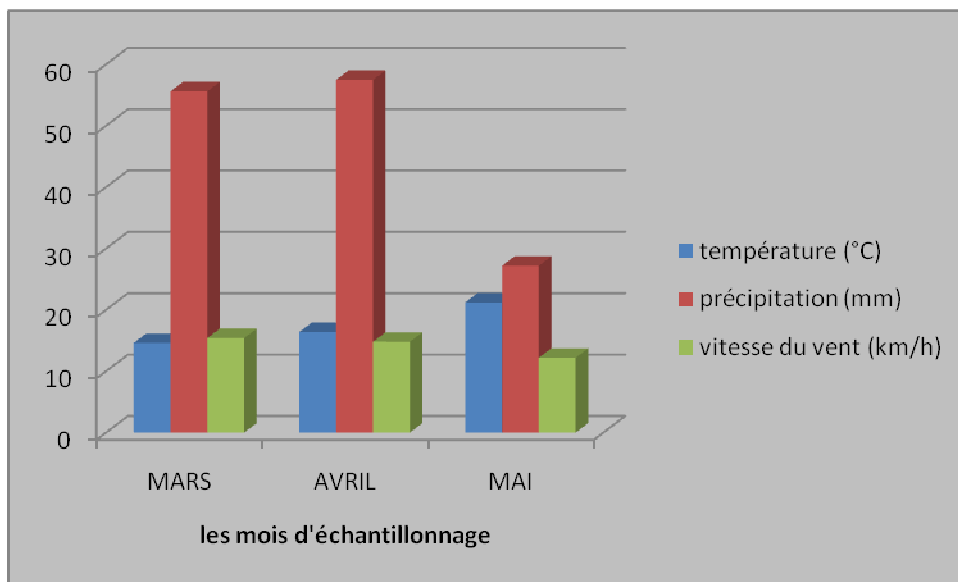


Figure 4: Histogramme des températures, précipitation et vitesses du vent mensuelles des mois d'échantillonnage

1.4.2. Facteurs hydrologiques :

a. Les houles :

Selon LEM (2006), des données de houles provenant de cinq sources différentes ont été analysées. Les écarts entre les résultats obtenus à partir de ces différentes sources restent dans les limites admissibles.

De ses résultats, il ressort qu'il y a une période hivernale avec prédominance au large des houles de secteurs NE à E, les houles de secteur N étant régulièrement réparties tout au long de l'année.

Les tempêtes les plus fréquentes proviennent néanmoins du secteur N, mais celles de NE, plus rares, sont plus destructrices, la direction la plus défavorable étant N30°. L'occurrence de telles tempêtes peut être située entre décembre et mars et, occasionnellement jusqu'en juin.

Les houles d'été atteignent la zone de manière frontale. Ce secteur se trouve donc fortement attaqué par ces houles ce qui pourrait expliquer l'absence quasi-totale de la plage.

b. Les courants :

❖ *Courants généraux :*

Il existe un courant général rentrant par le détroit de Gibraltar et se dirigeant vers l'Est. Ce courant décrit un mouvement circulaire et change de direction vers l'Ouest. La vitesse en surface peut atteindre 0.4 m/s environ, partant de Nord-Est. (Millot, 1984 ; in Aichiou et Echchatabi, 2006)

❖ *Courants côtiers:*

En prenant les informations de plus de 8000 observations enregistrées au large par le Koninklyk Nederland Météo- Logisch Institut (KMNI), les courants côtiers les plus significatifs sont dus à la houle. Les courants le long des côtes Algériennes sont généralement faibles en direction Ouest et Est. Selon la même source, les courants côtiers dominants (environ 75% du temps) ont une vitesse de 0.25m/s, et 24% du temps la vitesse est inférieure à 0.5 m/s, Seulement 1% du temps la vitesse est supérieure à 1m/s. (Aichiou et Echchatabi, 2006)

c. Marée et niveau d'eau :

La marée dans la méditerranée et sur la côte d'Alger est très faible et dépasse rarement 0,20 m avec des périodes de 24 et de 12h environ.

En plus de la marée astronomique, le niveau d'eau sur la côte algéroise change dû aux autres efforts, tels que la pression barométrique et le vent. Mais au total la variation du niveau d'eau est faible.

Les hautes eaux sont généralement observées en saisons hivernales. Alors que les basses mers sont généralement observées à la suite d'une anti-dépression pour un vent très faible (toutes directions) (LEM, 2006)

2. Le choix des stations :

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer les risques pour la santé humaine que peuvent générer les effluents hospitaliers de la région de Bab El Oued rejetés au niveau de notre zone d'étude, en évaluant la charge bactérienne apportée par ce genre d'effluents et en analysant leurs effets sur les paramètres physico-chimiques de l'eau. Pour cela treize stations ont été choisies d'une manière à balayer toute la zone d'étude, usuellement fréquentée par les baigneurs et par les pêcheurs (figure 05). Le positionnement des stations a été réalisé par un système GPS (Global Positionning System) (tableau 4)

Tableau 4: positionnement des différentes stations de prélèvement

Station	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃
Lat (N)	36°47' 29,72''	36°47' 31,64''	36°47' 33,27''	36°47' 35,9''	36°47' 39,45''	36°47' 40,56''	36°47' 40,29''	36°47' 40,93''	36°47' 36,27''	36°47' 34,8''	36°47' 34,5''	36°47' 35,13''	36°47' 35,86''
Lon (E)	3°03' 42,87''	3°03' 44,33''	3°03' 39,09''	3°03' 43,24''	3°03' 40,18''	3°03' 34,74''	3°03' 30,43''	3°03' 25,24''	3°03' 22,61''	3°03' 26,22''	3°03' 29,93''	3°03' 31,97''	3°03' 33,98''



Figure 5: positionnement des stations de prélèvement (source : google earth)

3. Les prélèvements :

Au niveau de chaque station un prélèvement d'eau a été effectué pour l'analyse bactériologique et un autre pour la mesure des MES (Matières En Suspension). Pour la DBO₅ (Demande Biochimique en Oxygène), et faute de moyens (manque de DBO mètres), quatre mesures seulement ont été réalisées (S₁, S₄, S₇, S₉). Alors que les autres paramètres physico-chimiques : la température, la salinité, la conductivité, le pH et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ à la surface de chaque station.

Les prélèvements se sont étalés sur une période de six semaines entre mars, avril, et mai 2009. Le rythme d'échantillonnage était une fois par semaine, à l'exception du mois d'avril où les conditions météorologiques ne nous ont permis d'échantillonner qu'une seule fois par deux semaines. Les prélèvements ont été réalisés à bord d'une petite embarcation de pêche.

L'eau destinée à l'analyse microbiologique est prélevée dans des flacons de verre de 500ml, stérilisés au four Pasteur à 170°C pendant 2 heures et pour éviter toute contamination, les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau.

L'eau destinée à la mesure des MES a été prélevée dans des flacons de plastique de 100ml, alors que celle destinée à la mesure de la DBO₅ a été prélevée dans des flacons de verre de 250 ml.

Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C), l'analyse se fait le même jour.

Le prélèvement des moules a été effectué en surface et en profondeur, au niveau de la station S5, considérée comme la plus fréquentées par les pêcheurs.

4. Méthodes d'analyse :

4.1. Etude paramétrique :

4.1.1. La température :

La mesure de la température a été effectuée *in situ* à l'aide des trois appareils : oxymètre, conductimètre et pH mètre, de marque *Wissenschaftlich Technische Werkstätten* « *WTW* »

4.1.2. Le potentiel hydrogène (pH) :

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

4.1.3. La salinité :

La salinité représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer. Elle est mesurée directement *in situ* à l'aide d'un conductimètre de marque *Wissenschaftlich Technische Werkstätten* « *WTW* ».

4.1.4. L'Oxygène dissous :

L'oxygène dissous a été mesuré *in situ* en utilisant un oxymètre de marque *Wissenschaftlich Technische Werkstätten* « *WTW* »

4.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Le test de la DBO a été effectué afin d'évaluer l'impact à court terme que peut avoir le rejet de substances organiques facilement dégradables sur le contenu en oxygène d'une masse d'eau réceptrice. (Copin-Montégut, 1996).

La mesure de la DBO₅ a été faite au laboratoire à l'aide d'un DBOmètre de marque *Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »*.

Mode opératoire :

Introduire 250ml de l'échantillon dans un flacon brun en verre contenant un aimant d'agitation magnétique.

Mettre la capsule qui contient la soude (NaOH) dans la bouteille, puis on procède à sa 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 5jours en obscurité.

Lecture :

Après 5jours d'incubation, on procède à la lecture de la valeur (X) édictée par le DBOmètre. mais la valeur réelle de la DBO₅ se calcule comme suit :

$$\text{DBO}_5 = X * F$$

F : Facteur variant en fonction du volume d'eau utilisé. Dans notre cas le volume d'eau utilisé est 250 ml ce qui correspond à un facteur F= 5 (lu à partir du catalogue).

4.1.6. Matières en suspension (MES) :

La filtration de l'eau est réalisée à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide de marque *Sartorius stedim*.

Un volume d'échantillonnage (200 ml) est filtré sur une membrane filtrante de porosité 0,45 µm de marque *Whattman*. Cette membrane est maintenue sur un support fritté et assemblée entre une embase et un entonnoir. Les filtres sont préconditionnés par un rinçage à l'eau acidulée (HCl concentré à 10%), puis à l'eau distillée, pour être ensuite séchés à l'étuve. Les filtres sont pesés une première fois (P₁) à l'aide d'une balance de précision 10⁻³.

Une fois la filtration terminée, les boîtes contenant les filtres sont étuvées à 80°C pendant 24h, et les filtres sont ensuite pesés une deuxième fois (P_2)

L'estimation de la matière en suspension est donnée par la relation suivante :

$$\text{MES (mg /l)} = (P_2 - P_1) / V$$

Avec : P_1 : poids du filtre avant séchage.

P_2 : poids du filtre après séchage. V : volume d'eau filtré.

4.1.7. La matière organique :

La méthode utilisée pour l'estimation de la matière organique est celle de « la perte par calcination ». Les étapes suivies sont les suivantes :

- On prend les mêmes membranes déjà chargées en matière en suspension, chaque membrane est pliée par quatre et mise ensuite à l'intérieur d'un petit creuset en porcelaine.
- On pèse l'ensemble creuset-membrane à l'aide d'une balance de précision 10^{-3} , et on note le poids P_0
- On met le creuset à l'intérieur d'un four à moufle de marque *wisetherme* réglé à 610°C.
- Après 2 heures de calcination, on fait sortir les creusets du four, on les laisse refroidir, puis on les pèse une deuxième fois (P_1). Les résultats sont calculés à partir de l'équation suivante :

$$\text{MO} = (P_0 - P_1) / V$$

4.2. Analyses bactériologiques :

Les germes test recherchés sont : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les staphylocoques, les sulfitoréducteurs, les salmonelles et les vibrions.

4.2.1. Méthodes de dénombrement et de recherche:

4.2.1.1. Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les échantillons d'eau :

Dans notre étude nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans la zone d'étude. C'est la méthode de concentration la plus utilisée au laboratoire, elle consiste en une filtration de l'eau sur des membranes de porosité $0,45\mu\text{m}$ susceptibles de retenir les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements.

L'appareil de filtration est le même dispositif de filtration sous vide qu'on a utilisé pour les MES.

Mode opératoire :

Devant un bec-Bunsen et après javellisation de la paillasse, flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil et laisser refroidir. Fermer le robinet du support. Prélever une membrane stérile en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie ; la déposer sur la plaque poreuse. L'entonnoir- réservoir flambé et refroidi est placé au dessus de la membrane, et assembler au support à l'aide d'un dispositif d'assemblage permettant d'éviter toute fuite du liquide contenu dans le réservoir. Agiter soigneusement le flacon d'eau de mer à analyser et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère (50 ou 100 ml selon le type d'analyse pratiqué). Mettre en marche la pompe et ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide. Dès que la membrane paraît sèche, fermer le robinet, enlever le dispositif de fixation, prélever les membranes à l'aide d'une pince flambée en la saisissant par son extrême bord, et l'introduire sur le milieu de culture choisi et adapté aux types de bactéries recherchées. Inscrive sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon, la date de manipulation, et le volume filtré. Placer les boîtes de Pétri en position inverse et les incuber à une température donnée et pendant une durée spécifique pour chaque germe.

4.2.1.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants :

Cette méthode conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

Filtrer sur deux membranes différentes, dans les conditions précisées antérieurement, deux prises d'essai de l'eau à analyser soigneusement homogénéisée par agitation. Placer chacune des deux membranes sur une boîte de gélose lactosée au TTC et Tergitol. Mettre ces boîtes à incuber durant 24 heures l'une à 37 °C, l'autre à 44 ($\pm 0,5$ °C). (figure 06)

La lecture des boîtes se fait comme suit :

- Après 24 heures d'incubation, les coliformes apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses, légèrement bombées.
- Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC ; ne pousseront théoriquement que les coliformes.
- Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser

La flore bactérienne associée est généralement beaucoup moins abondante dans la boîte incubée à 44 °C.

Il est à noter que les prises d'essais pour les coliformes totaux et les coliformes fécaux étaient de 50 et 100ml respectivement. Et que des dilutions au 1/4 ont été effectuées pour les stations où on a enregistré des colonies confluentes indénombrables (milieux très chargés).

4.2.1.1.2. Dénombrement des streptocoques fécaux :

Filtrer 100 ml de l'échantillon. Puis placer la membrane sur le milieu de Slanetz et Bartley. Incuber pendant 24 heures à 37 °C (figure 06). Les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées. (Institut Pasteur d'Algerie, 2002)

Pour plus de précision, transférer la membrane sur le milieu BEA. La lecture se fait après un quart d'heures, et ne retenir que les colonies entourées d'un halo noir.

4.2.1.1.3. Dénombrement des germes sulfitoréducteurs :

Répartir les échantillons à analyser dans des tubes à essais stériles, à raison de 5ml d'échantillon par tube, qui seront par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des sulfitoréducteurs éventuellement présentes. Après chauffage, refroidir immédiatement les tubes en question, sous l'eau de robinet.

Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.

Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.

Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des SFR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures d'incubation. Dénombrer toute colonie noire.

4.2.1.1.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques :

Après filtration de la prise d'essai (50 ml), appliquer la membrane sur la gélose Chapman. Incuber à 37 °C durant 24 heures ou, si besoin est, durant 48 heures. Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et élaborent leur propre pigment; elles apparaissent en jaune doré, surmontant une zone jaune du milieu sous la membrane (virage du milieu), par suite de la fermentation du mannitol.

D'autres espèces de staphylocoques peuvent donner naissance à de petites colonies qui le plus souvent ne se colorent pas et ne modifient pas la teinte du milieu.

Des repiquages sur milieu Chapman sont recommandés jusqu'à l'obtention d'une culture pure (un seul type de colonies sur toute la boîte)

Confirmation et identification :

Les colonies suspectes, ou si elles sont très nombreuses, pourront être confirmées par :

- un examen microscopique après coloration de gram
- La recherche de la catalase et de la coagulase.
- En cas de nécessité, une identification biochimique sur galerie API permettra l'identification de l'espèce.

4.2.1.1.5. Recherche des germes pathogènes :

a) Recherche des salmonelles :

Pour la recherche et l'identification des salmonelles, on a procédé comme suit :

- Pré enrichissement ou concentration par filtration de 200 ml de l'échantillon d'eau sur la membrane.
- Enrichissement : mettre la membrane concentrée à l'intérieur d'un flacon contenant le bouillon d'enrichissement SFB, et incubé à 37°C pendant 24h ;
- A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer un isolement sur milieu SS (Salmonella- Shigella), et incubé à 37°C, pendant 24h.

La présence des salmonelles se traduit soit par des colonies incolores à centre noir ou bien par des colonies incolores transparentes.

- Procéder à l'identification des colonies présumées comme suit :
- Coloration de Gram
- Recherche de l'oxydase
- Compléter par d'autres tests biochimiques à l'aide de la galerie API 20E

b) Recherche des vibrions :

La recherche des vibrions est réalisée comme suit :

- Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Le lendemain, ce flacon fera l'objet d'un isolement sur deux milieux TCBS (thiosulfates, citrate, bile, saccharose) et GNAB. L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.
- Le lendemain, les boîtes de gélose subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques sur GNAB et sous forme de colonies jaunes ou vertes sans ou avec un centre noir sur TCBS.

