

N° d'ordre

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

Mr. DJAD Mohamed El Amine

Spécialité : Environnement

Option : Ecologie appliquée

Intitulé

**Qualité bactériologique des eaux littorales et méthodes d'analyses :
cas du littoral Ouest Algérien**

Soutenue le: 06 septembre 2015

Devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : M. Laid HAMEL (Professeur, UDL/SBA)

Examineurs : M. Miloud HADJAJI..... (Professeur, Univ. Oran)

: M. Mohammed RAMDANI ... (Professeur, Univ. Rabat)

: Mme Najat El KHIATI..... (Professeur, Univ. Casablanca)

: Mme. Fouzia.TOUMI..... (Maitre C. A, UDL/SBA)

Rapporteur : M. Ahmed KERFOUF..... (Professeur, UDL/SBA)

Année universitaire 2014 - 2015

Dédicace

A ma femme, que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour s'insère et fidèle.

A mes très chers parents, aucune dédicace ne serait être assez éloquente pour exprimer ce que vous représentez pour moi.

A mes chers enfants : **NAHAWAND** et **RAYAN**, je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité, je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de paternité et d'amour.

A tous les membres de la famille, petits et grands, en particulier, mes frères, ma sœur, mes beaux parents, mes beaux frères, mes belles sœurs, la famille LANTRI de Souk Ahras et tous leurs enfants.

AMINE

REMERCIEMENTS

Ma gratitude en priorité est adressée à mon encadreur Monsieur **A.KERFOUF**, professeur auprès du département des sciences de l'environnement, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, qui m'a permis de préparer ce travail et pour son assistance durant mes études universitaires. Je le remercie aussi d'avoir consacré un temps précieux à la correction de cette thèse. Qu'il trouve ici toute ma sympathie.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur **L.HAMEL**, Professeur auprès du département des sciences de l'environnement, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, en acceptant la présidence de ce jury.

Monsieur **M. HADJAJI**, Professeur et membre du laboratoire de microbiologie auprès de l'université d'Oran 1, je lui adresse toute ma gratitude d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Monsieur **M.RAMDANI**, Professeur auprès de l'institut de recherche scientifique, université Mohamed V de Rabat, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.

Madame **N. El KHIATI**, Professeur auprès de l'université Ain Chock de Casablanca, Maroc, pour l'honneur qu'elle m'a fait d'avoir acceptée d'examiner ce travail.

Madame **F.TOUMI**, Maitre de conférences A auprès du département des sciences de l'environnement, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, en acceptant d'examiner ce travail.

Je remercie mon collègue Madame **M.HASSANI**, maitre assistant auprès de l'université Dr. Moulay TAHAR de Saida et son époux, pour m'avoir assisté à la réalisation de ce travail.

Je remercie également Monsieur **K.BELHADJ**, qui m'a beaucoup assisté dans l'étude statistique.

Monsieur **B.BENALIOUA**, président de l'assemblée populaire communale de SAIDA, Monsieur **M.SAIDI**, secrétaire général de la commune de SAIDA, pour leur aide et leur compréhension afin de réaliser cette thèse, je leur adresse tout mon respect et ma gratitude.

Je remercie mes collègues Doctorants, en particulier **S.MEHTOUGUI, F.MEHTOUGUI**.

Je remercie vivement la famille **KERFOUF**, qui m'a toujours accueilli, je lui adresse ma gratitude.

Ma gratitude est réservée à ma famille, à mes parents, mon épouse, mes frères, ma sœur, mais surtout à ma fille **NAHAWAND** et mon fils **RAYAN**, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et le témoignage de mon amour.

Enfin, à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

La dégradation du littoral oranais a constitué ces dernières années l'un des sujets qui préoccupent les pouvoirs publics, et a fait l'objet de plusieurs débats de société politique et civile dans le cadre du développement durable et de l'amélioration du cadre de vie ainsi que la préservation de la santé publique. Le citoyen algérien reste à ce jour exposé à de multiples risques de maladies à transmission hydrique dont la pollution des eaux est l'une des causes.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette thèse, dont le but d'étudier la qualité bactériologique des eaux littorales des principaux espaces récréatifs, caractérisée par son cadre attrayant aussi bien pour les estivants que par les activités socio-économiques.

Des prélèvements d'eaux ont été effectués à travers dix sites situés à l'Ouest de la ville d'Oran (Trouville, Bouisseville, Paradis-plage, Bretonne, Claire Fontaine, Beauséjour, Cap Falcon, Coralès et les Andalouses) et un site témoin situé à l'Est d'Oran (Ain Franine). Les échantillons prélevés sur une durée de 5 ans de 2010 à 2014, ont fait l'objet d'analyses bactériologiques pour le dénombrement des coliformes (totaux et fécaux), des clostridiums sulfito-réducteurs, des staphylocoques ainsi que des germes pathogènes à savoir les salmonelles et les vibrions cholériques.

Les résultats des différentes analyses nous ont permis d'évaluer la qualité des eaux de baignade de ce littoral en matière de santé publique et de préciser les conditions de praticabilité de ces espaces. Les stations de Beauséjour, Clairefontaine et Cap Falcon présentent une eau de mauvaise qualité bactériologique avec un taux élevé de coliformes totaux (14000/100 ml) comme valeur maximale par rapport à la valeur guide (500/100 ml) contrairement à la station d'Ain Franine qui représente une eau de bonne qualité bactériologique avec un taux de coliformes totaux (25/100 ml) comme valeur maximale. Les stations de Bouisseville, Trouville, Paradis plage, Bretonne et les Andalouses représentent une eau de qualité bactériologique moyenne avec un taux de coliformes totaux qui varie entre 23/100 ml comme valeur minimale et 1400/100 ml comme valeur maximale. Pour les coliformes fécaux, la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la station de Beauséjour (43/100 ml) avec absence des streptocoques fécaux, des salmonelles et des vibrions cholériques à travers les onze stations durant toute la période d'étude.

Suite à ce diagnostic sanitaire, il demeure nécessaire de tirer la sonnette d'alarme et de proposer quelques solutions pour apporter les corrections utiles dans le but de la réhabilitation de cet environnement côtier. Un programme d'action inter sectoriel doit être élaboré en impliquant tous les acteurs (santé, environnement, ressources hydriques, pêche, collectivités locales et société civile) visant la protection du littoral oranais de tout type d'agression et par conséquent la préservation de la santé publique d'une part et de l'environnement d'autre part dans le but de l'amélioration du cadre de vie du citoyen.

Mots clés: Littoral oranais, Pollution, Qualité bactériologique, Maladies à transmission hydrique, Coliformes, Germes pathogènes, Environnement côtier.

Abstract

The degradation of the Oran's coast constituted these last years one of the subjects which worry the authorities, and was the subject of several political debates and civil company within the framework of the durable development and the improvement of the framework of life as well as the safeguarding of the public health. The Algerian citizen remains exposed to date at the multiple risks of diseases to hydrous transmission whose wastewater is one of the causes.

It in this context that the present thesis is registered, of which the goal to study the bacteriological quality of seawater of principal entertaining spaces, is characterized by its framework attracting as well for the tourist at the summer and by the socio-economic activities.

Taking away of water were carried out through ten sites located at the West of Oran town (Trouville, Bouisseville, Paradis-plage, Bretonne, Claire Fontaine, Beauséjour, Cap Falcon, Coralès et les Andalouses) and a pilot site located at the East of Oran (Ain Franine). The samples taken over one 5 years duration of 2010 to 2014, have were the subject of bacteriological analyses for the enumeration of the coliforms (totals and fecal), of the clostridiums sulfito-reducers, the staphilococca as well as pathogenic germs with knowing the salmonellas and choleraic vibrios.

The results of the various analyses allowed us to evaluate the quality of water of bathe of this littoral as regards public health and to specify the conditions of feasibility of these spaces. Stations of Beauséjour, Clairefontaine and Cap Falcon present a bad bacteriological quality water with a high rate of total coliforms (14000/100 ml) as maximum value compared to the value guides (500/100 ml) contrary to the station of Ain Franine which represents a water of best bacteriological quality with a total rate of coliforms (25/100 ml) like maximum value. The stations of Bouisseville, Trouville, Paradis-plage, Bretonne and the Andalouses ones represent a water of average bacteriological quality with a total rate of coliforms which varies between 23/100 ml like minimal value and 1400/100 ml like maximum value. For the fecal coliforms, the maximum value was recorded on the level of the station of Beauséjour (43/100 ml) with absence of fecal streptocoques, of the salmonellas and the choleraic vibrios through the eleven stations during all the period of study.

Following this medical diagnosis, it remains necessary to draw the alarm bell and to propose some solutions to make the useful corrections with an aim of the rehabilitation of this coastal environment. An action plan inter sectoral must be elaborate by implying all the actors (health, environment, hydrous resources, fishing, local communities and civil company) aiming at the protection of the littoral of any type of aggression and consequently the safeguarding of the public health on the one time and the environment on the other time with an aim of the improvement of the framework of life of the citizen. The principle of precaution and durable management of water bathe of the littoral oranais master key by a good analysis of the environmental context of studied spaces and by the intervention of the local authorities in the construction of the stations of purification in order to promote as soon as possible with nautical approvals and to protect the health from those which practises it.

Key words: Oran's littoral, pollution, bacteriological qualité, hydrous transmission diseases, Coliforms, pathogenic germs pathogenic, environmental coast.

المخلص

إن تدهور الساحل الوهراني شكل ني السنوات الأخيرة أحد الإنشغالات المطروحة من طرف السلطات الجزائرية و موضوع عدة لقاءات و إجتماعات للمجتمع المدني نظرا لما يشكله تلوث مياه البحر من خطر على الصحة العمومية من جهة خاصة فيما يتعلق بالأمراض المنقولة عبر المياه و على البيئة من جهة أخرى.

في هذا السياق يُدرج هذا العمل الذي يركز على مراوابة زوعية مياه البحر من خلال إجراء التحليل البكتريولوجية لعدة عينات من الساحل الوهراني و التي بيّنت نتائجها تلوث مياهه و هو الأمر الذي تم تسجيله على مستوى منطوة كالر نوزنان، بو سيجور و رأس فلكون و التي تم تقيدها بتدفق المياه الؤدرة ني الهواء الطلق و مباشرة ني مياه البحر دون أية معالجة مبرؤة.

مما سبق، فإن الجهات المسؤولة أضحت مجبرة على التدخل الفوري من أجل إعادة الإعبار للساحل الوهراني باعباره من المناطق الرطبة و هذا حفاظا على الصحة العمومية من جهة و على البيئة من جهة أخرى.

الكلمات المفتاحية: الساحل الوهراني، تلوث، التحليل البكتريولوجية، الأمراض المنقولة عبر المياه، البيئة

Résumés – ملخص - Abstract	
Listes des tableaux et figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1

CHAPITRE 1 : Revue bibliographique

1	Notions de microbiologie.....	3
1.1	Micro-organismes pathogènes.....	3
1.2	Indicateurs microbiens.....	3
1.2.1	Coliformes totaux.....	3
1.2.2	Coliformes fécaux.....	4
1.2.3	Streptocoques fécaux.....	4
1.2.4	Salmonelles.....	4
1.2.5	Staphylocoques.....	5
1.2.6	Clostridium sulfito- réducteurs.....	5
1.2.7	Vibrions cholériques.....	6
1.3	Flore bactérienne marine.....	6
1.4	Autres bactéries pathogènes.....	7
1.5	Agents pathogènes viraux.....	8
1.5.1	Présence dans l'environnement.....	9
1.5.2	Relation avec les indicateurs.....	9
1.6	Comportement des bactéries entériques en mer.....	10
1.7	Autoépuration des eaux de mer.....	10
1.8	Facteurs influents sur la teneur microbienne globale.....	11
1.9	Devenir et évolution d'une pollution microbienne en milieu marin.....	13
2	Notion de contamination des espaces récréatifs.....	13
2.1	Définition de la pollution.....	13
2.2	Classification des polluants.....	14
2.3	Indicateur de contamination fécale primaire.....	19
2.4	Indicateur de contamination fécale secondaire.....	20
2.5	Micro-organismes pathogènes dans les eaux récréatives.....	20
2.6	Cyanobactéries et toxines.....	20
2.7	Autres dangers biologiques.....	21
2.8	Caractéristiques physico-chimiques et esthétiques.....	21
2.9	Organismes indicateurs pour une contamination fécale des eaux récréatives.....	21
2.10	Cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux récréatives.....	22
2.11	Devenir des polluants dans le milieu marin.....	23
2.12	Impact sanitaire de la pollution microbienne.....	23

CHAPITRE 2 : Présentation de la zone d'étude

3.1	Localisation géographique de la zone d'étude.....	25
3.2	Description de la zone de prélèvement.....	27
3.3	Géomorphologie et sédimentologie.....	27
3.4	Courants.....	28
3.5	Houle.....	31
3.6	Climat.....	32
3.7	Données socio-démographiques de la zone d'étude.....	33
3.7.1	Evolution de la population.....	33
3.7.2	Taux d'accroissement.....	33
3.8	Données socio-économiques.....	33
3.8.1	Potentialités économiques.....	33
3.8.2	Infrastructures de base.....	33
3.9	Facteurs physico-chimiques.....	34
3.9.1	Température.....	34
3.9.2	Salinité.....	35
3.9.3	Activités anthropiques.....	36
3.9.4	Activités portuaires.....	36
3.9.5	Activités industrielles.....	36
3.9.6	Activités agricoles.....	37
3.9.7	Secteur de la pêche et des ressources halieutiques.....	37
3.9.8	Potentialités touristiques et culturelles.....	38
3.9.9	Fréquentation des plages du littoral oranais.....	40
3.9.10	Réseau hydrographique.....	41
3.9.11	Principales sources de pollution.....	42
3.9.12	Sources de pollution implantées sur le littoral oranais.....	44
3.9.13	Biodiversité de la zone d'étude.....	46
3.9.14	Organisation des services d'épidémiologie et de médecine préventive.....	47

CHAPITRE 3 : Matériel et méthodes

4.1	Objectif de l'étude bactériologique.....	48
4.2	Choix des stations de prélèvement.....	48
4.3	Matériel de prélèvement.....	49
4.4	Périodes des prélèvements.....	50
4.5	Modalité de prélèvement.....	50
4.6	Fiche de renseignement.....	50
4.7	Lieu des analyses.....	51
4.8	Technique de filtration sur membrane.....	51
4.8.1	Recherche et dénombrement des <i>Escherichia Coli</i> et des bactéries coliformes.....	52
4.8.2	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	56
4.8.3	Recherche et dénombrement des salmonelles.....	58
4.8.4	Recherche et dénombrement des vibrions cholériques.....	61
4.8.5	Etude statistique.....	65

Chapitre 2 : Résultats et Discussion

5	Analyses bactériologiques des stations étudiées.....	67
5.1	Station de Trouville.....	68
5.2	Station de Bouiseville.....	69
5.3	Station de Paradis plage.....	70
5.4	Station de Claire Fontaine.....	71
5.5	Station de Bretonne.....	72
5.6	Station de Beauséjour.....	73
5.7	Station de Cap Falcon.....	74
5.8	Station de Corales.....	75
5.9	Station d'Etoile.....	76
5.10	Station des Andalouses.....	77
5.11	Station d'Ain Franine.....	78
5.12	Traitement et interprétation des données.....	82
5.13	Situation du littoral Oranais à l'échelle nationale.....	99
5.14	Situation du littoral Oranais à l'échelle régionale.....	101
5.15	Situation du littoral Oranais à l'échelle maghrébine.....	104
	Conclusion et perspectives.....	105
	Références bibliographiques.....	108
	Annexe (Milieux de culture)	

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau 01	Influence exercée sur trois animaux aquatiques par divers insecticides.....	19
Tableau 02	Concentration de quelques micro-organismes dans les eaux usées brutes.....	22
Tableau 03	caractéristique de la flottille de pêche d’Oran.....	38
Tableau 04	Répartition de la production halieutique de la Wilaya d’Oran.....	39
Tableau 05	Variation des concentrations moyennes des métaux lourds.....	46
Tableau 06	Fiche de prélèvement.....	51
Tableau 07	Classement bactériologique des eaux de baignade.....	83
Tableau 08	Données bactériologiques des stations du littoral Oranais (SEMEP).....	98
Tableau 09	Qualité bactériologique des eaux de baignade en Algérie.....	100
Tableau 10	Qualité bactériologique des eaux de baignade du littoral Ouest Algérien.....	101

Liste des figures

Figure 01	Localisation géographique de la zone d'étude.....	25
Figure 02	Port d'Oran.....	26
Figure 03	Port de Mers Kebir.....	26
Figure 04	Abris de pêche de kristel.....	26
Figure 05	Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.....	28
Figure 06	Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques.....	33
Figure 07	Rejet des eaux usées de Cueva del aqua.....	42
Figure 08	Rejet des eaux usées de Fort Lamoune.....	42
Figure 09	Localisation des sites de rejets urbains de la ville d'Oran.....	43
Figure 10	Localisation des stations d'échantillonnage.....	49
Figure 11	prélèvement d'eau de mer pour analyses.	50
Figure 12	Appareil de filtration.....	52
Figure 13	Méthode de dénombrement des coliformes totaux.....	54
Figure 14	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux.....	55
Figure 15	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	57
Figure 16	Méthode de dénombrement des salmonelles.....	60
Figure 17	Méthode de dénombrement du vibrion cholérique.....	62
Figure 18	Méthode de dénombrement du vibrion cholérique (suite).....	63
Figure 19	Analyses bactériologiques au niveau du laboratoire du service de prévention et de l'hygiène de Saida.....	64
Figure 20	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Trouville.....	68
Figure 21	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station de Bouisseville.....	69
Figure 22	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station de Paradis plage.....	70
Figure 23	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Claire Fontaine.....	71
Figure 24	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station de Bretonne.....	72
Figure 25	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station de Beauséjour.....	73
Figure 26	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Cap Falcon.....	74
Figure 27	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station de Corales.....	75

Figure 28	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station d'étoile.....	76
Figure 29	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station des Andalouses.....	77
Figure 30	Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station d'Ain Franine.	78
Figure 31	Etat des lieux des stations étudiées.....	81
Figure 32	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Trouville.....	84
Figure 33	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Bouisseville.....	85
Figure 34	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Paradis plage.....	86
Figure 35	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Claire Fontaine.....	87
Figure 36	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Bretonne.....	88
Figure 37	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Beauséjour.....	89
Figure 38	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Cap Falcon.....	90
Figure 39	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Corales.....	91
Figure 40	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station d'Etoile.....	92
Figure 41	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station des Andalouses.....	93
Figure 42	Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station d'Ain Franine.....	94
Figure 43	Représentation graphique des stations étudiées.....	96

Liste des abréviations

A.E.P : Alimentation en eau potable.

A.F.C : Analyse factorielle des correspondances.

A.P.W : Assemblée populaire de Wilaya.

C.N.L.M.T.H : Comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique

C.N.L : Commissariat national du littoral.

D.D.T : Dichloro diphényl trichloroéthane.

D.L.50 : Dose létale médiane.

E.L.I (LIW) : Eau levantine intermédiaire

E.P.S.P: Etablissement public de santé et proximité.

G.N.A.B : Gélose nutritive alcaline biliée.

L.R.S.E : Laboratoire réseau de surveillance environnementale.

M.S.P.R.H : Ministère de la santé, de la population et de réforme hospitalière.

M.T.H : Maladies à transmission hydrique.

N.A : Norme Algérienne.

N.P.P.C.U : Nombre le plus probable d'unité cytopathgène.

O.M.S : Organisation mondiale de la santé.

O.R.L : Oto-rhino-laryngologie.

P.C.B : Polychlorobiphényle.

P.N.U.E : Programme des nations unies pour l'environnement.

P.P.M : Partie par million.

S.E.M.E.P: Services épidémiologiques et de médecine préventive.

S.F.B.2 : Bouillon au sélénite-cystéine.

T.C.B.S: Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar

T.S.I : Triple sugar iron.

Introduction

La préservation de la santé publique contre les maladies à transmission hydrique est devenue dans le monde une préoccupation majeure des gouvernements, ainsi l'eau non traitée ou polluée est responsable de maladies graves chez l'homme, bien souvent mortelles dans les pays en voie de développement. L'eau véhicule des virus, des bactéries, des parasites, des micro-organismes végétaux ou animaux, qui peuvent provoquer des maladies graves, voire mortelles pour l'être humain. Ces maladies liées à l'eau insalubre sont appelées maladies à transmission hydrique, les recommandations au sujet de la prévention contre les facteurs qui peuvent compromettre la salubrité des eaux littorales ont pour objectif principal la préservation de l'environnement dans le cadre du développement durable et par conséquent l'amélioration du cadre de vie.

Les zones littorales en Algérie sont souvent utilisées par un nombre important de personnes pour leurs activités récréatives, commerciales et industrielles, ce qui a motivé l'autorité nationale à installer des organismes de surveillance telle que le commissariat national du littoral (C.N.L) et le comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique (C.N.L.M.T.H) et d'adopter un support juridique relatif à la gestion du littoral et la lutte contre toutes formes de pollution marine.

Le littoral oranais qui représente le 1/10 du littoral algérien est devenu aujourd'hui exposé aux différentes formes de pollution sachant bien que la Méditerranée est une mer pratiquement fermée, ce qui veut dire que le rythme de renouvellement de l'eau est très long (**LIEUTAUD, 2003**). Les rejets des eaux usées dans le milieu marin enregistré à travers certaines stations du littoral oranais représentent une source principale de contamination fécale et par conséquent un risque éminent sur la santé publique et sur le milieu marin. Des prélèvements à des fins d'analyses bactériologiques à savoir la recherche des coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, salmonelles et vibrions cholériques ont été effectués dans onze stations côtières (Trouville, Bouisseville, Paradis plage, Claire Fontaine, Bretonne, Beauséjour, Cap Falcon, Corales, Etoile, les Andalouses à l'Ouest de la ville d'Oran et Ain Franine à l'Est, situées sur tout le littoral oranais pour la détermination de la qualité des eaux en tenant compte des résultats des analyses effectuées précédemment. Les prélèvements se sont étalés durant les années 2010, 2011, 2012 et 2013.

Il est à signaler que peu de travaux de mémoire et de publication ont été réalisés sur la qualité bactériologique des eaux littorales de l'Ouest algérien : seulement 3 mémoires de Magister

réalisés au niveau du laboratoire LRSE (laboratoire réseau de surveillance environnementale) de l'université d'Oran (Hebbar, 2003, Mouffok, 2005 et Sahnouni, 2009), et deux mémoires de Magister réalisé au niveau du laboratoire d'éco-développement des espaces de l'université de Sidi Bel Abbès (Fekir, 2007 et Djad, 2011). Plusieurs communications ont fait l'objet de présentations dans de nombreux colloques et séminaires nationaux et internationaux et seulement deux articles sont publiés (Kerfouf et *al.*, 2010 et Djad et *al.*, 2015). Ce manque de travaux scientifiques sur cette thématique, et l'absence d'un travail de synthèse, est à l'origine de l'intérêt de notre étude pour un constat et un diagnostic sanitaire des eaux de baignade du littoral oranais.

Pour la détermination des indicateurs bactériens et agents pathogènes, on a utilisé le mode de prélèvement des services épidémiologiques et de médecine préventive « SEMEP » appartenant à l'établissement public de santé et proximité « ESPS » et selon les directives internationales en vigueur (OMS, 2004).

Le choix des sites d'étude, est basé sur la fréquentation et de l'ampleur des activités anthropiques de ces lieux, à l'exemple des stations de Paradis plage, Beauséjour et Cap Falcon caractérisées par leurs plages très fréquentées en période estivale. Un site témoin a été retenu ; à savoir la station d'Ain Franine, située à l'Est de la ville d'Oran, qui est peu fréquenté en raison d'un accès contraignant et par l'absence d'habitations ou de structures d'accueil.

La présente thèse est structurée en deux grandes parties:

- Une revue bibliographique traitant des notions générales de la microbiologie des milieux hydriques, les notions de pollution et de contamination des eaux marines et des espaces récréatifs, et complétée par la présentation de la zone d'étude.
- Une deuxième partie est consacrée aux méthodes d'étude, suivie de la présentation des résultats, des traitements des données et de leurs interprétations, En fin de ce document, une conclusion générale et des perspectives seront présentées, ainsi que toutes les références bibliographiques consultées.

Chapitre I

Revue bibliographique

- **Notion de microbiologie et de contamination des espaces Récréatifs**
- **Notion de pollution**

1. NOTION DE MICROBIOLOGIE

1.1- Microorganismes pathogènes :

Certaines espèces de bactéries sont pathogènes et peuvent vivre dans les eaux du littoral que ce soit à vocation récréative, industrielle et/ou commerciale. La présence de nombre d'entre eux résulte de la contamination des eaux généralement par des déchets.

La détection des microorganismes pathogènes dans les eaux du littoral à usage récréatif présente actuellement des défis trop grands pour qu'on puisse recommander qu'elle fasse partie d'un programme de surveillance régulière. Seules des circonstances spéciales, comme des enquêtes épidémiologiques sur l'apparition de maladies à transmission hydrique « M.T.H », justifient la mise en place d'une surveillance, dans certains pays (France, Canada), le contrôle sanitaire est mis en place.

Les indicateurs fécaux comme *E. coli* et les entérocoques sont les meilleurs substituts disponibles pour prévoir la présence de microorganismes entériques pathogènes. Leur détection laisse présager la présence possible de ces microorganismes. Toutefois, l'absence des indicateurs fécaux recommandés ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas d'organismes pathogènes.

1.2-Indicateurs microbiens :

Les germes indicateurs principaux sont les coliformes, les streptocoques fécaux et les clostridium (sulfite-réducteurs) :

1.2.1-Coliformes totaux :

Les coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulant (PNUE/OMS, 1977). Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37° C. Ils regroupent les genres *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella*. La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (BERCHE et al., 1991).

1.2.2-Coliformes fécaux :

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Eschericia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.) (BERCHE et al., 1991).

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

1.2.3- Streptocoques fécaux :

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz.

Il existe cinq (05) espèces reconnues parmi les streptocoques fécaux: *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium*. Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (PNUE/OMS, 1977).

1.2.4-Salmonelles :

Elles appartiennent à la famille des enterobacteriacées et sont des bâtonnets mobiles, Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies. Elles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine. Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles. Elles sont retrouvées dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'Hommes. Elles sont peut être

la cause la plus fréquente d'infections des êtres humains par des organismes pathogènes à hôte animal (PNUE/OMS, 1977). Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément: fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer (BERCHE et al., 1991).

1.2.5-Staphylocoques :

Les staphylocoques sont des cellules sphériques de 0.5 à 25 µm généralement regroupées en amas, ils sont immobiles et ne forment pas de spores ; ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, Gram (+), catalase (+), fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique. La recherche des staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade. L'espèce *Staphylococcus aureus* ou staphylocoque doré possède toutes ces caractéristiques, ajoutant à cela qu'elle est coagulase (+).

Cette famille comprend les genres suivants : *Planococcus*, *Micrococcus* et *Staphylococcus*. Kloos et Schleifer (1975) ont pu identifier onze (11) espèces au sein du genre *Staphylococcus*. Parmi ces espèces, *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution de eaux littorales et des fruits de mer (BERCHE et al., 1991).

Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important.

1.2.6-Clostridium sulfito-réducteurs :

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux, ce sont aussi des germes telluriques et de ce fait aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation il y a intérêt à ne chercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale, c'est le cas en particulier de *Clostridium perfringens* (BERCHE et al., 1991). Les *Clostridium perfringens* sont des bâtonnets anaérobies, gram (+), sporulants et qui réduisent les sulfites en sulfures en 24 à 48heures.

Ils sont employés comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (PNUE/OMS, 1977):

- se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine;
- ne se multiplient pas dans les sédiments;
- survivent dans les sédiments, ce qui permet de détecter une pollution ancienne ou intermittente.

1.2.7-Vibrions cholériques :

Les vibrions cholériques sont des bactéries sporulées, incurvées en virgule, très mobiles, elles se multiplient à pH alcalin qui varie de 7 à 9.

Le vibrion cholérique est une bactérie responsable du choléra, est rendu pathogène par l'un de ses parasites, le virus CTX, ce dernier rend le vibrion capable de produire une toxine qui provoque les diarrhées mortelles du choléra (**BERCHE et al., 1991**).

1.3-Flore bactérienne marine :

Les bactéries forment la composante majoritaire dans les écosystèmes aquatiques. Leur rôle est fondamental dans l'équilibre écologique des milieux aquatiques, principalement par la régulation des cycles biogéochimique et énergétique.

Les bactéries marines diffèrent physiologiquement de celles qui ont des habitats non marins ; elles sont très adaptées aux conditions très spéciales offertes par le milieu marin (salinité, pH, oxygénation réduite, basses températures et des pressions souvent considérables). Dans le milieu marin, les bactéries servent de nourriture à de nombreux organismes marins, elles favorisent la fixation d'algues ou de larves sur certains substrats, elles permettent également la dégradation de certains polluants (naphtalène, pesticides, cellulose, hydrocarbures, etc...). Cependant, leur effet peut être nuisible.

Les espèces prédominantes appartiennent aux genres suivants : *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Spirillum*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Bacillus* etc....

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

1.4-Autres bactéries pathogènes :

1.4.1-Leptospira:

Les *Leptospira* sont des spirochètes, c'est-à-dire des bactéries spiralées ou hélicoïdales. Ce sont des organismes aérobies, mobiles, de forme mince et allongée qui présentent une réaction négative à la coloration de Gram. Autrefois, le genre *Leptospira* ne comptait que deux espèces, le pathogène *L. interrogans* et la bactérie libre *L. biflexa* (OMS, 2006). Les formes les plus dangereuses ayant été rattachées aux sérovars de *L. interrogans* (POND, 2005). Le nom du sérotype est souvent adopté par convention au lieu du nom d'espèce pour faire référence à des souches spécifiques.

La leptospirose est considérée comme plus préoccupante dans les pays en développement et sous les climats tropicaux. Trois éclosions de leptospirose ont été signalé dans les eaux récréatives des États-Unis au cours de la période 1991-2002 (MOORE et al., 1993; BARWICK et al., 2000; LEE et al., 2002).

1.4.2-Staphylococcus aureus:

Les membres du genre *Staphylococcus* sont des cocci non mobiles, Gram positif et catalase positif. *S. aureus* est considéré comme le principal pathogène du genre, et c'est aussi l'espèce la plus préoccupante pour les usagers des eaux récréatives.

S. aureus n'est pas considéré comme naturellement présent dans le milieu aquatique. Ses principaux réservoirs sont la peau, le nez, les oreilles et les muqueuses des animaux à sang chaud. Sa présence dans les eaux récréatives est principalement due à son émission par la bouche, le nez et la gorge des baigneurs et à des foyers infectieux existants. Il peut être isolé dans les excréments humains bien que sa présence y soit jugée variable (PERCIVAL et al., 2004).

S. aureus est principalement associé aux affections cutanées chez les usagers des eaux récréatives. Les infections communes sont les coupures et écorchures infectées, les furoncles, la dermatite, la folliculite et l'impétigo (OMS, 2006).

Les enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence un lien possible entre la présence de staphylocoques dans les eaux récréatives et les maladies des baigneurs (CALDERON et al., 1991; CHAROENCA et FUJIOKA, 1995). À ce jour toutefois, aucune preuve concluante

n'a été apportée permettant de rattacher la fréquence des maladies aux concentrations de *S. aureus* dans les eaux récréatives. Dans certains cas, des analyses peuvent fournir des informations complémentaires, par exemple pour évaluer les effets d'une forte densité de baigneurs sur la qualité de l'eau et les éventuelles conséquences de la possibilité de sa transmission d'une personne à l'autre.

1.5-Agents pathogènes viraux :

Les virus sont des organismes infra microscopiques, de taille bien inférieure à celle des bactéries. De construction simple, ils se composent d'une molécule d'acide nucléique de type ARN ou ADN, entourée d'une enveloppe protéique externe appelée capsid. L'acide nucléique encode pour les protéines et les enzymes de la structure virale nécessaires à la réplication virale, tandis que la capsid protège le virus des stress environnementaux. Certains virus (dits enveloppés) sont également dotés d'une enveloppe lipoprotéique qui entoure la capsid. Les virus nus sont dépourvus de cette enveloppe extérieure. Les virus sont des parasites intracellulaires stricts, ce qui signifie qu'ils doivent infecter une cellule hôte pour se reproduire. En conséquence, ils sont incapables de se reproduire en dehors d'un hôte.

Les virus pathogènes préoccupants pour les eaux récréatives sont les virus entériques, à savoir ceux qui infectent le tractus gastro-intestinal des humains et sont excrétés dans leurs selles. Dans les eaux récréatives, ils se transmettent aux humains par la voie fécale-orale suite à l'ingestion accidentelle d'eau contaminée. Certains virus comme les adénovirus empruntent également d'autres voies infectieuses, comme l'inhalation ou le contact avec la muqueuse de l'œil. Les virus entériques provoquent chez l'humain une large gamme d'effets morbides allant du bénin au grave. Les symptômes gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhées) comptent parmi les plus fréquents en cas d'infection virale. Certaines infections peuvent évoluer vers des troubles plus inquiétants, bien que ces derniers soient considérés comme beaucoup plus rares (**BERCHE et al., 1991**).

1.5.1-Présence dans l'environnement :

Les virus entériques sont excrétés en quantités importantes dans les selles des individus infectés, pouvant atteindre des concentrations allant jusqu'à 1000 particules par gramme d'excrément (**GERBA, 2000**). Même les individus asymptomatiques (qui ne présentent aucun symptôme, bien qu'infectés) peuvent excréter de grandes quantités de virus.

Les virus s'introduisent dans les eaux récréatives principalement par l'évacuation de déchets contaminés par des eaux usées. Les sources ponctuelles de pollution telles que les déversements d'eaux municipales ou les trop-pleins d'égout unitaire sont les principales sources de contamination par les eaux usées. Les sources non ponctuelles susceptibles de contribuer à la charge virale des eaux environnementales sont les collecteurs d'eaux pluviales, les déversoirs (qui captent les eaux de ruissellement provenant des zones urbaines et rurales) ainsi que les fosses septiques défectueuses ou mal conçues. Les baigneurs eux-mêmes, notamment les jeunes enfants, peuvent constituer une source de contamination par leurs selles ou l'émission accidentelle de matières fécales.

Les virus sont des microorganismes robustes pouvant survivre pendant des périodes prolongées une fois émis dans le milieu aquatique. Leur survie dépend d'un ensemble de facteurs biologiques et environnementaux, dont les caractéristiques physiques spécifiques du virus, la présence de prédateurs microbiens naturels et les caractéristiques de l'eau telles que la température, le pH, la salinité, la turbidité et le rayonnement ultraviolet. Les données sur la survie des différents types de virus dans les eaux naturelles sont assez limitées. De manière générale, on pense que les virus résistent mieux que les bactéries à la dégradation environnementale, et des données expérimentales laissent à penser que certains virus entériques pourraient être encore plus résistants que certains protozoaires entériques par exemple: le genre *Giardia* (JOHNSON et al., 1997).

1.5.2-Relations avec les indicateurs :

Diverses études ont conclu à une absence de relation entre la concentration de bactéries fécales indicatrices et la présence de virus entériques dans les eaux récréatives (GRIFFIN et al., 1999; SCHVOERER et al., 2001; JIANG et al., 2001; NOBLE et FUHRMAN, 2001; DENIS-MIZE et al., 2004; JIANG et CHU, 2004; WETZ et al., 2004). Des virus pathogènes ont été détectés dans les eaux récréatives alors que les concentrations de bactéries fécales indicatrices étaient inférieures aux limites actuellement fixées pour la qualité des eaux récréatives. L'inverse s'est également produit, à savoir des cas où les concentrations de bactéries indicatrices étaient largement supérieures à ces limites sans que l'on puisse mettre en évidence la présence de virus. L'absence de corrélation entre les indicateurs fécaux et les virus entériques ne doit pas surprendre (JIANG et CHU, 2004).

1.6-Comportement des bactéries entériques en mer :

Une fois déversées dans le milieu marin, les bactéries peuvent être retrouvées sous divers formes :

1.6.1-Microbes libres :

Cette forme est peu favorable et n'autorise pratiquement aucune forme de croissance. La survie ne peut que modestement se prolonger. Elle place la cellule en situation de carence car les germes n'ayant rencontré aucun support, aucun refuge, restent libres mais vulnérables. Ils représentent une minorité en péril et sont incapables de reproduction et par conséquent appelés à disparaître (**BRISOU et DENIS, 1978**).

1.6.2-Formes de résistance :

Certaines bactéries vivent dans un habitat relativement stable qui n'est pas soumis à des modifications physico-chimiques profondes, tel est le cas des bactéries pathogènes, parasites ou saprophytes de l'organisme hôte. D'autres organismes au contraire doivent s'adapter à des habitats contrastés et survivre dans un milieu hostile à des variations de température, de pH et à des carences nutritionnelles. Les spores sont l'une des formes de résistance et d'évolution que prennent certaines bactéries pour survivre dans des conditions hostiles et attendre des conditions plus propices afin qu'elles puissent germer et donner de nouvelles cellules végétatives identiques aux cellules originelles (**BRISOU et DENIS, 1978**).

1.7-Autoépuration des eaux de mer :

Les premières recherches dans ce domaine en 1889, par **GAUTHIER et PIETRI** en 1989, qui avaient clairement démontré que les micro-organismes allochtones, comme les coliformes, survivent mal dans les eaux marines, bien que les causes de cette disparition n'aient été clairement discernées. Par la suite, de nombreux travaux ont été entrepris pour analyser ce phénomène, aussi bien *in situ* qu'au laboratoire.

Jusqu'aux années 70, il était admis que les bactéries pathogènes d'origine humaine étaient détruites en quelques heures dans l'eau de mer. Ainsi, l'autoépuration des eaux marines est le retour spontané à la normale d'un écosystème modifié, physiquement, chimiquement, biologiquement, ou le tout à la fois.

On invoquait ainsi l'influence de la sédimentation après adsorption des cellules sur le matériel particulaire, l'activité létale de la salinité, des métaux lourds, de la carence en éléments nutritifs, de la lumière et le rôle antagoniste de nombreux éléments biologiques propres aux eaux usées ou au milieu marin : micro- et macro prédateurs et substances antibactériennes produites par les algues, le phytoplancton ou les bactéries et les levures.

Bien qu'un important effort de synthèse ait été fait sur ce thème, aucun consensus véritable n'est apparu quant à l'efficacité de l'un ou l'autre de ces facteurs dans les conditions naturelles. (GAUTHIER et PIETRI, 1989).

1.8-Facteurs influant sur la teneur microbienne globale :

1.8.1-Facteurs physico-chimiques :

Dilution : elle intervient immédiatement après le rejet. Elle est favorisée par le mélange des eaux : courants, turbulence et action des marées. On estime que 90 à 99% des bactéries d'égout sont détruites après 48 heures de suspension dans l'eau de mer et que leur nombre décroît avec la distance beaucoup plus rapidement que l'on pourrait s'y attendre du fait de la simple dilution (MAURIN, 1974).

Adsorption : c'est la fixation des polluants sur toutes les particules organiques ou minérales en suspension dans le milieu aquatique. C'est un phénomène bien connu par lequel les microbes s'accrochent à des corpuscules dont ils suivent le sort ; l'adsorption contribue donc à un isolement des germes et à une efficace dissociation de la charge polluante, car elle peut atteindre 90 à 95% des bactéries et des virus (BRISOU et DENIS, 1978).

Sédimentation : directe ou indirecte (après adsorption), elle détermine la disparition momentanée des microbes. Cette disparition peut être provisoire, car il peut y avoir remise en suspension des sédiments et des bactéries. Très efficace en eaux calmes, elle se trouve amoindrie par la turbulence du milieu (MAURIN, 1974).

Lumière : elle intervient sur la dispersion (dilution, adsorption, sédimentation) dans le sens où elle conditionne les mouvements verticaux et horizontaux des masses planctoniques. Une action bactéricide directe de la lumière ultraviolette est en principe admise, mais elle est très

modeste (**BRISOU et DENIS, 1978**) ; car son action ne dépasse pas une profondeur de 0.05m à 0.20m selon la turbidité (**MAURIN, 1974**).

Température de l'eau : la décroissance des bactéries augmente avec la température de l'eau. Ainsi, en période estivale, celle-ci est un des facteurs majeurs de l'épuration microbienne (**FLINT, 1987**).

Variations de pH : au plan microbiologique, les fluctuations naturelles de pH n'interviennent pratiquement pas. Par contre elles jouent un rôle dans les mouvements de masses planctoniques (**BRISOU et DENIS, 1978**).

Salinité : les fortes variations de salinité d'un milieu à l'autre, ont tendance à empêcher l'accoutumance des bactéries allochtones à leur nouveau milieu, ce qui conduit à la décroissance de leur nombre. Ce qui nous laisse à dire que le rejet de saumure des stations de dessalement est défavorable à la croissance bactérienne (**MAURIN, 1974**).

1.8.2-Facteurs biologiques :

Compétition interspécifique: la présence des microorganismes autochtones, plus aptes à se multiplier dans leur milieu naturel, implique la décroissance des bactéries allochtones (**FLINT, 1987**).

Prédation : On peut citer les :

Bactéries prédatrices: comme les « *Bdeiovibrio* » (groupe de bactéries de petite taille qui se fixent sur d'autres bactéries pour les « dévorer » ; ce sont des vibrions très mobiles qui n'attaquent que les bactéries Gram négatif) et les « *Myxobactéries* » (germes à Gram négatif ayant pour singularité d'hydrolyser les molécules insolubles, de lyser les cellules bactériennes et de les utiliser comme substrat) (**BRISOU et DENIS, 1978**).

Bactériophages: extrêmement répandus dans la nature ; ils parasitent et détruisent les bactéries et les cyanophycées. Ils peuvent détruire une population bactérienne entière ou seulement une partie de celle-ci et s'intégrer dans le chromosome pour établir la lysogénie (**BRISOU et DENIS, 1978**).

Prédateurs microphages: Ce sont tous les organismes qui se nourrissent de microbes. Ils sont représentés par les amibes, les flagellés, les ciliés ou des êtres plus évolués tels que les mollusques filtrants qui absorbent une grande quantité de bactéries et de virus avec leur nourriture. Il faut souligner que pour ces deux derniers, les germes absorbés ne sont pas nécessairement détruits (**BRISOU et DENIS, 1978**).

1.9-Devenir et évolution d'une pollution bactérienne en milieu marin :

De nombreuses études ont été menées afin d'apporter des précisions concernant le devenir des bactéries entériques rejetées dans le milieu marin. Elles sont réalisées soit in situ soit au laboratoire pour tenter de mettre en évidence les facteurs et les paramètres intervenant dans la décroissance bactérienne dans le milieu marin (**POMMEPUY et al., 2001**).

2- NOTION DE CONTAMINATION DES ESPACES RECREATIFS :

La qualité des eaux récréatives relève généralement des provinces et des territoires, tandis que leur gestion sécuritaire incombe essentiellement aux exploitants de plages ou aux fournisseurs de services qui supervisent les opérations qui y ont lieu quotidiennement. Les eaux récréatives sont des étendues naturelles d'eau douce, salée ou estuarienne utilisées pour les loisirs. Il peut s'agir de lacs, de rivières et de fleuves ou de bassins artificiels remplis d'eau naturelle non traitée. Les infections transmises par les microorganismes pathogènes d'origine hydrique constituent le principal risque pour la santé dans les eaux récréatives. Parmi les autres risques figurent les maladies ou blessures liées aux propriétés physiques et chimiques de l'eau (**CHORUS et BARTRAM, 1999**).

2.1-Définition de la pollution :

C'est l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier (**GRAVEZ et al., 2005**).

2.2-Classification des polluants :

2.2.1-Polluants conservatifs :

Qui restent en permanence dans le milieu marin (métaux lourds, P.C.B, D.D.T, ... etc.).

2.2.1.1-Pollution par les métaux lourds:

Sont considérés comme les polluants chimiques les plus redoutables causés généralement par les rejets industriels non ou mal contrôlés, les pollutions accidentelles par les métaux lourds peuvent aussi être à l'origine de graves problèmes tant pour le milieu marin que pour la santé publique, certains métaux lourds ont causé de graves maladies à savoir la maladie de « Minamata » qui a provoqué au Japon l'intoxication d'environ 2000 personnes, après des enquêtes épidémiologiques, il s'est avéré que la bioconcentration de mercure dans les chaînes trophiques marines était derrière cette intoxication collective en 1964, d'autres maladies telles que la maladie « D'HOFFS » par l'arsenic, maladie « d'Itaitai » par le cadmium, présentent aussi un danger imminent pour la population.

Il est à noter que d'autres métaux ont des conséquences néfastes sur la flore et la faune, citons par exemple le zinc et le cuivre qui peuvent provoquer une maladie des huîtres caractérisée par le verdissement, il suffit pour cela des concentrations de l'ordre de 0,01 PPM de cuivre et de 0,1 PPM de zinc, le Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb et le Zinc possèdent une action plutôt toxique ou inhibitrice de la croissance des algues, le Cuivre par exemple agit comme algicide à des doses supérieures à 0,1 mg/l (DAJOZ *et al.*, 1977).

2.2.1.2-Pollution par les pesticides:

On définit un pesticide comme étant une substance ou une préparation utilisée pour lutter contre des créatures vivantes nuisibles à l'homme de façon directe ou indirecte. Selon la nature des nuisibles auxquels ils sont affectés les pesticides seront dénommés, acaricides, nématicides, fongicides et herbicides. Trois grandes catégories de pesticides rassemblent les divers produits en usage, il s'agit des organochlorés, des organophosphorés et des désherbants. Les pesticides sont dangereux d'une manière générale et leurs utilisations dans le système biologique attaquent la chaîne alimentaire et provoquent aussi une détérioration des milieux marins. La fabrication des pesticides surtout par les usines implantées au bord des fleuves ou des côtes joue un rôle important dans la contamination des eaux littorales et continentales (RAMADE, 1982).

D'autre part, le lessivage des terres de culture et le ruissellement peuvent conduire à la contamination des eaux du littoral lors du cycle de l'eau. Une autre origine de contamination du milieu marin par les pesticides est liée à leur transport atmosphérique suivi d'échanges avec la mer lors des précipitations.

Certaines espèces marines sont très sensibles à l'action des pesticides, les phytoplanctons en particulier peuvent être affectés par le D.T.T à des concentrations très faibles de l'ordre de 10 ppb, ce qui entraîne une réduction de la photosynthèse. Des crabes et des crevettes sont tués par le D.D.T à des concentrations inférieures à 0,2 ppb (tableau 1).

En effet, la productivité des océans pourra baisser si la pollution par les pesticides continue et par conséquent la quantité des ressources alimentaires que l'homme pourra tirer diminue aussi **(DAJOZ, 1977)**.

Tableau 1 : Influence exercée sur trois animaux aquatiques par divers insecticides employés en Floride (USA) contre des larves de moustiques **(DAJOZ, 2000)**

Insecticides	DL 50 en ppm			Diminution de la productivité du plancton exposé à 1 ppm pendant 4 h (en %)	Concentration minimale recommandée contre les moustiques (en ppm)
	Après 96 h de contact		Après 48 h de contact		
	Huitre <i>Crassostrea virginica</i>	Crevette <i>Penaeus sp</i>	Poisson <i>Mujil eureka</i>		
D.D.T	$7. 10^{-3}$	10^{-3}	$6. 10^{-4}$	77	$3. 10^{-2}$
Aldrine	$5. 10^{-3}$		$5.5. 10^{-3}$		
Chlordane	$7. 10^{-3}$	$4.4. 10^{-3}$	$5.5. 10^{-3}$	94	$2. 10^{-2}$
Heptachlore	$2.7. 10^{-2}$	$2.5. 10^{-3}$	$3. 10^{-3}$	95	$6. 10^{-2}$
Dieldrime	$3. 10^{-2}$	$5. 10^{-3}$	$7.1. 10^{-3}$	85	$3. 10^{-2}$
Lindan	$0.45. 10^{-3}$	$4. 10^{-4}$	$3. 10^{-2}$	29	$6. 10^{-2}$

2.2.2-Polluants chimiques non conservatifs:

2.2.2.1-Pollution par les hydrocarbures:

Le terme huile, au sens de pétrole brut englobe donc divers mélanges de composés chimiques comprenant essentiellement du carbone et de l'hydrogène et que les chimistes appellent des "hydrocarbures", bien que certains autres composés organiques et inorganiques, qui ne sont pas des hydrocarbures, fassent également partie des pétroles bruts et des dérivés du pétrole.

La pollution, dont les origines sont les hydrocarbures est la forme la plus connue en matière de pollution maritime, les causes sont différentes, mais les plus fréquentes sont les rejets des navires au cours des opérations de chargement et de déchargement, par accident lors de collision ou d'échouages et enfin par les rejets intentionnels connu sous le nom de « déballastage » des pétroliers (**REMILI et KERFOUF, 2010**).

2.2.2.2-Conséquences d'une pollution par les hydrocarbures :

Un film d'hydrocarbures étalé à la surface de la mer empêche les échanges air/mer nécessaires à de nombreux cycles biologiques marins. Par conséquent, il diminue le renouvellement de l'oxygène, d'autre part, il joue le rôle d'un obstacle aux rayons du soleil, limitant ainsi la photosynthèse et aussi il entraîne une augmentation de la température et favorise ainsi la prolifération de microorganismes consommateurs d'oxygène.

Les effets des hydrocarbures sur l'environnement sont variés et complexes. Certains se manifestent immédiatement, d'autres après une période plus longue. Ils affectent à des titres divers le règne animal et végétal de la surface et de l'intérieur de la mer. Dans le cas des pétroles bruts, les fractions les plus volatiles et les composés aromatiques sont les plus toxiques. Pour les produits raffinés, les effets les plus nuisibles proviennent généralement des produits qui ont un point d'ébullition bas; le pétrole qui contient du plomb tétra éthyle est considéré comme le plus toxique de tous, suivi par le kérosène, le gazole et le fuel N° 6 (ou huile lourde pour moteur marin N° 6).

Outre une intoxication directe, par inhalation ou ingestion massive de produits pétroliers, la consommation de certains animaux marins (poissons, crustacés, coquillages) qui ont été en contact avec des hydrocarbures peut être dangereuse pour l'homme en raison des effets cumulatifs.

Toutefois, la plupart du temps, les effets nocifs de la pollution sont ressentis indirectement par le truchement de l'impact économique et écologique:

- ✓ dommage aux ressources biologiques: flore et faune marines, avec comme conséquence des entraves à certaines activités maritimes;
- ✓ Dégradation des installations et atteinte au tourisme qui, dans presque tous les états riverains de la Méditerranée, constitue une valeur économique fondamentale;
- ✓ Diminution de la qualité de l'eau qui se répercute sur ses multiples usages.

L'impact de la pollution pétrolière sur les êtres vivants marins est considérable. La pollution chronique de l'océan par le pétrole exerce aussi des effets pernicieux sur les ressources vivantes marines. On a pu montrer que des doses modérées de pétrole diminuent l'activité photosynthétique des algues et du phytoplancton. Les poissons qui vivent dans des zones contaminées accumulent des hydrocarbures dans leurs muscles, ce qui les rend inconsommables (**REMILI et KERFOUF, 2010**).

2.2.2.3-Pollution par les détergents:

Ces dernières années, on assiste à des utilisations importantes de détergents aussi bien chez le ménagère que chez l'industriel.

La présence de ces produits dans l'eau peut avoir plusieurs origines :

- ✓ Une origine industrielle (fabrication de détergents, blanchisserie, nettoyage des appareils,...etc.).
- ✓ Une origine agricole due à l'entraînement par les eaux pluviales, des mouillants entrants dans la composition des insecticides et des germicides.
- ✓ Une origine urbaine due à l'utilisation ménagère de détergents et leur emploi pour le nettoyage des établissements publics à savoir les hôpitaux, maternités, stations de dessalement, ...etc.

Ces produits très nocifs pour le milieu marin arrivent en mer soit par les fleuves côtiers, soit par les réseaux d'assainissement ou parfois directement déversés pour émulsifier le pétrole lors des marées noires (**PHILIP, 1976**).

Parmi les conséquences de la présence des détergents dans le milieu marin, on peut citer l'apparition des mousses qui interdisent tout échange gazeux entre la mer et l'atmosphère, ce qui conduit à une perturbation des processus d'autoépuration.

La croissance de certaines bactéries autotrophes qui interviennent dans l'épuration des eaux peut être inhibée en présence des détergents à des concentrations de l'ordre de 10 mg/l (**PERSSON et al., 1976**).

2.2.3-Pollution thermique (Caléfaction):

Résultant de l'évacuation des eaux chaudes par les centrales thermiques dont l'élévation de la température qui s'ensuit dans le milieu marin se traduit par une modification écologique qui n'est pas sans importance vis à vis la faune et la flore marine. Généralement ces installations sont éloignées des espaces récréatifs (**AIT TAYEB, 2001**).

2.2.4-Polluants microbiens:

Cette pollution est causée par les déversements en milieu marin des eaux résiduaires (eaux usées), des eaux issues des usines à caractère agro-alimentaire et par les rejets anarchiques des estivants qui séjournent sur les plages. Ces eaux usées rejetées en milieu marin sont riches en matières organiques et en micro-organismes plus ou moins pathogènes (tableau 2).

L'attaque bactérienne se traduit par une oxydation des matières organiques, en diminuant d'une façon importante le taux d'oxygène dissout. De nombreuses espèces de bactéries spécialisées réduisent les sulfates en anhydride sulfureuses qui est une substance très toxique pour les poissons.

Les eaux résiduaires apportent au milieu marin une charge bactérienne importante de l'ordre de 2 à 3 milliards de micro-organismes par litre. On considère que la production journalière moyenne d'eaux usées par habitant est de l'ordre de 150 à 300 litres (**PERES, 1978**).

Tableau 2 : Concentration de quelques micro-organismes dans les eaux usées urbaines brutes (**HASLAY et LECLAIRE, 1993**)

	Micro-organismes							
Concentration	<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Salmonella</i> 1700 types	<i>Mycobactérium</i> (au moins 80 sérotypes)	Entérovirus (plus de 100 sérotypes)	<i>Giardia lamblia</i> (kystes)	Helminthes (œufs)	Bactériophages
	10 ⁷ /litre	10 ⁷ .10 ⁸ /litre	250/litre	10 ⁵ à 10 ⁶ /litre	80 à 2000 NPPUC/litre	8.10 ⁴ /litre	30/litre	3.10 ³ à 10 ⁶ /litre

NPPUC : Nombre le plus probable d'unités cytopathogènes

2.2.5-Pollution par les eaux usées:

Les eaux usées sont considérées la principale cause d'impureté de la côte algérienne provenant des foyers domestiques, des usines et des industries qui déversent directement dans la mer, sans oublier une quantité importante des eaux déminéralisées découlant des stations d'épuration et oueds.

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

Selon **POMMEPUY et al., 2001**, les paramètres qui déterminent la mortalité des microorganismes ou leur survie dans l'eau de mer sont :

- ✓ La présence de composés organiques osmoprotecteurs qui permettent à la cellule de supporter le choc osmotique lors du passage de l'eau usée douce à l'eau de mer salée;
- ✓ La présence de matières organique assimilable;
- ✓ La température de l'eau et l'effet bactéricide de l'ensoleillement car il suffit d'une exposition d'une à deux heures à l'ensoleillement pour qu'une suspension bactérienne ne devienne plus cultivable.
- ✓ **La décantation des bactéries :** Les bactéries issues des rejets se présentent sous forme libre ou agglomérée. La décantation des bactéries est un phénomène lent car il faut en moyenne 10 heures pour que les concentrations bactériennes diminuent d'un logarithme.
- ✓ **La contamination du sédiment :** Les dépôts des particules chargées de bactéries seront fonction de l'hydrodynamisme et se feront dans les zones peu profondes, abritées des courants et des clapots. Plus le sédiment est riche en matière organique plus les bactéries fécales survivront plus longtemps (**POMMEPUY et al., 2001**).

2.3-Indicateurs de contamination fécale - activités récréatives de contact primaire :

Escherichia Coli est le meilleur indicateur de contamination fécale dans les eaux douces utilisées à des fins récréatives, et les entérocoques sont les meilleurs indicateurs de contamination fécale dans les eaux marines utilisées à des fins récréatives. Les activités récréatives de contact primaire sont celles au cours desquelles tout le corps ou le visage et le

tronc sont fréquemment immergés ou au cours desquelles le visage est fréquemment éclaboussé et où il y a possibilité d'ingestion d'eau. L'immersion involontaire, qu'elle soit due à une vague ou à une chute, met aussi tout le corps en contact avec l'eau (DORNER et al., 2007).

2.4-Indicateurs de contamination fécale-activités récréatives de contact secondaire :

Une activité de contact secondaire est une activité au cours de laquelle seuls les membres sont régulièrement mouillés et où le contact d'une plus grande partie du corps avec l'eau (y compris l'ingestion d'eau) est inhabituel. Il convient d'évaluer chacune des activités de contact secondaire afin de déterminer les risques potentiels pour la santé humaine (U.S.EPA, 2002).

2.5-Microorganismes pathogènes dans les eaux récréatives:

La détection des microorganismes pathogènes dans les eaux récréatives présente actuellement des défis trop grands pour qu'il soit possible de recommander qu'elle fasse partie d'un programme de surveillance régulier. Des circonstances spéciales, comme des enquêtes relatives aux éclosions de maladies d'origine hydrique, pourraient cependant entraîner un besoin de surveillance. Les indicateurs fécaux comme *E. coli* et les entérocoques sont les meilleurs indicateurs disponibles pour détecter la présence de microorganismes entériques pathogènes. Toutefois, l'absence des indicateurs fécaux recommandés ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas d'organismes pathogènes (DORNER et al., 2007).

2.6-Cyanobactéries et toxines :

Des cas de maladies graves ont été rapportés chez des baigneurs ayant été exposés à des proliférations de cyanobactéries (fleurs d'eau) toxiques dans des eaux à vocation récréative. Des valeurs recommandées ont été établies pour les cyanobactéries et leurs toxines; elles visent à assurer une protection contre le risque d'exposition au microcystines et contre les effets néfastes qui pourraient résulter d'une exposition à de fortes densités de cyanobactéries. Dans les eaux où les valeurs recommandées sont dépassées ou dans lesquelles il y a prolifération de cyanobactéries, il convient d'éviter tout contact avec l'eau et de reprendre les activités récréatives uniquement lorsque les autorités compétentes auront déterminé qu'il n'y a plus de danger pour la santé (DORNER et al., 2007).

2.7-Autres dangers biologiques :

Dans les zones récréatives où d'autres dangers biologiques présentent un risque pour la santé et la sécurité des usagers, il est déconseillé de pratiquer des activités aquatiques. Parmi ces dangers, mentionnons la présence d'organismes responsables de la dermatite du baigneur et les fortes densités de plantes aquatiques, exemple: méduses et murènes.

2.8-Caractéristiques physico-chimiques et esthétiques :

Les caractéristiques physiques, chimiques et esthétiques de l'eau peuvent avoir un impact sur la pratique d'activités aquatiques dans les zones à vocation récréative. Les eaux récréatives doivent présenter une bonne qualité esthétique et être exemptes de substances qui compromettent leur appréciation esthétique. Les propriétés esthétiques de l'eau peuvent avoir une incidence sur la santé et la sécurité des usagers des eaux récréatives, notamment lorsque la visibilité est considérablement réduite.

Aucune valeur recommandée n'a été établie pour les paramètres chimiques spécifiques dans les eaux récréatives. En général, les risques chimiques potentiels sont beaucoup plus faibles que les risques microbiologiques. Il est important que les exploitants de plages et les fournisseurs de services disposent d'un mécanisme pour s'assurer que les dangers chimiques potentiels sont connus et que des mesures adéquates sont prises (**DORNER et al., 2007**).

2.9-Organismes indicateurs pour une contamination fécale des eaux récréatives :

2.9.1-Eaux douces : *Escherichia coli*

L'Escherichia coli reste le meilleur indicateur de contamination fécale dans les eaux douces utilisées à des fins récréatives.

Escherichia Coli est l'organisme qui répond le mieux aux critères de l'indicateur idéal de la contamination fécale des eaux douces. Il est toujours présent lorsqu'il y a contamination fécale d'origine humaine ou animale. Sa détection indique une contamination fécale de l'eau et donc la présence possible de bactéries, virus ou protozoaires fécaux pathogènes.

La présence de pathogènes fécaux dans les eaux récréatives dépend de nombreux facteurs; elle peut être variable et sporadique. L'absence d'*Escherichia Coli* ne signifie pas nécessairement qu'il n'existe pas dans l'eau d'autres microorganismes entériques pathogènes (**DORNER et al., 2007**).

2.9.2-Eaux marines : entérocoques

Les entérocoques répondent de près à nombre des critères des bons indicateurs de la contamination fécale des eaux récréatives. Beaucoup d'espèces de ce groupe se trouvent en grand nombre dans les excréments humains et animaux. Les entérocoques ne sont pas normalement présents dans les eaux non polluées et sont généralement considérés comme incapables de se développer dans les eaux récréatives. Comparativement à d'autres indicateurs par exemple *Escherichia coli* et les coliformes thermo tolérants, les entérocoques présentent une résistance plus grande au stress environnemental dans les eaux récréatives par exemple, le rayonnement solaire et la salinité (ASHBOLT *et al.*, 2001).

2.9.3-Présence dans le milieu aquatique :

On trouve régulièrement des entérocoques dans les eaux douces et marines récréatives qui, d'après ce que l'on en sait, sont exposées à des sources humaines ou animales de pollution fécale. Ces organismes sont présents en grand nombre dans les excréments humains et animaux, où leurs concentrations peuvent atteindre de 10^6 à 10^7 cellules/g. Des études de caractérisation de la flore fécale humaine donnent à conclure que les espèces du genre *Entérocooccus* pourraient être détectées dans les excréments de 100 % des sujets testés.