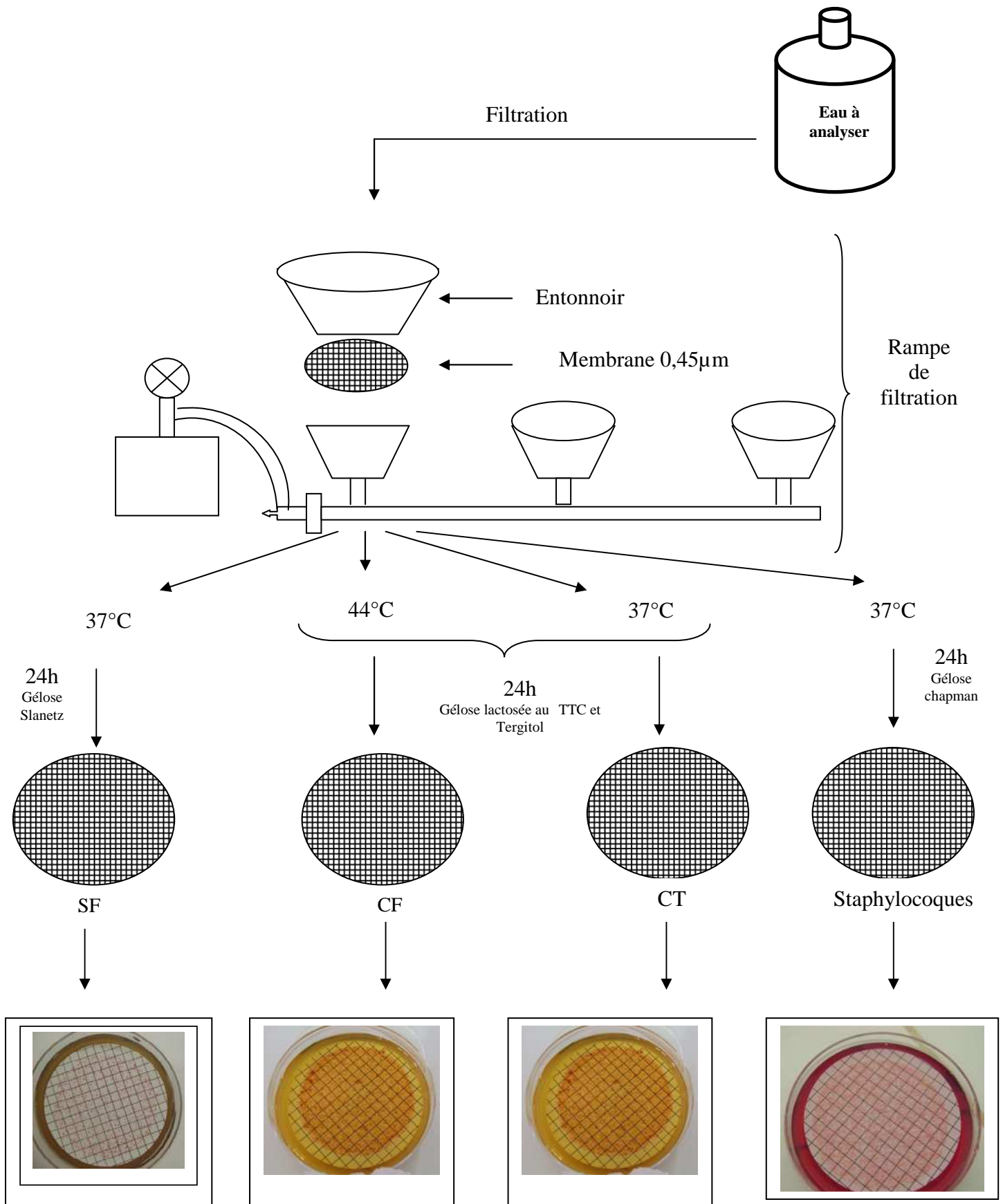


Figure 6: Colimétrie, streptométrie et recherche des staphylocoques par la filtration sur membrane

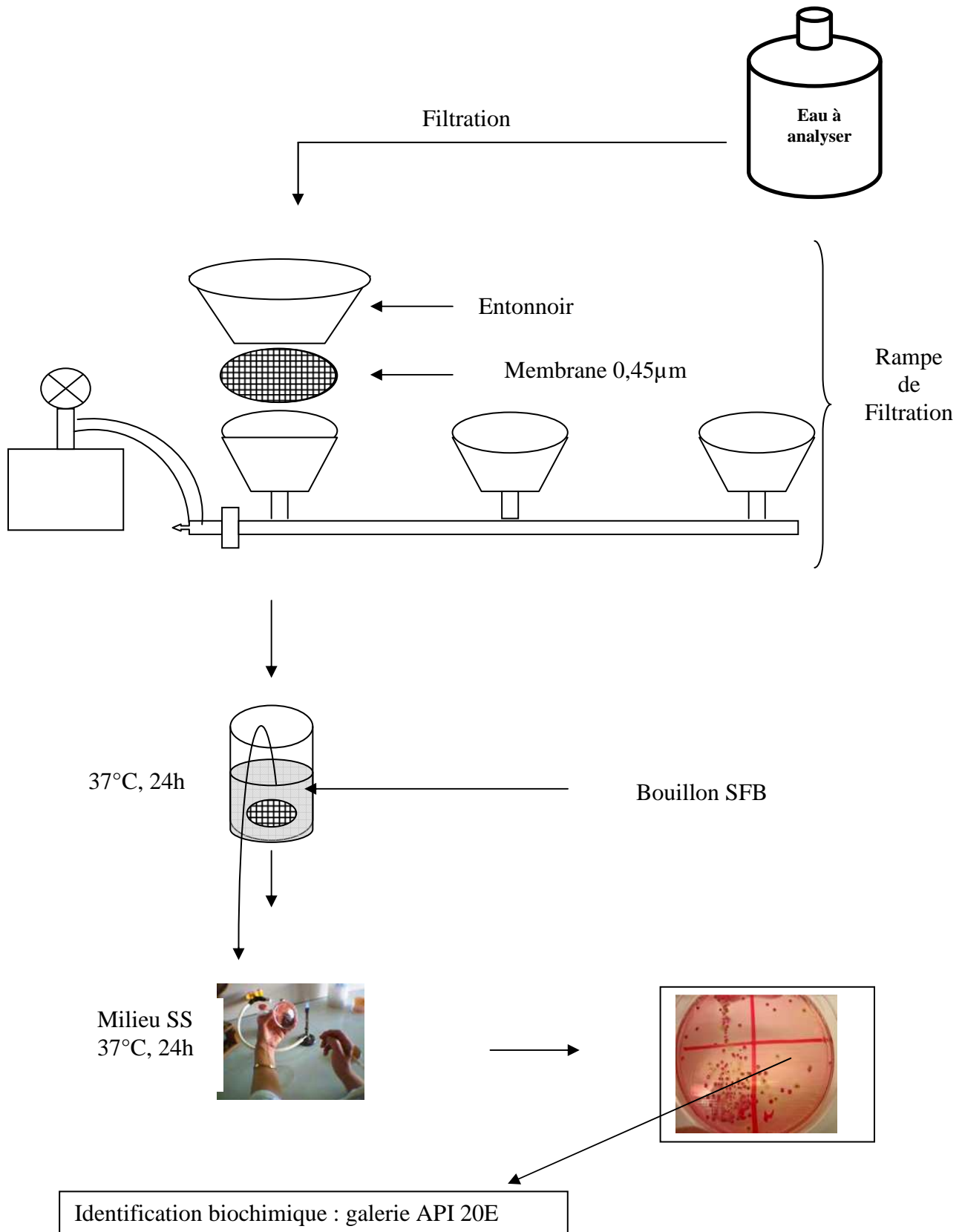


Figure 7: Recherche des salmonelles par la filtration sur membrane

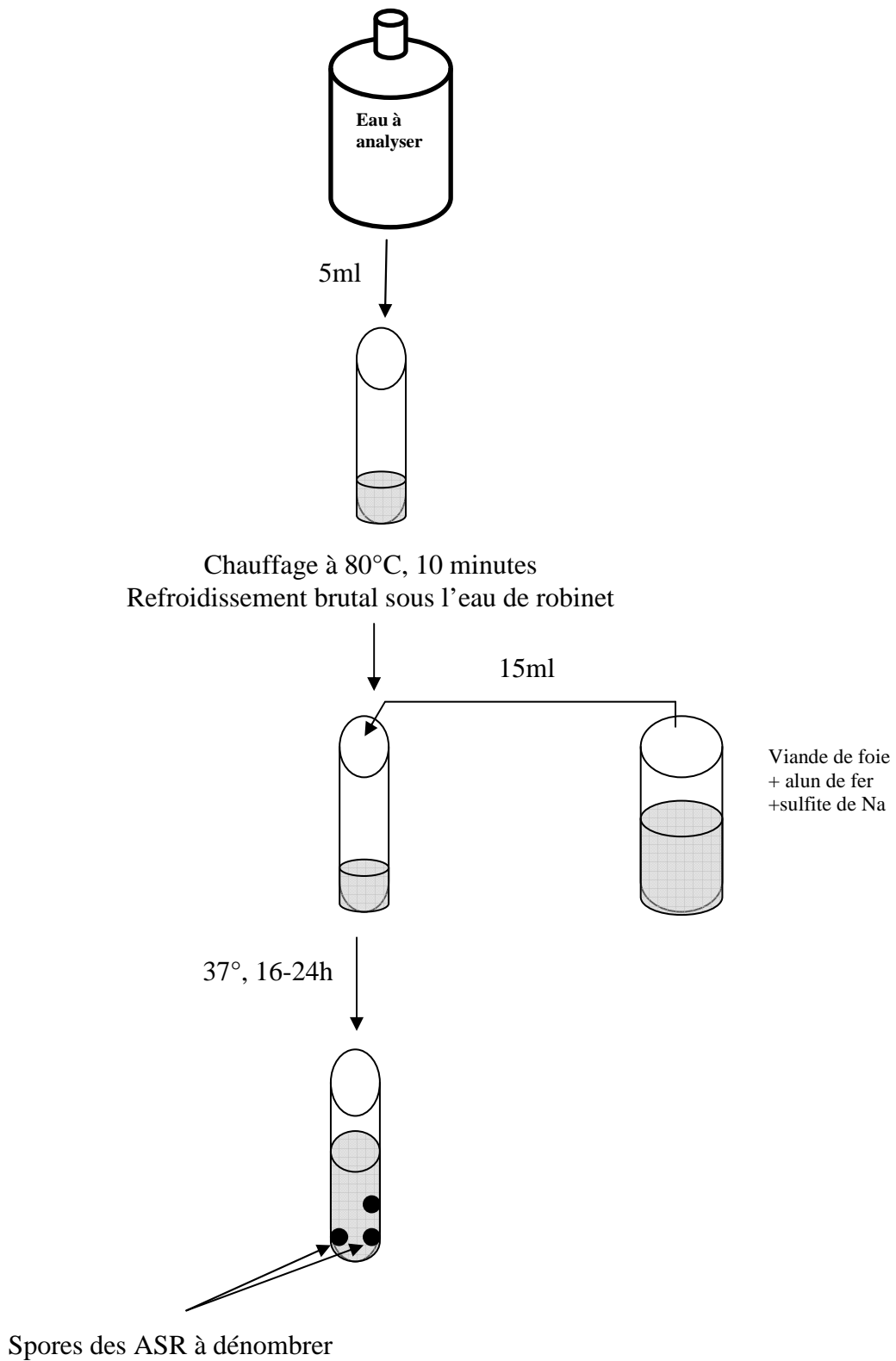


Figure 8: recherche des Anaérobies sulfitoréducteurs

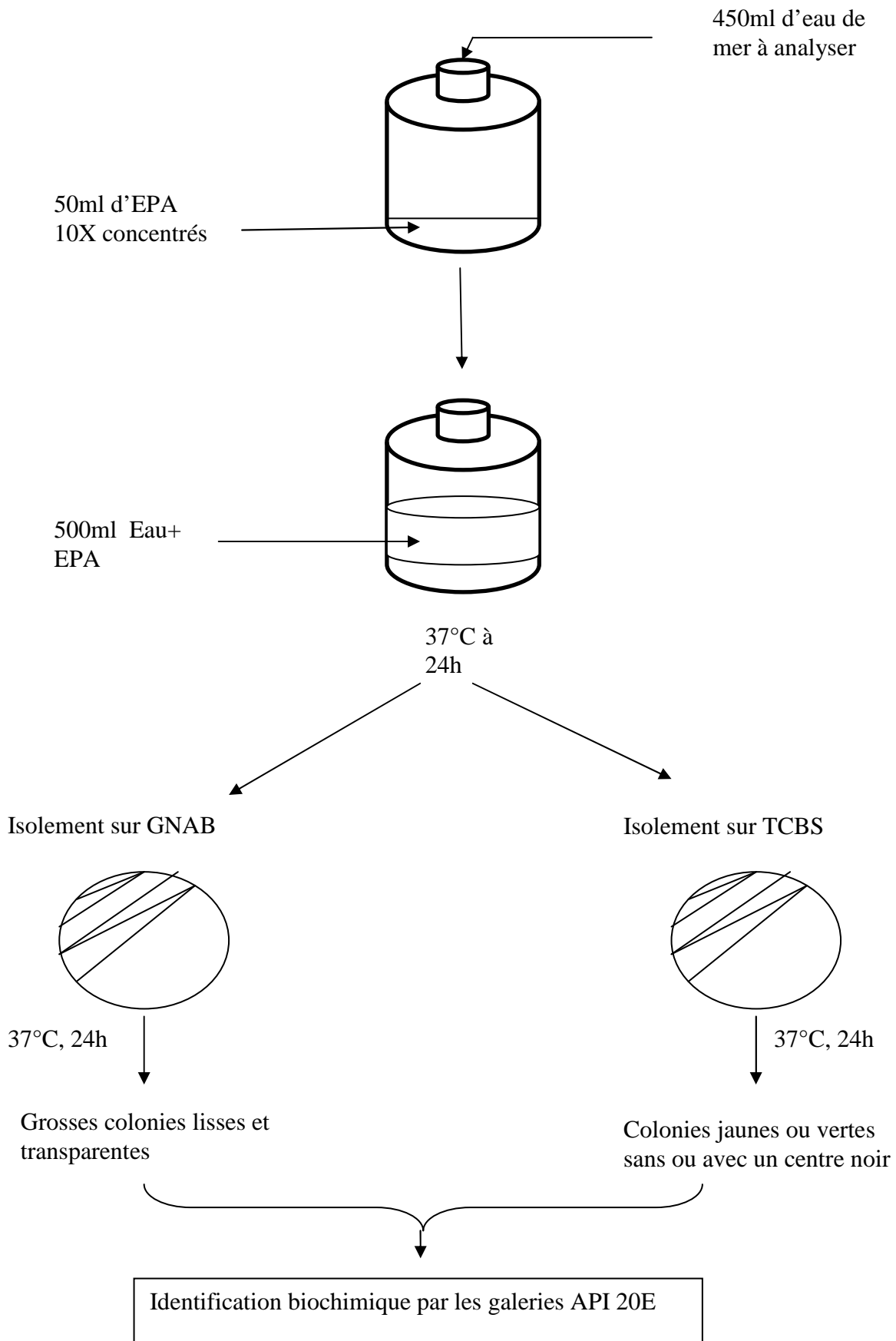


Figure 9: recherche des vibrions

4.2.1.2. Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les coquillages bivalves (les moules) :

Parmi les animaux marins capables de retenir les bactéries présentes dans l'eau, les bivalves sont le plus souvent cités, en raison de leur capacité de filtration importante (Jorgensen, 1960 ; in Plusquellec et al., 1985), qui leur permet de concentrer les particules et les polluants du milieu (Plusquellec et al., 1985).

Notre étude consiste à l'analyse bactériologique des moules afin de comparer les résultats avec ceux obtenus pour les eaux de surface dans lesquelles elles se trouvent naturellement.

Mode opératoire :

Mettre les moules dans un récipient stérile, verser dessus de l'acide biocide, rincer à l'eau distillée stérile. Devant un bec Bunsen, introduire aseptiquement 25g de chair dans un sachet stérile de type « stomacher 400 » contenant au préalable 225 ml de diluant soit le TSE (Tryptone Sel Eau), homogénéiser à l'aide d'un appareil d'homogénéisation (broyeur Stomacher) (figure 11) pendant 6 à 8 minutes selon la texture du produit. Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 10^{-1} .

Préparer deux échantillons de ces chaires dont chaque bouteille contient 25 g de cette chair, l'une des bouteilles sera utilisée uniquement pour la recherche des salmonelles alors que l'autre servira à la recherche des autres germes.

Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile ou à l'aide d'une pipette automatique stérile, 1 ml de la DM (dilution mère) dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de diluant TSE : cette dilution constitue alors la dilution au 10^{-2} , mélanger soigneusement et doucement . Changer de pipette et prendre toujours aseptiquement 1 ml de la dilution 10^{-2} , à introduire dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant (TSE) : cette dilution est alors au 10^{-3} , mélanger soigneusement et doucement. Dans ce cas, nous disposons d'une dilution mère et de deux dilutions décimales (figure 12)

4.2.1.2.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux et de la flore totale:

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose VBRL (*milieu gélosé à base lactose, vert brillant*) fondue puis refroidie à 46°C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Ensuite, Faire des mouvements circulaires et de va- et -vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale. Laisser solidifier sur pailleasse.

Pour les coliformes totaux : Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 35°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) pendant 24H

Pour les coliformes fécaux : les boîtes seront incubées couvercle en bas à 44°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) pendant 24H.

➤ Lecture :

Le dénombrement des coliformes se fait à l'aide d'une lampe UV par comptage des colonies fluorescentes.

Evaluation du nombre de CT :

- retenir les boîtes de deux dilutions successives donnant une numération comprise entre 15 et 150 colonies.

$$CT = \frac{\sum \text{ du nbre des colonies des 2 boites retenues}}{1,1 \cdot d}$$

1,1 : constante

d : première dilution retenue

evaluation du nombre des CF :

- retenir les boîtes de deux dilutions successives donnant une numération comprise entre 15 et 150 colonies.
- Prendre de chaque boîte au minimum 3 colonies jaunes suspectes
- Faire le test de l'urée indole

- Première lecture de la première dilution retenue:

$$a_1 = \frac{b}{A} \cdot C$$

b : nombre de colonies repiquées qui sont indole + et urée –

A : nombre de colonies repiquées (minimum 3)

C : nombre total de colonies par boîte retenue

- Première lecture de la deuxième dilution retenue:

$$a_2 = \frac{b}{A} \cdot C$$

$$CF/ E.Coli = \frac{a_1 + a_2}{1,1 \cdot d}$$

d : dilution de la première boîte retenue pour a_1

Pour la recherche et le dénombrement de la flore totale, le même protocole est utilisé mais avec une gélose PCA (Plate Count Agar) et une durée d'incubation de l'ordre de 24h à 30°C.

4.2.1.2.2. Dénombrement des anaérobies sulfitoréducteurs (ASR) :

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , on verse un volume de 5ml dans chaque tube à essai qu'on met dans l'eau bouillante 100 °C pendant 5 minutes pour éliminer toutes les formes végétatives.

Après récupérations des tubes refroidis, on verse dans chaque tube le milieu de viande de foie additionné de deux additifs : Sulfite de sodium et Alun de fer. Incuber à 37°C pendant 24h. (Figure 13)

La présence des sulfitoréducteurs se traduit par des colonies noires caractéristiques.

4.2.1.2.3. Recherche et dénombrement des staphylocoques :

Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , à la surface d'une plaque de gélose Baird Parker.

A l'aide d'un étaleur stérile, étaler soigneusement l'inoculum le plus rapidement possible à la surface de la gélose en essayant de ne pas toucher les bords de la boîte. Les boîtes seront incubées soigneusement couvercle en haut à 37°C pendant 24h.

➤ **lecture :**

Après 24h d'incubation, marquer sur le fond des boîtes les colonies caractéristiques éventuellement présentes. Incuber à nouveau toutes les boîtes à 37°C , les colonies caractéristiques sont noires ou grises, brillantes et convexes et entourée d'une auréole d'éclaircissement.

Après 24h d'incubation, dans cette zone claire peut apparaître un anneau opalescent immédiatement au contact des colonies.

L'évaluation du nombre de bactéries par mL se fait selon la formule suivante :

$$N = \frac{n}{V} \times d$$

N : Nombre de bactéries par mL, est exprimé en unité formant colonie par ml (UFC/ml)

n : Nombre de colonies compté

d : dilution de l'échantillon

V : Volume de l'inoculum (ml)

4.2.1.2.4. Recherche des salmonelles :

La recherche des salmonelles se fait en sept jours :

➤ 1^{er} jour : préenrichissement :

Incuber le flacon constituant la dilution mère, et qui est réservé aux salmonelles, à 37°C pendant 24h.

➤ 2^{ème} jour : enrichissement :

Après incubation 24h à 37°C , ajoute au flacon de sélénite 20 disques SFB ;

Un deuxième enrichissement dans un tube à essai qui est un milieu sélénite (bouillon), 1 ml (20 gouttes) d'échantillon sans oublier un disque d'SFB. Incuber 24h à 37°C

➤ 3^{ème} jour : isolement :

Après incubation 24h à 37°C, faire un isolement par stries sur Hektoen.

➤ 5^{ème} jour : deuxième isolement : Faire un isolement par stries sur Hektoen et incubé pendant 24h à 37°C.

➤ 6^{ème} jour :

Les colonies suspectes (colonies bleu-vert à centre noir) de salmonelles sont ensemencées sur TSI

➤ 7^{ème} jour : Lecture et identification

4.2.1.2.5. Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures

Les levures et moisissures sont des agents importants de détérioration des aliments acides ou à faible activité d'eau. Les mycotoxines qu'ils excrètent et présentes dans les aliments inspirent des préoccupations croissantes.