Les entérocoques sont considérés comme les meilleurs indicateurs disponibles de la qualité des eaux marines à vocation récréative. Leur détection signale la contamination fécale de l'eau et, de ce fait, la présence possible de bactéries, virus ou protozoaires fécaux pathogènes. Les virus et protozoaires entériques pathogènes humains d'origine fécale peuvent survivre longtemps en eaux marines. Même si des numérations élevées d'entérocoques peuvent indiquer la présence possible de virus et de protozoaires pathogènes, il n'est pas certain, à l'opposé, que l'absence d'entérocoques signifie que ces pathogènes sont également absents (WADE *et al.*, 2003).

2.10-Cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux récréatives :

Les cyanobactéries sont des bactéries qui présentent certaines caractéristiques communes avec les algues. Elles ressemblent à celles-ci par leur taille, ont une pigmentation bleu-vert et sont capables de faire la photosynthèse. On a dénombré plus de 46 espèces de cyanobactéries capables de produire des toxines (SIVONEN et JONES, 1999).

Certaines cyanobactéries marines comme les *Lyngbya*, les *Oscillatoria* et les *Schizothrix* peuvent produire des toxines appelées aplysiatoxines et lyngbyatoxines capables de causer de graves dermatites chez les nageurs. Les aplysiatoxines sont considérées comme des agents tumorigènes puissants et présenteraient en outre des propriétés laissant deviner un pouvoir cancérigène.

On pense également que les lipopolysaccharides qui composent la paroi cellulaire de ces cyanobactéries pourraient engendrer une irritation ou une réaction allergène chez les humains, mais ce phénomène reste encore mal compris. Néanmoins, on pense que ces cyanobactéries pourraient être au moins partiellement responsables de certains effets irritants non spécifiques liés à l'exposition des humains aux fleurs d'eau (**CHORUS et BARTRAM, 1999**).

2.11-Devenir des polluants dans le milieu marin:

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

2.12-Impact sanitaire de la pollution microbienne:

La liste des maladies liées à la dégradation des eaux de baignade est longue. Les plus répandues sont les affections cutanées, oculaires, auriculaires, hydriques, mycosiques et atteintes du tractus respiratoire supérieur. C'est l'homme, l'usager du littoral en qualité de «baigneur » ou de «consommateur de fruits de mer » qui suscite un grand intérêt. L'eau de mer souillée contient une large gamme de germes, virus et bactéries susceptibles de provoquer des troubles infectieux. Certaines espèces de bactéries peuvent être à l'origine de trouble infectieux, de gastro-entérites ou d'intoxication (**POGGI, 1990**).

2.12.1-Risques liés à la baignade :

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

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

✓ **Les affections cutano-muqueuses:**

Les conjonctivites sont les maladies majeures liées au séjour sur les sables de plages et les eaux de mer. Les responsables de ces affections appartiennent au groupe des « Chlamydozoons » qui peuvent préparer le terrain à d'autres bactéries (staphylocoques) et les virus (adénovirus). Les affections de la sphère ORL sont aussi fréquentes, provoquées généralement par les streptocoques du groupe D.

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

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

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

Chapitre II

Présentation

de la zone d'étude

3- Présentation de la zone d'étude

3.1- Localisation géographique de la zone d'étude :

Le littoral oranais s'étend sur une centaine de kilomètres entre le cap Blanc situé à l'ouest de l'agglomération oranaise et la Pointe de l'Aiguille située à l'ouest d'Arzew (figure 1).

Le littoral oranais est un ensemble de forme de relief dont le façonnement dépend directement ou indirectement des actions de la mer. Il comprend la ligne de côte dont les plages et les falaises font partie ; ces dernières diffèrent d'une zone à une autre. La baie d'Oran occupe la partie centrale du littoral oranais et s'ouvre d'ouest en est ; elle est bordée sur 30km de terres élevées et dessine une demi circonférence à peu près régulière depuis le cap Falcon jusqu'au cap de l'Aiguille (**LECLAIRE, 1972**).

Du port d'Oran à la Pointe de Mers el Kébir, la côte est constituée essentiellement de hautes falaises (10 à 30 m de hauteur). A l'est du port d'Oran, la côte présente des falaises plus ou moins hautes interrompues de petites plages. Deux des plus grands ports d'Algérie se trouvent dans cette zone : les ports d'Oran (figure 2) et de Mers el Kébir (figure 3) et un abri de pêche à Kristel (figure 4). Le port de Mers el Kébir occupe presque toute la partie occidentale de la baie d'Oran. C'est un port militaire et comprend un important chantier naval. La partie centrale de cette zone est occupée par le port d'Oran. A l'est de ce port se trouve le petit port de Kristel qui abrite une petite flottille de pêche artisanale (**KERFOUF et al., 2007**).

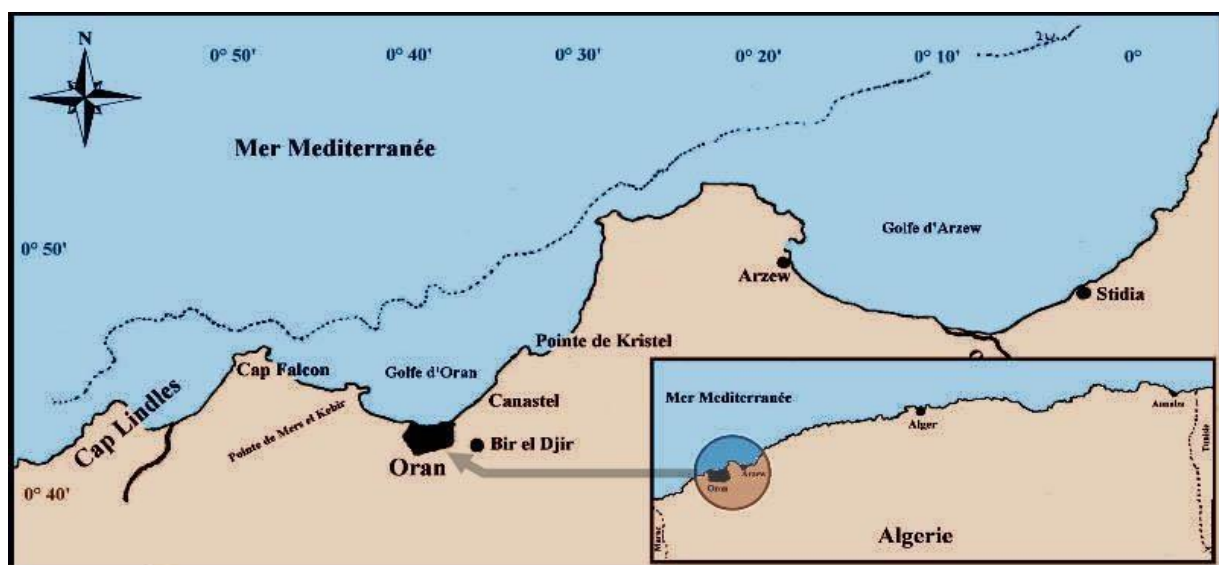


Figure 1: Localisation géographique de la zone d'étude (**KERFOUF, 2006**)



Figure 2 : Port d'Oran (KERFOUF, 2015)



Figure 3: Port de Mers Kebir (KERFOUF, 2015)



Figure 4 : Abri de pêche de Kristel

3.2 Description de la zone de prélèvement :

Notre zone d'étude s'étale sur toute la frange du littoral de la Wilaya d'Oran. Elle se situe dans les limites administratives de la wilaya d'Oran. Cette bande littorales s'étend sur une distance de 120 km et s'ouvre d'Ouest en Est.

3.3-Géomorphologie et sédimentologie :

Comme toutes les terres émergées autour de la Méditerranée, l'extrémité septentrionale du continent africain se prolonge en mer par une bordure sous marine peu étendue, plus ou moins continue. Elle assure la transition avec les grands fonds du bassin algéro-baléares : la marge continentale ou le pré continent nord-africain, qui se prolonge depuis la frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne. Le littoral sud méditerranéen est constitué de 70 % de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, les 30 % restants sont représentées par les plages sablonneuses bordées de cordons dunaires ou cadrées par des affleurements de roches éruptives. La plate forme de l'ouest algérien est l'une des plus étroites de la Méditerranée, puisque sa largeur moyenne est de 7km ; ainsi le rebord de ce plateau s'abaisse sensiblement le long du golfe d'Arzew et remonte au voisinage des massifs d'Oran, où la couverture sédimentaire est de nature variée. Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, car il forme un tapis recouvrant tout le plateau continental ; par contre les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuse qui couvrent une importante superficie de la baie d'Oran sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo siliceuse ne représentent qu'un faible pourcentage aux rebords de cette baie.

Les fonds des îles Habibas au cap Falcon, sont de nature sablonneuse, vaseuse par endroit, coquillères et parsemés par de nombreuses roches. Du cap Falcon au cap de l'Aiguille, tous les sables et les graviers calcaires sont plus ou moins argileux. Ils se divisent en deux types : les sables de la plate forme continentale et les sables du rebord. Enfin à l'est de notre zone d'étude entre la

Pointe de l'Aiguille et le cap Carbon, la côte est essentiellement rocheuse. Les matériaux constituant la couverture sédimentaire actuelle proviennent comme partout ailleurs de l'érosion continentale ou sous-marine, et de la production d'origine biologique, soit benthique soit planctonique. Le façonnement et la répartition de tous ces matériaux sont largement

conditionnés par la nature même du milieu marin, c'est à dire par des caractéristiques physico-chimiques et dynamiques (LECLAIRE, 1972).

3.4-Les courants :

La Méditerranée est située entre 30° et 40° nord, c'est une mer profonde, presque fermée, communiquant avec l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar (figure 5).

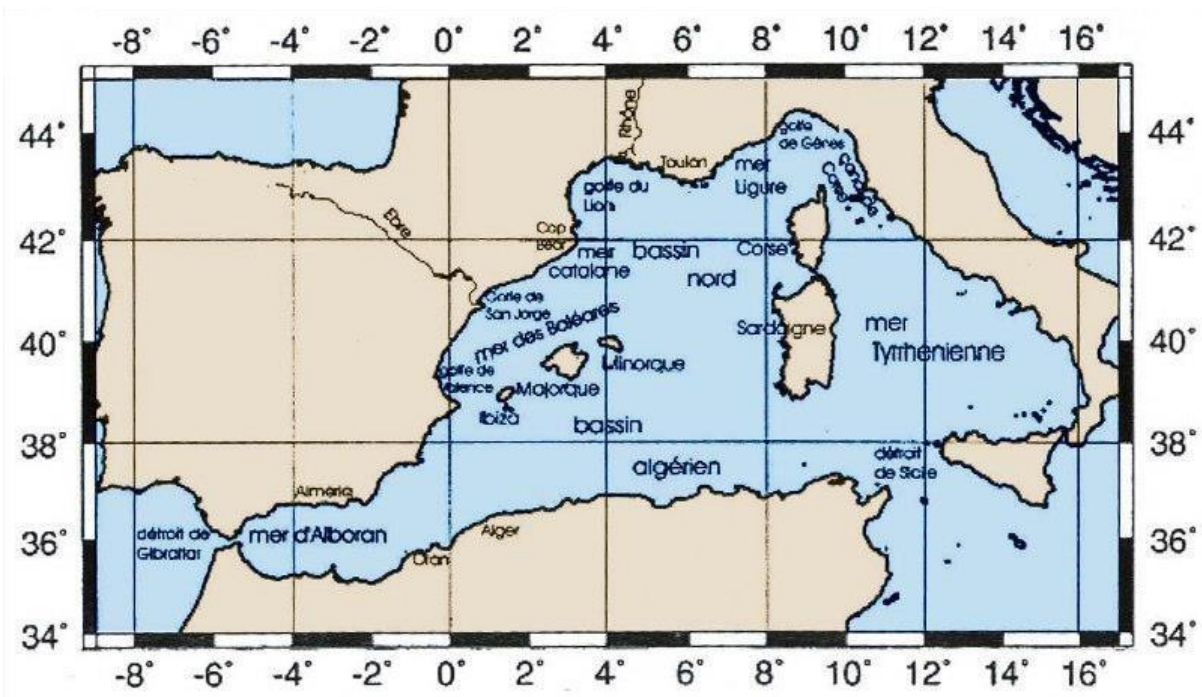


Figure 5: Situation géographique du bassin méditerranéen occidental

En Méditerranée l'évaporation étant plus intense que les précipitations et les apports fluviaux, il existe un déficit constant ; mais les apports en provenance de la Mer noire via les Dardanelles et surtout de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar, rétablissant l'équilibre, donnent à toute l'hydrologie méditerranéenne ses caractères les plus distinctifs. Ce flux permanent de l'Atlantique vers la Méditerranée est appelé courant Atlantique ou courant algérien (MILLOT, 1985).

Pour équilibrer à la fois son bilan d'eau et son bilan de sel, le bassin méditerranéen fonctionne comme « une machine » qui transforme l'eau atlantique entrante, diluée par les précipitations et les apports des fleuves, en une eau dense et salée, typiquement méditerranéenne. Cette eau méditerranéenne, finalement s'écoule dans l'Atlantique dans les parties profondes du Détroit de Gibraltar.

La Mer méditerranée est considérée comme un bassin semi fermé qui communique avec le reste de l'océan mondial par le Déroit de Gibraltar dont la largeur est en moyenne de 15 km et la profondeur de 250m au seuil. Le déroit de Sicile dont la profondeur est environ 1000 m au seuil, divisant le bassin en deux grands sous bassins, la Mer occidentale et la Mer orientale, sous divisées à leur tour en mers secondaires (**KERFOUF et al., 2007**).

Un certain nombre d'auteurs apportent des précisions sur la circulation des eaux en Méditerranée et le long des côtes algériennes:

- ✓ Un courant de surface ou courant atlantique qui va d'ouest vers l'est.
- ✓ Un courant profond ou courant oriental qui va de l'est vers l'ouest.

La valeur moyenne des eaux atlantiques entrantes en Méditerranée est en effet, de 1 million de m³/s. Ce flux détermine par son importance l'allure de la circulation générale de l'hydrologie et même des variations de niveau dans toute la Méditerranée occidentale. Parmi les principaux facteurs qui affectent la circulation générale, les vents, l'évaporation et la rotation de la terre paraissent jouer un rôle important. Les récentes investigations reposant sur l'imagerie satellitaire, ont précisé l'évolution du courant atlantique (**MILLOT et al., 1989**).

Ce courant pénètre sous forme d'une veine de 50km de largeur à 0°, de hauteur maximale 150m et d'une vitesse supérieure à 50cm/s. il long la côte et s'en rapproche sous l'effet de la force de Coriolis.

A proximité d'Oran, les eaux atlantiques se resserrent près de la côte en s'enfonçant jusqu'à 100 - 200 m de profondeur et se dirigent vers l'est avec une vitesse moyenne de 0,6 nœuds. Vers 4° à l'est, le courant se divise en deux branches dont l'une poursuit sa route vers l'est (Déroit sicilo-tunisien) en s'écartant de la côte et en diminuant de vitesse (0,5 m/s devant Alger), tandis que l'autre moins importante remonte vers le nord (bassin algéro-baléares, côte ouest de la Sardaigne et de la Corse). Orienté ouest/est tout au long du pré continent algérien, le courant atlantique induit au niveau des golfes et des baies des contres courants à vitesse très faibles tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

D'après les mesures par flotteurs, La vitesse moyenne en surface de ces courants est de 0,3 Km/h à Arzew (**CAULET, 1972**). A proximité des fonds sous marins, la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable : 1 cm/s (**MILLOT, 1987**). Le flux d'eaux Océaniques entrant par le déroit de Gibraltar sous forme de méandres

associe son effet avec d'autres phénomènes complexes pour engendrer des *upwellings* ou remontée des eaux profondes, d'où un apport en sels minéraux et éléments nutritifs qui permet le développement du phytoplancton et du zooplancton, premier maillon de la chaîne trophique marine nécessaire au maintien d'un équilibre stable de cet écosystème. Les *upwellings* côtiers contribuent au transfert et à la répartition des polluants (AUBERT *et al.*, 1982).

- Masses d'eaux de surface :

Ce sont des eaux d'origine atlantique pénètrent en surface par le Déroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algériennes. Ce courant se déplace sur 1200 km de long et sur 50 km, ayant une salinité estimée à 36,25 ‰ et une température de 12 à 13 °C. Le flux atlantique va traverser la mer d'Alboran puis les côtes algériennes sous forme de gyre anticyclonique (mouvement circulaire suivant le sens des aiguilles d'une montre) ; ce même courant (courant algérien) est souvent instable et à forte intensité engendrant des courants secondaires (méandres) qui vont se diviser en deux branches (MILLOT, 2009):

- La première va se déplacer vers le nord en longeant les côtes de l'Italie, de la France et de l'Espagne (courant Liguro provençal) pour revenir à l'Atlantique via le Déroit de Gibraltar.
- La deuxième gagnera la Méditerranée orientale via le déroit de Sicile.

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest. Au niveau du bassin algérien l'eau levantine qui s'écoule du déroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (MILLOT, 1987).

-Eaux Intermédiaires Levantines:

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest. Au niveau du bassin Algérien l'eau levantine qui s'écoule du Déroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (MILLOT, 1987).

-Eaux profondes :

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver, ces eaux sont très homogènes dans tout le bassin méditerranéen avec une température fixe de 12,7° C, une salinité estimée à 38,4 ‰ et une densité évaluée à 29,11 (MILLOT, 1985).

-Le bassin de concentration :

La Méditerranée constitue un bassin allongé relativement étroit (détroit de Gibraltar : 15 km de largeur), comme nous l'avons cité précédemment le bassin Méditerranéen est divisé en deux grands bassins occidental et bassin oriental. Les pertes en eau enregistrées sont nettement supérieures que celles apportées par les précipitations et les fleuves d'où l'idée ou l'apparition du terme « bassin de concentration ».

Les eaux de l'Océan atlantique pénètrent en surface par le Détroit de Gibraltar, sont moins salées. En raison de l'évaporation, elles deviennent plus salées (donc plus denses) et plongent à une profondeur intermédiaire pour regagner par la suite l'Atlantique ; de cette façon, les pertes en eaux sont compensées et la salinité maintenue constante. Le type de mouvements des eaux est dit « Lagunaire » (MILLOT, 1987)

-Le bassin de dilution :

Par contre en Méditerranée il y a des endroits où les apports des précipitations et des fleuves sont supérieurs aux pertes d'eau par évaporation (ex : la Mer noire ou la Mer rouge), dans ces régions les eaux profondes sont plutôt douces et moins denses, de ce fait nous aurons un mouvement inverse du premier où les eaux profondes remontent à la surface pour réguler la salinité des eaux. Dans ce cas de figure nous employons le terme de « bassin de dilution » et le mouvement est dit *estuarien* (MILLOT, 1987)

- Les houles :

Les houles présentes au large et au niveau des côtes à la fois, agissent activement (jusqu'à 200m de profondeur) mélangeant et dispersant les différentes substances polluantes, favorisant la sédimentation et d'autres phénomènes complexes. En plus de l'existence des marées et des courants permanents au large ou à la côte, les houles agissent de façon active parfois jusqu'à 200m entraînant la dispersion de substances polluantes, l'oxygénation, la

rupture de stratification, et la sédimentation. Ces mouvements marins assez particuliers appelés « ondes externes » apparaissent généralement lorsque le milieu marin est soumis à une action externe qui perturbe son équilibre (MILLOT *et al.*, 1989).

Le régime saisonnier des houles le long du littoral algérien présente deux principales directions (LECLAIRE, 1972):

- Une direction WNW (300°) ou 80% des houles se produisent pendant l'été.
- Une direction NNE (20-40°) ou la majorité des houles se produisent pendant l'hiver.

- Climat:

Le climat de la région est de type méditerranéen, chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée de la mi-juin et à la mi-septembre, alors que les mois d'octobre à décembre sont les plus arrosés. Par la répartition des pluies entre les mois humides, l'année 2009 (précipitations de 295 mm ; température moyenne de 18,7 °C – ONM, 2009) se distingue sensiblement des conditions climatiques moyennes de l'Ouest algérien, dont elle reste cependant globalement assez représentative (Figure 6) (REMILI et KERFOUF, 2013).

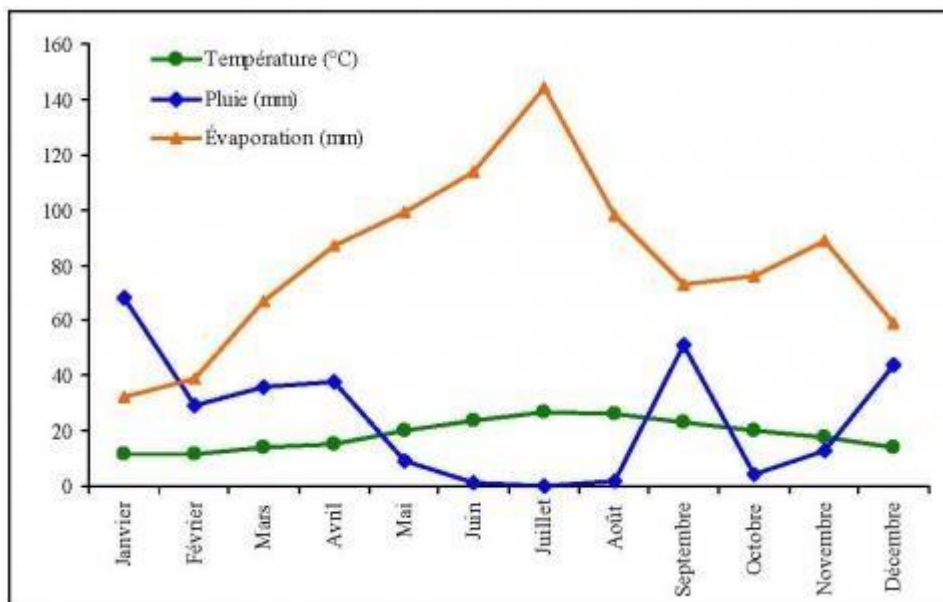


Figure 6 : Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques à Oran en 2009

(ONM, 2009)

3.7- Données sociodémographiques :

3.7.1- Evolution de la population de la Wilaya d'Oran :

La wilaya compte une population 1 520 000 habitants avec une superficie totale de 2200 Km², elle a connu une croissance démographique assez importante, l'estimation de la population de la wilaya à l'horizon 2015 peut arriver à 1 637 372 habitants (**D.P.A.T., 2009**).

3.7.2- Taux d'accroissement de la population du groupement d'Oran :

1966-1987 : Un solde migratoire négatif

1987-1995 : Des nouvelles migrations vers la métropole et sa périphérie

1995-2015 : La crise économique, arrête des investissements, une accentuation continue du chômage, qui laisse penser que l'exode en direction du groupement d'Oran, déjà sensible au cours de la dernière décennie (**A.N.D.I., 2015**).

3.8- Données socio-économiques:

Oran devient une grande métropole par sa grande infrastructure grâce à sa localisation stratégique et aussi à la diversité de son paysage et de ses richesses culturelles.

3.8.1 - Potentialités économiques :

La wilaya d'Oran représente un pôle économique et industriel et un marché lucratif pour les PME/PMI. Elle attire de plus en plus d'investisseurs et d'hommes d'affaires depuis ces dernières années dont deux sous-ensembles se superposent :

La première, à vocation industrielle dominante qui regroupe les communes d'Oran, Es Senia, Bir El Djir, Arzew, Béthioua et Ain El Beida.

La seconde à vocation agricole et balnéaire avec les communes de Misserghin, Boutlélis, Oued Tlelat et une partie de Mers El Kébir (**A.N.D.I., 2015**).

3.8.2- Infrastructures de base :

La position géographique de la zone est privilégiée à plus d'un titre. Cet espace offre des sites naturels ouverts par la présence de la mer et des différentes baies (Oran, Arzew), sites favorables à l'implantation d'infrastructures portuaires et des agglomérations.

Les plaines littorales de Bousfer et des Andalouses, ainsi que les plaines sub-littorales de Boutlélis, Misserghin et Es Senia sont caractérisées par une agriculture de maraichage de primeur, de fruitiers divers, d'élevage laitier et d'aviculture. Elles profitent d'un climat clémente, un potentiel en eau souterraine certain, d'un potentiel édaphique conséquent.

Les Écosystèmes Naturels Forestiers ou à vocation forestières et aquatiques représentent une autre richesse variée.

D'après KACEMI en 2006, l'activité industrielle se développe malgré les impacts négatifs qu'elle génère. La perception des impôts locaux (taxe foncière, taxe sur l'activité professionnelle) constitue l'essentiel des ressources des communes du pôle industriel. Lorsque l'occupation industrielle est réduite, ces taxes diminuent, c'est le cas de la commune de Mers El Hadjadj qui aurait préféré augmenter l'occupation industrielle et renflouer ses caisses.

Le contrôle microbiologique n'est pas permanent. Il ne concerne que les zones de baignade. Par ailleurs, on déplore l'absence de données sur l'ampleur de la pollution marine et atmosphérique générées par l'activité industrielle et ses répercussions sur l'environnement et les populations (KACEMI, 2006).

3.9- Les facteurs physico-chimiques du milieu :

3.9.1-La température :

A température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement à celle de l'atmosphère et par conséquent varie en fonction des saisons. En méditerranée, les eaux se caractérisent par des écarts de température entre les couches superficielles et les couches profondes relativement peu importantes. Sur le littoral algérien, l'eau de surface subit tout au long de l'année des variations thermométriques considérables (KERFOUF *et al.*, 2007).

La température moyenne des eaux de surface, en fin janvier est de 14,7° C, les valeurs des températures des eaux de surface sont comprises entre 14,4° C et 15° C. La température la plus basse est de 14,4°C. La température maximale des eaux de fond est de 15,2° C et la plus basse est de 14°C, relevée à une profondeur de 98 m. En général, l'écart entre les eaux de surface et ceux du fond est inférieur à 0,5°C. Dans les petits fonds il y a une homogénéité thermique des eaux. Les températures des eaux du fond sont en général supérieures à celles des eaux de surface. Les températures de surface les plus élevées sont localisées dans la partie

orientale du golfe. Alors que les températures des eaux de surfaces les plus faibles sont situées au centre de la baie d'Oran.

Les températures des eaux du fond les plus élevées sont localisées à la partie est de la baie. Par contre les eaux du fond des secteurs ouest et centre de la baie ont les plus faibles températures. La température côtière des eaux du golfe est supérieure à la température des eaux de fond du large.

Pour le golfe d'Arzew situé à l'est de la baie d'Oran, la température des eaux de surface varie entre 14,4°C et 14,6°C et celle des eaux de fond est de 14,6°C en moyenne. La température des eaux de surfaces et ceux du fond sont identiques entre la baie d'Oran et le golfe d'Arzew (**KERFOUF et BENYAHIA, 2001**).

La mer méditerranéenne est soumise à un problème grave de pollution dû à l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voie d'industrialisation.

La civilisation moderne et l'activité de l'homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère (**HOUMA et al., 2004**).

3.9.2- Salinité :

Les mesures de courants et de précipitations dans le bassin méditerranéen montrent que les apports fluviaux et atmosphériques sont insuffisants pour maintenir le taux de salinité et le niveau de la mer. D'après les données de la littérature, il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui se superposent dans le bassin algérien (**MILLOT et al., 1989**). L'eau atlantique superficielle est représentée par une salinité inférieure à 37,10 ‰.

A -20m, le taux de salinité de cette eau diminue nettement et atteint une valeur de 36,42 ‰. Les eaux de surface des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant les (37‰), à 20m cette salinité diminue et atteint son seuil le plus bas au niveau côtes oranaises (36,42‰), la salinité décroît entre 50 et 100m car le courant algérien s'éloigne des côtes (36,38‰).

A 200m la salinité se caractérise par une légère baisse. Entre 300 et 500 m la salinité est sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire (ELI ou LIW) qui donne un taux sel compris entre 38,3 et 38,6‰.

La salinité moyenne des eaux de surfaces est de 36,4‰ les valeurs de la salinité des eaux de surface dans la baie d'Oran sont comprises entre 35,85‰.

La salinité des eaux de fond est comprise entre 36,40 ‰ et 37,7 ‰. Les apports en eaux usées domestique du principal émissaire urbain de la ville d'Oran, et l'influence des eaux de port d'Oran, sont à l'origine du faible taux de salinité dans cette zone (**KERFOUF, 2006**).

La baie d'Oran est entièrement baignée par les eaux d'origine atlantique de faible salinité qui pénètrent par le Détroit de Gibraltar, et se mélange aux eaux superficielles de plus forte salinité. Ces masses d'eaux superficielles sont, en général, caractérisées par une salinité de 36,25 ‰ (**MILLOT, 1989**).

- Activités anthropiques:

Oran est un port mixte très actif (le deuxième du pays) ainsi qu'un important centre commercial et industriel. Ses principales exportations sont le plastique, les produits chimiques, et les produits alimentaires. L'industrie localisée dans la ville d'Oran et ses environs est très diversifiée : industries du textile et du cuir, industries chimiques et pétrochimiques, ainsi qu'agroalimentaires. Les industries sont responsables dans la production d'environ 24935m³ /jour d'eau polluée soit 26.34% des eaux rejetées (**REMILI et KERFOUF, 2013**).

- Activités portuaires:

Le littoral oranais compte trois ports:

- Port commercial, considéré comme le deuxième port d'Algérie ; il occupe la partie centrale de la baie d'Oran;
- le port de Mers El Kebir, dans la partie occidentale, à quelques 7 km du centre-ville; il comprend un important chantier naval;
- port de pêche adjacent au port commercial;

- Activités industrielles:

L'activité industrielle occupe une place de choix dans la wilaya d'Oran car elle constitue en son sein, une des ses plus grand vocation.

Le complexe pétrochimique d'Arzew constitue un potentiel productif très important et ce, même à l'échelle nationale compte tenu de la dimension des unités qui y sont implantés et surtout des effets d'entraînement induits sur le développement des autres secteurs d'activité.

La wilaya dispose de 3 zones industrielles : Arzew, Hassi Ameer, Es Senia (I, II et III) et de 18 zones d'activités (A.N.D.I., 2015).

Durant la période 2002 -2014, la répartition des projets d'investissement déclarés par secteur d'activité est de l'ordre de **2885** projets dont le coût global est de **1.223.980** millions de dinars avec **88488** postes d'emplois prévus (A.N.D.I., 2015).

3.9.6.1- Principales activités installées au niveau de la wilaya :

Le secteur secondaire (transformation industrielle) occupe une place essentielle dans le paysage économique de la wilaya; l'industrie pétrochimique, ses dérivés énergétiques et plastiques dominant le paysage économique.

La présence d'hydrocarbures a permis le développement d'industries consommatrices d'énergies comme l'industrie sidérurgie et celle des matériaux de construction.

D'autres secteurs sont bien représentés : La chimie, la pétrochimie, la production de détergents, la peinture, le plastique, les produits cosmétiques, les produits pharmaceutiques, les articles ménagers, la fabrication de meubles, la sidérurgie, la métallurgie, l'emballage, l'agroalimentaire, le textile, le cuir, les matériaux de construction, la maintenance industrielle, le montage de matériel informatique (A.N.D.I., 2015).