Ces microorganismes sont souvent isolés et dénombrés sur des milieux acidifiés. L'interprétation du comptage des levures dans les aliments est simple. Par contre la signification des dénombrements des moisissures est considérablement influencée par les traitements d'homogénéisation et la forme principale sous laquelle se présente la moisissure : développement mycélien ou au contraire sporulation.

Mode opératoire :

Les Levures et moisissures sont recherchées et dénombrées selon le protocole suivant, comme le montre le schéma 2 ci après.

A partir des dilutions décimales, 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Sabouraud au chloramphénicol, comme l'indique La figure 15.

Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis mettre dans un endroit propre à température ambiante pendant 5 jours.

Dans le souci de ne pas trouver en face de boîte envahies soit par les Levures soit par les Moisissures, effectuer des lectures et des dénombrement quotidiennement (levures et Moisissures).

Lecture et interprétation :

Au moment de la lecture, commencer obligatoirement par le témoin négatif (diluant TSE), S'il y a contamination, l'analyse est ininterprétable donc à refaire.

Le nombre doit être exprimé par ml ou gramme du produit analysé, donc il faut multiplier par 5 et par l'inverse de la dilution.

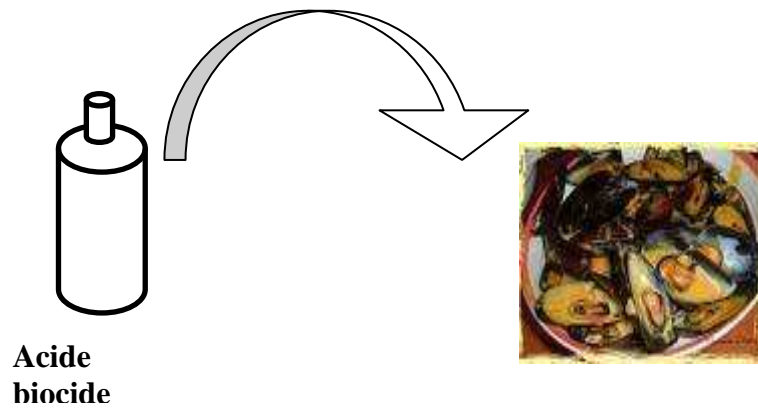


Figure10: Rinçage des moules avec de l'acide biocide



Figure 11: Broyeur stomacher

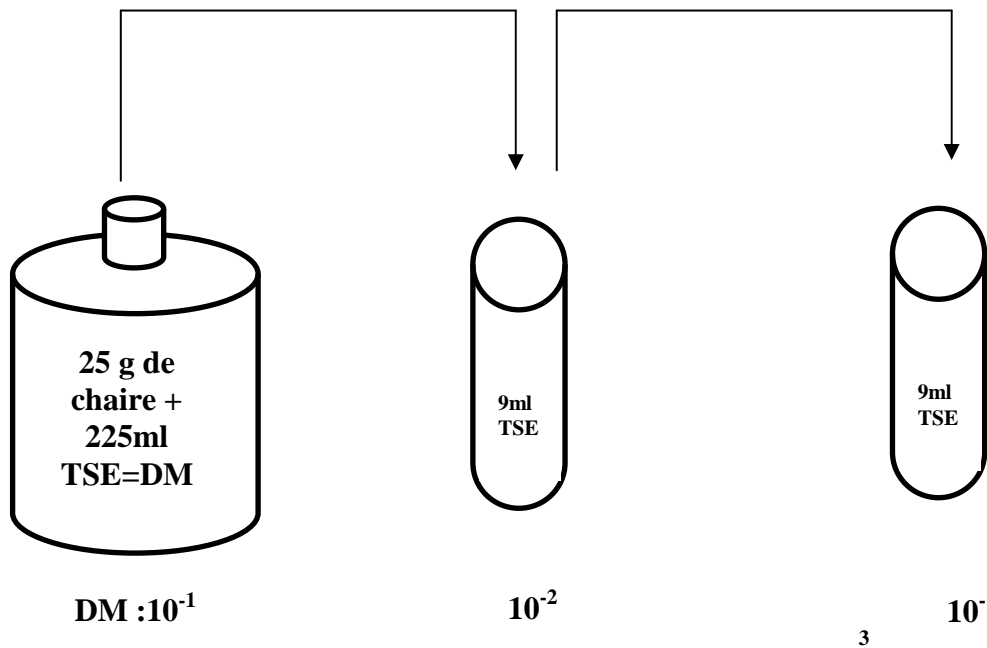


Figure 12: Dilution des produits solides

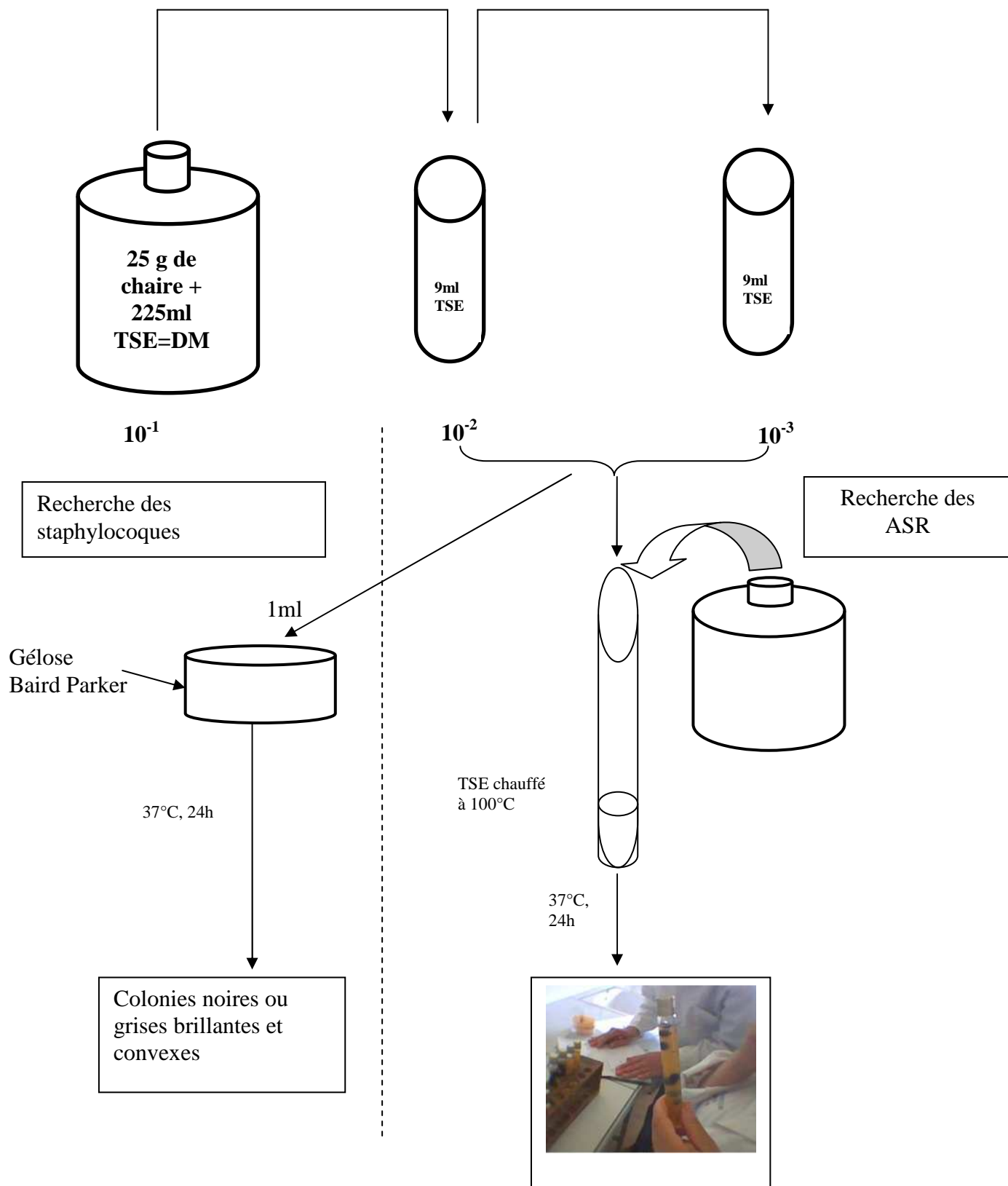


Figure 13: Recherche des staphylocoques et des Anaérobies sulfitoréducteurs dans les moules

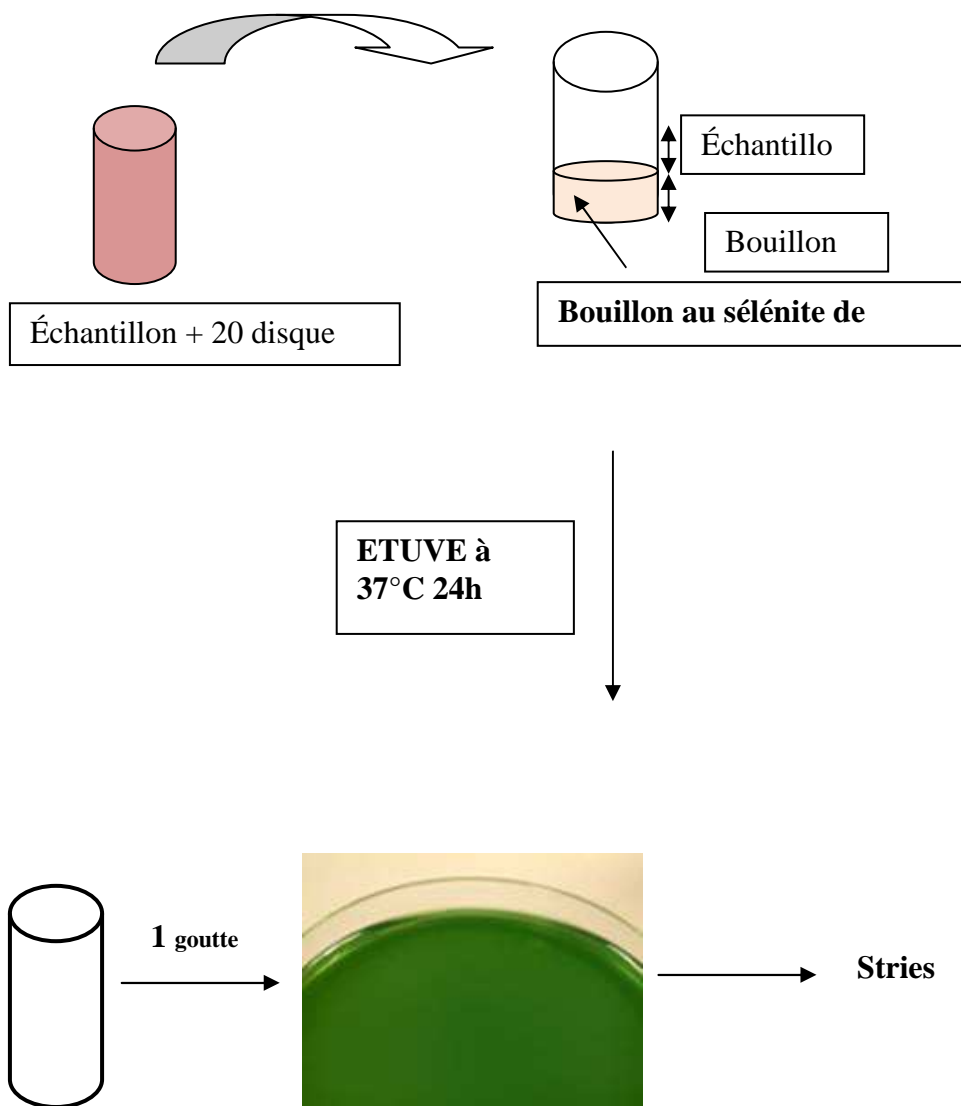
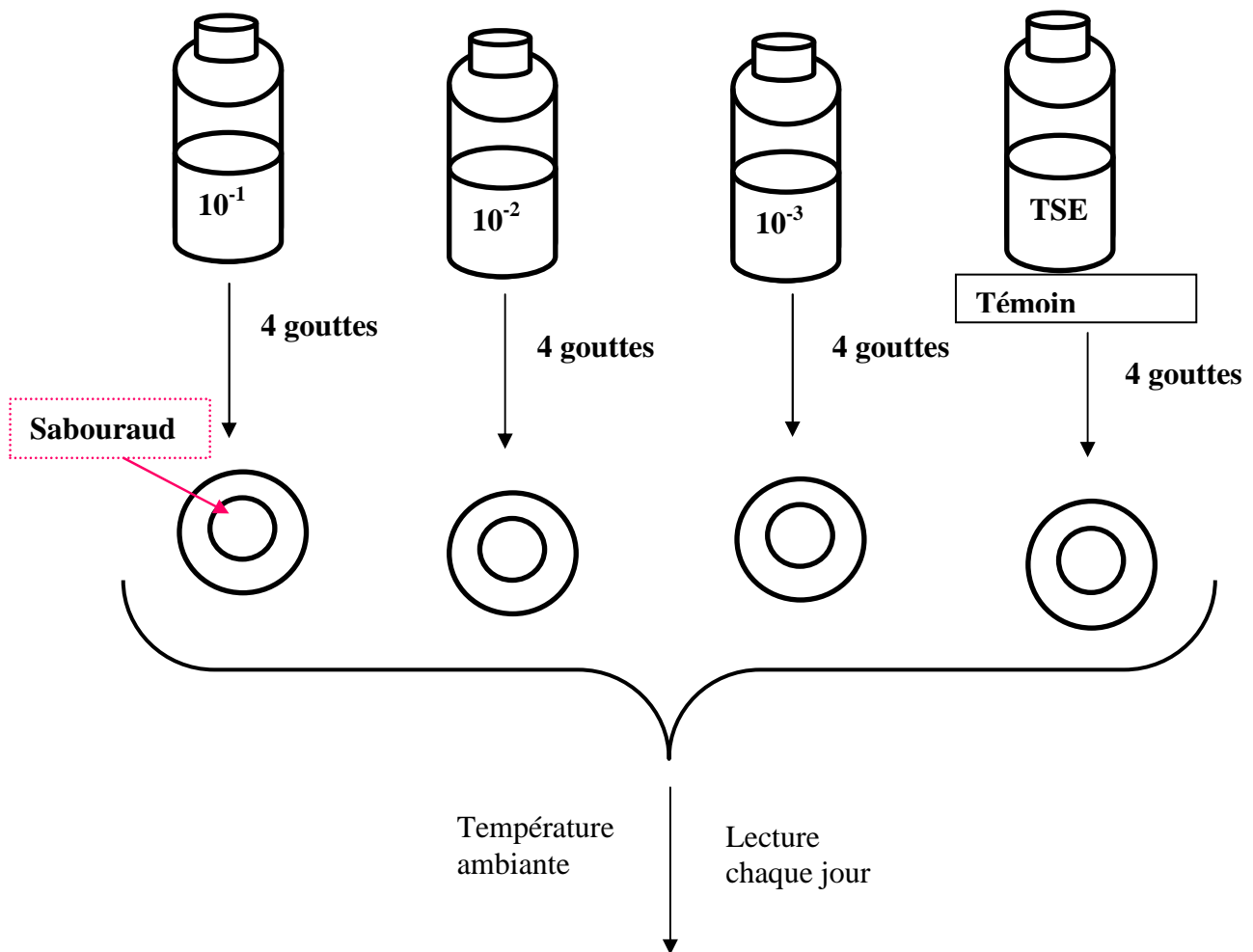


Figure 14: Recherche des salmonelles dans les moules



Aspect des levures après 5 jours

Figure 15: Recherche des levures et des moisissures

4.2.2. Techniques de confirmation et d'identification :

4.2.2.1. La coloration de Gram :

Avant la réalisation de cette coloration, on doit d'abord préparer un frottis :

Déposer une goutte d'eau stérile sur une lame ensuite ajouter une colonie isoler d'une boites pour créer une suspension bactérienne et à l'aide d'une pipette on fait des étalements. Il faut obtenir un frottis fixé, cette fixation se fait Par une flamme pendant 10 à 15 secondes.

La coloration de gramme se réalise en 4 étapes :

Etape1 : les bactéries sont colorées en violet par un colorant basique tel que le violet de gentiane pendant 30s à 1 min puis par une solution de lugol (20s) en deux fois pour assurer la fixation de colorant interne.

Etape2 : les bactéries sont soumises à l'action de l'alcool ou d'un mélange alcool + acétone (5 à 10s). Les bactéries se répartissent en deux catégories : celles qui conservent la coloration violette et qui sont qualifiées de bactéries à Gram positif et d'autres qui deviennent roses et qui sont appelées bactéries à Gram négatif.

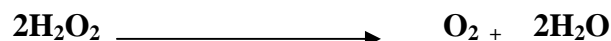
Le mécanisme de cette coloration est connu. Le violet de gentiane se fixe sur des composants cytoplasmiques et après ce temps de coloration, toutes les bactéries sont violettes. Chez les bactéries à Gram négatif, la paroi, riche en lipides, laisse passer l'alcool (ou le mélange alcool + acétone) qui décolore le cytoplasme alors que, chez les bactéries à Gram positif, la paroi constitue une barrière imperméable à l'alcool et le cytoplasme demeure coloré en violet

Etape3 : afin de mieux visualiser les bactéries décolorées, on procède à un traitement par la fuschine (30s à 1min). Les bactéries à Gram positif apparaissent alors violettes et les bactéries à Gram négatif se recolorent en rose.

Etape 4 : observation microscopique à grossissement (x 1000) avec une goutte d'huile a immersion

4.2.2.2. Le test de catalase :

Cette enzyme catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui est produit par certaines réactions cellulaires et est très toxiques, donc c'est l'une des enzymes chargée d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation (PELMONT, 1993 ; in Aichiou et Echchatabi, 2006). La réaction catalysée est la suivante :



Sur une lame de verre propre, déposer une goutte de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) puis la mettre en contact avec une colonie isolée prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur. La présence de catalase se traduit par l'apparition de bulles d'oxygène.

4.2.2.3. Le test d'oxydase :

C'est un test fondamental pour orienter l'identification des bacilles Gram -. Il met en évidence la présence dans les bactéries d'une enzyme appelée « la cytochrome oxydase » qui est capable d'oxyder la forme réduite de dérivés « N-méthylés du paraphénylènediamine » en semi-quinone caractérisé par une couleur rose violacée.

Ce test est réalisé à l'aide d'une plaque de marque « BD BBL Dryslide » contenant quatre petits carrés pré-imprégné par un réactif et destiné chacun à tester une colonie bactérienne.

Ecraser, avec une effilure d'une pipette Pasteur, une colonie de germe à étudier sur le petit carré. S'il y a apparition d'une tache violette au bout de 30 secondes, on pourra conclure que la bactérie est oxydase + et qu'elle possède la cytochrome oxydase, dans le cas contraire la bactérie est oxydase - (figure 16).

4.2.2.4. Le test de la coagulase :

La coagulase est une enzyme capable de faire coaguler le plasma sanguin. La mise en évidence de la Coagulase dans un bouillon de culture de *Staphylococcus* est considérée comme un critère absolu d'identification de *Staphylococcus aureus*.