3.9.6- Activités agricoles :

La wilaya recèle une superficie agricole utile de 90271 ha. La superficie totale des terres forestières de la wilaya d'Oran est de 39818 ha (revoir ce symbole), soit 18,83 % de la wilaya d'Oran (A.N.D.I., 2015).

3.9.8- Secteur de la pêche et des ressources halieutiques :

Oran possède de grande potentialité dans le domaine de la pêche qui est la ressource renouvelable et durable. Le secteur de la pêche est l'un des secteurs importants et stratégiques dans le développement économique du pays.

La Wilaya possède une flottille de pêche constituée de senneurs, de petits métiers, de chalutiers et aussi de thoniers (tableau 3.).

Tableau 3 : Caractéristique de la flottille de pêche d'Oran (**BEKADA, 2014**)

Flottille	Nombre
Thoniers	01
Chalutiers	35
Sardiniers	124
Petits métiers	115
Total	275

La production halieutique dans la wilaya d'Oran a enregistré durant l'année 2012 plus de 5.857 tonnes de produits de mer contre 5.247 tonnes durant toute l'année 2011, fait part d'un taux de 86% de poissons pélagiques, tels que la sardine et le saurel, de la production globale. Pour l'année 2014 et selon le bilan de la D.P.R.H., la production a atteint environ 6.500 tonne (tableau 4).

Tableau 4: Répartition de la production halieutique de la Wilaya d'Oran (**D.P.R.H., 2015**)

Espèces	Production (tonne)
Poisson blanc	365
Crevette	126
Thon	340
Mollusque	87,7
Grand Pélagiques	581
Poisson bleu	5.000
Total	6.500

3.9.8- Potentialités touristiques et culturelles :

La wilaya d'Oran dispose d'un potentiel touristique et d'un patrimoine historique important, la cote s'étend sur 124 kilomètre soit 1/10 du littoral national et comporte 34 plages ouvertes à baignade.

Deux zones s'offrent aux estivants :

Zone ouest :

La partie Ouest du golfe d'Oran, de Saint Roch au Cap Falcon, la zone s'étend, en contrebas d'un petit plateau, sur une dizaine de kilomètres de plages au sable fin. Des hôtels et complexes touristiques ont été érigés. Cette région balnéaire comporte 38 infrastructures hôtelières dont :

- Un (01) hôtel (05 étoiles) ;
- Six (06) hôtels (04 étoiles) ;
- Sept (07) hôtels (03 étoiles) ;
- Quatorze (14) hôtels (01 étoile) ;
- Dix (10) hôtels (non classés).

En plus de 65 hôtels non classés à travers la wilaya, (A.N.D.I., 2015).

Après le Cap Falcon, une série de belles plages s'incurve sur la quinzaine de kilomètres qui forment la baie des Andalouses.

Zone Est :

Une vingtaine de kilomètres plus loin, c'est la commune d'Aïn Kerma qui offre un cadre idyllique aux activités balnéaire (Cap Blanc et Maddagh 1).

D'innombrables criques se succèdent sur cette zone, partagée en trois. La bande de Yepserra, outre la source thermale, offre de belles plages où domine le sable.

La wilaya d'Oran dispose d'un potentiel touristique et d'un patrimoine historique important

La cote s'étend sur kilomètre soit du littoral national et comporte plages ouvertes à baignade.

Deux zone s'offre aux estivants. La bande d'Ain Franine se décline en une multiplicité d'étroites criques. Les environs de Kristel qui offrent plages, criques rocheuses et anses à galets.

Au-delà de la pointe de l'aiguille, après le Cap Carbon, s'ouvre la grande baie d'Arzew Deux parties distinctes, séparées par l'immense zone industrielle qui s'étend sur une bonne partie de la côte : La partie allant du cap Carbon au port d'Arzew et la partie de Marsat el Hadjaj.

La wilaya d'Oran dispose d'une richesse touristique considérable en matière de site historique un patrimoine culturel très riche et des sites naturels avec une façade maritime de 124 km mais

malgré tout le secteur du tourisme, ne reflète pas la richesse naturelle de la région et l'importance de willaya qui est considéré comme la deuxième ville de l'Algérie.

La wilaya d'Oran possède d'importantes potentialités touristiques et culturelles:

- Un patrimoine naturel très important (foret, baies, criques).
- Un potentiel foncier conséquent le long de la cote.
- Une grande infrastructure qui se développe régulièrement.
- Des infrastructures hôtelières et des capacités d'hébergement qu'il convient d'améliorer : av
 - **123** hôtels totalisant : **5409** chambres et **10814** lits dont :
 - nombre d'hôtels classés: **67**;
 - nombre de chambre **3884** Nombre de lits: **7883**;
 - nombre d'hôtels non classés: **56**;
 - nombre de chambre **1525** Nombre de lits : **2931 (A.N.D.I., 2015)**.

Le littoral oranais bénéficie d'un cadre côtier exceptionnel, la corniche se situe à quelques kilomètres à l'ouest de la ville d'Oran, c'est la destination préféré des oranais et des touristes se trouvant dans la région d'Oran. La corniche oranaise possède une multitude de plages superbe qui s'étendent sur une distance d'environ dix kilomètres, les plus réputées sont sans conteste les plages de Coralès, les Andalouses et Bousfer.

3.9.9- Fréquentation des plages du littoral Oranais:

La corniche se situe à quelques kilomètres à l'ouest de la ville d'Oran, c'est la destination préféré des oranais et des touristes se trouvant dans la région d'Oran. La corniche oranaise possède une multitude de plages superbes.

Les plages de la corniche s'étendent sur une distance d'environ dix kilomètres, les plus réputées sont sans conteste les plages de Coralès, les Andalouses et Bousfer.

Pour la saison estivale 2014, Oran a été classée première sur les 14 wilayas côtières du pays. Toutefois, malgré ces résultats, beaucoup de contraintes restent à lever. Le rapport sur la saison estivale de la commission du tourisme de l'A.P.W. a été accablant, il relève comme

toujours, l'exploitation anarchique des plages à travers la corniche oranaise. Le nombre d'estivants a été estimé à 5,6 millions (**PROTECTION CIVILE, 2014**).

3.9.10- Réseau hydrographique

Ces réseaux déversent directement dans la mer et drainent tous les déchets à l'origine terrigènes (figures 7 et 8). Ces réseaux représentent des collecteurs de tous les polluants qui sont engendrés par les activités humaines, surtout agricoles et industrielles. La faible densité de population marque que la quasi-totalité de la population est installée sur le littoral, et la majorité des activités socio-économiques sont installées également sur la frange côtière où se trouvent les grandes agglomérations urbaines telles que Oran, ainsi que les grandes pôles industriels dont près de trois quarts sont installés sur la zone côtière tel que Arzew (**MATE, 2003**).

Il est à noter que le taux de raccordement en A.E.P. de la Wilaya d'Oran est de 89,07% avec un réseau d'adduction de 1746,592 kms et un volume de distribution en eau potable égale à 134 420,8 m³/j. Pour le réseau d'assainissement, Oran compte deux STEP (Stations d'épuration des eaux usées) avec un taux de raccordement de 83% et une longueur du réseau de 1375,766 kms (**A.N.D.I., 2015**).



Figure 7 : Rejet des eaux usées de Cueva del Aqua à proximité du port d'Oran
(Slimane Moussa, 2007)



Figure 8 : Rejet des eaux usées de Fort Lamoune à l'Ouest du port d'Oran
(BENDOULA, 2013)

3.9.11- Principales sources de pollution :

Oran, grande métropole et deuxième ville d'Algérie, s'étale sur une superficie de 2200 km², avec une population dense estimée à environ 1 520 000 habitants (avec l'agglomération), se retrouve être la quatrième ville polluante au niveau du littoral ouest algérien (D.P.A.T.-ORAN, 2009), en rejetant 140 000 m³ / jour d'eaux usées dont 90 / 100 rejoignent directement la mer (BENDAHMANE, 1995) et ce à travers 11 émissaires d'eaux usées (figure 9); De ce fait Cette frange côtière subit une expansion démographique galopante accompagnée d'une urbanisation anarchique, et d'intenses activités portuaires associées à diverses activités industrielles, qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement côtier (REMILI et KERFOUF, 2009)

Ces chiffres ne cessent d'augmenter suite à la forte pression humaine établie le long du littoral, avec environ 1.5 millions d'oranais qui résident en permanence sur la côte et près de dix fois plus en été avec l'arrivée des vacances. On note de jour en jour, la réduction catastrophique de la frange côtière de la corniche oranaise. Déjà entre les Andalouse et Ain El Turck en passant par Cap Falcon, des milieux d'un grand intérêt écologique, sont totalement

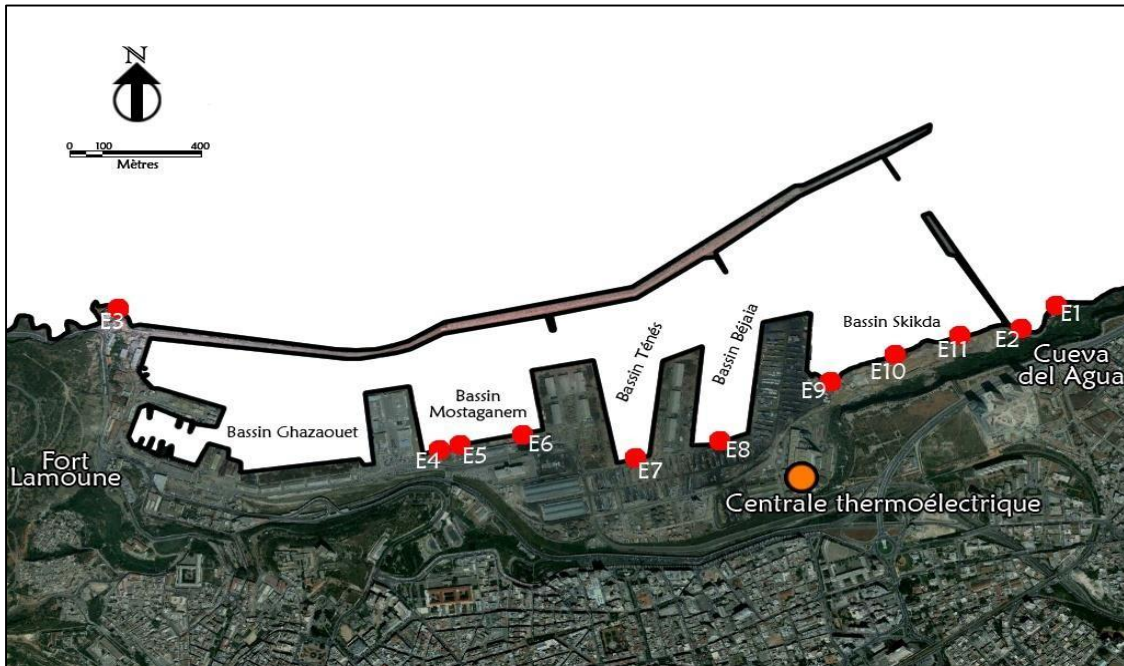


Figure 9 : Localisation des sites de rejets urbains de la ville d'Oran

(REMILI et KERFOUF, 2013)

transformés ou entièrement détruits par la réalisation d'ouvrages littoraux et complexes touristiques (BOUTIBA *et al.*, 2003).

Le littoral oranais, se voit ainsi menacé par diverses formes de nuisances : activités industrielles, tourisme intensif et urbanisation massive, aboutissant à une croissante pollution d'origine domestique, produite par une augmentation des rejets d'eaux usées sans aucun traitement, à l'origine d'une contamination biologique (KERFOUF *et al.*, 2010) et physico-chimique des eaux marines (REMILI et KERFOUF, 2013).

Par ailleurs, Oran, est cité parmi les 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ses égouts, où aboutit la majeure partie des déchets industriels, rejettent à la mer des détergents et autres produits chimiques d'origine ménagère et/ou industrielle. Parmi ces produits, beaucoup sont très toxiques et inhibent la croissance et la reproduction des organismes marins. A cela s'ajoutent les déchets solides dont on peut trouver des amoncellements variés jusque sur les plages les plus éloignées (Maddagh, Cap Blanc, Ain El Turk à l'ouest, Ain Franine, Kristel à l'est) (BOUTIBA *et al.*, 2003).

En générale on peut incriminer deux types de pollution au niveau de région d'Oran :

La première étant domestique mais pas des moindres, (**SOGREAH, 1998**), évalue les eaux usées domestique à 69704 m³/jour dont 45% exclusive à la ville d'Oran, ces eaux atteignent la mer sans traitement préalable du à l'inexistence de stations d'épuration.

La seconde est typiquement industrielle, due au fait des rejets de divers produits pour la plupart dangereux sans traitement spécifique induisant un dysfonctionnement de l'écosystème marin (**BOUDERBALA, 1997**).

3.9.12- Sources de pollution implantées sur le littoral Oranais:

La baie d'Oran est en parfaite continuité avec le Golfe d'Arzew, au large duquel sillonnent les bateaux de commerce et grands méthaniers chargés de pétrole et de substances extrêmement toxiques, qui lui confère un statut fragile et se trouve menacée par un danger réel et permanent de pollution accidentelle (**KACEMI, 2006**), le déversement des eaux usées directement dans la mer sans aucun traitement préalable dans certains région de notre zone d'étude constitue une autre source de pollution, en plus des infrastructures implantées à quelques dizaines de mètres du littoral à savoir les complexes touristiques, les hôtels et même les habitations collectives réalisées à travers la bande côtière sans aucune étude environnementale.

Oran grande métropole et deuxième ville d'Algérie, s'étale sur une superficie de 2200 ha, avec une population dense estimée à 687 000 habitants, se retrouve être la quatrième ville polluante au niveau du littoral ouest algérien en rejetant 140 000 m³ / jour d'eaux usées dont 90 / 100 rejoignent directement la mer (**BENDAHMANE, 1995**).

Ces chiffres ne cessent d'augmenter suite a la forte pression humaine infligée le long du littoral, avec environ 1.5 millions d'oranais qui résident en permanence sur la côte et près de dix fois plus en été avec l'arrivée des vacances. On note de jour en jour, la réduction catastrophique de la frange côtière de la corniche oranaise. Déjà entre les Andalouses et Ain El Turck en passant par Cap Falcon, des milieux d'un grand intérêt écologique, sont totalement transformés ou entièrement détruits par la réalisation d'ouvrages littoraux et complexes touristiques.

Par ailleurs, Oran, est cité parmi les 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ses égouts, où aboutit la majeure partie

des déchets industriels, rejettent à la mer détergente et autre produits chimiques d'origine ménagère et/ou industrielle. Parmi ces produits, beaucoup sont très toxiques et inhibent la croissance et la reproduction des organismes marins. A cela s'ajoutent les déchets solides dont on peut trouver des amoncellements variés jusque sur les plages les plus éloignées (Maddagh, Cap Blanc, Ain El Turk à l'ouest, Ain El Franine, Kristel à l'est) (BOUTIBA *et al.*, 2003).

Toutes ces menaces sont encore plus graves, si l'on considère le fait, trop souvent occulté ou sous-estimé, que la Méditerranée est une mer pratiquement fermée, dont le rythme de renouvellement de ses eaux est de l'ordre de 80 ans. Cela signifie que toute cette durée doit s'écouler pour qu'une goutte d'eau polluée soit remplacée par une goutte d'eau pure).

En l'absence d'analyses des métaux lourds dans les eaux littorales, afin de juger du degré de pollution du milieu marin par ces éléments, une synthèse de travaux réalisés par divers auteurs pour le littoral oranais sur l'accumulation de ces métaux dans des organismes marins représentant différents maillons de la chaîne alimentaire, utilisés comme indicateurs biologiques du niveau de contamination (Tableau 5).

Tableau 5 : Variations des concentrations moyennes de métaux lourds (moyenne \pm écart type en ppm du produit frais) dans quelques organismes marins du littoral Oranais

(REMILI ET KERFOUF, 2013).

	Cadmium	Plomb	Zinc	Auteur	Année
Moule	0,85 \pm 0,05	3,7 \pm 1,06	93,51 \pm 10,09	W.	1993
<i>Perna perna</i>				BENGUEDDA-	
Rouget de vase	0,08 \pm 0,02	1,32 \pm 0,08	10,99 \pm 3,93	RAHAL	
<i>Mullus surmuletus</i>					
Sardine	0,02 \pm 0,01	2,17 \pm 0,450	10,99 \pm 3,93	N. MERBOUH	1998
<i>Sardina pilchardus</i>					
Sepia officinalis	0,51 \pm 0,40	0,86 \pm 0,48	14,04 \pm 1,94	A. HADDOU	2003
Calmar					
Rouget de roche	0,15 \pm 0,014	0,23 \pm 0,098	21,23 \pm 3,21	S. BORSALI	2007
<i>Mullus surmuletus</i>					
Oursin	0,26 \pm 0,07	0,52 \pm 0,09	23,64 \pm 5,24	S. DERMECHE	2010
<i>Paracentrotus lividus</i>					

Les concentrations du zinc sont les plus fortes. Elles se placent loin devant celles du plomb et du cadmium. Les données expriment des différences significatives au sein de chaque groupe

d'organismes marins. Il ressort que les moules (**BENGUEDDA-RAHAL, 1993**) sont de loin les plus contaminées, car elles ont un mode de vie sédentaire et filtrent d'énormes quantités d'eau chaque jour. Si les concentrations du cadmium dans les organismes marins restent inférieures ou légèrement supérieures à la concentration moyenne dans les eaux de l'effluent urbain d'Oran, celles du plomb peuvent lui être bien supérieures, et cela du fait de la bioaccumulation. Les concentrations du plomb dans les moules et les sardines sont susceptibles d'induire un risque, modéré, de santé publique. Toutefois certains résultats obtenus sur les organismes marins sont maintenant déjà anciens ; de nouvelles analyses devront donc être effectuées.

3.9.13- Biodiversité de la zone d'étude:

En 1963, VAISSIERE ET FREDJ ont mené une grande campagne bionomique des fonds chalutables des côtes algériennes. Ils ont fait 111 stations dans l'Ouest algérien répartis en 10 radiales où ils ont recensé 96 espèces de mollusques et 9 espèces d'échinodermes (**VAISSIERE ET FREDJ, 1963**).

Du point de vue faunistique, au total 204 espèces ont été inventoriées dans la baie d'Oran avec une bonne répartition des individus entre les espèces dans la majorité des stations (**KERFOUF, 2007**).

Concernant la composition zoologique, l'auteur note la nette dominance des Polychètes dans tous les peuplements macro benthiques de la baie d'Oran. Les Crustacés se placent en seconde position dans tous les peuplements. Les Echinodermes sont mieux représentés dans trois peuplements: des graviers fins sableux, des graviers sableux envasés et des sables graveleux. Les Mollusques devancent les Echinodermes dans deux peuplements; ceux des sables graveleux et des sables fins. Qualitativement, les Polychètes sont le groupe zoologique le plus diversifié dans tous les peuplements, suivis des Crustacés La diversité des Mollusques est supérieure à celle des Echinodermes dans tous les peuplements macrobenthiques de la baie d'Oran, à l'exception du peuplement des sables graveleux (**KERFOUF, 2007**).

Au cours de la réalisation de son inventaire, MEZIANE a fait une étude sur les mollusques de l'Ouest algérien où elle a prospecté 16 stations durant la saison printanière dont elle a répertorié au total 22 espèces de mollusques: 14 gastéropodes, 7 bivalves et 1 polyplacophore

; dont les Gastéropodes figurent en premier position (63.63%), suivis par les Lamellibranches (31.81%), puis les Polyplacophores (4.54%) (**MEZIANE, 2011**).

ALLAILI, a recensé 6 espèces des échinodermes répartis en 10 stations choisis au hasard dans l'Ouest Algérien (tableau 3) ; deux espèces des échinidés : *Paracentotus lividus* (Lamarck, 1816) et *Abacia lixula* (LINNAEUS, 1758); deux espèces des Holothuries : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) , *Holothuria forskali* (Delle Chiaje, 1823) ; deux espèces des astérides : *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816), *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783) ; durant la période allant du mois d'Avril jusqu'à le mois d'Octobre de l'année 2012 (**ALLAILI, 2013**).

L'étude menée par BOUKHARI BENAMARA, on a remarqué que la richesse faunistique globale est très importante et que les groupes zoologiques caractérisant cette richesse sont : les Mollusques, les Crustacés, les Annélides, les Echinodermes et les Cnidaires.

Il apparait que la plus grande part des études de la biodiversité des macro-invertébrés de la région ouest est localisée dans le golfe d'Oran et d'Arzew (**BOUKHARI BENAMARA, 2014**).

3.9.15- Organisation des services d'épidémiologie et de médecine préventive (SEMEP) :

Les services d'épidémiologie et de médecine préventive du littoral oranais (Ain Turk et Arzew) sont dirigés par des médecins spécialistes en épidémiologie et médecine préventive.

Les activités de ces services d'épidémiologie et de médecine préventive comportent parmi leurs tâches, la surveillance de la qualité des eaux de baignade qui rentre dans le cadre de la lutte contre les maladies à transmission hydriques en étroite collaboration avec les bureaux d'hygiène communaux.

La fréquence minimale des prélèvements des échantillons des eaux de baignade pour les analyses bactériologiques selon l'arrêté interministériel 08/94 du 17/01/1994 fixant la fréquence minimale des prélèvements, le nombre minimal d'échantillons et d'analyses pour la surveillance des eaux de baignade est de deux prélèvements par mois durant toute l'année, mais vu les moyens qui ne sont pas disponibles, les prélèvements sont limités à la période estivale.

La surveillance de la qualité des eaux de baignade est assurée aussi par la direction de l'environnement de la wilaya d'Oran (laboratoire de l'environnement).

Chapitre III

Matériel et méthodes

4-Etude bactériologique

4.1- Objectif de l'étude bactériologique:

L'analyse bactériologique d'une eau de mer consisterait logiquement à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir : germes fécaux comme les Coliformes, les Streptocoques et les Salmonelles.

4.2-Choix des stations de prélèvement :

Les points d'échantillonnage qu'on a choisis (figure 10) ont été sélectionnés de telle façon qu'ils reflètent la qualité de l'eau le long du littoral oranais. Un critère a été pris en considération, c'est d'établir les points d'échantillonnage de façon à toucher les endroits à usage récréatif connus comme étant des zones de baignade à l'intérieur des tissus urbains exposés à de multiples actions anthropiques et aux différents types de pollution à savoir les stations de Beauséjour, Cap falcon et Clairefontaine, des plages sauvages considérées comme stations témoin tel que la station de Ain Franine.

Les stations de Beauséjour, Cap falcon et Claire fontaine sont très sollicitées en période estivale pour la qualité de leurs infrastructures touristiques et l'abondance de leurs sables de bonne qualité. L'accroissement du tourisme et l'expansion de l'urbanisation anarchique ne sont pas sans conséquences sur l'environnement marin avec une augmentation conséquente des rejets directement en mer.

Les stations d'échantillonnage qu'on a retenu dans cette étude au niveau du littoral oranais :

Trouville, Bouisseville, Paradis plage, Claire Fontaine, Bretonne, Beauséjour, Cap Falcon, Corales, Etoile et les Andalouses à l'Ouest de la ville d'Oran et Ain Franine à l'Est.



Figure 10 : Localisation des stations d'échantillonnage (DJAD, 2015)

4.3-Matériel de prélèvement :

Pour la détermination des indicateurs bactériens et des agents pathogènes, on a utilisé le mode de prélèvement des services épidémiologiques et de médecine préventive « SEMEP » appartenant à l'établissement public de santé de proximité « EPSP » territorialement compétents (figure 11) et selon les directives internationales en vigueur (OMS, 2004):

- Des bouteilles stérilisées en verre d'une capacité de 500 ml, à col large munis de bouchon.
- Une glacière dont la température ne dépasse pas les 4°C pour le transport des échantillons dans des conditions favorables.



Figure 11 : prélèvement d'eau de mer pour analyses (DJAD, 2013)

4.4-Période des prélèvements :

L'échantillonnage a eu lieu dans les matinées entre 9 heures et 12 heures pour permettre le lancement des analyses dans les meilleurs délais et avoir des résultats fiables et éviter donc de stocker les échantillons pendant une longue période. On a effectué deux cent vingt (220) prélèvements aux fins des analyses bactériologiques durant les années 2010, 2011, 2012 et 2013 entre le mois d'Avril et Aout.

On a effectué des prélèvements entre 1m et 5m de distance vers le large, et entre 30 et 50cm en dessous du niveau de l'eau.

4.5-Modalités de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle un plus grand soin doit être apporté pour assurer des résultats fiables, pour cela, on a utilisé une méthode simple qui consiste à tenir le flacon près de sa base, de l'introduire sous la surface de l'eau et de retirer son bouchon, le flacon est fermé une fois rempli d'eau, on a effectué la même opération pour l'échantillon réservé à la recherche des vibrions cholériques. On a conservé les échantillons dans une glacière. On a pris les températures de l'eau indiquées sur la fiche de renseignement demandée par le laboratoire où on a effectué nos analyses.

4.6-Fiche de prélèvement :

La fiche de prélèvement consiste à collecter toutes les données relatives à la période des prélèvements, l'objectif de l'analyse, la nature de l'échantillon, les lieux des prélèvements et les données climatiques au moment des prélèvements (Tableau 6)

Tableau 6 : Fiche de prélèvement (M.S.P.R.H, 2010)

Identité du préleveur	Période des prélèvements	Objectif de l'analyse	Nature de l'eau analysée	Température de l'eau au moment des prélèvements	Identification précise des points de prélèvements
Etudiant Post-graduation	Avril	Thèse de doctorat	Eau de mer	9°C	Corales, Etoile
Etudiant Post-graduation	Mai	Thèse de Doctorat	Eau de mer	15°C	Bouisseville Trouville,
Etudiant Post-graduation	Juin	Thèse de doctorat	Eau de mer	21°C	Paradis plage Beauséjour
Etudiant Post-graduation	Juillet	Thèse de doctorat	Eau de mer	24°C	Cap falcon Bretonne
Etudiant Post-graduation	Aout	Thèse de doctorat	Eau de mer	28°C	Clairefontaine Andalouses Ain franine

4.7- Lieu des analyses :

On a effectué l'ensemble des analyses bactériologiques au niveau du laboratoire du service de prévention et de l'hygiène de la commune de SAIDA (figure 19) doté de tous les moyens humains et matériels, on a choisi la méthode d'analyse par filtration sur membrane pour l'ensemble des paramètres recherchés à l'exception de la recherche du vibron cholérique où on a utilisé la méthode d'analyse sur milieu liquide. La technique d'analyse par filtration sur membrane est la plus utilisée au niveau de ce laboratoire.

4.8-Technique de la filtration sur membrane :

Cette technique qu'on a utilisée au cours des analyses bactériologiques consiste à flamber la face supérieure (plaque poreuse) de la rampe de filtration (figure 12), fermer le robinet du support et mettre en marche la pompe à vide, la membrane stérile est ensuite prélevée par son bord extérieur avec une pince flambée et refroidie et déposée sur la plaque poreuse.

L'entonnoir-réservoir flambé et refroidi est placé au-dessus de la membrane. Après avoir agité soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau dans le réservoir jusqu'au repère 100 ml, on a procédé à l'ouverture du robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement. La membrane a été prélevée avec une pince flambée en la saisissant par son extrême bord et introduite sur le milieu de culture choisi selon le paramètre recherché et le mode opératoire que nous allons expliquer ultérieurement (RODIER, 2010).

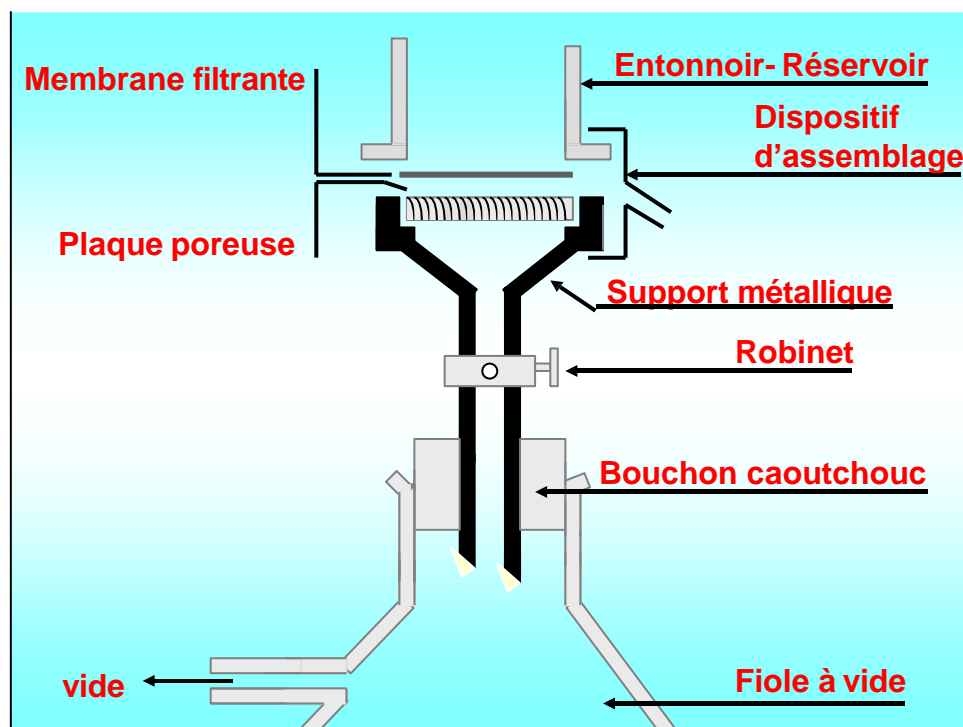


Figure 12 : Rampe de filtration (RODIER, 2010)

4.8.1- Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes :

4.8.1.1- Domaine d'application :

La méthode référence (essai standard) pour la recherche et le dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes consiste à une filtration sur membrane, suivi d'une mise en culture dans une gélose de différenciation et d'un calcul des organismes cibles présents dans l'échantillon (figures 13 et 14).

4.8.1.2- Principe et description générale de la méthode :

La méthode est fondée sur la filtration sur membrane, l'essai (standard) comprend une incubation de la membrane sur un milieu sélectif suivie d'une caractérisation biochimique des colonies typiques Lactose-positives, dont découlent la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et des *Escherichia coli*, en 24 à 48h.

4.8.1.3- Filtration et incubation :

La filtration des prises d'essai de l'échantillon se fait sur la membrane retenant les bactéries. Cette dernière est placée sur un milieu de culture sélectif gélosé lactosé, incubé à (36 ± 2) °C pendant 24 h pour les coliformes totaux et à (44 ± 2) °C pendant 24h pour les coliformes fécaux (*Escherichia coli*).

4.8.1.4- Evaluation et confirmation :

Le comptage des colonies caractéristiques présentes sur la membrane est comme étant des bactéries lactose-positives. Pour les bactéries coliformes et *Escherichia coli*; on doit faire un repiquage des colonies caractéristiques choisies aléatoirement pour essais de confirmation : oxydase et production d'indole. Calcul du nombre de bactéries coliformes lactose-positives et des *Escherichia coli* susceptibles d'être présents dans 100 ml d'échantillon.

4.8.1.5- Mode opératoire :

On a filtré 100 ml d'eau de mer sur une membrane filtrante. On a par la suite placé la membrane sur une boîte de pétri contenant une gélose lactosée au TTC et procéder à une incubation à (36 ± 2) °C pendant 24 heures pour les coliformes totaux et une autre incubation à (44 ± 2) °C pendant 24h pour les *Escherichia coli*.

4.8.1.6- Expression des résultats :

Les résultats de la recherche, du dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes sont exprimés en nombre de germes par 100 ml. Les volumes d'échantillon à filtrer sont choisis selon des indications correspondantes données pour le dénombrement des coliformes.

N.B : Nous avons effectué la méthode de recherche, de dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes selon la norme internationale ISO 9308-1 adoptée comme norme algérienne sans modification.

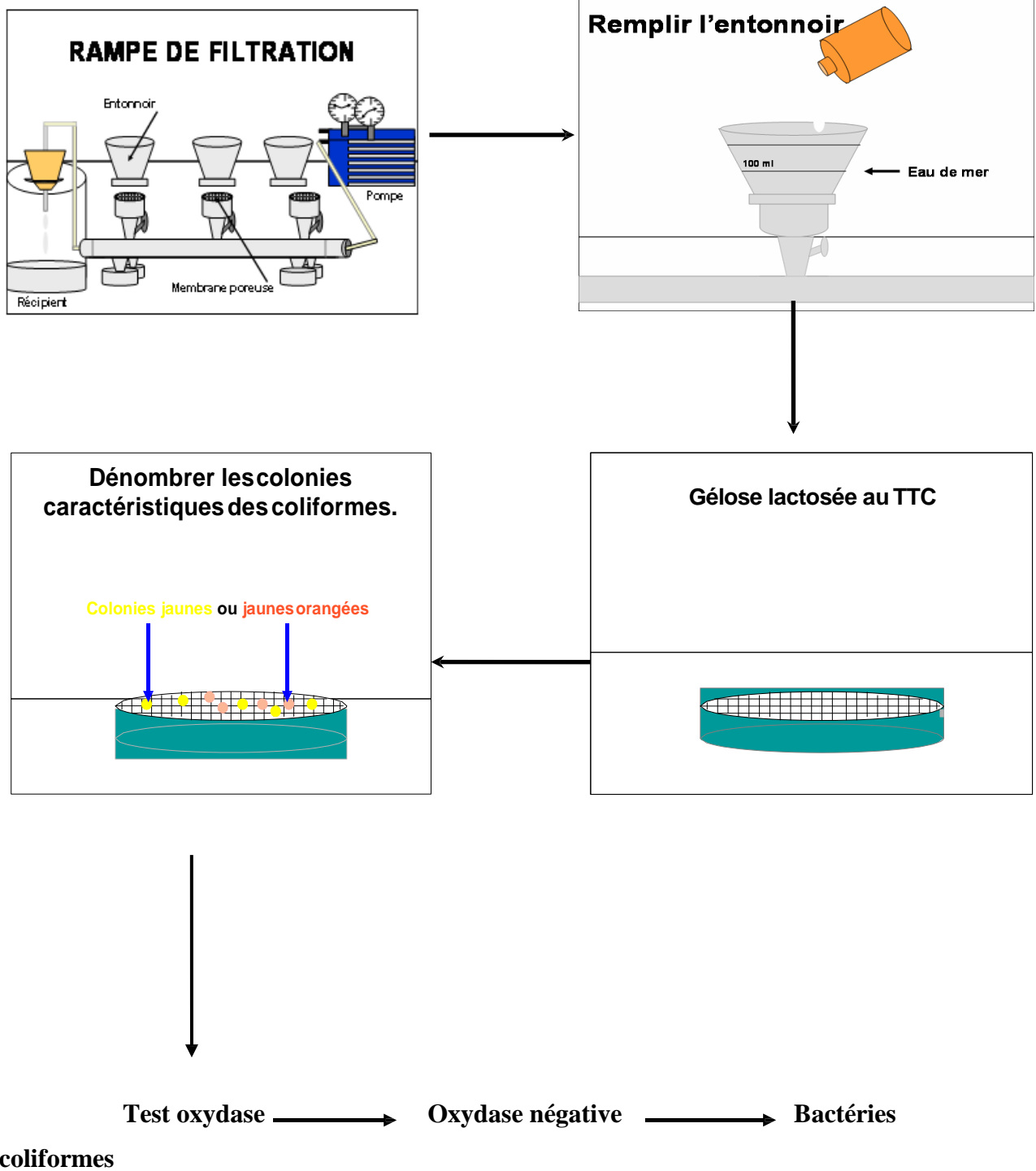


Figure 13: Méthode de dénombrement des coliformes totaux (RODIER, 2010)

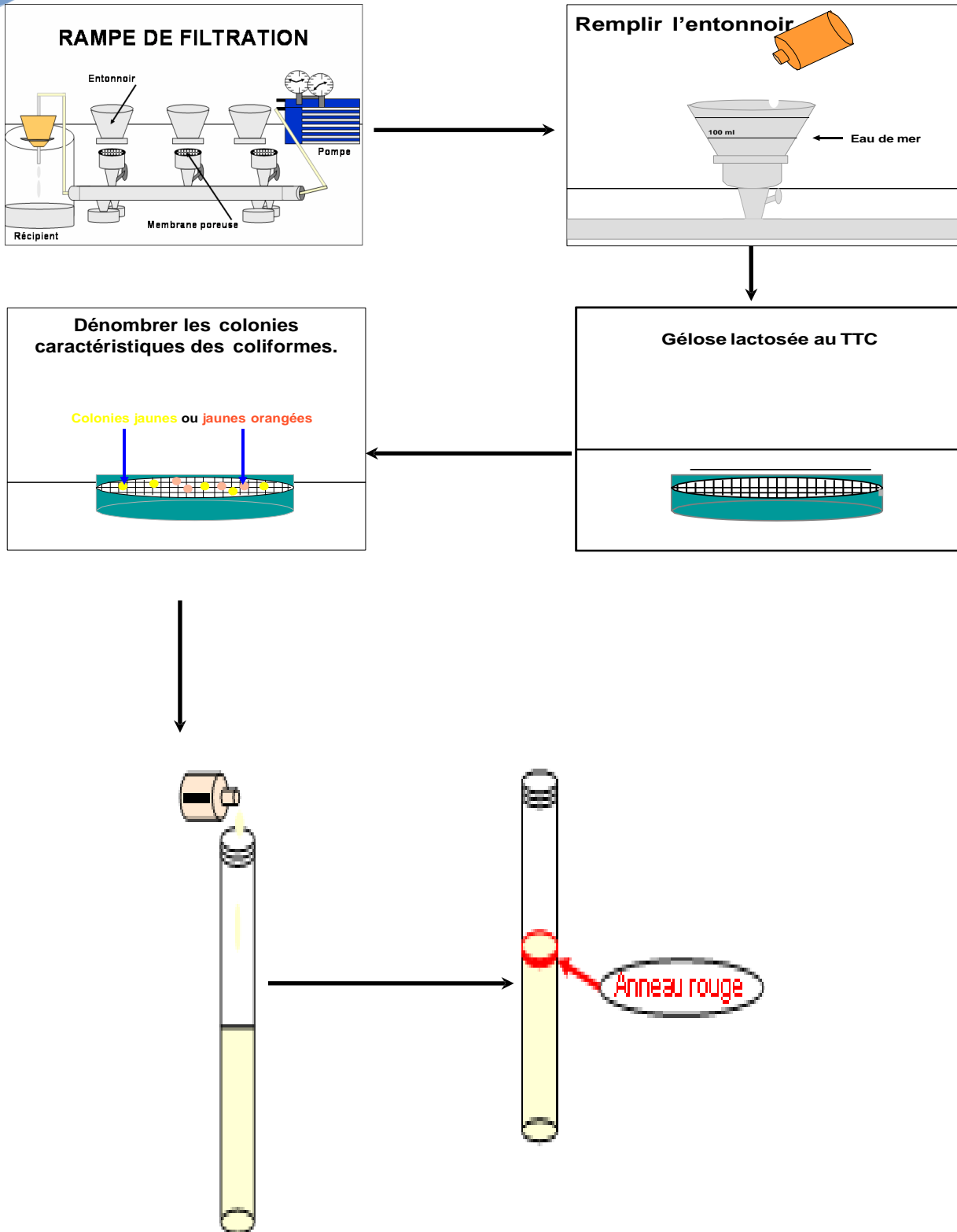


Figure 14 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux (RODIER, 2010)

4.8.2- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

4.8.2.1- Domaine d'application :

La méthode pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux peut être appliquée à tous types d'eaux, y. compris les eaux de mer.

4.8.2.2- Principe et description générale de la méthode :

Le dénombrement des streptocoques fécaux est fondé sur la filtration d'un volume d'eau de mer à travers une membrane filtrante, après filtration, celle-ci est déposée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de streptocoques fécaux.

4.8.2.3- Mode opératoire :

On a filtré 100 ml d'eau de mer sur une membrane filtrante. On a placé la membrane sur le milieu Slanetz et Bartley et on a incubé à 37 °C pendant 48 h (figure 15). On a compté alors toutes les colonies rouges, violettes ou roses visibles sur la boîte.

4.8.2.4- Confirmation et dénombrement :

Après incubation, on considère comme colonies typiques toutes qui sont bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre soit à l'ensemble de la colonie.

4.8.2.5- Expression des résultats :

Les résultats du dénombrement de streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100 ml. Les volumes d'échantillon à filtrer sont choisis selon des indications correspondantes données pour le dénombrement des coliformes.

: On a effectué la méthode de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (méthode par filtration sur membrane) selon la norme de référence NA 766 identique à la norme internationale ISO 7899-2. Le comité algérien technique l'a adoptée comme norme algérienne sans modification sous le n° 43.

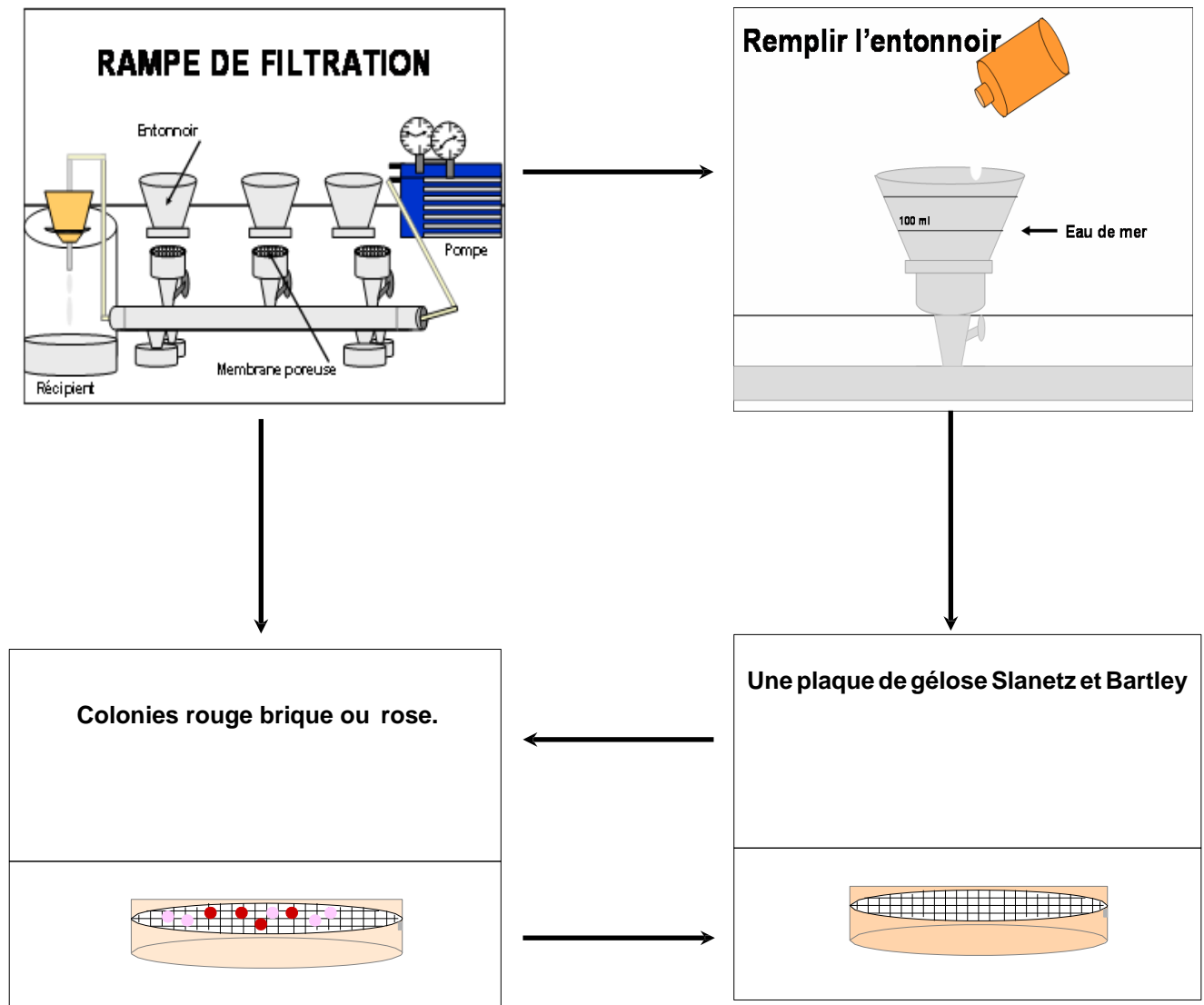


Figure 15 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (RODIER, 2010)

4.8.3- Recherche des salmonelles:

4.8.3.1- Principe :

La recherche dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement, de sélection puis de confirmation.

4.8.3.2- Mode opératoire :

La recherche des salmonelles comporte les étapes suivantes :

4.8.3.3- Pré enrichissement :

On a introduit 250 ml d'eau de mer à 100 ml d'eau peptonnée incubée à 37 °C pendant 24h

4.8.3.4- Enrichissement :

On aensemencé séparément deux flacons de 100 ml d'eau de mer dans deux flacons de milieu liquide de Sélénite de Sodium (SFB) à double concentration, on les a incubé par la suite à 37°C.

4.8.3.5- Premier isolement:

Après agitation des deux flacons, on a effectué sur chacun d'eux :

- Un isolement sur deux boites d'Hecktoen (HK1).
- Un deuxième enrichissement en ensemençant 1 ml du SFB1 sur un tube de SFB simple concentration (SFB2), le tout a été incubés à 37°C pendant 24h.

4.8.3.6- Deuxième isolement:

A partir du tube du 2^{ème} enrichissement (SFB2), on a effectué un 2^{ème} isolement sur deux boites d'Hecktoen (HK2) puis incubation à 37°C.

4.8.3.7- Expression des résultats :

Les salmonelles se présentent sous deux formes :

- Colonies roses entourées d'une zone rouge sur gélose salmonella-shigella.
- Colonies le plus souvent gris bleu à centre noire sur gélose Hecktoen.

Puisque nos résultats étaient négatifs, nous n'avons pas besoin d'effectuer des tests biochimiques et sérologiques (figures 16).

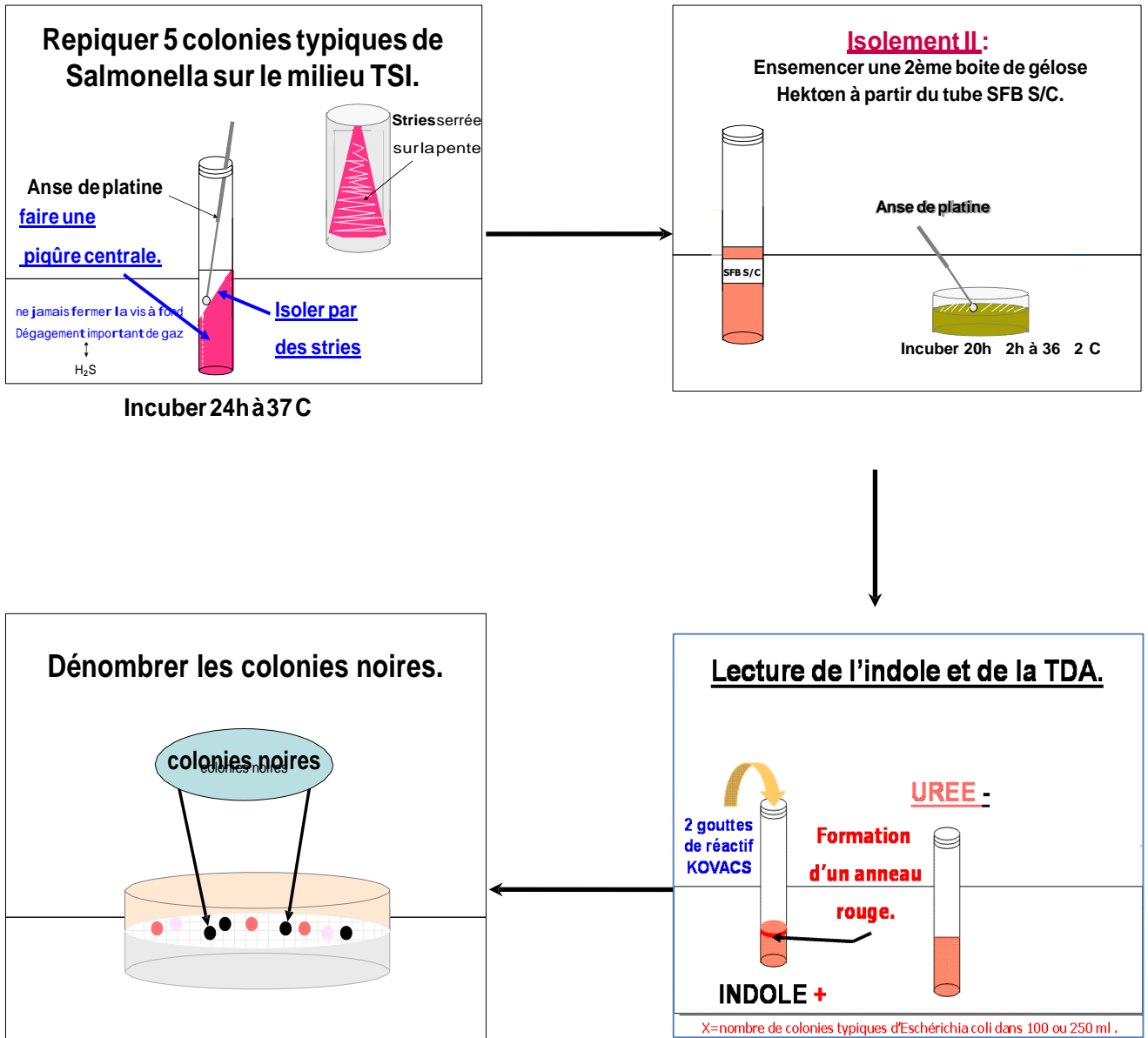


Figure 16: Méthode de dénombrement des salmonelles (RODIER, 2010)

4.8.4- Recherche du vibron cholérique:

4.8.4.1- Enrichissement :

On a procédé à une introduction de 450 ml d'eau de mer à analyser dans un flacon contenant 50 ml de milieu d'enrichissement pour vibron cholérique (Eau Peptonnée Alcaline concentrée 10 fois : EPA). Le mélange est incubé à 37°C pendant 3 à 6h.

4.8.4.2- Isolement :

On a prélevé à la surface du milieu d'enrichissement une anse bouclée pour ensemercer deux boîtes de pétri gélose nutritive alcaline biliée à pH 9 (GNAB).

Les colonies de vibrions cholériques sont fines, blanches sur la gélose à pH 9, jaunâtres sur la gélose sélective.

Etant donné que nos résultats étaient négatifs, nous n'avons pas besoin d'effectuer des tests biochimiques et sérologiques (figure et 17 et 18).

Aspect d'un Vibriion sur KIA:

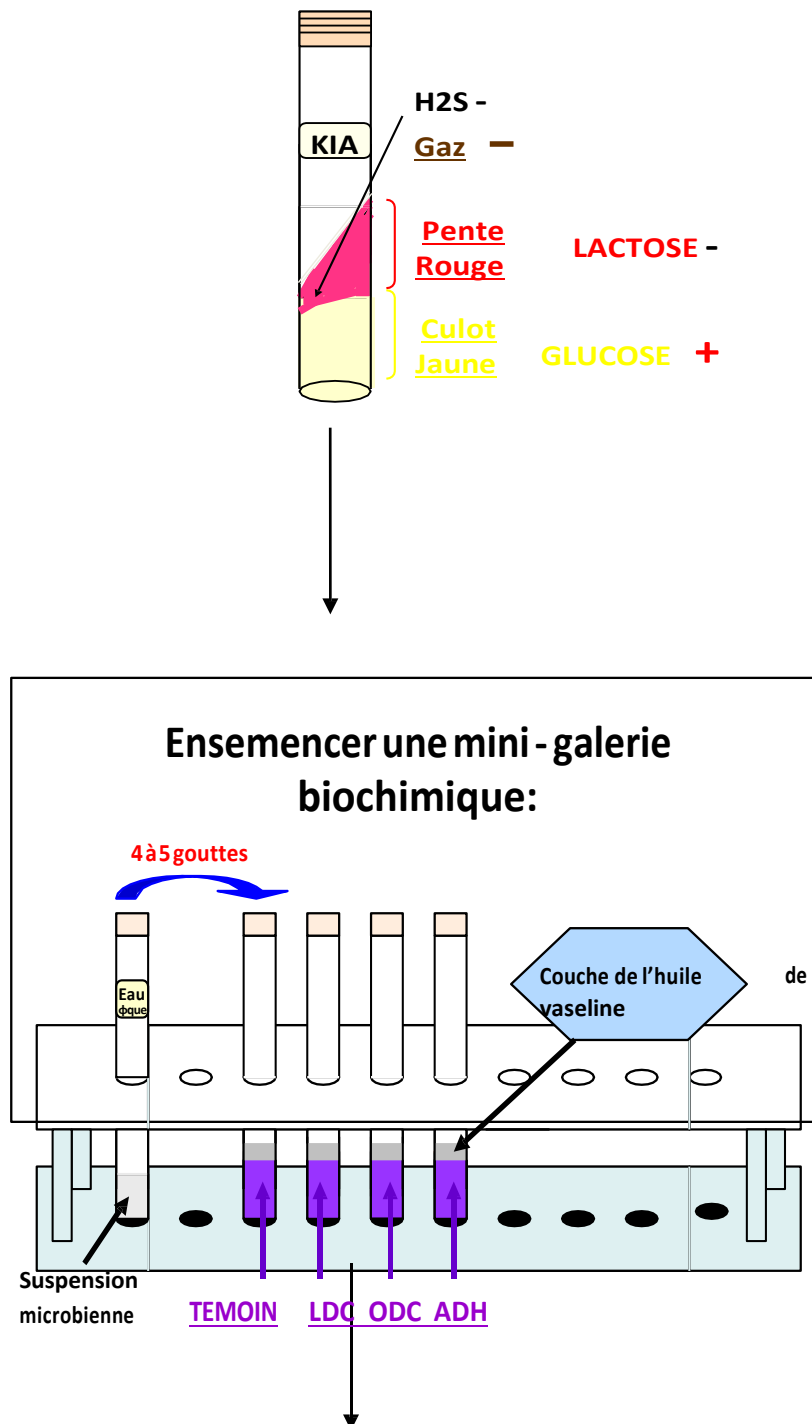
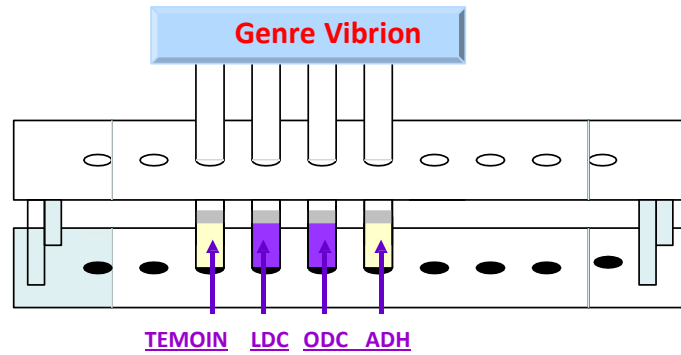
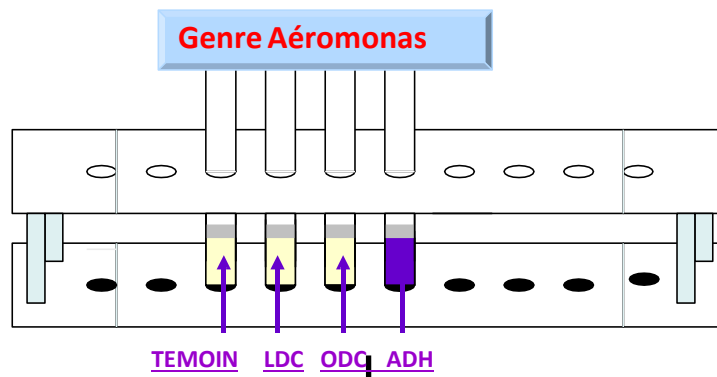


Figure 17 : Méthode de dénombrement du vibriion cholérique (RODIER, 2010)

Lecture de la mini - galerie biochimique:



Lecture de la mini - galerie biochimique:



Lecture de la une mini - galerie biochimique:

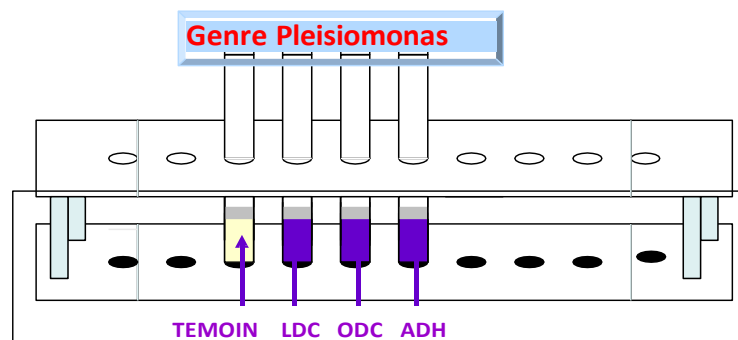


Figure 18 (suite) : Méthode de dénombrement du vibron cholérique (RODIER, 2010)



Figure 19 : Analyses bactériologiques au niveau du laboratoire du service de prévention et de l'hygiène de Saida (DJAD, 2013)

4.8.5- Etude statistique :

Une étude statistique a été effectuée pour la détermination de la qualité bactériologique des eaux de baignade des stations étudiées par l'utilisation de deux méthodes, à savoir le test t de Student qui nous a permis d'apprécier le degré de significativité des différences existantes entre les concentrations en coliformes totaux des différentes stations d'échantillonnage. Toutes ces données ont été rassemblées en une matrice sur un fichier Excel.

Après la 2^{ème} guerre mondiale, en 1957, le statisticien français Benzecri a adapté, sous le nom d'*analyse factorielle des correspondances* (A.F.C.), cette méthode à la synthèse de tableaux composés de *variables qualitatives*, fréquemment issues d'enquêtes comme les tableaux de contingence (Benzecri, 1973) .

Ce type d'analyse factorielle ne s'est répandu qu'à partir du moment où l'informatique s'est diffusée car il est à peu près impossible d'en réaliser les calculs mentalement.

Bien qu'adaptés à des données de nature différente, il possède de larges traits communs. Cette technique a clairement une utilité exploratoire, réduisant la complexité, la résumant à ses principales dimensions et les hiérarchisant.

En termes géométriques : L'analyse factorielle projette un nuage de n points d'un espace bidimensionnel sur un sous-espace de dimension inférieure. Les nouvelles données sont les coordonnées des projections de ces n points sur chacun des axes factoriels orthogonaux.

En termes algébriques : Chaque axe factoriel est une combinaison des p variables initiales, chacune dotée d'un poids dans la combinaison. Les axes factoriels sont indépendants les uns des autres.

En termes informatiques : Tout programme d'analyse factorielle est composé de 3 modules :

- le calcul d'une matrice de covariation des p variables 2 à 2,
- le calcul des axes factoriels et de leur % de variance,
- le calcul d'aides à l'interprétation.

En termes d'information : Les axes factoriels sont des résumés des données du tableau initial, Ils sont hiérarchisés selon la quantité d'information qu'ils prennent en compte ; Chacun porte une information nouvelle.

Une AFC a été réalisé avec 11 stations étudiées de la baie d'Oran.

Dans cette analyse nous devons en premier lieu recenser toutes les germes coliformes.

Cette approche en indexation de cas est grandement facilitée si les classes admettent une représentation géométrique homogène, car on peut alors plus facilement écrire chaque classe à l'aide de conditions géométriques du type : proximité à un prototype appartenance à un hyper cube dans l'espace défini par les variables décrivant les données, etc.

Ainsi, nous avons appliqué l'AFC à nos échantillons pour mieux comprendre la répartition des germes coliformes par site et par période. Le programme a été exécuté à l'aide du logiciel STATISTICA (version 6).

Chapitre IV

Résultats et discussion

5- Analyses bactériologiques des stations étudiées:

Nos analyses bactériologiques ont pour but d'évaluer la qualité des eaux du littoral oranais par rapport aux normes fixées par la réglementation algérienne en vue de préserver la santé publique d'une part et l'environnement marin d'autre part.

A cet effet, deux cent vingt (220) prélèvements aux fins d'analyses bactériologiques ont été effectués à travers les onze stations (Trouville, Bouisseville, Paradis plage, Clairefontaine, Bretonne, Beauséjour, Cap falcon, Corales, Etoile et les Andalouses) à l'Ouest d'Oran et Ain Franine à l'Est du chef lieu de la wilaya sur une période allant de 2010 à 2013 et ce avant la période estivale durant les mois d'Avril, Mai, Juin, Juillet et Aout. Les stations ont été choisies d'une façon à couvrir tout le littoral oranais connu par ses activités commerciales et ses zones récréatives afin d'obtenir des résultats fiables et représentatifs.

5.1- Station de Trouville:

La station de Trouville présente des résultats inquiétants selon les valeurs enregistrées et est considérée comme une station de qualité bactériologique moyenne avec absence de toutes formes de contamination fécale où on a enregistré un taux de coliformes totaux de l'ordre de 1400/100 ml comme valeur maximale en Avril 2011 par rapport à la valeur guide. Nous tenons à noter l'absence de coliformes fécaux, de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique.