Dans un tube à hémolyse stérile, introduire 0,5 mL de plasma oxalaté + 0,5 mL d'une culture de 18 h en bouillon coeur cerveau de la souche à étudier. Placer le mélange à 37°C. Des lectures doivent être effectuées toutes les heures au moins pendant les cinq premières heures.

Si le plasma coagule en moins de 24h, le germe possède une coagulase (coagulase +). Sinon le germe est dit coagulase négative .

4.2.2.5. L'identification par la méthode des galeries API :

Les galeries Api utilisent plusieurs types de tests : Etude de la fermentation de divers glucides, recherche directe d'un enzyme. Chaque tubule contient un substrat différent sur lequel le micro-organisme considéré va réagir. Ils sont remplis d'une suspension bactérienne calibrée (de densité différente selon le germe).

La première galerie API apparue dans le monde de la microbiologie a été la galerie Api 20E destinée à l'identification des Entérobactéries. Etendu à l'identification d'autres micro-organismes, ce principe a généré toute une gamme de galeries parmi lesquelles celles qu'on a utilisées dans notre travail:

- API® Staph pour les Staphylocoques
- API® Strep pour les Streptococcus
- API 20E

a. Ensemencement d'une galerie API :

➤ Préparation de la galerie

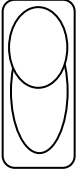
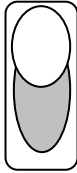
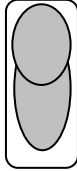
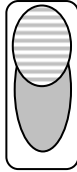
- mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au dessus de l'évier.
- Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.
- Recouvrir la boîte avec son couvercle.
- Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

➤ Préparation de l'inoculum :

Réalisez une suspension de la souche à étudier. La suspension doit avoir une densité suffisante

➤ Inoculation de la galerie :

Remplir les cupules de suspension à l'aide d'une pipette Pasteur stérilisée en évitant les bulles d'air. Le mode de remplissage est le suivant :

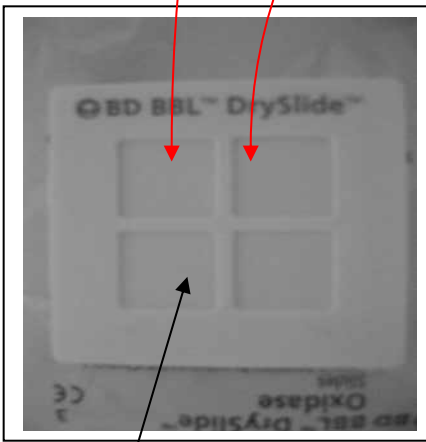
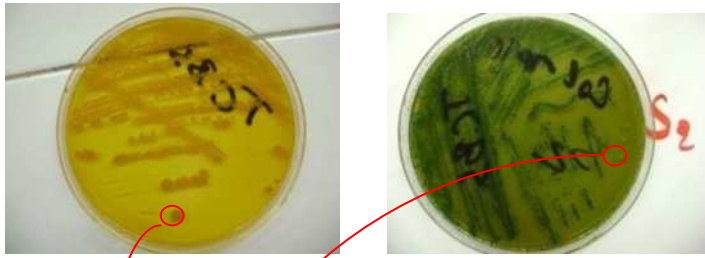
<p>Cupule vide</p> 	<p>Cupules simples ex : GEL Remplir la partie inférieure</p> 	<p>Cupules encadrées ex : <u>CIT</u> ; <u>VP</u> Remplir la cupule en entier</p> 	<p>Cupules soulignées ex : <u>H₂S</u> Remplir la partie inférieure puis compléter avec de l'huile de vaseline</p> 
--	--	--	--

➤ Incubation :

L'incubation des galeries se fait à 37°C pendant 24h.

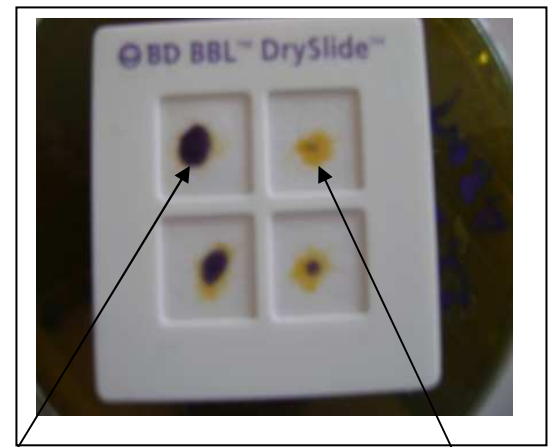
b. Lecture des galeries :

Après addition des réactifs nécessaires à la révélation de différents tests, la galerie est lue conformément aux indications du fabricant. Pour cela, les tests sont groupés par trois successivement de gauche à droite, les derniers triplets pouvant inclure des caractères bactériens comme la morphologie, le Gram, la mobilité, l'oxydase, la catalase, etc. qui ne sont étudiés dans la galerie mais qui sont indispensables à son interprétation. Les tests négatifs sont toujours codés 0 alors que le code affecté aux tests positifs varie selon la position du test dans le triplet : 1 pour le premier test, 2 pour le second, 4 pour le troisième. Les 3 résultats du triplet sont additionnés. Les sommes de chaque triplet lues de gauche à droite forment un code d'au moins 7 chiffres qui correspond au profil biochimique du micro-organisme étudié. La comparaison de ce code à ceux référencés dans la base de données permet en général d'identifier ce micro-organisme. Si le code numérique obtenu ne figure pas dans cette base de données, il peut s'agir d'un profil ou d'un micro-organisme non référencé, mais la cause la plus fréquente reste un problème technique (inoculum non respecté, paraffine oubliée, réactifs périmés, etc.). (figure 17)



Petit carré mouillé et pré-
imprégné par un réactif

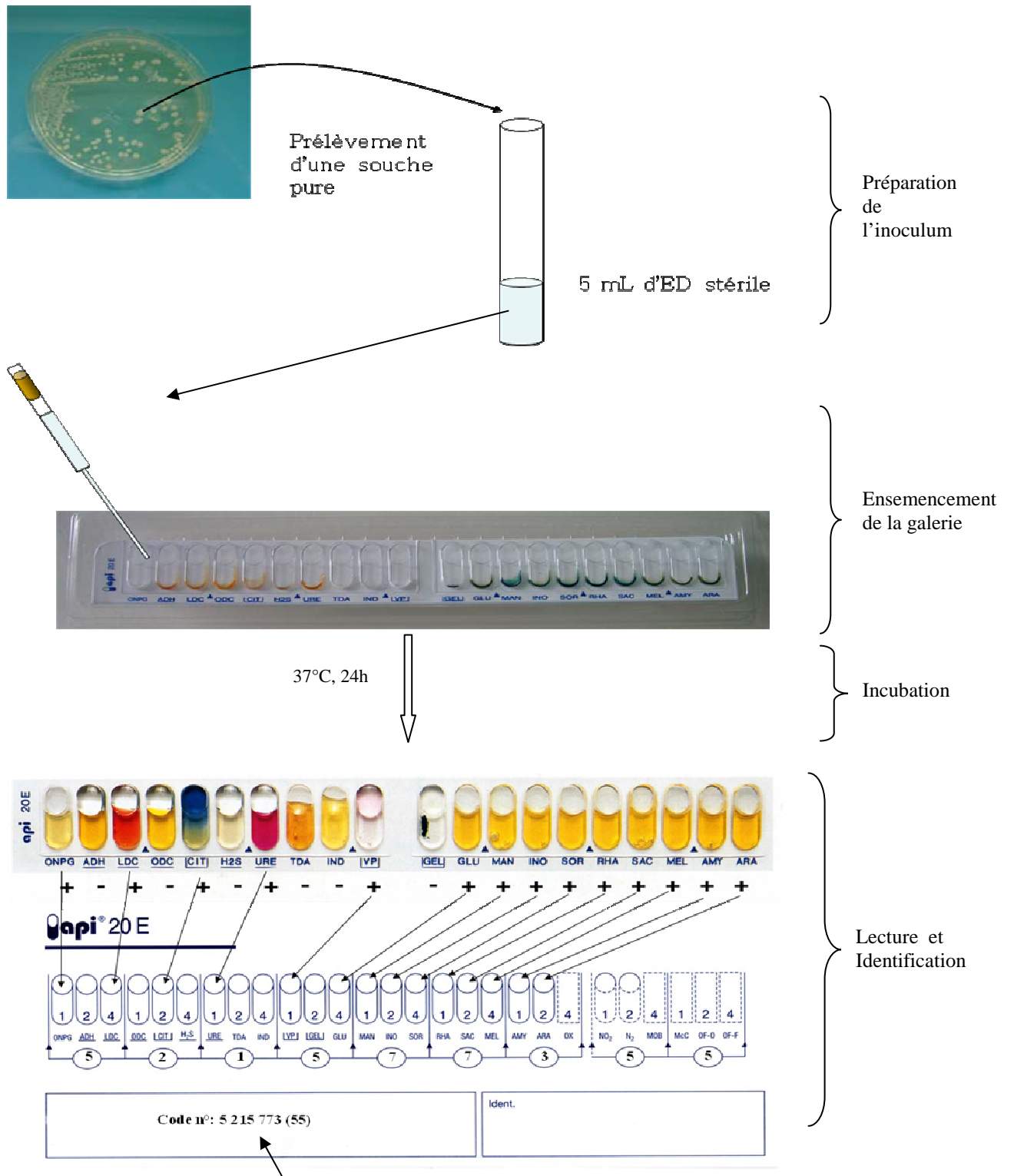
30s



Oxydase+

Oxydase -

Figure16 : Test d'oxydase



Se référer au catalogue pour l'identification de la souche à d'un code

Figure 17: Identification biochimique des bactéries

Résultats
et
discussion

Dans le cadre de notre étude, la fréquence d'échantillonnage de l'eau de mer a été fixée à 06 pour une période allant du mois de mars au mois de mai, à raison d'une fois par semaine.

Treize stations (sites de prélèvements) ont été choisies sur la base des études préliminaires de la zone.

Quant aux moules, les prélèvements ont été fait en surface et en profondeur (15m) au niveau de la station S5 sur un rocher, une fois au mois de mars et une autre au mois de mai.

Les échantillons ont fait l'objet des analyses physico-chimiques (eau) et bactériologiques (eau et moules), et les taux obtenus ont été comparés aux normes Algériennes en vigueur (voir annexe 06)

1. Evaluation des paramètres physico-chimiques de l'eau:

1.1. La température :

La température a été prise à 30cm de la surface de l'eau. Durant toute la période d'étude, la température moyenne fluctue entre 16,6°C à 17,2°C selon les stations (Figure 18)

La distribution spatiale des températures montre la présence d'une aire d'eau chaude au niveau des stations S₁ et S₂, situées à proximité de Kaa Essour, cela peut être expliqué par le fait que cette température est influencée par celle des eaux usées déversées à ce niveau.

Cette température diminue progressivement en s'éloignant de ce point de rejet et en allant de la côte vers le large.

Globalement, la température moyenne de l'eau du site étudié suit celle de l'air qui dépend du climat régional de type méditerranéen. (Aminot et Kérouel, 2004), sachant que la moyenne des températures de l'air caractérisant les jours de prélèvement est de 16,44°C.

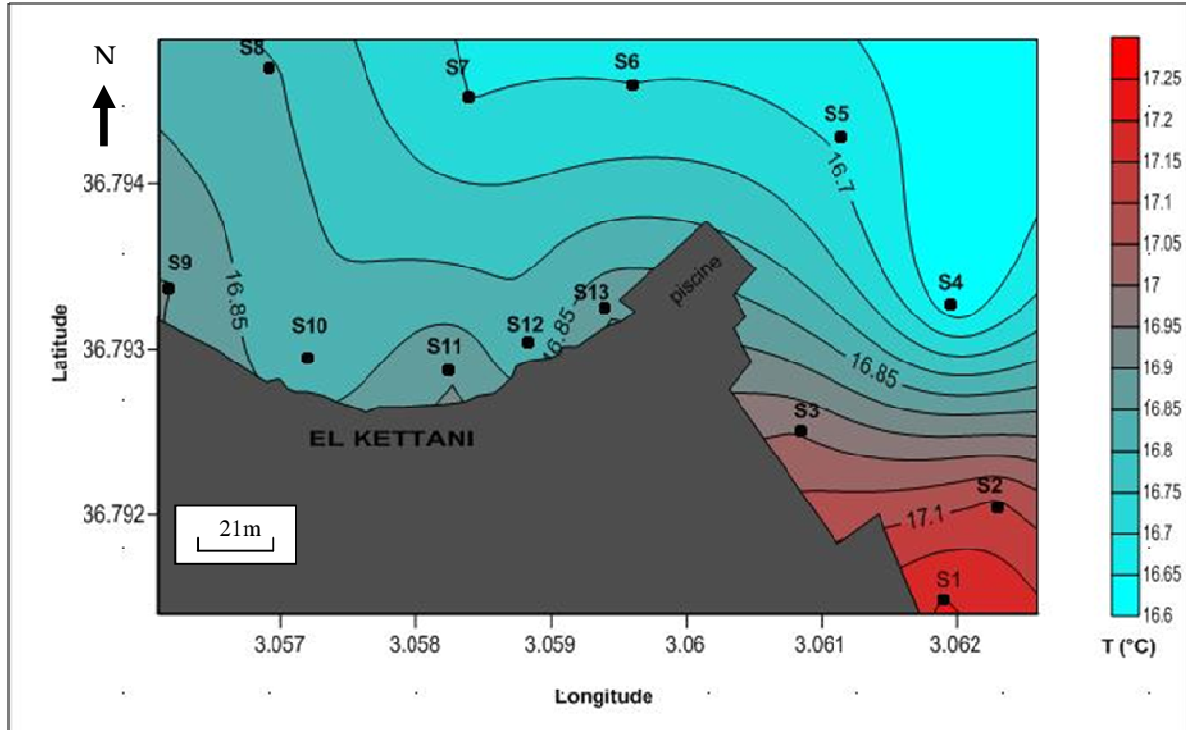


Figure 18: Variations des valeurs moyennes de la température de l'eau dans la zone étudiée

1.1. La salinité :

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs moyennes de la salinité fluctuent entre 31,5 et 36,7 PSU (unité pratique de salinité) selon l'éloignement et la proximité des rejets, avec des taux faibles observés au niveau de la station S₁ proche de Kaa Essour (31,5 PSU) et de la station S₉ proche d'Oued M' Kassel (34,2 PSU), cela s'explique par l'apport important en eau douce à ces niveaux (figure 19). Les hôpitaux, par leur grande consommation d'eau, donnant ainsi naissance à de grands volumes de rejets liquides, participent en force à ce phénomène, en sachant que le volume d'eau rejetée ramené au nombre de lit est quatre à cinq fois plus élevé que celui d'eau rejetée par un habitant moyen (Jehannin, 1999).

Mais en s'éloignant de ces deux points de rejets, la salinité tend à augmenter progressivement pour atteindre son maximum (36,7 PSU) au niveau des stations S₄, S₅, S₆ et S₇ situées au large et loin de tout apport externe en eaux douces. Ces valeurs sont conformes à celles des eaux côtières méditerranéennes qui se situent entre 36 et 37 PSU. (Aminot et Chaussepied, 1983)

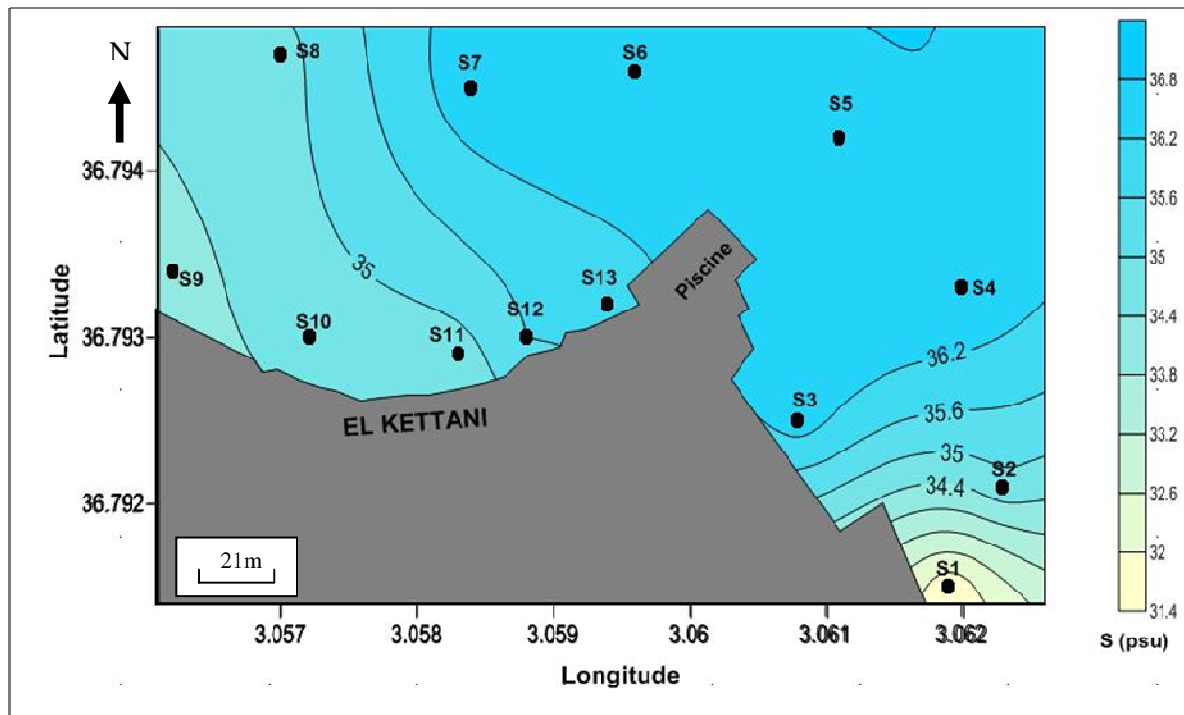


Figure 19: Variations des valeurs moyennes de la salinité dans la zone d'étude

1.1. L'oxygène dissous :

Les valeurs moyennes de l'oxygène dissous enregistrées sont comprises entre 6,5 et 9 mg/l selon les stations, avec de faibles teneurs au niveau des stations S₁ (6,5 mg/l), S₈ (6,8 mg/l) et S₉ (6,8 mg/l) (figure 20). Plusieurs explications peuvent être retenues dont les plus importantes sont : leur richesse en matières organiques apportées par les rejets, entraînant, ainsi, une consommation importante d'oxygène lors des processus d'oxydation (Aminot et Kérouel, 2004) ; la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface par la présence en quantités importantes des graisses et des détergents (très utilisés dans les hôpitaux), et l'élévation de la température de l'eau notamment au niveau de S1 entraînant ainsi une diminution de la solubilité de l'oxygène et sa consommation par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient. (Rodier, 2005)

En s'éloignant des rejets, ces valeurs commencent à s'accroître de plus en plus pour atteindre leur maximum (9mg/l) au niveau des deux stations S₁₂ et S₁₃ caractérisées, d'une part, par leur éloignement des rejets, et donc par leur pauvreté en matières organiques et en matières grasses, et d'autre part, par l'agitation due aux vagues qui frappent au niveau de la côte ce qui a permis probablement l'aération de ces eaux de surface.