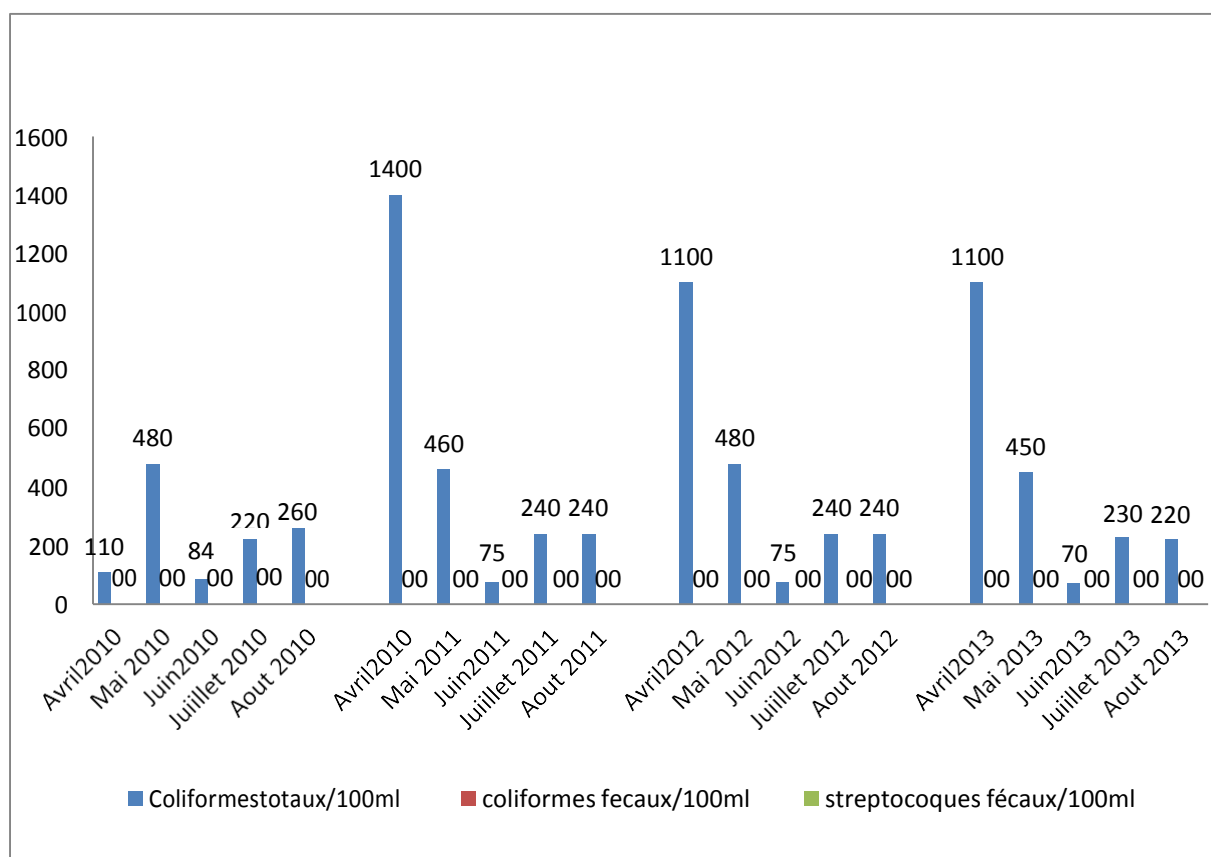


Figure 20: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Trouville.

5.2- Station de Bousseville:

Les résultats obtenus montrent que la station de Bousseville n'est pas contaminée. Les analyses effectuées au niveau de cette station ont permis d'enregistrer un taux de coliformes totaux qui varie entre 23/100 ml au mois de Mai 2010 et 1200/100 ml au mois d'Avril 2010, avec absence de coliformes fécaux, des streptocoques fécaux, des salmonelles et de vibron cholérique.

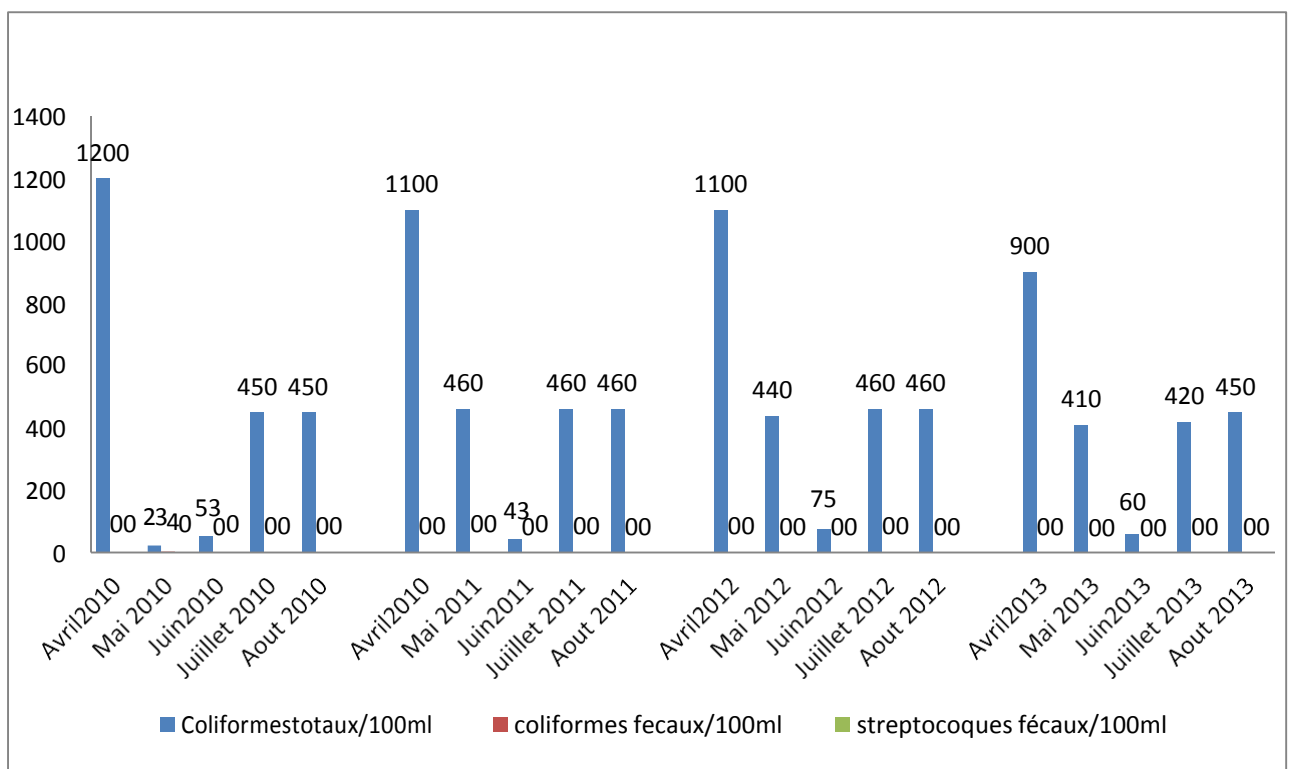


Figure 21: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Bousseville.

5.3- Station de Paradis plage:

La station de Paradis plage et selon les valeurs enregistrées dans est considérée comme une station de qualité bactériologique moyenne avec absence de toutes formes de contamination fécale, où on a enregistré un taux de coliformes totaux de l'ordre de 1100/100 ml comme valeur maximale en Juin 2010 et Juin 2012 par rapport à la valeur guide. On tient à noter l'absence de coliformes fécaux, de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibriion cholérique.

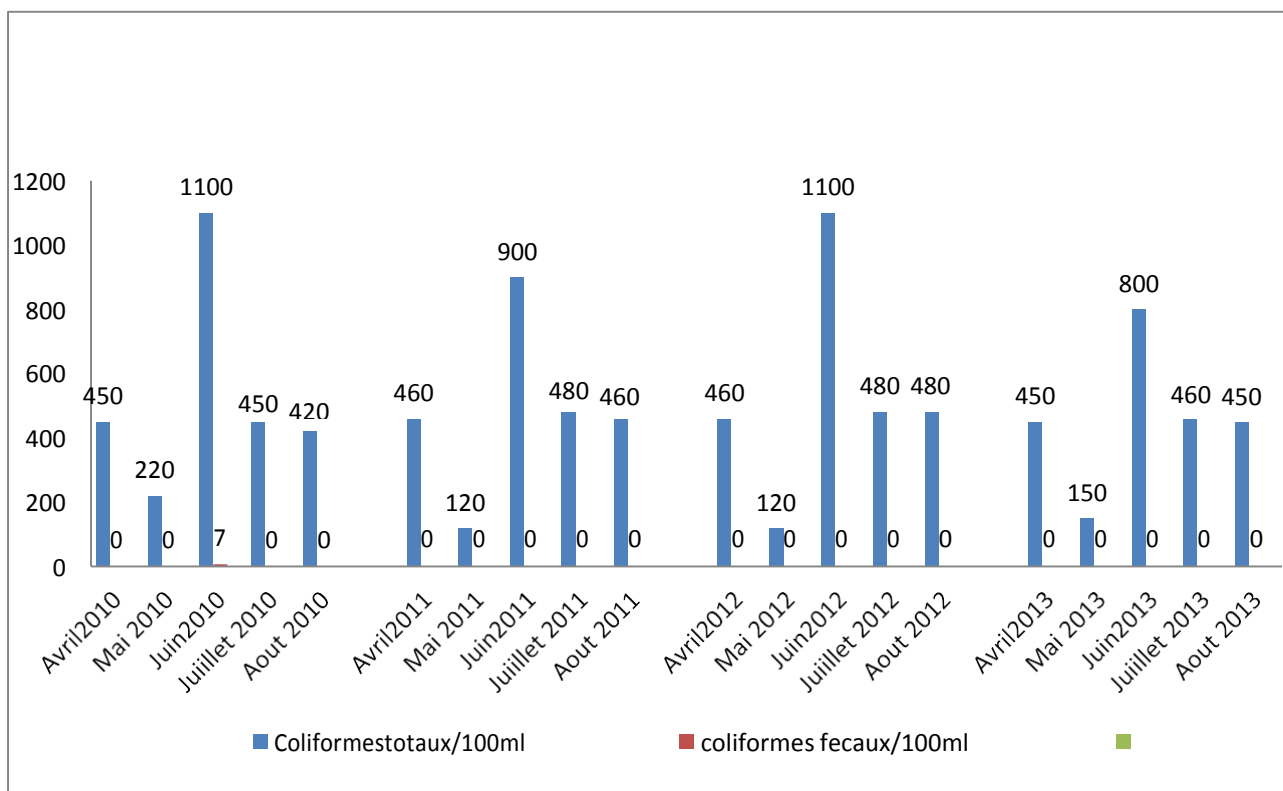


Figure 22: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Paradis plage

5.4- Station de Claire Fontaine:

La station de Claire Fontaine selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de mauvaise qualité bactériologique avec un taux de coliformes totaux qui vari généralement entre 11000/100 ml et 14000/100 ml comme valeur maximale en Avril 2010, Avril et mai 2011 et Mai 2013 par rapport à la valeur guide. On tient à signaler la présence de coliformes fécaux avec un taux de 23/100 ml comme valeur maximale enregistrée en Avril et Mai 2010 par rapport à la valeur guide qui de 100/100 ml, On tient à signaler l'absence de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibriion cholérique.

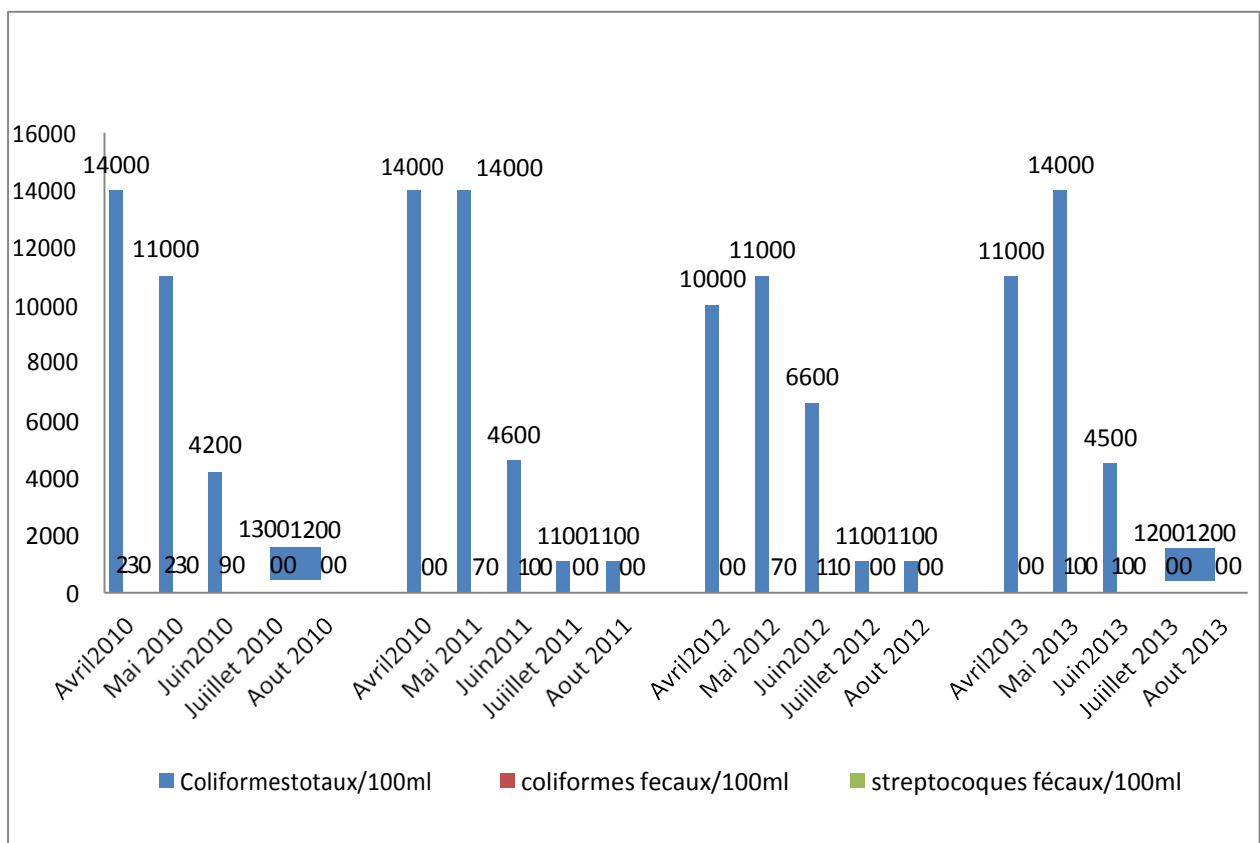


Figure 23: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station

Claire Fontaine.

5.5- Station de Bretonne:

La station de bretonne selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de qualité bactériologique moyenne où on a enregistré un taux de coliformes totaux de l'ordre de 1400/100 ml comme valeur maximale en Aout 2010 par rapport à la valeur guide qui est de 500/100 ml et une valeur unique en matière de coliformes fécaux de l'ordre de 23/100 ml en Aout 2010. On tient à noter l'absence de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibriion cholérique.

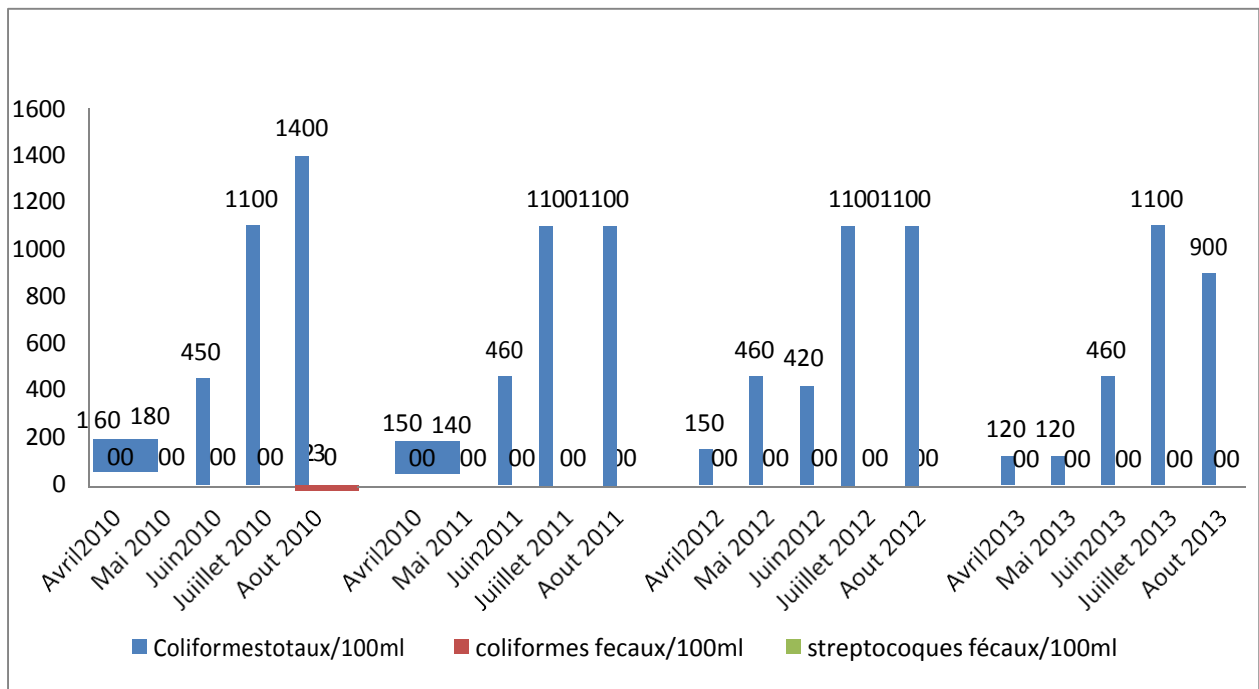


Figure 24: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Bretonne.

5.6- Station de Beauséjour:

La station de Beauséjour selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de mauvaise qualité bactériologique où on a enregistré un taux de coliformes totaux qui varie généralement entre 11000/100 ml et 14000/100 ml comme valeur maximale en Juin par rapport à la valeur guide. Les rejets des eaux usées à ciel ouvert et le nombre de baigneurs assez élevé peuvent être à l'origine de cette contamination, on tient à noter la présence de coliformes fécaux avec une valeur maximale de l'ordre de 43/100 ml en Aout 2010 par rapport à la valeur guide, on tient à signaler l'absence de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibron cholérique.

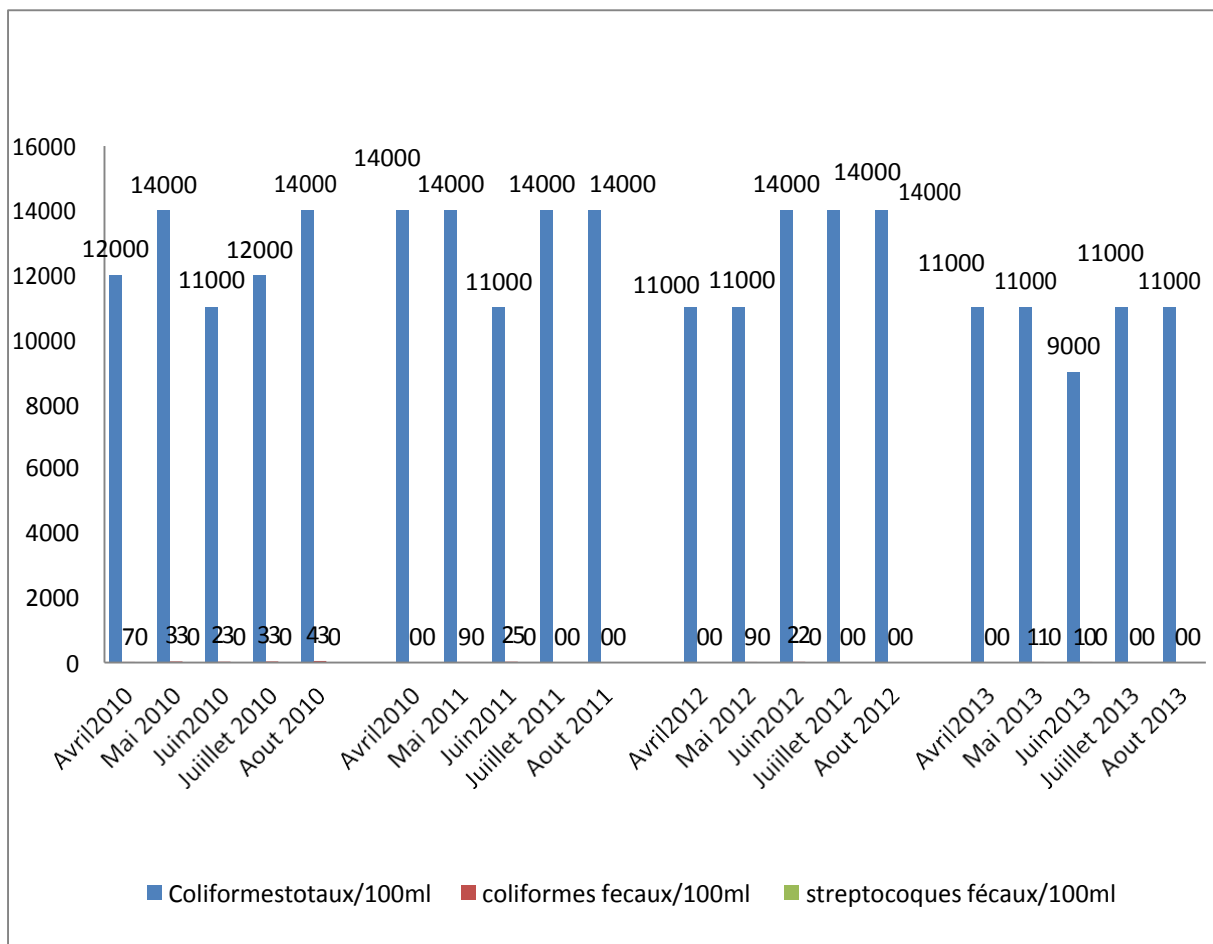


Figure 25: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Beauséjour.

5.7- Station de Cap Falcon:

La station de Cap Falcon selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de mauvaise qualité bactériologique où on tient à enregistrer un taux de coliformes totaux de l'ordre de 9000/100 ml comme valeur maximale en Juin 2011 par rapport à la valeur guide qui est de 500/100 ml et un taux de coliforme fécaux de l'ordre de 33/100 ml comme valeur maximale en Avril 2010. On tient à noter l'absence de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique.

Cette mauvaise qualité bactériologique pourra être due à plusieurs facteurs enregistrés lors des constats des lieux à savoir la proximité des habitations, les rejets directs, la surfréquentation et surtout la dispersion très faible des rejets d'eaux usées en raison d'un hydrodynamisme stable vu sa position dans une crique

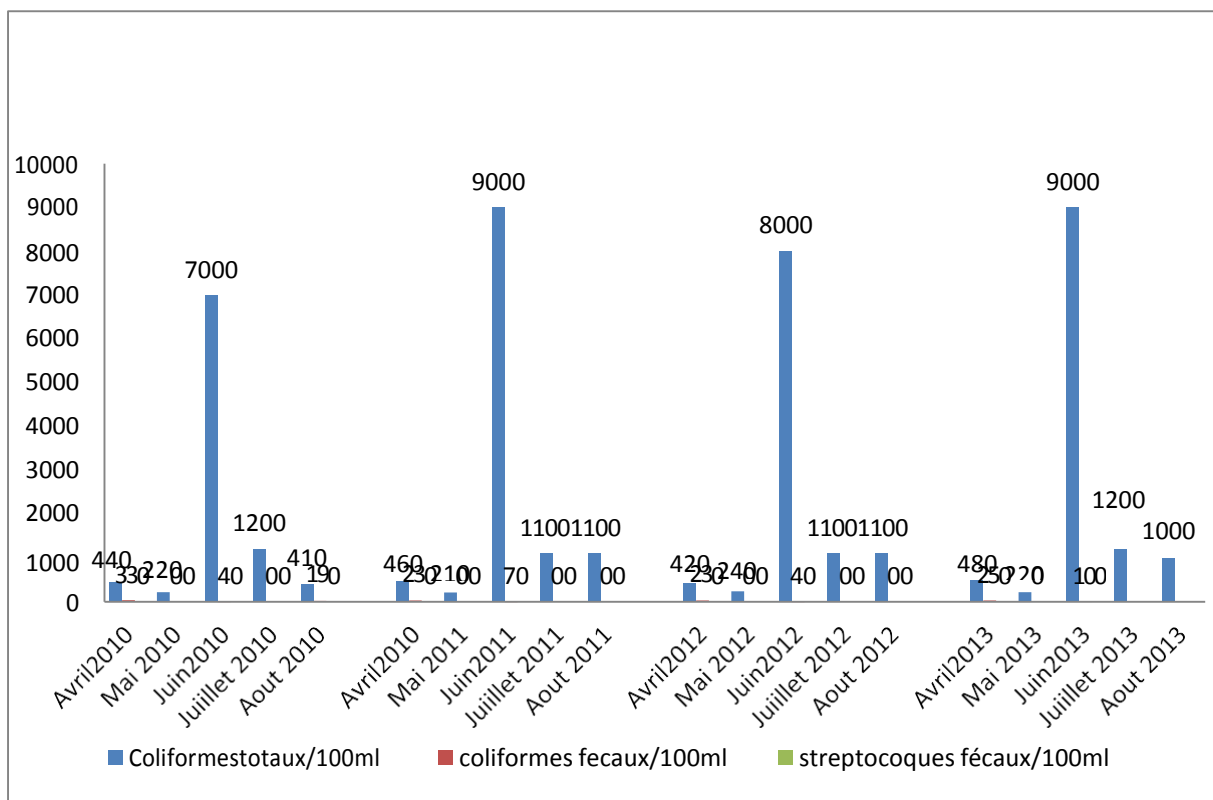


Figure 26: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Cap Falcon.

5.8- Station de Corales :

Les résultats obtenus pour la station de Corales confirment une eau de bonne qualité bactériologique et par conséquent propre à la baignade avec un maximum de 480 coliformes totaux dans 100 ml d'eau enregistré aux mois de Mai et Aout 2010, Mai et Aout 2012 et Aout 2011 par rapport à la valeur guide et une présence de quelques coliformes fécaux avec un taux de 7/100 ml comme valeur maximale en Juin 2010 et juin 2011, On tient à signaler l'absence des streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique.

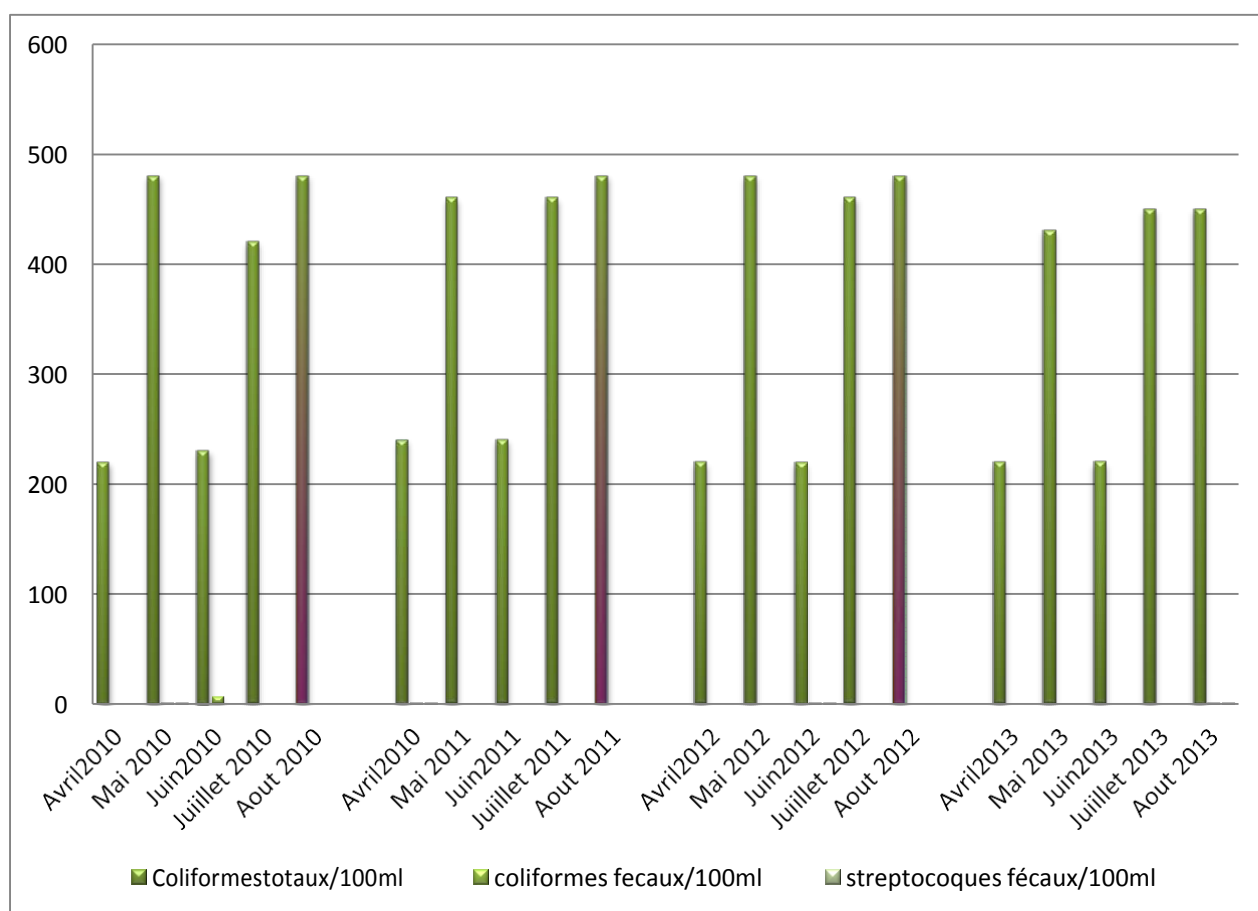


Figure 27: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Corales.

5.9- Station d'Etoile :

Les résultats obtenus à la station Etoile sont moins inquiétants avec un taux de coliformes totaux qui varie entre 15/100 ml en Mai 2011 et 93/100 ml en Aout 2010, Mai 2011, Avril et Aout 2013 par rapport à la valeur guide qui est de 500 ml/100 ml, on tient à signaler la présence des coliformes fécaux avec une valeur maximale de 7/100 ml en Juin 2010 et Juin 2012, on tient à signaler l'absence des streptocoques fécaux, des salmonelles et de vibron cholérique.

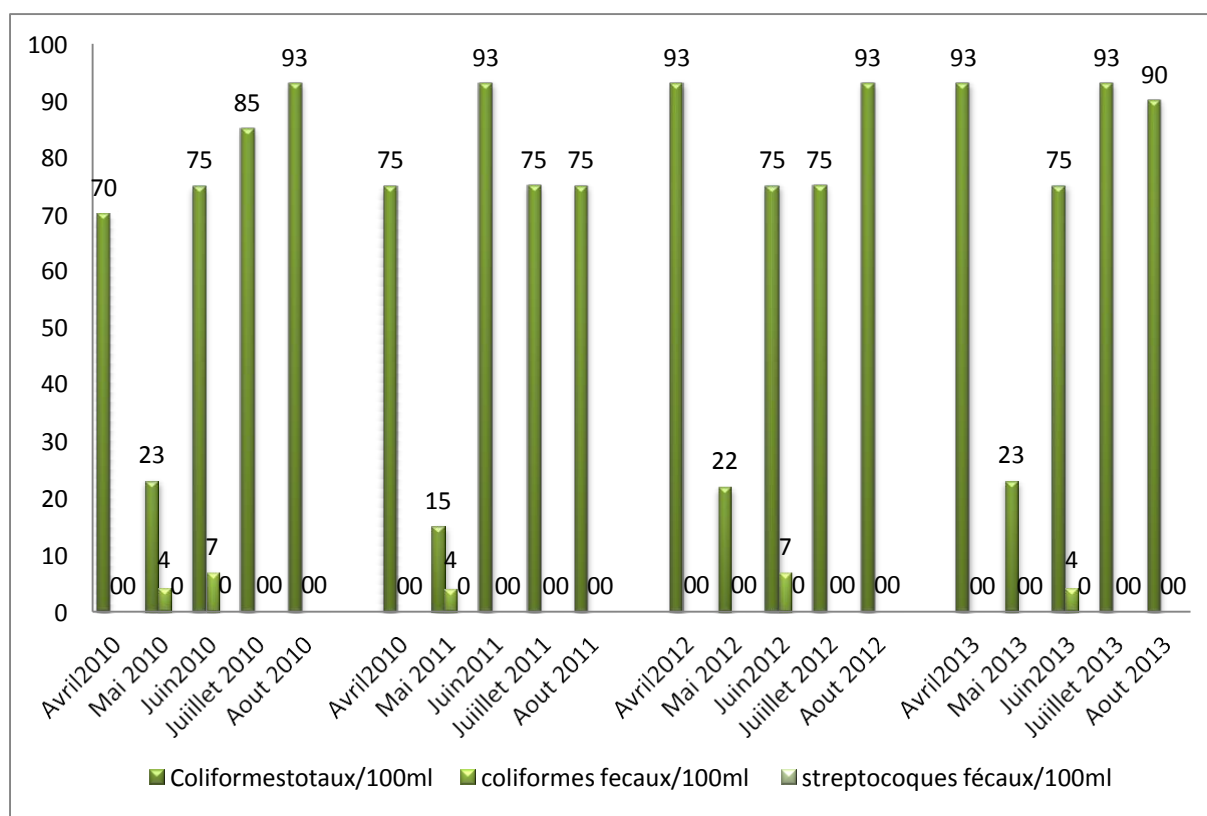


Figure 28: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Etoile.

5.10- Station Les Andalouses:

La station des Andalouses selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de qualité bactériologique moyenne avec un taux de coliformes totaux de l'ordre de 1400/100 ml comme valeur maximale en Juin 2011 par rapport à la valeur guide qui est de 500/100 ml. La présence des coliformes fécaux et de l'ordre de 11/100 ml en Mai et Juin 2011 et Mai 2012, On tien à noter l'absence de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique. On note l'existence d'une source thermale au niveau de cette station.

La station est connue par une fréquentation excessive, une infrastructure touristique importante et le déversement de l'Oued El Ançor, en dépit de nombreux travaux d'aménagement pour contenir son écoulement sur la plage.

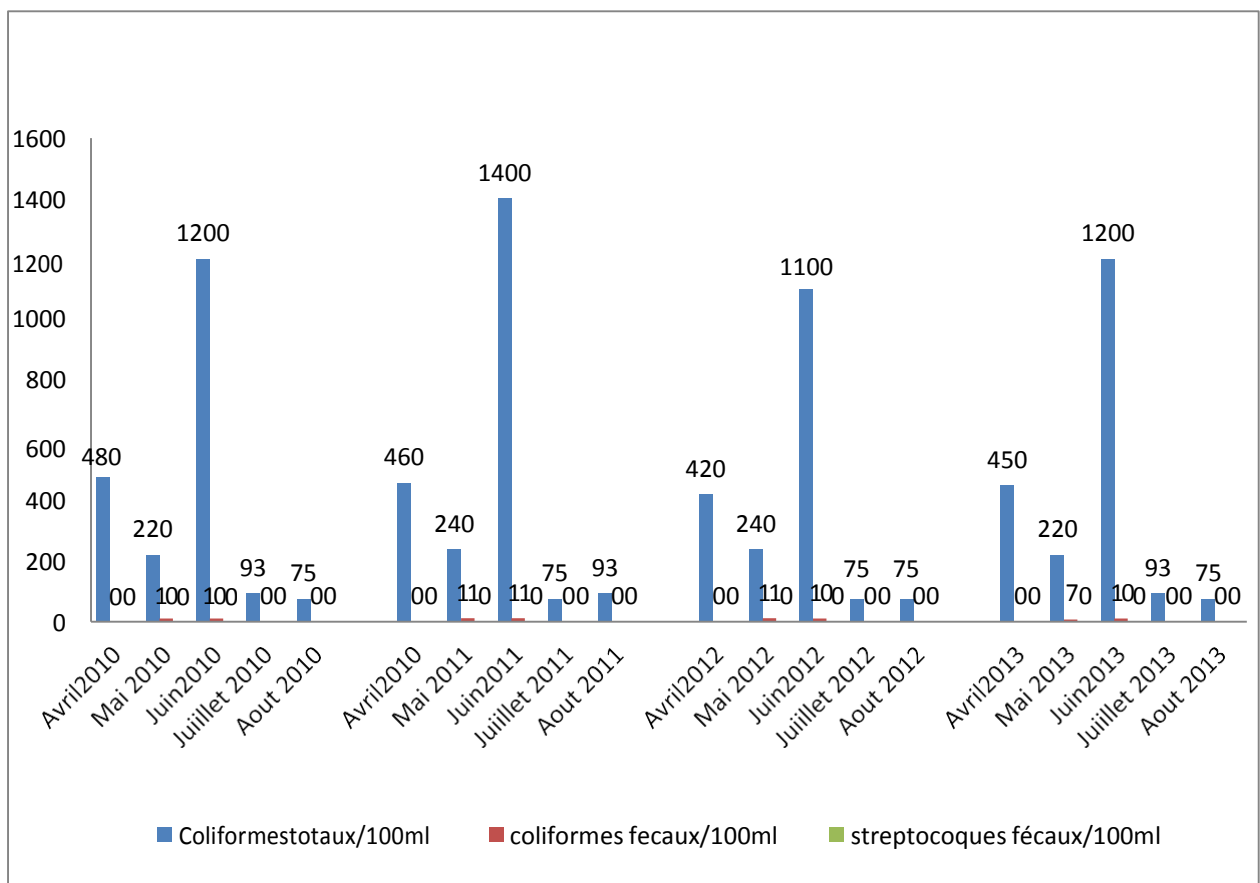


Figure 29: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Les Andalouses

5.11- Station d'Ain Franine:

La station d'Ain Franine selon les valeurs enregistrées est considérée comme une station de bonne qualité bactériologique avec absence de toutes formes de contamination fécale où nous avons enregistré un taux de coliformes totaux de l'ordre de 25/100 ml comme valeur maximale en Mai et Aout 2010, Juin et Aout 2011 par rapport à la valeur guide. L'éloignement de cette zone du tissu urbain et de toutes activités industrielles en plus de la nature de cet endroit qui rend l'accès difficile peut expliquer la propreté de cette station. Nous tenons à noter l'absence de coliformes fécaux, de streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique. On note l'existence d'une source thermale au niveau de cette station, réputée pour ses eaux radioactives.

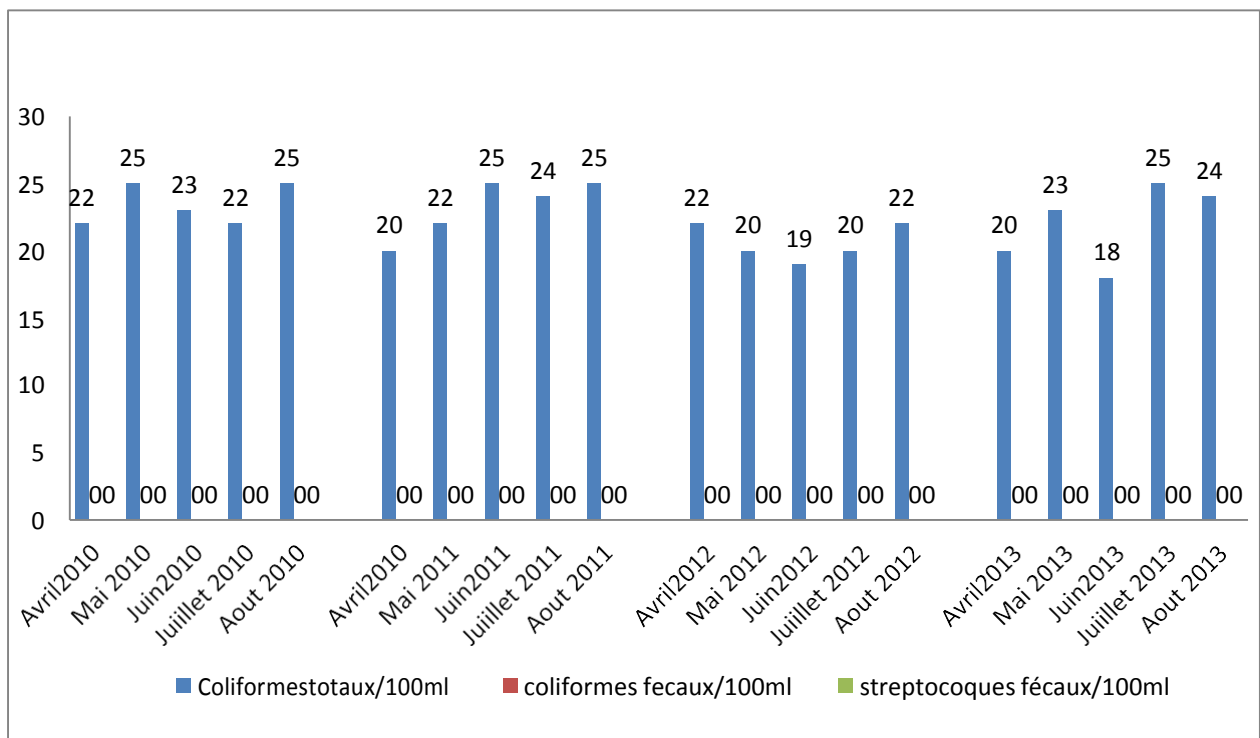


Figure 30: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station

Ain Franine.

D'après les résultats des analyses bactériologiques obtenus, une importante contamination au niveau des stations de Beauséjour, Cap Falcon et Claire Fontaine est à signaler par rapport aux autres stations où le taux de germes nocifs n'est pas trop inquiétant.

Le taux élevé de coliformes totaux pour les stations sus citées avant et pendant la période estivale amène à tirer la sonnette d'alarme et le risque de transmission de maladies hydriques étant donné qu'une partie des eaux usées et ménagères sont déversées directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable malgré l'existence de deux petites stations de relevage et d'épuration à proximité (Bouisseville et Cap Falcon).

La valeur maximale de germes a été enregistrée au niveau de la station de Beauséjour durant toute la période étudiée avec 14000/100 ml de coliformes totaux comme valeur maximale. Les stations de Cap Falcon et Claire Fontaine représentent aussi un taux assez élevé de coliformes totaux par rapport à la valeur guide qui est de 500/100 ml, les coliformes fécaux enregistrés au niveau de ces trois stations ne dépassent pas la valeur guide avec une valeur maximale de 43/100 ml signalée au niveau de la station de beauséjour en Aout 2010.

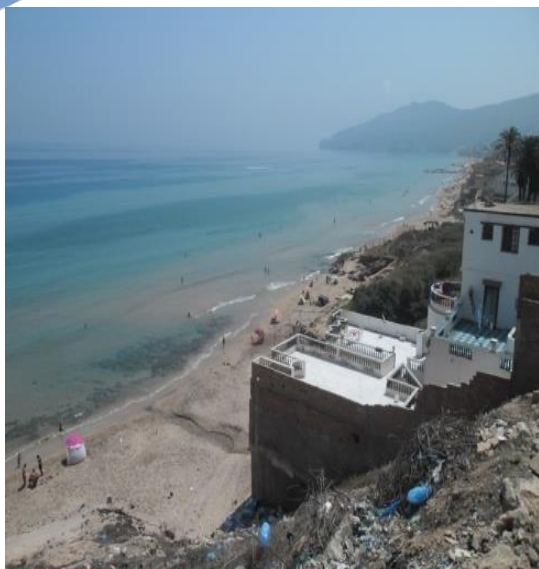
Les stations de Bouisseville, Trouville, Paradis plage, Bretonne et des Andalouses représentent une eau de qualité bactériologique moyenne par rapport à celles de Beauséjour, Cap Falcon et Claire Fontaine avec un taux de coliformes totaux de 1400/100 ml enregistré en Avril et Juin 2011 comme valeur maximale au niveau des stations des Andalouses et Trouville, le reste des résultats varie entre 23/100 ml de coliformes totaux enregistré durant le mois de Mai 2010 à travers la station de Bouisseville comme valeur minimale et 1200/100 ml enregistrés en Avril 2010 et Juin 2010 et 2013 à travers les stations des Andalouses et Bouisseville, pour les coliformes fécaux, on a noté un taux de 23/100 ml au mois d'Aout 2010 comme valeur maximale à travers la station Bretonne avec absence de la contamination fécale à travers les deux stations des andalouses et Bretonne durant toute la période d'étude.

Les eaux de la station de Beauséjour sont de mauvaise qualité bactériologique avec un taux de coliformes totaux de 14000/100 ml comme valeur maximale à l'instar de la station de Claire Fontaine (14000/100 ml) de coliformes totaux et la station de Cap Falcon (9000/100 ml) de coliformes totaux et la station de Cap Falcon (9000/100 ml) de coliformes totaux dépassant ainsi largement la valeur guide à comparer avec le reste des stations.

Les résultats enregistrés à travers la station d'Ain Franine sont très satisfaisants avec un maximum de 25/100 ml de coliformes totaux au mois de Mai 2010, Aout 2010, Aout 2011 et Juillet 2013 et absence de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux.

Il est à noter l'absence des streptocoques fécaux, des salmonelles et des vibrions cholériques à travers les onze stations durant toute la période.

A l'issue des résultats obtenus à travers les deux stations de Beauséjour et Ain Franine, la station de Beauséjour est de mauvaise qualité bactériologique alors que la station d'Ain Franine est de bonne qualité bactériologique. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats dont les plus importants sont l'urbanisation et l'état du réseau d'assainissement en plus de la fréquentation de ces deux stations. La station Beauséjour est connue par sa plage très fréquentée et par les rejets des eaux usées à ciel ouvert sans traitement préalable, alors que la station d'Ain Franine est caractérisée par son éloignement du tissu urbain et des rejets des eaux contaminées.



Rejet des déchets solides (Claire Fontaine)



Fréquentation en période estivale (Cap Falcon)



Présence de petits métiers (Bouisseville)



Urbanisation anarchique (Cap Falcon)

Figure 31: Etat des lieux des stations étudiées (DJAD, 2015)

5.12- Traitement et interprétation des données:

Dans cette partie, le dénombrement des germes présents dans l'eau de mer de nos 11 stations d'échantillonnage nous a permis de dresser ces graphiques en boursiers, ceux-ci indiquent le nombre de Coliformes totaux par 100 ml d'eau de mer en début de saison estivale (mois d'Avril), à la fin de cette dernière (mois d'Aout) ainsi que le taux maximal et minimal enregistrés dans chaque station et par année.

Le teste t de Student nous permettra d'apprécier le degré de significativité des différences existantes entre les concentrations en coliformes totaux des différentes stations d'échantillonnage.

Le classement des plages réservées à la baignade est relatif à la qualité bactériologique des eaux (tableau 7)

Dans cette partie, le dénombrement des germes présents dans l'eau de mer de nos 11 stations d'échantillonnage nous a permis de dresser ces graphiques en boursiers, ceux-ci indiquent le nombre de Coliformes totaux par 100ml d'eau de mer en début de saison estivale (mois d'avril), à la fin de cette dernière (mois d'aout) ainsi que le taux maximal et minimal enregistrés dans chaque station et par année.

Le teste t de Student nous permettra d'apprécier le degré de significativité des différences existantes entre les concentrations en Coliformes totaux des différentes stations d'échantillonnage.

Les plages sont classées en fonction de la qualité bactériologique des eaux de baignade en trois catégories: Bonne qualité bactériologique, qualité bactériologique acceptable et mauvaise qualité bactériologique (tableau 7).

Tableau 7 : Classement bactériologique des eaux de baignade

Qualité bactériologique de l'eau	Bonne qualité bactériologique	Qualité bactériologique acceptable	Mauvaise qualité bactériologique
Paramètres			
Coliformes totaux	< 500	500 et 10.000	> 10.000
Coliformes fécaux	< 100	100 et 2.000	> 2.000
Streptocoques fécaux	<100	100	> 100
Salmonelles	ABS	/	Présence
Vibrions cholériques	ABS	/	Présence

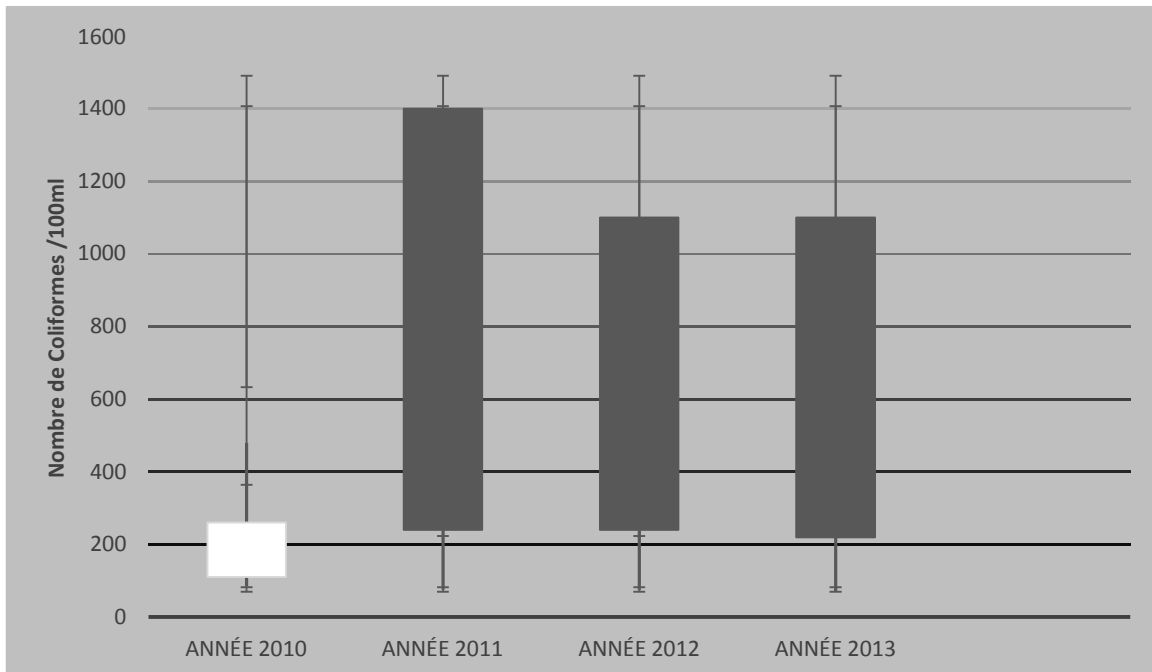


Figure 32: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Trouville.

Les charges bactériennes maximales sont enregistrées durant le début de l'été de 2011 (1400 germes/100ml), en revanche c'est durant l'année 2010 que la concentration en germes est la plus faible (1154/100ml) (Figure 30). Aucun autre germe n'a été dénombré dans cette station.

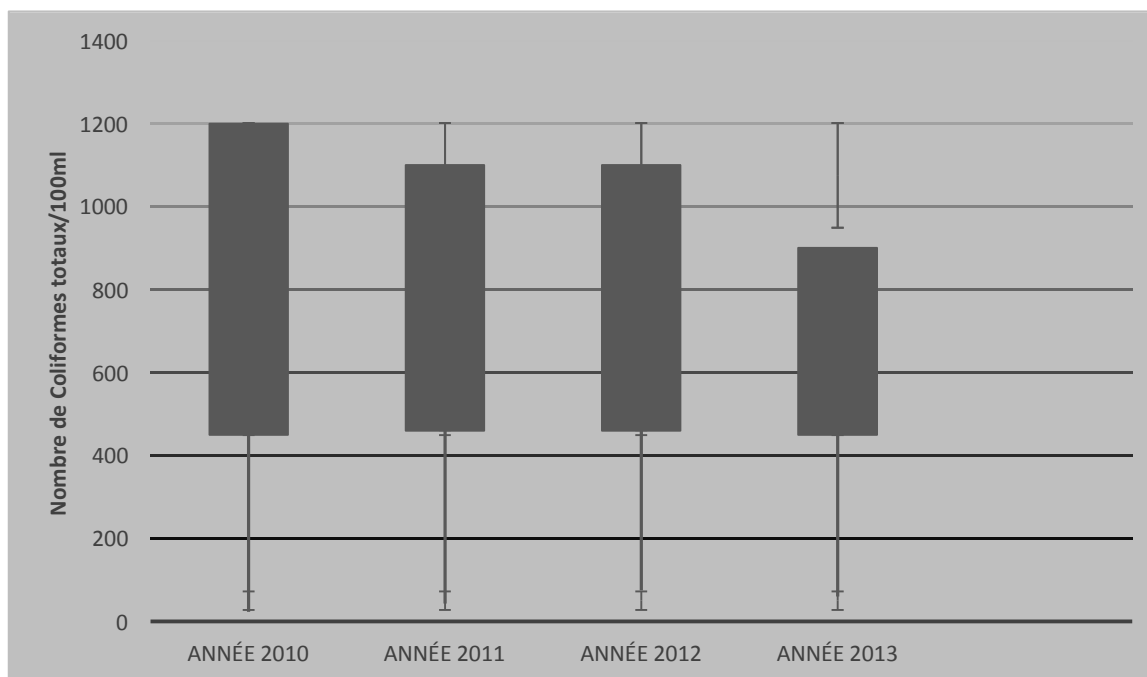


Figure 33 : Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Bousseville.

Dans cette station, les concentrations maximales de Coliformes totaux sont enregistrées en début de saison estivale (mois d'avril) et les minimales au mois de juin et ce pour les quatre années d'échantillonnage. L'écart type important (Figure 31) témoigne de l'importance de dispersion des concentrations de Coliformes totaux autour de leur valeur moyenne, ainsi en 2010, le nombre maximal enregistré était de 1200 germe/100ml tandis que le nombre minimal était de seulement 23 germes/100ml, les trois autres années sont également caractérisées par des différences importantes entre les concentrations minimales et maximales de Coliformes totaux.

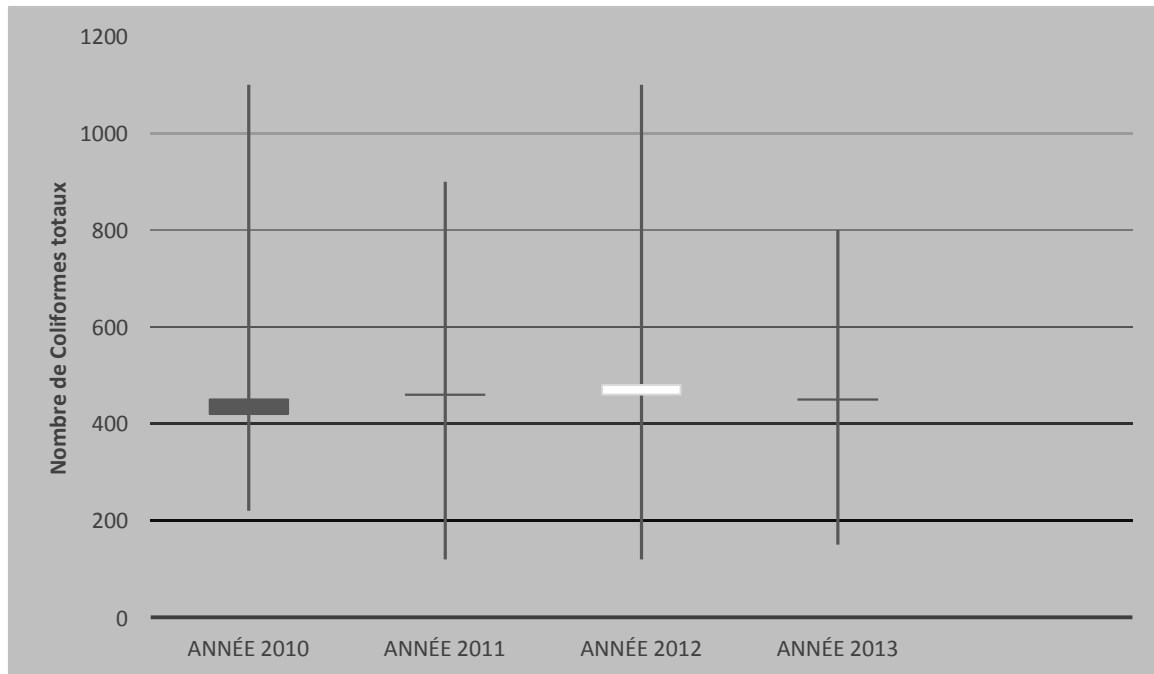


Figure 34 : Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Paradis plage.

Les valeurs des concentrations en Coliformes totaux des débuts et fin de saisons estivales des quatre années d'échantillonnage, sont à peu près similaires (Figure 32) oscillant entre 450 et 480 germe/100ml, avec des maximums (supérieures à 800 germes/100 ml) situés au mois de juin, et des minimums qui en revanche sont enregistrés au mois de mai de chaque année (concentrations inférieures à 200 germes/100ml).

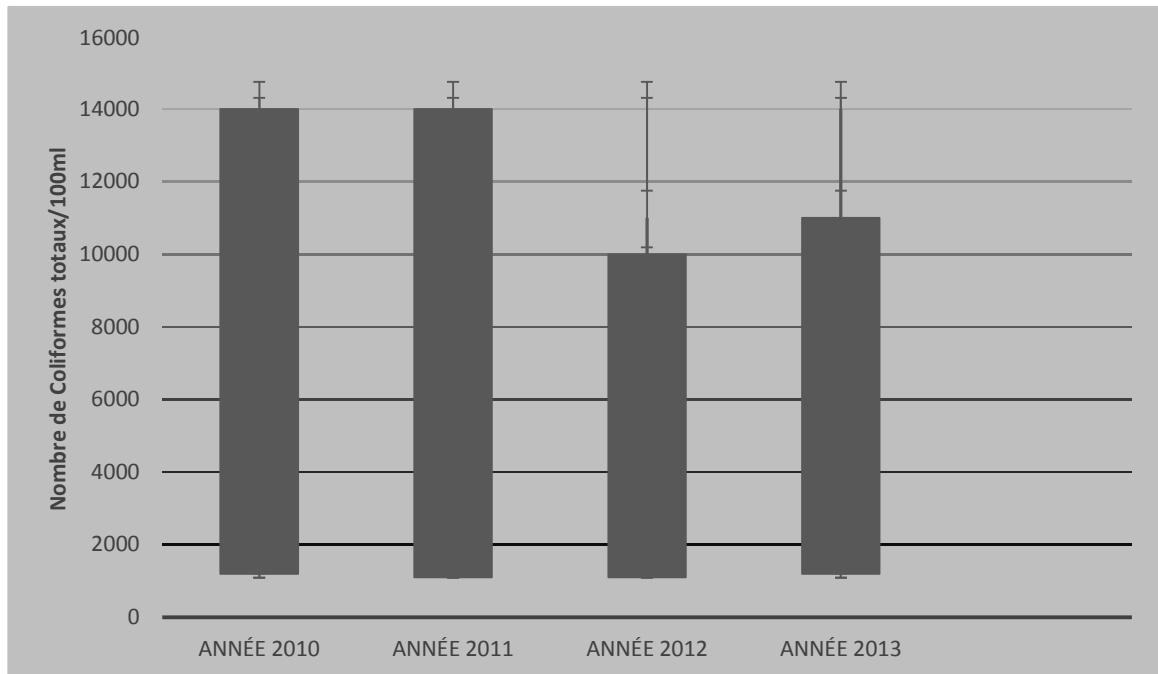


Figure 35 : Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Claire fontaine.

Dans ce site (Figure 33), des charges importantes de Coliformes totaux ont été prélevées en début de saison estivale (14000 germes/100ml en avril 2010 et 2011), cette charge aurait tendance à diminuer par la suite pour atteindre ses plus faibles valeurs vers la fin de l'été (1100 germes/100ml en aout 2011 et 2012). L'écart-type important témoigne également des intervalles importants entre valeurs maximales et minimales des Coliformes totaux (14000 germes/100ml en avril vs 1100 germes/100ml en juillet 2011).

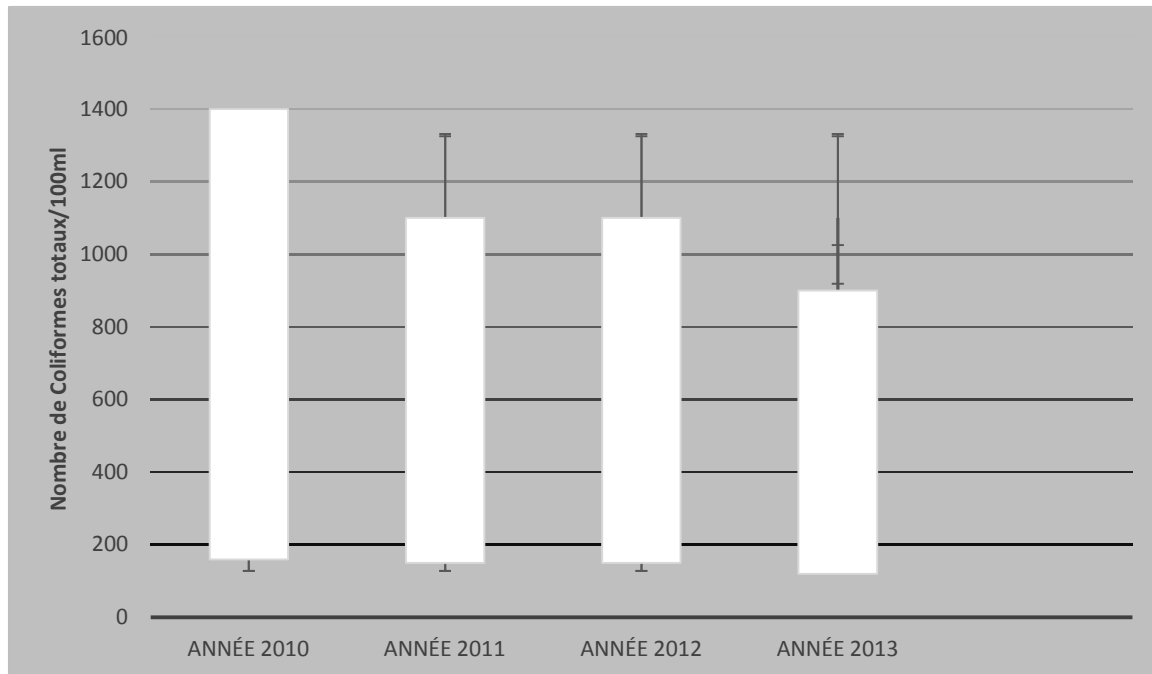


Figure 36: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de la Bretonne.