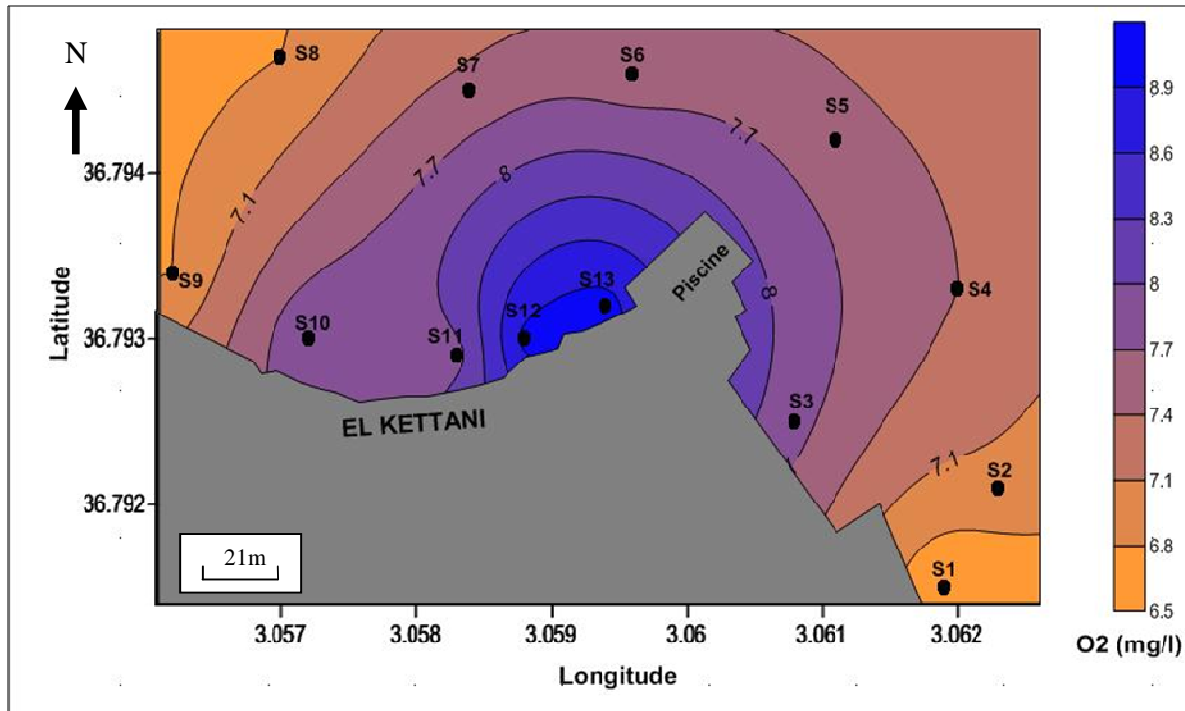


Figure 20: Variations des valeurs moyennes de l'oxygène dissous dans la zone d'étude

1.1. Le pH

Les valeurs moyennes du pH mesurées dans l'ensemble des stations indiquent des fluctuations entre 6,99 et 8,21. Les valeurs les plus basses sont observées au niveau des stations recevant directement les déversements des eaux usées (S₁, S₂, S₈, S₉). Selon Aminot et Kérrouel (2004), l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par les rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel. De ce fait donc les rejets hospitaliers et urbains par leur apport important en matières organiques et la nature acide de l'ensemble des produits fréquemment utilisés notamment pour le nettoyage et la désinfection du matériel, participent de manière active à modifier ce pH.

Il est intéressant de noter que les effluents hospitaliers présentent des pH pouvant aller jusqu'à 5,8. (Dremont et Hadjali, 1999)

Par contre, les valeurs les plus élevées sont observées dans les stations se trouvant au large (S₄, S₅, S₆, S₇, S₈) à cause de leur éloignement des rejets et l'effet tampon des eaux marines. (Rodier, 2005)

Malgré ces fluctuations, les valeurs du pH restent inférieures aux limites fixées par la législation algérienne pour les eaux de baignade (6- 8). (JORA n°46 du 14 juillet 1993).

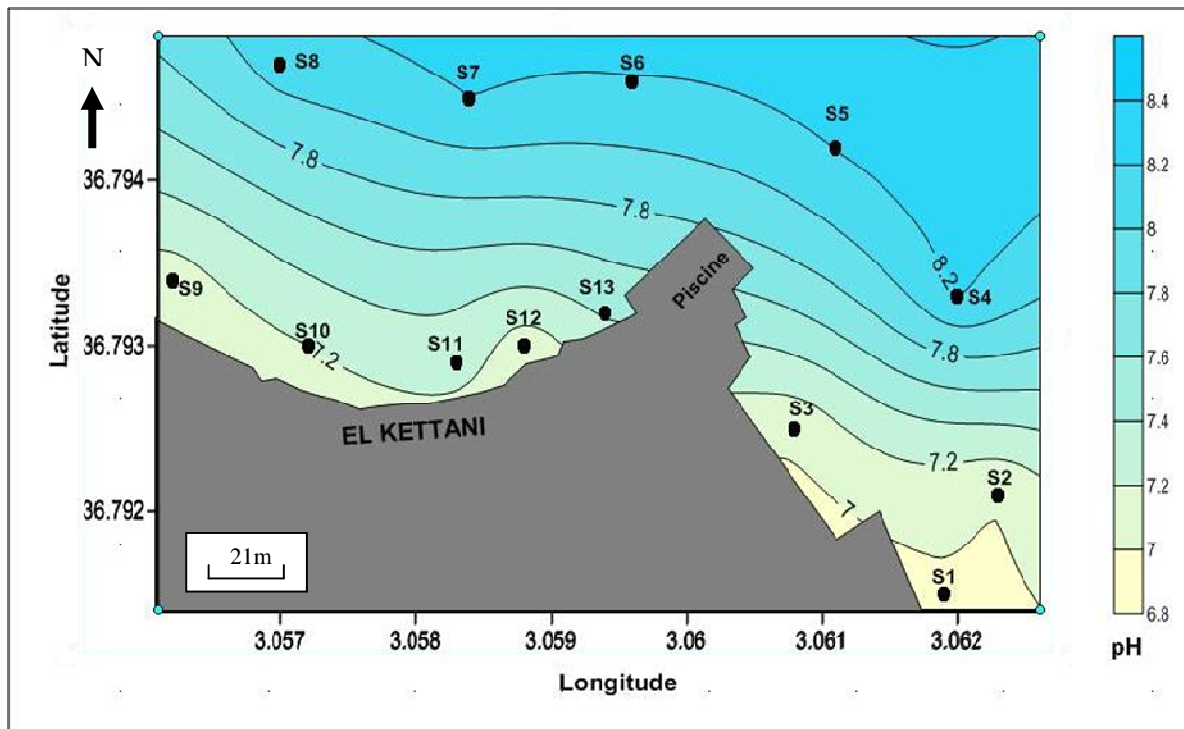


Figure 21: Variations des valeurs moyennes du pH dans la zone d'étude

1.1. Les matières en suspension (MES) :

Les valeurs des matières en suspension dans la zone varient d'une façon hétérogène : entre 0,25 et 0,6 g/l. les eaux superficielles des stations S₁ et S₂ situées à proximité de Kaa Essour sont très turbides, c'est pourquoi le taux des MES à ces niveaux atteint les valeurs maximales avec 0,6 g/l pour la station S₁ et 0,42 g/l pour S₂. La valeur la plus basse a été enregistrée au niveau de la station S₁₃ avec 0,25 g/l due à son éloignement des rejets (Figure 22)

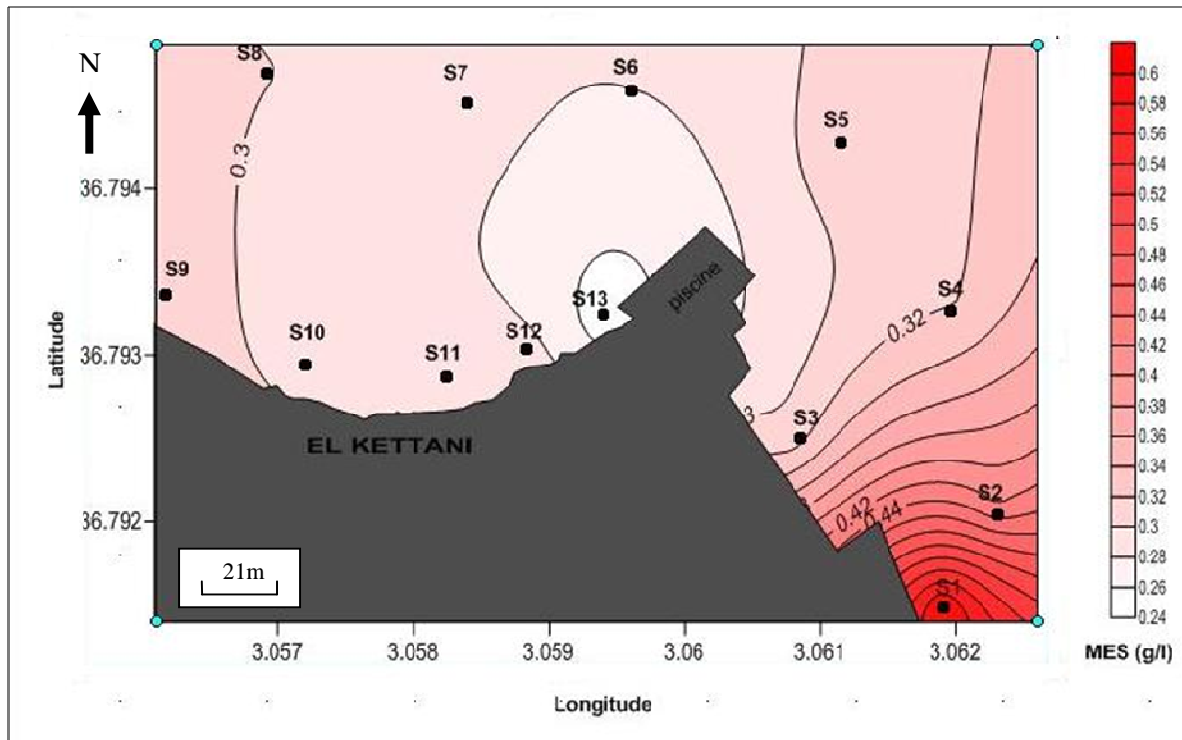


Figure 22: Variations des valeurs moyennes des matières en suspension dans la zone d'étude

1.1. La matière organique :

Les résultats montrent une très forte concentration en matière organique observée au niveau de la station S₁ (0,43 g/l) due à son approche direct du rejet de Kaa Essour qui apporte des quantités importantes en polluants organique. Une participation significative des effluents hospitaliers à ce phénomène s'avère claire vu la présence dans ces effluents des quantités non négligeables de matières organiques tels que les effluents biologiques des malades (sang, urines, selles...) (Coralie et al., 2002) et les autres micropolluants (glutaraldéhyde, chloroforme, dichlorométhane...) (Emmanuel, 2003).

Selon Jehannin (1999), les quantités rejetées en matières organiques par lit sont 3 à 7 fois supérieures à celles d'un équivalent habitant (EH).

En s'éloignant de cette station, les valeurs de la MO diminuent progressivement jusqu'à atteindre la valeur minimale 0,1 g/l signalée au niveau de la station S13.

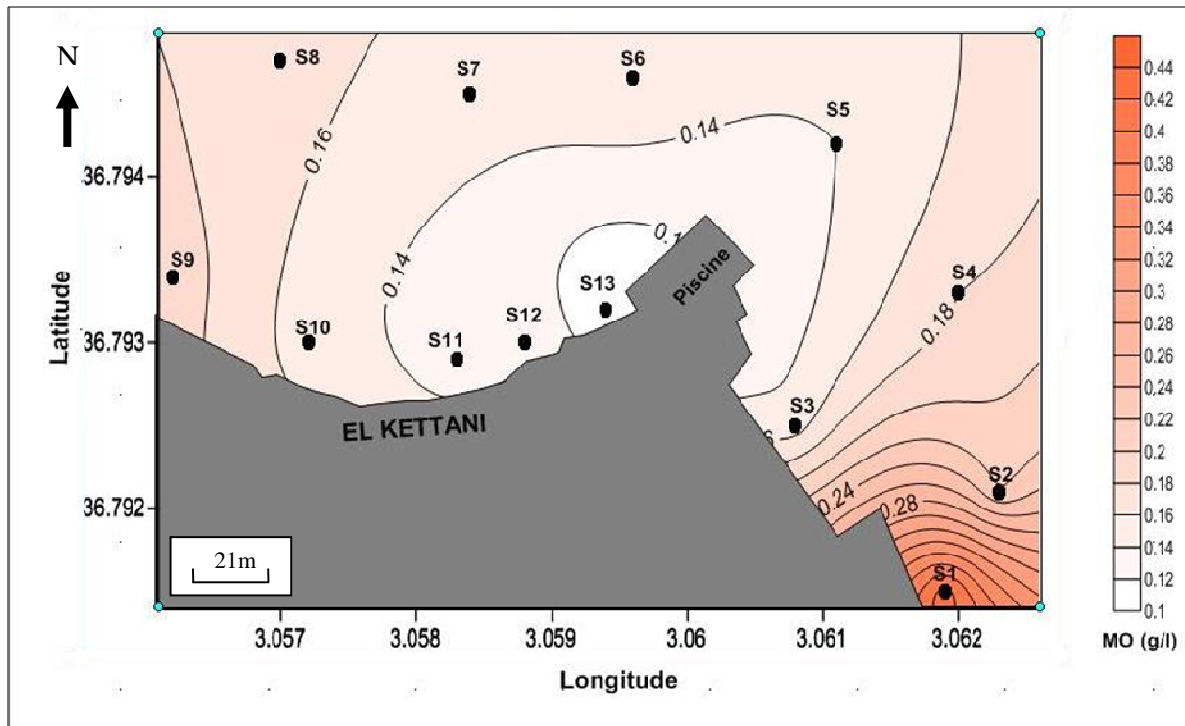


Figure 23: Variations des valeurs moyennes de la matière organique dans la zone d'étude

1.1. La DBO₅ :

Les résultats des mesures de la DBO₅ montrent une forte valeur au niveau de la station S₁ (25 mg/l) suivie par les stations S₄ (20 mg/l), confirmant ainsi leur pollution et leur pauvreté en oxygène. Les deux autres stations exposées au rejet d'Oued M' kessel à savoir S₉ et S₇ sont exposées à une pollution moins importante en les comparant aux précédentes puisque les valeurs enregistrées sont respectivement de l'ordre de 15mg/l et 10 mg/l. Ces résultats viennent conforter ceux obtenus pour l'oxygène dissous.

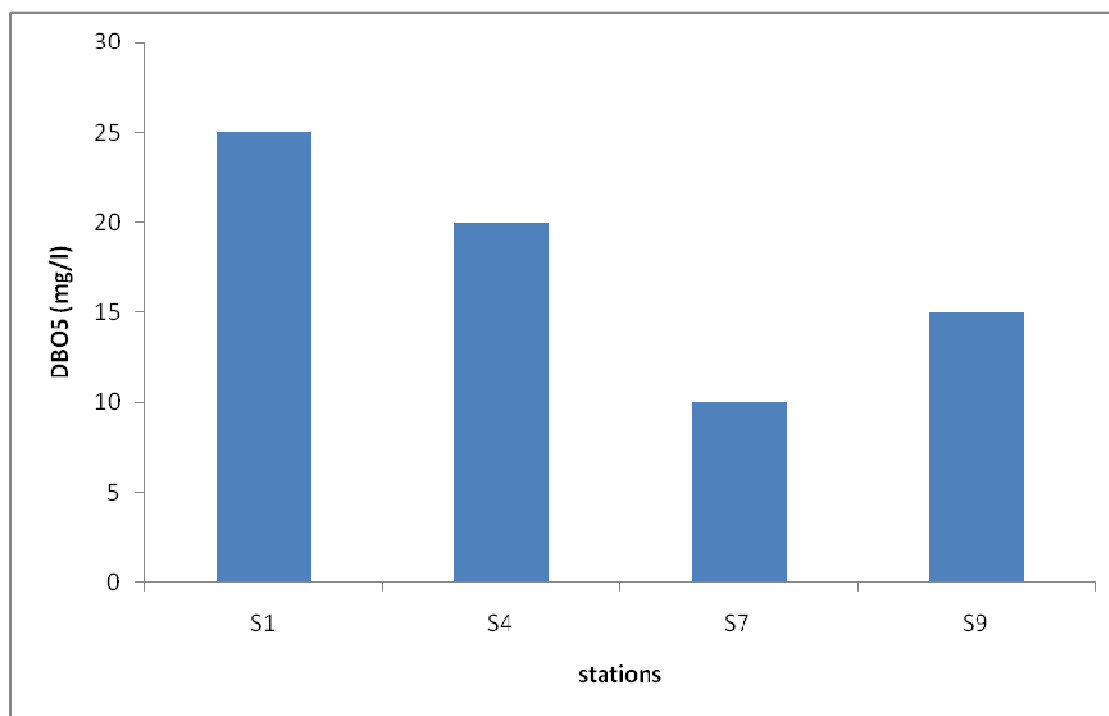


Figure 24: Variations des valeurs moyennes de la DBO5 dans quatre stations de la zone d'étude

1. Evaluation des paramètres bactériologiques :

Les études de bactériologie quantitative portant sur les eaux littorales s'avèrent difficiles, et une grande variabilité apparaît souvent dans les résultats. Celle-ci peut s'expliquer par l'irrégularité des apports bactériens, les paramètres météorologiques, les facteurs hydrodynamiques, et l'analyse bactériologique elle-même. (Breitmayer J.P. et Gauthier M.J. 1979, in Plusquellec et al., 1986).

1.1. Evaluation des paramètres bactériologiques de l'eau :

1.1.1. Résultat de recherche et de dénombrement des germes indicateurs de la pollution :

1.1.1.1. Les coliformes totaux :

A l'exception des trois stations S₄, S₅, et S₆ qui sont situées au large et éloignées des deux points de rejets, toutes les autres stations ont présenté des colonies confluentes, trop nombreuses pour être dénombrées sur milieu Tergitol, notamment au niveau des stations S₁ et S₂. et cela malgré la dilution de ces échantillons avant la filtration.

Ces résultats montrent que les concentrations dépassent largement le nombre impératif fixé par l'OMS en 1995 (10000 CT/100ml). Ce qui indique que l'effluent déversé est très chargé en CT.

Pour les stations S₄, S₅, et S₆ les concentrations moyennes en CT sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs impératives (500 et 10000 CT/100 ml). Elles sont respectivement de l'ordre de 1052, 940 et 2040 CT/ 100 ml.

Cette diminution dans le nombre des coliformes en s'éloignant du point de rejet est due aux phénomènes de dilution et d'autoépuration des eaux qui font disparaître 90% des coliformes au bout d'environ 1 à 2 heures. (Gauthier et al, 1991).

1.1.1.1. Les coliformes fécaux :

Les concentrations les plus élevées en coliformes fécaux ont été enregistrées au niveau des stations S₁ et S₂ dont les boîtesensemencées ont présenté des colonies indénombrables, les valeurs ne sont, donc, pas représentées au niveau de l'histogramme.

En ce qui concerne les autres stations, les concentrations fluctuent entre 162 CF/ 100ml au niveau de la station S₅ et 3744 CF/100 ml au niveau de la station S₉. (Figure 25)

Sur la base de ces données et selon les normes de l'OMS (1995), on conclue que la concentration en coliformes fécaux au niveau des quatre stations S₁, S₂, S₈ et S₉ ont dépassé la norme impérative (2000 CF/100ml), cela apparaît très logique vu la très petite distance qui les sépare des deux point de rejets (Oued M' kessel et Kaa Essour) caractérisés par l'apport important des contaminants fécaux.

Toutes les autres stations présentent des concentrations comprises entre le nombre guide (100 CF/100ml) et le nombre impératif (2000 CF/100ml), elles sont alors dites de qualité moyenne.

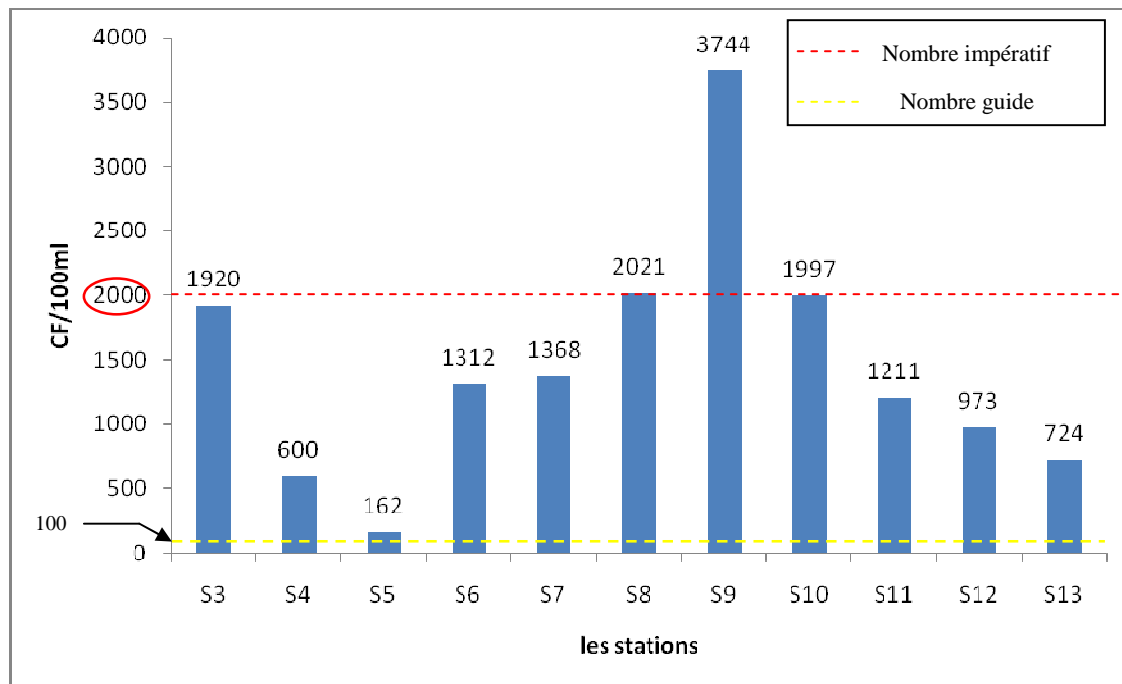


Figure 25: variations des concentrations moyennes des coliformes fécaux (CF) dans la zone d'étude

1.1.1.1. Les streptocoques fécaux :

La contamination des eaux de surface en streptocoques fécaux diffère d'une station à l'autre (figure 26). La station S1 n'a pas été représentée au niveau de l'histogramme, car les germes sont indénombrables, et leur concentration dépasse la valeur impérative fixée par l'OMS (100/100ml). De même pour les autres stations, les concentrations moyennes enregistrées sont supérieures à la valeur guide. Elles varient entre 616 SF/100ml et 120 SF/100ml, à l'exception de deux stations S5 et S6 où les taux enregistrés dans l'ordre (60 et 56 SF/1000ml) sont inférieurs aux normes. De tous les germes fécaux recherchés, la charge en streptocoques fécaux émise par l'émissaire est plus faible, mais ils résistent mieux dans le milieu marin grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (Gauthier et al. 1991 et OMS, 2002).

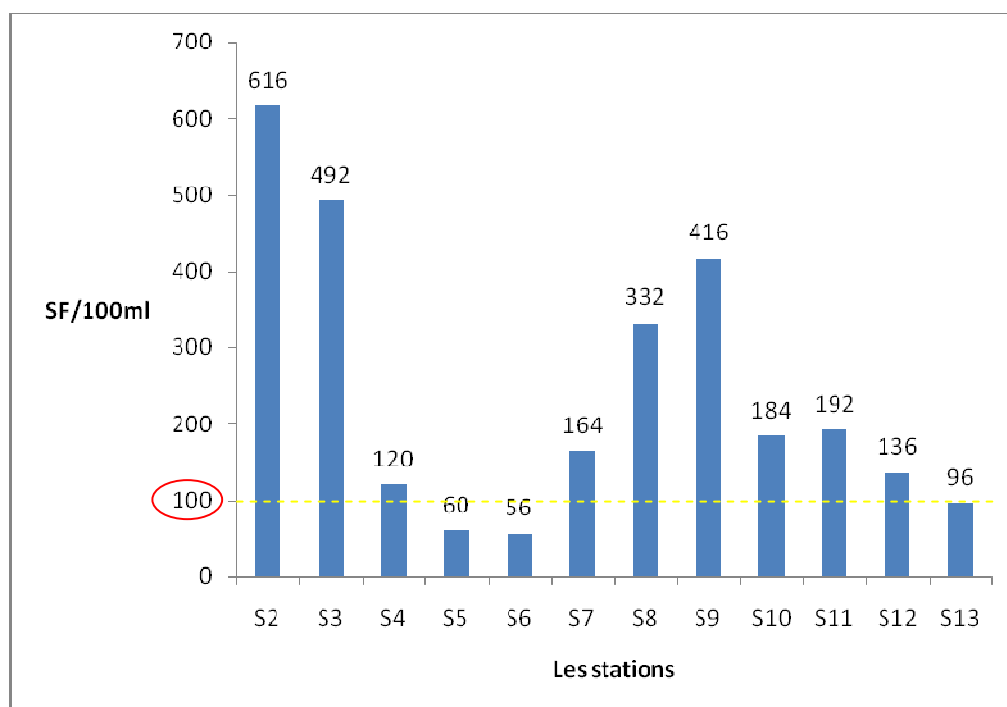


Figure 26: variations des concentrations moyennes des streptocoques fécaux dans la zone d'étude

Il est important de noter que la concentration en coliformes totaux, thermotolérants, et streptocoques d'un effluent d'hôpital et d'un effluent urbain classique sont, semble-t-il, comparables (Rapt, 1992 ; Benard, 1994 ; Wolf environnement, 1994 ; Madalene, 1993. In Jehannin, 1999). La flore bactérienne revivifiable peut même être inférieure à celle d'un effluent urbain classique (Leprat, 1996. In Jehannin, 1999), cela serait à mettre en relation avec la présence de formes chlorées et d'autres substances bactéricides et toxiques (Jehannin, 1999).

1.1.1.1. Les staphylocoques :

Les concentrations moyennes en staphylocoques montrent des fluctuations importantes selon les stations. La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station S9 avec 698 UFC/100ml, alors que le taux le plus faible est relevé au niveau de la station S5 avec 250 UFC/100ml. La station S1 n'apparaît pas au niveau de l'histogramme, car les colonies étaient indénombrables. (Figure 27)

Ces variations concordent parfaitement avec celles enregistrées dans le cas des coliformes et streptocoques fécaux. En effet, les concentrations les plus élevées en ces deux indicateurs ont été enregistrées au niveau des deux stations S1 et S9. Bien que les staphylocoques ne soient pas de considérés comme des indicateurs de contamination fécale, ils restent de très bons indicateurs de proximité. Leur présence en grand nombre à côté des coliformes et streptocoques fécaux, rend probable celle des germes pathogènes dont l'isolement est souvent difficile.

D'après Schlosser (1999), la concentration en staphylocoques pathogènes est beaucoup plus importante dans les effluents hospitaliers que dans les rejets urbains. (Jehannin, 1999). Ces espèces résistent bien à certains antibiotiques tels que la méticilline, (Emmanuel, 2003) et constituent donc un danger particulier pour la santé humaine lorsqu'elles sont apportées par des effluents hospitaliers.

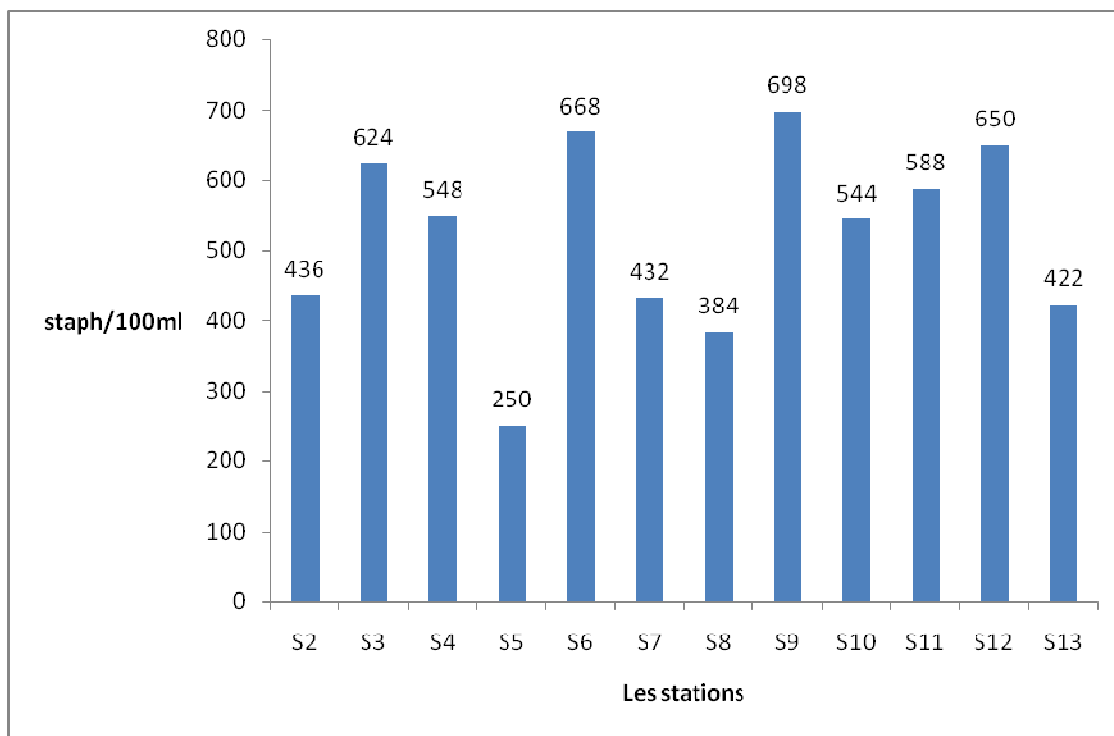


Figure 27 : variations des concentrations moyennes des staphylocoques dans la zone d'étude

1.1.1.1. Les Anaérobies sulfitoréducteurs :

Ce groupe se compose de microorganismes anaérobies sporigènes, dont le plus caractéristique, *Clostridium perfringens*, est normalement présent dans les fèces, mais en bien moins grand nombre qu'*E. Coli*. Toutefois, ils ne sont pas d'origine exclusivement fécale et leur présence dans l'environnement peut avoir d'autres raisons (Emmanuel, 2003). Actuellement, il n'existe aucune norme concernant leur présence dans les eaux de mer car ce test a été abandonné par plusieurs microbiologistes sous prétexte qu'ils ne sont pas de bons indicateurs de pollution. (Rodier, 2005) Les résultats du dénombrement des sulfitoréducteurs montrent des valeurs fluctuant entre 280 et 1360 spores/100ml selon les stations (figure 28). La valeur maximale a été observée au niveau de la station S4, alors que la minimale a été décelée au niveau de la station S5 située au large et loin des deux rejets. Leur présence en grand nombre et dans toutes les stations reflète bien leur très forte résistance aux conditions hostiles de l'environnement maritime par leur capacité de sporuler jusqu'à ce que le milieu redevienne favorable à leur croissance.

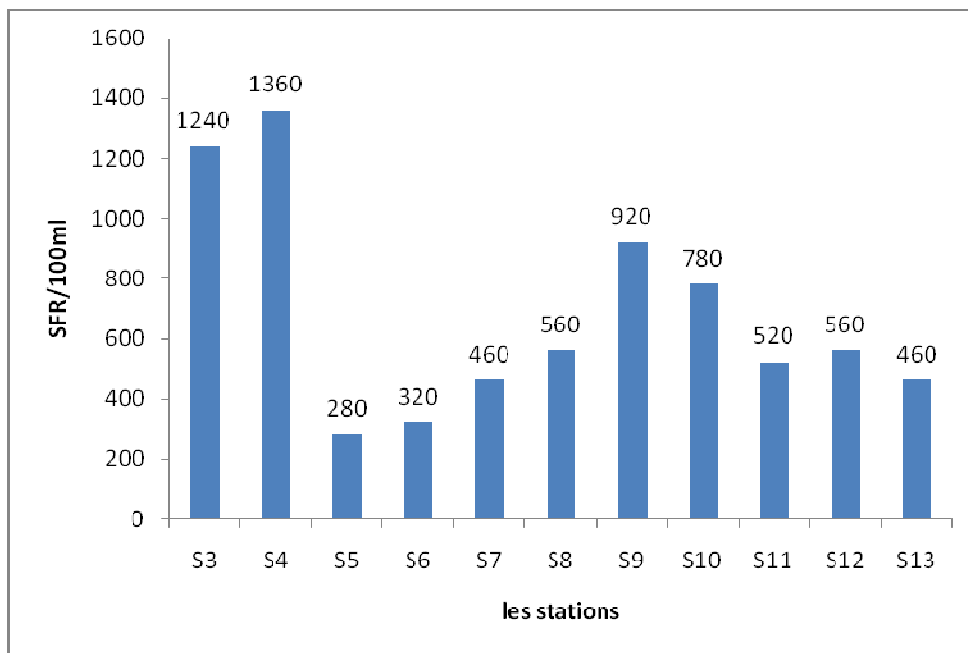


Figure 28 : variations des concentrations moyennes des sulfitoréducteurs dans la zone d'étude

1.1.2. Résultats d'identification des germes pathogènes :

A l'aide des différents tests d'identification précités, nous avons identifié un certain nombre de bactéries plus ou moins pathogènes, dont les plus importants, ainsi que les étapes suivies pour leur identification, sont résumés comme suit :

1.1.2.1. Les entérobactéries :

a) Les salmonelles :

Après plusieurs repiquages des colonies suspectées sur milieu SS, à partir des cultures pures, nous avons procédé à l'identification des espèces.

- La coloration de Gram : bacille Gram (-)
- Le test d'oxydase : Oxydase (-)
- Identification biochimique à l'aide de la galerie API 20E. Trois espèces différentes ont été identifiées à partir des colonies transparentes à centre noir:
 - *Salmonella Enteritidis* au niveau de la station S1
 - *Salmonella Arizonae* au niveau de la station S3
 - *Salmonella Oranienburg* au niveau de la station S9.

Ces bactéries peuvent présenter un danger pour la santé humaine par leur capacité de provoquer plusieurs maladies tels que les gastro-entérites.

De plus les salmonelles sont connues comme acceptant bien les plasmides et présentent souvent une résistance à un ou plusieurs antibiotiques (Astie- Deyna, 1982. In Jehannin, 1999), donc l'origine hospitalière de ces germes retrouvés en mer n'est pas à écarter, et si c'est le cas le risque pour la santé publique sera multiplié.

b) Enterobacter :

Ils appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ils sont considérés comme des agents bactériens qui se retrouvent dans les eaux polluées qu'elles soient ou non salées ; ils restent parmi les témoins majeurs de la contamination par les égouts et les matières fécales (Brisou, 1978).

Quatre espèces différentes ont été identifiées, à l'aide des galeries API 20E, à partir des colonies rouges isolées sur SS :

- *Enterobacter asburiae* : au niveau de la station S2.
- *Enterobacter intermidins* : au niveau de la station S1.
- *Enterobacter cloacae* : au niveau de la station S7.
- *Enterobacter aerogenes* : au niveau de la station S6.

Pour les deux premières, leur présence au niveau de ces deux stations apparaît logique vu leur proximité des deux points de rejets, caractérisé par l'apport de grandes quantités de matières fécales.

Les deux dernières espèces, par contre, ont été isolées au niveau des stations les plus éloignées des points de rejet. Cela est dû au phénomène de la dispersion des bactéries qui se fixent sur les particules en suspension et suivent ainsi la destinée de la diffusion des eaux. (Aubert, CIHEAM-options méditerranéennes. n° 19).

a) *Citrobacter freundii* :

C'est une espèce appartenant au genre *Citrobacter*. Elle est pathogène opportuniste et dans la plupart des cas, elle est à l'origine des infections nosocomiales. Leur présence dans les effluents hospitaliers leur acquiert une résistance à certains antibiotiques d'où un risque supplémentaire pour la santé humaine.

Cette espèce a été identifiée dans les deux stations S9 et S12 situées près des côtes et exposées directement aux rejets du collecteur R'MILA.

b) *Escherichia coli* :

Elle est identifiée au niveau de toutes les stations, à l'aide de la galerie API 20E à partir des colonies rouge isolées sur le milieu SS et des colonies jaunes sur Tergitol.

C'est une bactérie commensale de l'intestin et ne survit que peu de temps à l'extérieur. Sa présence traduit donc une contamination fécale récente. (Joffin et al., 1999)

Naturellement sensible à de très nombreux antibiotiques, l'émergence puis la diffusion de différents mécanismes de résistance acquise au sein de cette espèce limitent maintenant les indications d'un certain nombre d'antibiotique de première intention (Bertland et al., 2000. *In Emmanuel, 2003*). La prévalence de la résistance de *E.Coli* aux bêta-lactamines est en augmentation, les données françaises et européennes montrent que 30 à 40% des souches isolées sont résistantes à l'amoxicilline. (Lepelletier et al., 1999 ; Vromen et al., 1999. *In Emmanuel, 2003*).

De ce fait, on peut conclure que les *E.Coli* apportées par les effluents hospitaliers présentent un danger beaucoup plus important pour la santé humaine que celles ramenées par un rejet urbain classique.

c) *Proteus mirabilis* :

Cette espèce a été retrouvée au niveau de la station S6. Son identification a été faite à l'aide de la galerie API 20E à partir d'une colonie rouge isolée sur milieu SS.

Elle est souvent mise en cause dans des infections urinaires, infections de plaie, surinfections diverses : tumeur, voie respiratoire...etc. Ces infections sont fréquentes en milieu hospitalier (Euzéby, 2000) ce qui lui donne une résistance à certains antibiotiques et le risque sanitaire devient plus compliqué.

1.1.2.2. Les vibrionacées :

Une seule espèce appartenant au genre *Vibrio* (*Vibrio fluvialis*) a été identifiée, et cela au niveau de la station S2. Cette identification a été réalisée en suivant 4 étapes:

- Isolement d'une colonie jaune sur milieu TCBS.
- Coloration de gram : bacilles incurvés Gram –
- Le test de l'oxydase : Oxydase (+).
- Identification biochimique à l'aide des galeries API 20E.

C'est une espèce pathogène responsable de plusieurs infections non cholériques telles que les gastroentérites et les septicémies. (Centre national français de référence des vibrions et du choléra, 2003).

Une autre espèce a été isolée sur TCBS, autrefois incluse dans la même famille, elle entre maintenant dans une nouvelle, celle des *Aeromonadaceae*, il s'agit de *Aeromonas hydrophila*.

1.1.2.3. Les anaérobies sulfitoréducteurs :

Certains auteurs préconisent l'identification biochimique de toute colonie suspecte car très souvent, il y a développement de colonies de Staphylocoques et de Bacillus à côté, qu'on prendrait à tort pour des colonies de Clostridium Sulfito-réducteurs.

Pour l'identification de ces colonies suspectes on a procédé comme suit :

- Isolement sur deux boîtes de gélose au sang frais :
 - l'une est incubée à 37°C en aérobiose,
 - l'autre est incubée à 37°C en anaérobiose
- Sélection des boîtes ayant poussé strictement en anaérobiose et ayant donné des colonies blanches hémolytiques typiques.
- Coloration de Gram : Bacilles Gram+ avec présence de spores

- Identification biochimique à l'aide d'une galerie API 20A, qui a permis l'identification de trois espèces différentes :
 - *Clostridium sporogenes*
 - *Clostridium perfringens*
 - *Clostridium difficile*

Ces espèces ont été identifiées dans toutes les stations, cela s'explique par le fait que ces germes ont la faculté de sporuler et de mieux résister aux conditions de milieu.

1.1.2.4. Autres espèces pathogènes :

❖ *Pseudomonas aeruginosa* :

Cette espèce a été identifiée au niveau de la station S7, en utilisant la galerie API 20E, à partir d'une petite colonie bleue ou brunâtre sur milieu Hektoen. C'est l'espèce type du genre *Pseudomonas*. Elle est saprophyte pour l'homme en bonne santé mais peut aussi se comporter comme un pathogène opportuniste chez des immunodéprimés. Elle présente une forte résistance à de nombreux antibiotiques et antiseptiques (Delarras, 2003).

Cette espèce peut être responsable de troubles oculaires et d'otites chez des baigneurs, et elle peut également contaminer les poissons mais surtout les coquillages. Elle est fréquente dans les milieux hospitaliers (Richard, 1996), et donc sa présence au niveau de cette station peut être due à son apport par les effluents hospitaliers déversés dans la zone.

Selon Schlosser (1999), les eaux hospitalières ne seraient pas davantage polluées que l'eau usée urbaine, exception faite des *Pseudomonas aeruginosa* (plus de 10 fois supérieur) et des staphylocoques pathogènes. (Jehannin, 1999)

❖ *Staphylococcus aureus* :

C'est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus*. Elle est responsable d'intoxications alimentaires, d'infections cutanées, infections septicémiques redoutables, et d'autres infections nosocomiales (Delarras, 2003).

Cette espèce a été identifiée au niveau de la station S4, à l'aide d'une galerie API 20 STAPH, à partir d'une colonie jaune isolée sur le milieu Chapman et d'une colonie noires sur milieu Baird Parker. Les étapes qui nous ont conduites à son identification sont les suivantes :

- Coloration de Gram : Cocci en amas Gram +
- Le test de la catalase : Catalase (+)
- Le test de coagulase : Coagulase (+)

- Identification biochimique à l'aide d'une galerie API 20 STAPH

L'origine hospitalière de cette espèce n'est pas à écarter vu leur abondance dans ces milieux (hospitaliers). Sa résistance à certains antibiotiques tels que la méticilline (Emmanuel, 2003) est importante, d'où un grand risque pour la santé humaine.

❖ *Erysipelothrix spp*

Les infections humaines s'observent le plus souvent chez les pêcheurs ou les manipulateurs de mammifères marins. La contamination survient presque toujours après blessure, coupure ou piqûre (Brisou; 1980). C'est un bacille à forme irrégulière parfois spiralée et filamenteuse, Gram (+), non sporulé. Les caractères biochimiques importants, qui ont permis son identification, sont : catalase -, oxydase -, H₂S+ et coagulase+.

1.2. Evaluation des paramètres bactériologiques des moules :

Les bivalves filtrent des volumes d'eau importants. Ils ingèrent le phytoplancton, base essentielle de leur nourriture mais concentrent également dans leur tractus digestif et leurs tissus, les polluants chimiques et les microorganismes présents dans le milieu environnant. Ils présentent une plus grande sensibilité analytique, c'est pourquoi ils sont considérés comme de très bon bio-indicateurs de pollution des eaux littorales

Les résultats des analyses bactériologiques des moules sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5: résultats d'analyse bactériologique des moules de surface et de profondeur de la station S5

Les germes (UFC/100g)	Moules en surface	Moules en profondeur
Flore totale	34702	21000
Coliformes totaux	25800	10200
Coliformes fécaux/<i>E.coli</i>	14000	2500
Staphylococcus aureus	100	0
Anaérobies sulfite-réducteurs	254	102
Levures et champignons	21000	8900
Salmonelles /25g de chair et liquide intervalvaire	0	0

Au regard de résultats obtenus, il en ressort que le nombre de germes contaminants est nettement plus important pour les moules vivant en surface que pour celles en profondeur.

Puisque ces indicateurs biologiques intègrent la contamination bactérienne contenue dans l'eau qui les beignes (Trut et Mayeur, 2004), on peut alors confirmer, qu'à ce niveau, les eaux de surface sont plus contaminées en bactéries que le sédiment profond.

Cela concorde bien avec les résultats d'Aubert et Desirotte (1972), qui ont conclu après plusieurs expériences que le nombre de germes au niveau du sédiment est inférieur à celui des eaux au même point et ont expliqué ça par le phénomène d'adsorption sur les particules en suspension. D'après eux, le pouvoir d'adsorption des particules vis-à-vis des bactéries est d'autant plus grand que le poids spécifique de la particule est plus bas. De ce fait, ces particules sont facilement entraînées vers le large par les courants et restent longtemps en surface avant de subir la sédimentation.

La directive européenne 91/492/CE définit les critères microbiologiques pour les mollusques bivalves et elle exige :

- Coliformes fécaux < 300/ 100g de chaire
- *E. coli* < 230/100g de chaire
- les salmonelles : absence dans 25g de chair

En comparant les résultats obtenus, que ça soit pour les moules de surface ou celles de profondeur, avec les normes précitées, on remarque bien que les valeurs dépassent largement ces normes (à l'exception des salmonelles), ce qui présente un danger réel pour la santé du consommateur. Par cet effet, et selon la même directive, la station S5 (point de prélèvement) devrait être classée comme une zone de pêche impropre.

L'absence de salmonelles dans les moules pourrait s'expliquer par le fait qu'aucune souche n'a été isolée à partir des prélèvements d'eaux effectuées au niveau de cette station (S5).

❖ Comparaison entre le degré de contamination des moules de surface et celui de l'eau :

Les résultats des dénombrements d'indicateurs rapportés a 100 ml d'eau ou 100 g de chair et liquide intervalvaire des moules au niveau de la station S₅ ont été résumés dans un tableau (Tableau 6) :

Tableau 6: résultats des dénombrements d'indicateurs rapportés à 100ml d'eau ou 100g du contenu de moules au niveau de S5

Les indicateurs	Moules (UFC/100g)	Eau (UFC/100ml)	Facteur de concentration
- CT	258000	940	274,46
- CF	14000	162	86,41
- ASR	2540	280	9,07
- STAPH	1000	250	4

L'analyse de ces résultats montre que les germes dénombrés au niveau des moules dépassent largement ceux dénombrés au niveau de l'eau environnante. Cela trouve son explication dans le fait que les coquillages absorbent les polluants à une vitesse plus élevée qu'ils ne les excrètent : on parle alors de bioaccumulation caractérisée par le facteur de bioconcentration (Casas, 2005. in Payen, 2007).

Les facteurs de concentration indiquent que cette bioaccumulation diffère nettement entre les groupes bactériens étudiés, elle est plus importante pour les coliformes totaux que pour les autres groupes. Cette concentration est influencée par les bonnes conditions qui règnent au niveau de cette zone (S5) : température proche de la valeur optimale (18°C) et la faible turbidité de l'eau.

Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Monfort (2003) qui a rapporté au cours de son étude que des facteurs de concentration de 10 à 30 pour *Escherichia coli* ont été enregistrés dans la chair des moules. Ces taux sont utilisés dans les modèles prédictifs de dispersion des rejets polluants afin d'évaluer leurs impacts sur la contamination des zones littorales et conchylicoles.

Discussion générale:

Le premier objectif des études qualitatives et quantitatives réalisées sur la flore microbiologique de l'eau et des moules est de dénombrer les marqueurs de pollution fécale « les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les spores des bactéries sulfitoréductrices ». Le deuxième objectif est d'identifier la présence ou non de bactéries potentiellement pathogènes tels que les Vibrions, les salmonelles, shigelles et autre.

Le troisième objectif est d'arriver, sur la base des deux paramètres cités précédemment, à évaluer le risque épidémiologique que représentent les apports de microorganismes pathogènes d'origine fécale en zone littorale.

L'étude des paramètres physico-chimiques et des facteurs hydrodynamiques a permis de constater que :

- Les houles les plus fréquentes sont celles qui proviennent de trois directions ; Est, Ouest et Nord-Est, celles d'Ouest arrivent avec la moindre intensité par rapport aux autres, par suite d'effet de diffraction dû au massif de BOUZAREAH
- Le courant général décrit un mouvement circulaire et change de direction vers l'Ouest. La vitesse en surface peut atteindre 0.4 m/s environ, partant du Nord-Est. (Milot, 1984)

La température de l'eau présente des fluctuations normales saisonnières, elle est influencée par celle de l'air qui avoisinait les 18°C (mouvement de conduction et convection). La valeur la plus élevée (17.2 °C) est enregistrée au niveau de S1 situé à proximité du rejet de Kaa Essour. Elle reste largement inférieure à celle fixée par la législation Algérienne pour les eaux de baignades qui est de 30°C (J.O.A, 1993) (voir annexe 06).

- Les valeurs moyennes du pH mesurées dans l'ensemble des stations indiquent des fluctuations entre 6,99 et 8,21. Les valeurs les plus basses sont observées au niveau des stations recevant directement les déversements des eaux usées (S₁, S₂, S₈, S₉).
- les valeurs moyennes de la salinité fluctuent entre 31,5 (S1), 34,2 (S9) et 36,7 PSU (S4, S5, S6 et S7) selon la proximité et l'éloignement des stations de prélèvement par rapport aux rejets,

- Les valeurs moyennes de l'oxygène dissous enregistrées sont comprises entre 6,5 et 9 mg/l selon les stations, avec de faibles teneurs au niveau des stations S1 (6,5 mg/l), S8 et S9 (6,8 mg/l).
- Les valeurs des matières en suspension, de la matière organique et la demande biochimique en oxygène évoluent de la même façon dans la zone d'étude ; les taux les plus élevés sont respectivement 0,6 g/l , 0,43 g/l et 25 mg/l pour la station S₁ et les plus faibles sont observés au niveau de S₁₃ (0,25 g/l, 0,1 g/l).

Parallèlement, les résultats des analyses bactériologiques des eaux mettent aussi en évidence de façon systématique la présence en concentrations élevées des germes indicateurs de pollution fécale aux niveaux des stations les plus proches des collecteurs ,à savoir S1,S2 et S3 par rapport aux effluents de Kaa Essour et S8 et S9 par rapport à ceux d'Oued M' kessel .Ils révèlent également la présence de façon ponctuelle des souches typiquement hospitalières tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus mirabilis*, *Citrobacter freundii* . Ces résultats corroborent avec les travaux réalisés au niveau de la même zone par Abderahmane et al, (2000) et Aichou et al. (2006).

Pour une meilleure appréciation de la qualité bactériologique de cette portion du littoral, des moules ont été prélevées en surface et en profondeur au niveau d'une zone rocheuse S5. Il en ressort clairement que les moules prélevées en surface présentent une plus forte contamination par rapport à celles prélevées en profondeur. Cela s'explique par le fait que les premières sont sous l'effet direct des eaux usées rejetées quotidiennement au niveau de Kaa Essour.

La charge élevée des indicateurs de contamination fécale, des indicateurs de proximité et des sulfitoréducteurs dans les eaux et les moules indique que le rejet des effluents hospitaliers dans le réseau d'assainissement communal contribue significativement à la contamination générale de l'environnement littoral.

A cela s'ajoute, la présence de germes potentiellement pathogènes « Salmonelles et vibrions ». Il s'agit de *Vibrio fluvialis* et *Aeromonas hydrophila*. En plus de *Salmonella arizonae* qui a été déjà décrite dans cette zone, deux nouvelles espèces ont été isolées « *Salmonella enteritidis* et *Salmonella oranienburg* ».

L'ensemble des données confirme l'existence d'un danger pour la santé de la population qui fréquente cette plage ou qui consomme les produits pêchés au niveau de cette zone.

Par ailleurs, ces résultats ainsi rapportés ne sont que le reflet de la période d'étude expérimentale et sont amenés probablement à connaître une recrudescence importante avec l'approche de la saison estivale suite à la fréquentation intensive de cette plage par les baigneurs et à l'augmentation de la température.

Conclusion

Conclusion :

Cette étude a pour objectif principal l'évaluation des risques pour la santé humaine que peut présenter le déversement en mer des effluents hospitaliers et urbains. Pour ce faire, nous avons travaillé sur une portion du littoral de BAB EL OUED s'étendant sur environ 650 m de longueur et caractérisée par la présence de deux sources de pollution par ces effluents, le collecteur de Kaa Essour et celui de Oued M'kessel (R'MILA).

Cette commune, rappelons le, est l'une des plus vieilles d'Alger, complètement urbanisée, détient un réseau routier important qui le relie avec plusieurs communes avoisinantes, d'où sa situation stratégique. Elle rassemble un total de 10 établissements sanitaires (secteurs sanitaires, centres de santé, cliniques...) et un centre hospitalo-universitaire qui représente 7% de la superficie totale de la commune (APC de Bab El Oued, 2009)

Ces effluents, caractérisés par leur toxicité très élevée et leur grande charge en microorganismes entériques, sont déversés directement dans la mer sans aucun traitement préalable, ce qui constitue une menace permanente, pour la vie aquatique et pour la santé publique.

Sur la base des résultats obtenus à partir des analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux et selon les normes Algériennes (JOA, 1993) en vigueur, on peut définir deux aires différentes :

- Une aire polluée qui correspond aux stations proches des deux points de rejet (S1, S2, S8 et S9) dont les valeurs du dénombrement bactériologique ont dépassé les normes, et dont les analyses physicochimiques ont montré une perturbation importante de tous les paramètres (salinité, pH, DBO₅ ...etc.)
- Une aire de qualité moyenne qui englobe le reste des stations et qui se caractérise par une qualité physicochimique et microbiologique acceptable.

Cependant, si on devait comparer ces données par rapport aux nouvelles normes européennes mises en application depuis 2005 qui sont beaucoup plus stricts, cette plage devrait être interdite à la baignade (CEAEQ, 2005c).

L'analyse bactériologique des moules a révélé une contamination beaucoup plus importante que celles des eaux environnantes, ceci est du au phénomène de bioaccumulation caractérisé par le facteur de bioconcentration qui est de l'ordre de 274,46 pour les coliformes totaux et de 86,41 pour les coliformes fécaux. Cette contamination dépasse largement les normes que ce soit pour les moules de surface ou celles du fond, par conséquent, la zone de prélèvement (S5) peut être classée comme une zone interdite à la pêche.

L'identification biochimique des germes bactériologique a révélé la présence des espèces caractéristiques des établissements de santé, c'est-à-dire beaucoup plus fréquent dans les milieux hospitaliers, tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, et autres bactéries entériques telles que les salmonelles. Le danger que représentent alors ces germes spécifiques est à relier à leur caractère éventuellement antibiorésistant.

Cependant, beaucoup d'interrogations subsistent quant à la contamination des eaux, par certaines substances chimiques toxiques (médicaments anticancéreux, hydrocarbures, solvants...) ou par des éléments radioactifs qui n'ont pas fait l'objet d'étude quantitative.

De même, il n'y a pas eu d'étude de résistance des espèces bactériennes isolées aux antibiotiques, ni sur les virus entériques éventuellement présents dans notre zone d'étude.

Il semble donc nécessaire, dans le cadre d'une politique de santé publique basée sur la prévention des maladies infectieuses hydriques de procéder à la mise d'un observatoire de qualité bactériologique des zones littorales.

Il faudra à l'avenir valider ces résultats provisoires par des évaluations de risques sanitaires plus précises incluant la détermination d'autres indicateurs biologiques de pollution fécale de l'eau notamment les *Cryptosporidium spp.* et les entérovirus, couplés à des études épidémiologiques. L'évaluation nécessitera également une meilleure connaissance des méthodes et modèles appliqués à cet égard.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. Aichiou L. et Echchatabi A., 2006. évaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignade de deux plages de Bab-El-Oued. Mémoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer. ISMAL : 77p.
2. Aminot A. et Kérouel R., 2004. hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyse. Ifremer : 335p.
3. Aminot A. et Chaussepier M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 396p.
4. Aubert M., 1990. Les risques en matière de pollution microbiologiques de la méditerranée. Revue internationale d'océanographie médicale. Tomes 97-98 : 6-45.
5. Aubert M. et Mor I., 1992. bains de mer et manifestations pathologiques. Revue internationale d'océanographie médicale. Tomes 105-106 : 19-21.
6. Aubert M. équilibre biologique et pouvoir autoépurateur de la mer. CIHEAM- Options méditerranéennes n°19 : 117- 123.
7. Aubert M., Aubert J., et Gauthier M., 1972. le milieu marin et les matières organiques. revue internationale d'océanographie médicale. Tome 28 : 181-188.
8. Bouchemla S T., 1998. contribution à l'étude de la dispersion des bactéries fécales dans l'eau de mer rejetées par l'émissaire du centre de thalassothérapie : modélisation et évaluation de la qualité microbiologique. Mémoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer. ISMAL : 69 P.
9. Boucher M., Plusquellec A., Le Gal Y., Cleret JJ., 1986. mise en évidence et évaluation de l'enrichissement bactérien du film de surface des eaux littorales à proximité d'effluent urbains. Ifremer. acte de colloque 3 : 549-556 p
10. Boutin J P., Delolme H., Andre L-J., 1992. eau de mer et pathologie. Médecine d'Afrique noire 39(3) : 174-175-176.
11. Brisou J E et Denis F A., 1978. Hygiène de l'environnement maritime. Edition Masson : 248p.
12. Brisou J E. et Denis F A., 1980. Techniques de surveillance de l'environnement Maritime. Edition Masson : 203p.
13. Brisou J E., 1968. La pollution microbienne, virales et parasitaires des eaux littorales et ses conséquences pour la santé publique. bulletin OMS (38): 79- 118.

14. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec., 2003.d. Dénombrement des salmonelles; méthode par tubes multiples. MA. 700 – Sal-tm 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec : 19 p.
15. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec., 2005 e. Recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert : méthode présence/absence. MA. 700 – Ecct. 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec :13 p
16. Centre de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales (CLIN)., 1999. Elimination des effluents liquides des établissements hospitaliers : recommandations. 71p.
17. Centre national français de références de vibrions et du choléra., 2003. Centre national français des maladies infectieuses : 7p.
18. Contreras L., 1970. problèmes sanitaires du littoral de Guipuzcoa. revue internationale d'océanographie médicale. tomes 20 : 151-169
19. Copin-Montégut G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Institut Océanographique de Paris : 290-292.
20. Darsy C., Lescure I., Payot V., et Rouland G., 2002. Effluents des établissements hospitaliers : teneur en micro-organismes pathogènes, risques sanitaires, procédures particulières d'épuration et de gestion des boues. Office international de l'eau, service national d'information et de documentation sur l'eau (SNIDE) : 10 p.
21. Delarras C., 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Edition Lavoisier : 269p.
22. Dermont C. et Hadjali R., 1997. La Gestion des Effluents Liquides en Milieu Hospitalier. Projet DESS "TBH", UTC : 30p, http://www.utc.fr/~farges/DESS_TBH/96-97/Projets/EL/EL.htm
23. Dodin A., Dosso M., et Guillou M. ,1986. écologie des vibrios pathogènes. Ifremer. acte de colloque, 3 : 499-505 .
24. Eberlin T., 1997. Les infections microbiennes. Nathan. Tome I :128P.
25. Emmanuel E., 2004. évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse. Institut national des sciences appliquées de lyon : 246p.
26. Euzéby J P., 2000. Dictionnaire de bactériologie vétérinaire : 11p.
27. Franc C Lu ; préface de G Lourgue., 1991. Toxicologie. Edition Masson : 361p.
28. Gaujous D., 1998. La pollution des milieux aquatiques. Edition Lavoisier : 220p.
29. Guillaud J F. et Romana L A., 1996. la mer et les rejets urbains. IFREMER : 243p.

30. Gauthier M J., Munro P M., et Breittmayer ., 1991. adaptation des enterobactéries pathogènes a l'eau de mer (modele E . Coli). PNUE/OMS, n° 49 : 33-41.
31. Grimont P., 1995. Ecologie bactérienne en milieux aquatiques. Institut océanographique de paris : 297p.
32. Institut Pasteur de Paris, 1978. milieux et réactifs de laboratoire pasteur : 573p
33. Institut Pasteur d'Algérie, 2002. Manuel des travaux pratiques : Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer. 34p.
34. Jacq E., et Prieur D., 1986. les associations bactérie-matière particulaire en milieu pélagique côtier : exemple de variation spatial et temporelle. Ifremer. acte de colloque, 3 : 229-236
35. Jehannin P., 1999. Caractérisation et gestion des rejets liquides hospitaliers : étude particulière de la situation du C.H. de Hyères (var). mémoire de l'école nationale de la santé publique :71p.
36. Joffin C. et Joffin J-L., 1999. Microbiologie alimentaire. 5eme éd. CRDP d'Aquitaine : 214p
37. Joiris C., 1973. évolution des populations bactériennes planctoniques dans le bassin de chasse d'ostende (Belgique) en 1971-1973 . hydrobiological bulletin vol 7-1973 : 54.59P
38. Lacronique J F. , 2001. Les rejets radioactifs hospitaliers. Bulletin de protection contre les rayonnements ionisants. Points et commentaires en radioprotection N°15 : 4p.
39. Larbaigt G., 1989. une meilleure connaissance des risques sanitaires liés à la baignade : incidences sur la réglementation et la prévention. Revue des sciences de l'eau, 2 : 295-306.
40. Le Roux V., 2005. risques sanitaires liés à la qualité microbiologique des eaux de petites UDI : étude de faisabilité de différentes approches épidémiologiques. Mémoire de l'école nationale de santé publique : 59p
41. O.M.S/P.N.U.E., 1995. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles : recommandations générales, I (041) :45-47.
42. OMS (Organisation Mondiale de Santé)., 1995. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicole. Partie V. Contrôle de qualité. V67.

43. OMS/PNUE., 1986. Contrôle de la qualité des eaux côtières (MED POL VII). MAP Technical Reports Series N° 7. UNEP, Athens, (parties en anglais ou français seulement) : 426 p.
44. OMS/PNUE., 1987. Pollution microbienne des eaux côtières de la méditerranée et effets de santé associés. Rapport sur une réunion mixte : 17p
45. OMS/PNUE., 1996. Evaluation de l'état de la pollution microbiologique de la mer Méditerranée. MAP Technical Reports Series N° 108 UNEP. Athens.
46. Payen P., 2007. évaluation des risques liés à la consommation des produits de la pêche à pied récréative en Basse-Normandie. Mémoire d'ingénieur en génie sanitaire. Ecole nationale de la santé publique de Rennes : 81p.
47. Plusquellec A. , Beucher M., Le Gal Y., 1986. bivalve : indicateur de pollution microbienne des eaux littorales. Ifremer. acte de colloque, 3 : 541-548 p
48. Ramade F., 1999. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, Ediscience. Freshwaters. Journal of Applied Microbiology 88, (3) : 404-413.
49. Richard C., 1996. les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux . édition scientifique et médicale Elsevier : 115p
50. Riviere J-L., 1998. évaluation des risques écologiques des sols pollués. Association RE. CO. R. D. Lavoisier TEC & DOC : 230p.
51. Rodier J., Bzin C., Broutin J P., Chmbron P., Champsaur H., et Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. DUNOD : 1383p.
52. Taklit N. et Hadj Said N., 2006. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique des eaux de baignade « palm Beach » dans les cotes algéroises. Mémoire d'ingénieur en sciences de la mer : 56p.
53. Trut G., et Mayeur D., 2004. Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour (suivi 2001- 2003). Ifremer : 100p.

54. Thomas F., 2007. Ecologie et évolution des systèmes parasités. Edition De boeck : 427p.

55. Wood P C., 1977. Manuel d'hygiène des fruits de mer. OMS : 86p

Bibliographie Net :

www.tutempo.net

Les annexes

Les annexes

Annexe 01 : composition des milieux de culture

Gélose nutritive :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	5
Extrait de viande	1
Extrait de levure	2
Chlorure de sodium	5
Agar	15

pH : 7

Gélose Chapman :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone bactériologique	10
Extrait de viande de bœuf	1
Chlorure de sodium	75
Mannitol	10
Rouge de phenol	0.025
Agar	15

pH : 7.5 , autoclaver 121C° pendant 15 au 20 minutes

Bouillon au Sélénite de sodium :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone bactériologique	5
Phosphate de sodium	10
Lactose	4

- Stériliser au bain –marie bouillant ou à la vapeur pendant 10 minutes
- Ne pas autoclaver

Gélose Hektoen :

Composition	Quantité (g/L)
Protéose peptone	12
Extrait de levure	3
Chlorure de lithium	5
Thiosulfate de sodium	5
Sels biliaire	9
Citrate de fer ammoniacal	1.5
Sélicine	2
Lactose	12
Saccharose	12
Fuschine acide	0.1
Bleu de bromothymol	0.065
Agar	14

Milieu de Baird parker :

Composition	Quantité (g/L)
Hydrolysate tryptique de caséine	10
Extrait de viande de bœuf	5
Extrait de levure	1
Pyruvate de sodium	10
Chlorure de lithium	5
Glycocolle	12
Agar	20

PH : 6.8 , autoclaver à 120 C° pendant 15minutes

Milieu de Slanetz et Bartley :

Composition	Quantité (g/L)
Hydrolysate tryptique de caséine	20
Extrait de levure	5
Phosphate disodique	4
Azide de sodium	0.4
Chlorure de triphenyltetrazolium	0.1
Glucose	2
Agar	10

PH : 7.2 , ne pas autoclaver , ne pas refondre

Gélose viande-foie (milieu désydraté) :

Composition	Quantité (g/L)
Base viande –foie	30
Glucose	2
Amidon	2
Agar	11

PH : 7.6-7.8

Gélose thiosulfate-citrate-sels biliaires-sucrose (TCBS) :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	10
Extrait de levure	5
Citrate de sodium	10
Thiosulfate de sodium	10
Chlorure de sodium	10
Bile de bœuf	8
Citrate ferrique	1
Saccharose	20
Bleu de bromothymol	0.04
Bleu de thymol	0.04
Agar (gélose)	13.5

PH : 8.6

Gélose Bile-Esculine (BEA) :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	20
Extrait de levure	5
Bile de bœuf	10
Chlorure de sodium	5
Citrate de sodium	1
Esculine	1
Citrate de fer ammoniacal	0.5
Azide de sodium	0.25
Agar (gélose)	13.5

PH : 7.1

Eaux peptonée salée alcaline (EPA) :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	40
NaCl	60

PH : 8,6

Stérilisation à l'autoclave : 15minutes à 121C°

Gélose lactosée au TTC et au tergitol 7 :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	10
Extrait de levure	6
Extrait de viande	5
Lactose	20
Bleu de bromothymol	0,05
Agar	12,75

PH :7,2

Stérilisation à l'autoclave : 15minutes à 115C°

Gélose Plate Count Agar (PCA) :

Composition	Quantité (g/L)
Tryptone	6
Extrait de levure	3
Agar	15

pH:7,2

Stérilisation à l'autoclave: 121C° pendant 15minutes

Sélinite F-bouillon (SFB) :

Composition	Quantité (g/L)
Peptone de caséine et de viande	5
Lactose	4
Phosphate de sodium	10
Sélinite acide de sodium	3

PH : 7

Ne pas autoclaver

Annexe 02 : les résultats des analyses

❖ Paramètres physicochimiques :

Stations	T (°C)	S (psu)	pH	MES (g/l)	O2 (mg/l)	MO (g/l)	DBO5 (mg/l)
S1	17.2	31.5	6.99	0.60	6.5	0.43	25
S2	17.1	34.8	7.01	0.42	7.0	0.22	
S3	17.0	36.5	7.05	0.31	7.8	0.15	
S4	16.6	36.7	8.21	0.32	7.4	0.18	20
S5	16.7	36.7	8.21	0.31	7.5	0.14	
S6	16.7	36.6	8.19	0.28	7.5	0.16	
S7	16.7	36.6	8.20	0.29	7.5	0.15	15
S8	16.8	34.8	8.10	0.30	6.8	0.17	
S9	16.9	34.2	7.10	0.31	6.8	0.19	10
S10	16.8	34.7	7.20	0.29	8.0	0.15	
S11	16.9	34.7	7.30	0.29	7.9	0.13	
S12	16.8	35.6	7.09	0.29	9.0	0.14	
S13	16.9	35.8	7.43	0.25	9.0	0.1	

❖ Paramètres bactériologiques :

Stations	CT/100ml	CF/100ml	SF/100ml	staph/100ml	SFR/100ml
S1	indé	Indé	indé	indé	indé
S2	indé	Indé	616	436	indé
S3	indé	1920	492	624	1240
S4	1052	600	120	548	1360
S5	940	162	60	250	280
S6	240	1312	56	668	320
S7	indé	1368	164	432	460
S8	indé	2021	332	384	560
S9	indé	3744	416	698	920
S10	indé	1997	184	544	780
S11	indé	1211	192	588	520
S12	indé	973	136	650	560
S13	indé	724	96	422	460

Indé : indénombrable

Annexe 03 : identification biochimique



Escherichia coli



Proteus mirabilis



salmonella



Api20A: Clostridium



API 20 STREP : streptococcus fecalis



Galerie API 20 STAPH

Annexe 04 : Les données climatiques des trois mois de prélèvement

Mars (2009):

	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V
1	16.4	19.3	14	1015.4	65	1.02	10	19.6
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	16.6	24.3	12.9	1011.8	63	0	8.9	24.4
4	14.7	17	13.2	1005.4	60	0	9.8	37.4
5	12.8	15.2	10.4	-	59	7.87	10	34.4
6	12.5	14	9.8	1005.7	38	18.03	9.8	34.1
7	14.2	17	10	1013.2	42	0.51	10	20.2
8	14.3	17.3	10.9	1017.7	65	0	9.8	9.6
9	14.6	16.8	11.9	1019.1	73	0	9	13.5
10	14.6	15.3	13.9	1023.1	72	0	9.5	24.1
11	14.2	17.5	11.2	1021.8	77	0	9.7	8.3
12	14.1	15.5	12.2	1024.3	66	0	10	23.3
13	13.2	15.3	9.2	1023.6	70	0	9.8	3
14	15.4	19.9	12.3	1019.9	71	0	9.5	4.6
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	15.3	18.7	12.5	1021.9	69	0	9.5	16.5
17	14.3	15.5	12.1	1023.5	76	4.06	9.8	25
18	14.4	15.8	11.2	1023.5	77	6.1	9.7	20.2
19	14.3	16.6	12.1	1018.3	78	0	9	5.7
20	15.1	18.4	11.7	1016.7	65	0	9	8.5
21	13.4	15	11.4	1019.8	56	0	9.8	23.5
22	13	15.2	9.2	1024.1	35	0	9.8	12.8
23	13.3	16.1	9.8	1023.4	39	0	9.7	10.2
24	15.1	20.8	9.9	1014.4	34	0	9.5	5.6
25	14.3	15.8	10.6	1016.2	68	0	9.7	9.1
26	15	17.6	12.3	1016	63	0	9.8	0
27	16.7	19	14.3	1010.2	68	0	9.2	5.7
28	19.1	24.4	16	1001.1	61	0	9	6.9
29	16.4	18.8	13.8	1003.3	67	5.08	9.8	16.7
30	13.3	15	12.4	1011	72	7.87	9.5	11.1
31	12.7	15.6	10.4	1011.5	59	5.08	10	13.9

Avril (2009) :

	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V
1	14.2	19	10.1	1012.6	55	6.1	10	21.7
2	13.7	16.7	11.2	1015.3	63	7.11	9.5	15.4
3	12.9	14.1	12	1017.9	79	6.1	9.3	2.2
4	13.9	16.8	11.5	1021.9	76	19.05	9.8	4.4
5	14.2	16.4	11	1022.3	69	2.03	9.7	6.3
6	17.5	21.2	12.5	1015.8	48	0	9.2	1.9
7	18.1	21.6	15.9	1011.2	54	0	9.8	19.4
8	15.1	17.9	13	1015.2	59	3.05	10	20.2
9	14.9	17.5	12.8	1014.6	71	8.89	10	17.6
10	15.1	19.8	9.5	1008.3	71	2.03	9.8	12
11	14.1	17.5	12.5	1007.5	52	8.89	10	18.7
12	12.7	15.7	10	1008.9	71	4.06	9.8	27
13	14.3	16.7	11	1012.4	65	9.91	10	12
14	16.6	19.8	12	1011.4	38	0	9.8	7.4
15	17.2	19.3	15.2	1011.2	54	0	10	12
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-
18	16.9	20.1	13.7	1015.2	54	0	9.3	18.1
19	14.5	15.4	13.8	1014.1	72	0	9.5	15.6
20	16.3	19.3	13.7	1021.4	64	1.02	10	10.2
21	16.3	19	14.1	1019.8	65	0	9.8	13.3
22	16.8	19.6	13.8	1019.2	63	0	9.2	14.1
23	18.1	21.5	13.6	1020.1	55	0	9.5	7.4
24	23.2	27.7	17.8	1013.2	29	0	10	3.9
25	23.1	25.3	20	1008.5	31	0	9.5	24.8
26	18.6	21.7	15.1	1011.3	49	0.25	10	19.8
27	15.8	18.8	13.5	1013	59	8.89	10.6	25
28	17.9	21.4	14.4	1014	42	1.02	10	28.2
29	18.4	21	14.7	1017.7	52	0	10	18
30	19.2	23.3	15.1	1017.7	51	0	9.8	17.6

Mai (2009) :

	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V
1	17.4	19.4	15	1017	71	0	9	21.3
2	16.9	18.2	15.3	1022.8	72	10.92	9.5	17.8
3	16.9	19	14.8	1023.3	76	0	9.7	9.6
4	17.8	20	15.5	1020.9	73	0	9.8	14.3
5	17.6	19.3	15.1	1021.6	74	0	9.8	18.1
6	17.2	18.9	15.5	1020.8	58	0	9.8	10
7	18.4	21.7	15	1020.4	67	0	10.1	7.8
8	21.1	24.4	16.5	1016.6	61	0	9.8	3.7
9	24.6	28	20	1015.2	40	0	9.7	7.8
10	23.6	30	18.5	1014.2	45	6.1	9.7	11.9
11	27.6	35.2	22.2	1011.5	18	0	10.6	17.2
12	21.7	24.4	19.5	1013.3	61	0	9.8	9.6
13	20.9	23.7	18.6	1013.1	64	0	9.8	8.7
14	18.3	20.5	15.8	1011.1	73	7.11	9.3	23.2
15	19	21.8	17	1012.7	70	0	10	16.7
16	18.6	21.3	15.2	1017.5	54	0	10.9	9.6
17	20.2	24.2	16	1015.5	60	0	9.7	7.4
18	19	21.2	16.5	1017.2	84	0	7.9	7.4
19	20	21.2	18.4	1017.7	82	0	8.4	13.7
20	26.4	31.4	18.8	1015.3	42	0	9	7.8
21	30.7	36.5	24.7	1013	19	0	9.7	5
22	23.2	29.2	14.8	1012.9	64	0	9.2	3.1
23	27.4	31.5	22	1012.8	28	0	9.7	11.9
24	21.1	23.2	20.3	1016.2	77	0	9.7	10.6
25	22.1	26.5	18.5	1016.6	48	0	9.8	14.1
26	21.6	25.2	19.1	1017.8	54	0	9.8	10.9
27	20.4	21.2	19.5	1021.4	77	0	10	38.2
28	20.4	23.1	19	1022.5	64	0	10	26.9
29	19.6	20.7	17.6	1017.4	69	0	9.7	7
30	23.4	29.7	19	1012.2	58	0	9.7	1.9
31	23.3	25.7	21.5	1013.7	67	3.05	9.8	6.5

T : température moyenne
 TM : température maximale
 Tm : température minimale
 SLP : pression moyenne
 H : humidité moyenne
 PP : précipitations
 VV : visibilité moyenne
 V : vitesse moyenne du vent

Annexe 05 : dispositif de filtration sous vide



- 1 : Fiole à vide
- 2 : bouchon
- 3 : pompe à vide
- 4 : plaque poreuse
- 5 : robinet
- 6 : entonnoir
- 7 :

Annexe 06 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993)

Paramètres : microbiologiques	Unités	Valeurs guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
<i>Escherichia coli</i> / 100 ml	/100ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100 ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1L	-	0
Vibron cholérique	/450ml	-	0
Physico-chimiques			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0,3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6 - 8
Oxygène dissous	% saturation en O ₂	-	80 - 120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capables de nuire la santé des baigneurs