Cette station est caractérisée par d'importants écarts entre les valeurs maximales et minimales des concentrations de Coliformes fécaux des quatre années (boursiers de taille important). L'écart le plus important est notée pour l'année 2010 avec 160 germe/100 ml en Avril et 1400 germes/100ml en aout (Figure 34). Il existe également des différences importantes de ces valeurs en début et en fin de saison (minimales en avril et maximales en aout).

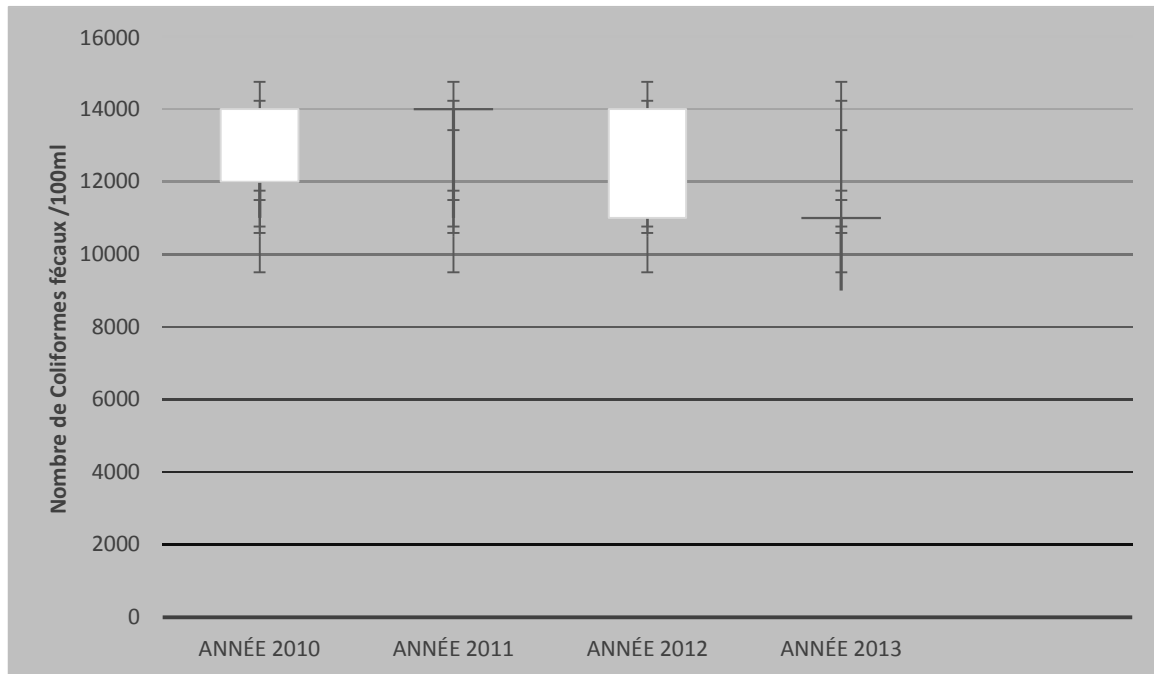


Figure 37: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station du Beauséjour.

Cette station que la contamination est la plus élevée (taux supérieur à 14000 germes/100 ml) noté durant les années 2010, 2011, 2012 et 2013 (Figure 35), la concentration la plus faible a été relevée en juin 2013. Les valeurs de concentrations des coliformes totaux de cette station dépassent les valeurs limites. Les coliformes fécaux sont présents dans ce site, mais leur concentration ne dépasse pas 43 germes/100 ml (concentration notée en aout 2010).

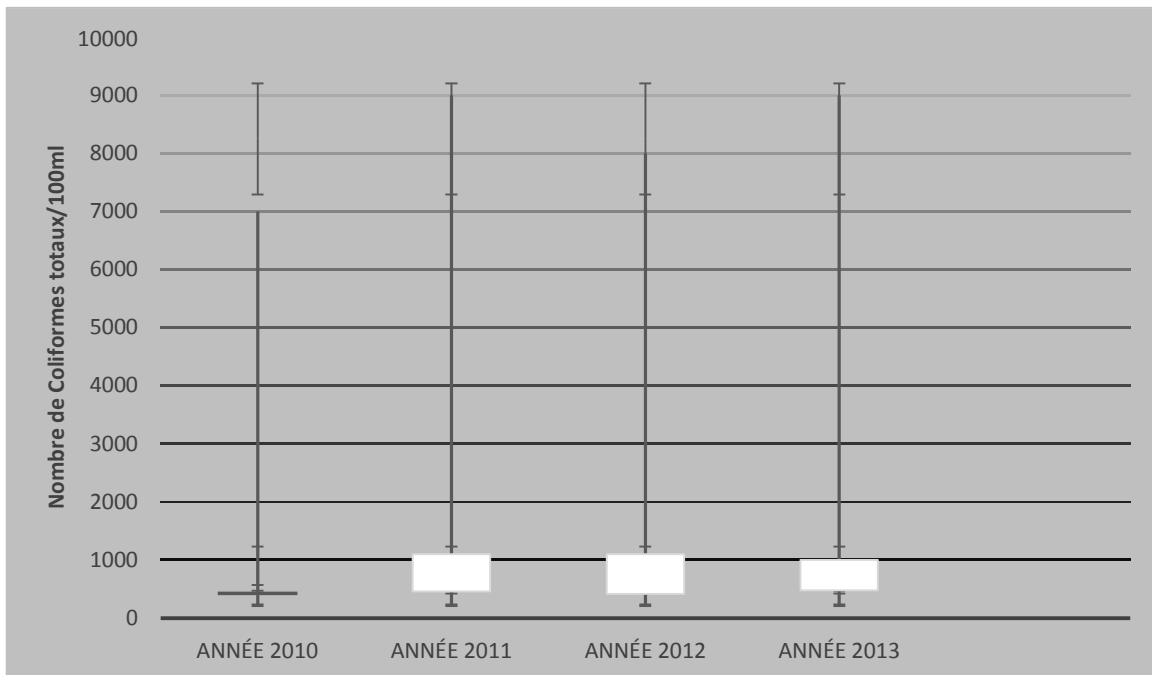


Figure 38: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Cap Falcon.

Cette station présente des charges en Coliformes totaux, maximales en milieu de saison estivale (mois de juin et juillet) et pour les quatre années (9000 germe/100ml en juin 2011), les concentrations minimales sont cependant relevées au début et à la fin de l'été (210 germe/100ml en mai 2011) (Figure 36). Des Coliformes fécaux ont été enregistrés au mois d'avril et de juin de chaque année avec des concentrations n'excédant pas les 33 germes/100ml.

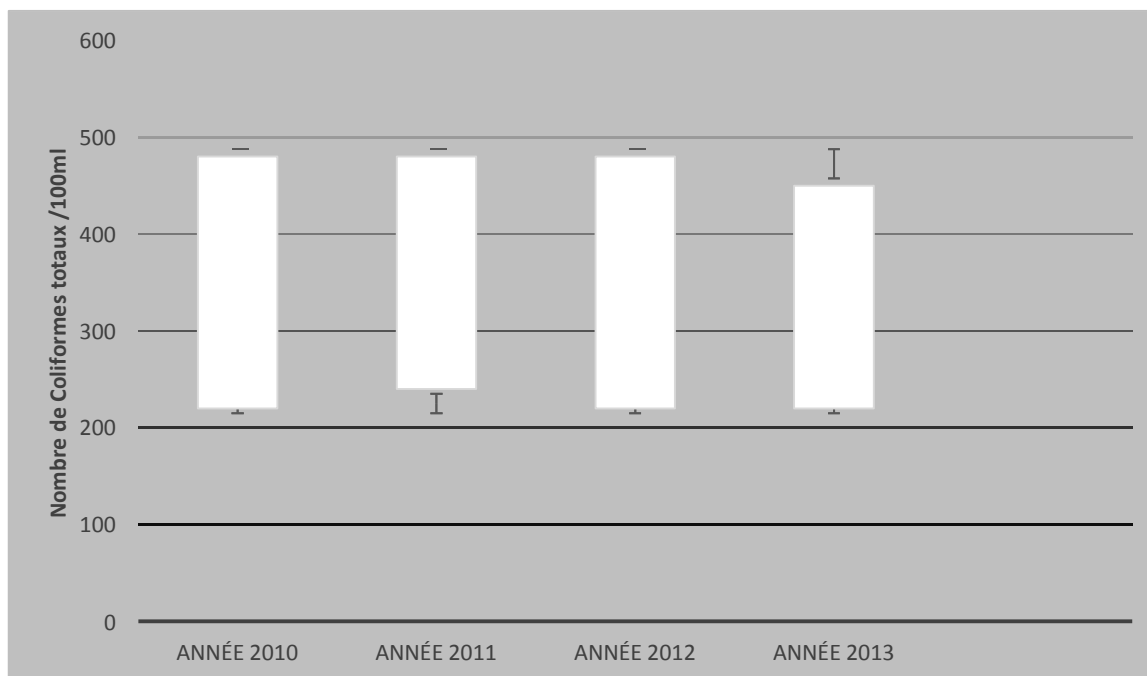


Figure 39: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de Corales.

L'examen du graphique 1 indique que le nombre minimal de Coliformes totaux se situe en début de saison estivale (Figure 37), en revanche, le nombre maximal est enregistré vers la fin de l'été. L'année 2012 est caractérisée par le nombre le plus important de Coliformes totaux par rapport aux autres années. La station de Corales est caractérisée par l'absence totale de Coliformes fécaux, de Streptocoques fécaux, de Salmonelles ou de Vibrions cholériques. Les valeurs des Coliformes totaux restent en dessous des valeurs guides définies selon les normes algériennes en vigueur, fixées par le décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993, définissant la qualité requise des eaux de baignade (tableau 1), par conséquent cette station est classée dans la catégorie B des eaux de bonne qualité.

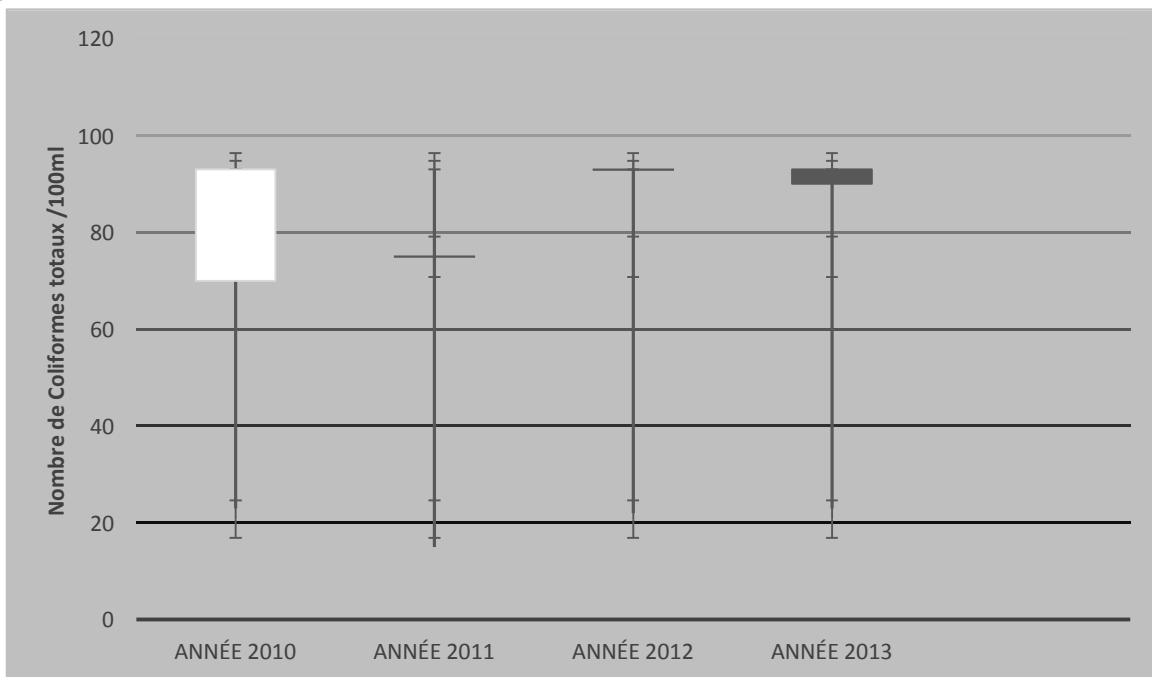


Figure 40: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station de l'étoile.

Cette station enregistre de faibles concentrations de Coliformes totaux (304 germe/100ml en 2013) (Figure 38) par rapport à toutes les autres stations exception faite d'Ain Franine. Des coliformes fécaux sont présents dans cette station, de 2010 à 2013, mais sans que leur concentration ne dépasse les 7 germes/100 ml. L'eau de cette station est également classée dans la catégorie B.

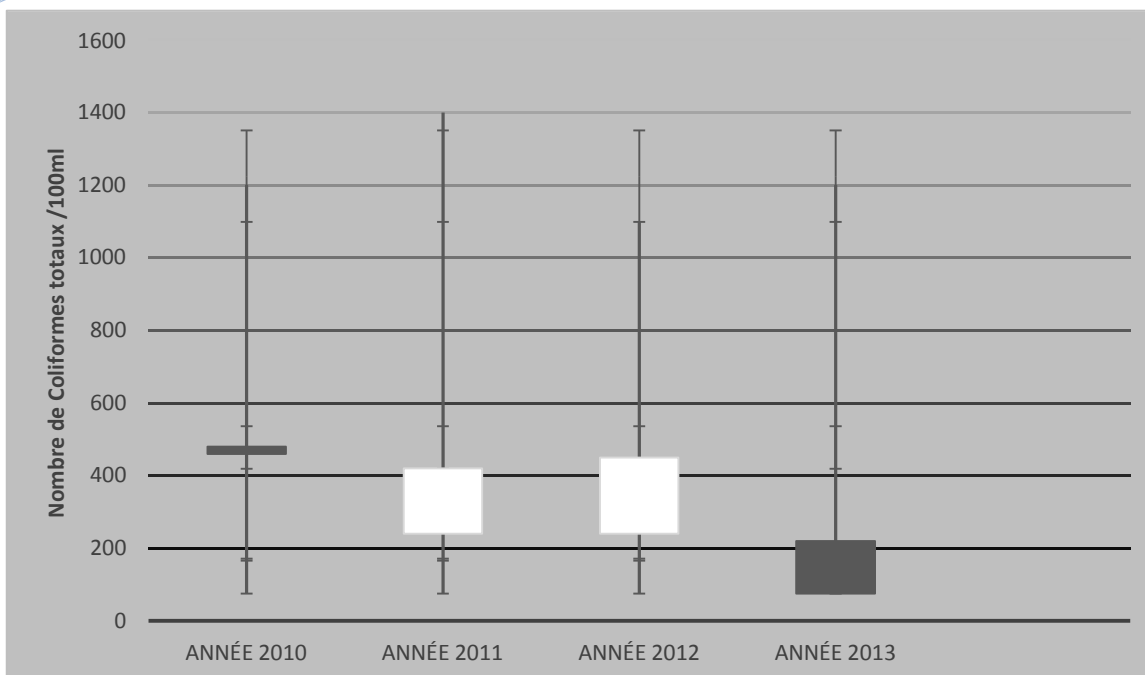


Figure 41: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station des Andalouses.

La contamination dans ce site est maximale en milieu de saison estivale et durant les quatre années (1200 ; 1400 ; 1100 ; 1200 germes/100ml en juin 2010 ; 2011 ; 2012 et 2013 respectivement) les concentrations minimales sont notées en juillet. Les écarts entre valeurs maximales et minimales sont importants (1400 germes/100ml en juin 2011 vs 75 germes/100ml en juillet de la même année) cependant les écarts entre les charges bactériennes en début et en fin de saison sont peu importants (Figure 39). Des Coliformes totaux ont été prélevés aux mois de mai et de juin de chaque année mais avec des concentrations inférieures à 10 germes/100ml.

Les stations de Bouisseville, Trouville, Paradis plage, Beauséjour, Cap falcon, la Bretonne, Claire fontaine et des Andalouses sont classées dans la classe A des eaux de qualité acceptables caractérisées par des nombres de germes recherchés dépassant les nombres guides.

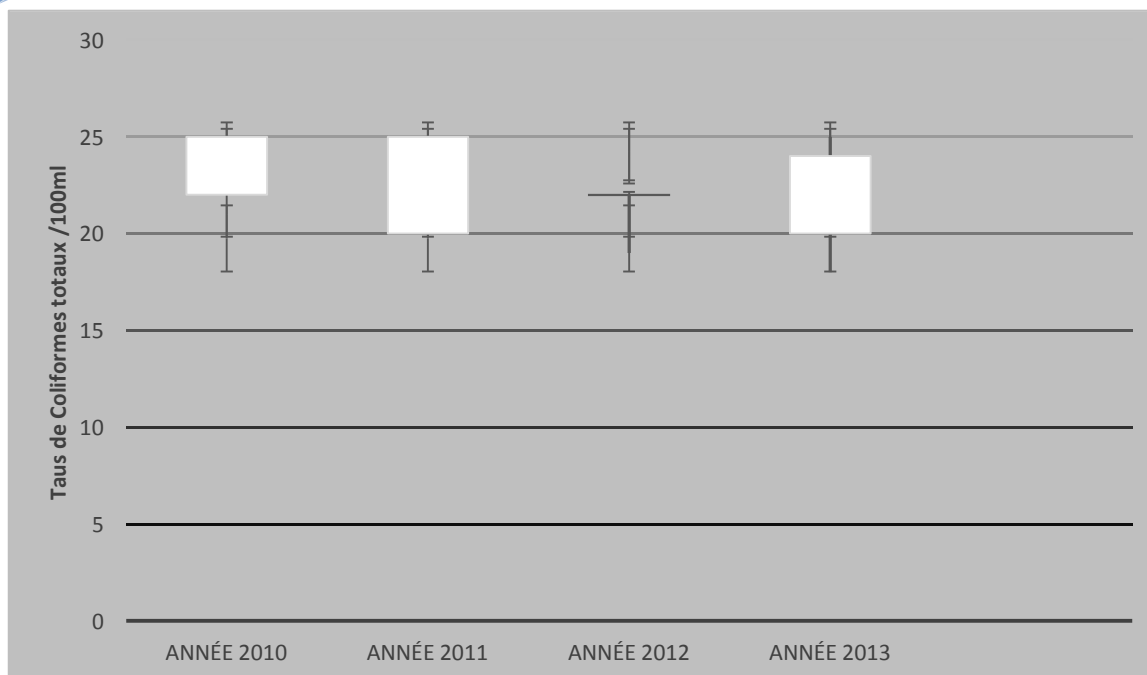


Figure 42: Nombre de Coliformes totaux/100ml et par année dans la station D'Ain Franine.

Il s'agit ici d'un site présentant les valeurs de concentrations les plus faibles de Coliformes totaux avec des valeurs à peu près similaires et homogènes durant toute la saison estivale et durant les quatre années tel que peuvent en témoigner les boursiers dans la figure 40. La concentration maximale est de 25 germes/100ml et la minimale est de 18 germes /100ml. Cette station est donc classée dans la classe B des eaux de baignade de bonne qualité.

A l'issue de cette étude statistique descriptive, nous pouvons classer nos stations en fonction de leurs concentrations en Coliformes totaux en: stations faiblement contaminées (groupe 1), telles celles d'Ain Franine ($MS=111 \pm 6$ de moyenne pour les quatre années) et de l'étoile ($MS=335 \pm 10$), ces sites se trouvent en effet loin des agglomérations. Viennent par la suite par ordre de moyenne de concentrations croissantes, les stations de Corales ($MS= 1820 \pm 40$), Trouville ($MS= 1943 \pm 58$), les Andalouses ($MS= 2071 \pm 483$), Bouisseville ($MS= 2368 \pm 192$), Paradis plage ($MS= 2502 \pm 198$), et enfin la station Bretonne ($MS= 3042 \pm 247$), ces stations font partie du groupe des eaux moyennement contaminées (groupe 2).

Et enfin, les charges bactériennes maximales sont enregistrées au niveau des stations de Cap falcon (MS= 10975 \pm 895), Claire fontaine (MS= 32050 \pm 2250) et du Beauséjour (MS= 61750 \pm 5250), nous les placerons ainsi dans le groupe des eaux de baignades fortement contaminées (Groupe 3).

La valeur tabulaire de t correspondant au degré de liberté ν calculé, indique qu'il n'y aurait pas de différence significative entre les stations faisant partie du même groupe en revanche il y aurait une différence significative au seuil de confiance $\alpha = 0,05$ (test bilatéral) entre les moyennes des concentration en Coliformes totaux des eaux des stations fortement contaminées et moyennement contaminées et très significative au seuil de confiance $\alpha = 0,01$ entre celles du groupe 3 et celles du groupe 1.

Pour l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.), les deux premières valeurs propres expliquent plus de 67% de l'inertie. Pour visualiser la dépendance entre l'échelle qualitative temporaire de pollution et les stations, nous représentons les modalités dans le plan des deux premières variables canoniques (graphiques superposés).

Reportons ces coordonnées dans un plan. On se rappelle que la proximité éventuelle entre les modalités ligne et colonne ne s'interprète pas (ces points n'appartiennent pas en fait au même plan, on ne fait que superposer des graphiques séparés), mais que la proximité des modalités ligne ou des modalités colonne entre elles signalent des profils semblable.

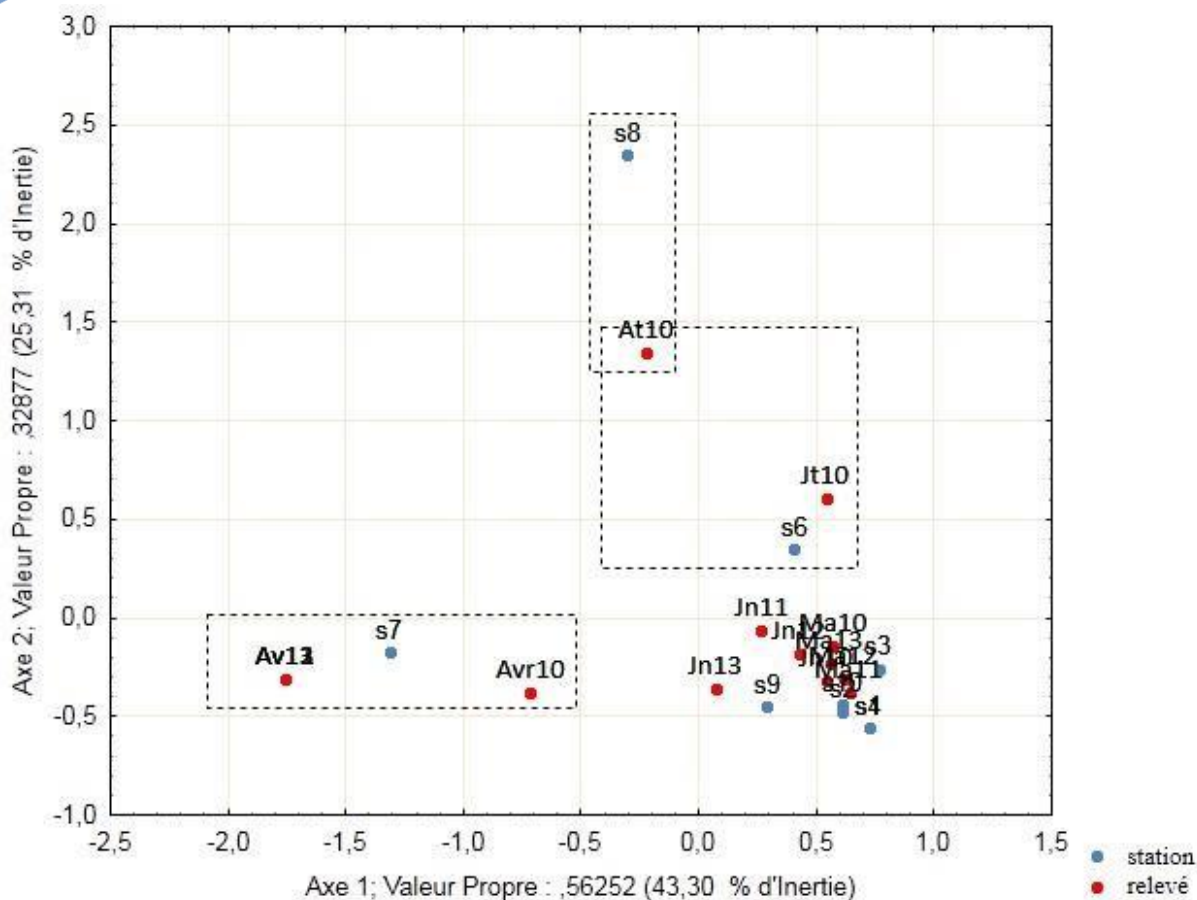


Figure 43: Représentation graphique des stations étudiées

On observe (Figure 41) que la modalité "s7" contribue pour 72% à la première valeur propre.

La station 8 contribue pour 60% au deuxième axe ;

Les stations "S6", "s9", contribuent pour près de 13% et 10 % à la deuxième valeur propre.

Les mois Avril 2010, Avril 2011, Avril 2012 et Avril 2013 contribuent pour 70% à la première valeur propre.

Pour le deuxième axe, les mois Aout 2010 et Juillet 2010 contribuent pour 74% et 6% à la deuxième valeur propre; le mois d'Aout 2010 apprécié par la station S8 et S6.

La station de Cap Falcon (S8) ainsi que la station de Bouisseville (S7) et de Beauséjour (S6), ont enregistré en Aout 2010 un taux de Coliformes totaux de 1400/100 MI pour Cap falcon et de 1200/100 MI en Avril 2010 et 1100/100 MI en Avril 2013 pour Bouisseville et de 12000/100 MI pour Beauséjour, une certaine particularité d'après l'étude statistique par rapport aux reste des stations regroupés près des deux valeurs propres (0,0).

Les résultats des analyses bactériologiques (tableau 8) de l'eau de mer réalisées par les services de la direction de la santé et population de la wilaya d'Oran (SEMEP d'Ain Türk) durant la période 2001 - 2005 à travers plusieurs stations du littoral oranais sont limitées aux deux paramètres à savoir coliformes totaux et fécaux qui montrent une légère amélioration de la qualité bactériologique de l'eau de mer pour certaines stations, citons à titre comparatif un taux variant de 40/100 ml à 14000/100 ml de coliformes totaux au mois de Juin pour la période allant de 2001 à 2007 enregistré à travers plusieurs stations du littoral oranais (tableaux 10 et 11) contre un taux compris entre 18/100 ml et 1400/100 ml enregistré durant nos analyses à l'exception des trois stations de Beauséjour, Claire Fontaine et Cap Falcon classées comme stations de mauvaise qualité bactériologique.

D'après les données recueillies par le SEMEP d'Oran durant la période 2001-2005, la bande littorale située entre Trouville et les Andalouses présente une eau de mauvaise qualité bactériologique avec une valeur maximale enregistrée qui est de 14000/100 ml de coliformes totaux, exception pour la zone de Madagh dont le taux maximal de coliformes totaux est de 43/100 ml, cette zone est connue par son éloignement du tissu urbain contrairement aux autres stations caractérisées par une fréquentation importante et une urbanisation parfois à quelques mètres du littoral avec un déversement des eaux usées directement dans la mer sans aucun traitement préalable.

Tableau 8 : Données bactériologiques des stations du littoral oranais**(Données recueillies par le SEMEP d'Oran durant la période 2001-2005)**

Années	Mois	Germe bactériologiques	Nombre de germes / 100 ml / station								Normes	
			Madagh	Andal- ouses	Cap Falcon	Bousse- ville	Beau- Séjou	St Germain	Trou- ville	El piloto		
2001	Juin	Coliformes totaux	40	14000	930	14000	14000	14000	14000	930	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	00	23	20	23	00	23	23	200
	Juillet	Coliformes totaux	40	14000	930	14000	14000	14000	14000	1400	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	23	23	23	00	23	23	200
	Aout	Coliformes totaux	43	4600	1100	1500	14000	14000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	23	23	20	20	20	200
2002	Juin	Coliformes totaux	43	7500	4300	14000	14000	14000	14000	1400	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	00	23	23	20	00	20	20	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	11000	14000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	20	23	23	20	23	23	200
	Aout	Coliformes totaux	70	14000	4600	7500	14000	11000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	23	20	20	20	20	200
2003	Juin	Coliformes totaux	43	11000	11000	14000	1400	14000	11000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	00	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	11000	11000	14000	7000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	20	20	23	20	00	00	00	200
	Aout	Coliformes totaux	70	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	11000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	00	200
2004	Juin	Coliformes totaux	41	11000	14000	11000	14000	14000	14000	930	7000	10000
		Coliformes fécaux	00	25	20	00	20	00	00	00	00	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	7000	14000	14000	11000	14000	4600	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	20	23	20	00	23	23	200
	Aout	Coliformes totaux	40	14000	11000	14000	14000	14000	14000	7000	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	00	200
2005	Juin	Coliformes totaux	40	14000	11000	14000	14000	15000	4600	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	20	23	20	20	00	23	23	200
	Juillet	Coliformes totaux	40	14000	14000	14000	14000	4600	4600	11000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	20	00	00	00	00	00	200
	Aout	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	20	23	00	23	23	200

Pour les coliformes fécaux, les données de la période 2007 enregistrées par **FEKIR** montrent un taux variant entre 5/100 ml et 250/100 ml au mois de Juin enregistré à travers les mêmes stations contre un taux compris entre 4/100 ml et 43/100 ml qu'on a enregistré durant les analyses effectuées. Cette légère amélioration peut être expliquée par l'installation de stations d'épuration, les raccordements de certaines conduites des eaux usées dans les réseaux d'assainissement et la rénovation partielle des réseaux d'assainissement défectueux.

En comparant nos résultats avec une zone similaire à la notre et située à l'Est du pays, à savoir les résultats des analyses microbiologiques des eaux de baignade de la ville d'Annaba obtenus

par **MECHAI** en 2005 montrent la présence d'une contamination fécale d'origine humaine et animale pour certains sites étudiés, les sites de Joinoville, Saint-Claud 2 et Chappuis montrent une eau de mauvaise qualité bactériologique.

4.13- Situation des stations étudiées à l'échelle nationale :

D'après une étude réalisée en 2010 par le ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière suite aux bilans émanant par les directions de la santé à travers les Wilayas côtières, il s'est avéré que 320 stations ont été autorisées à la baignade alors que seules 230 l'ont été en 2008, (tableau 9).

A l'issue de l'étude faite par le ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière en 2010, on peut classer les stations du littoral oranais parmi les dernières stations au niveau national (9^{ème} sur 12 wilayas si on ne prend pas en considération le bilan des deux wilayas de Tipaza et Boumerdes non parvenus au M.S.P.R.H.) avec un taux de 19,4% de stations de mauvaise qualité bactériologique contre, à titre comparatif 1% de stations de mauvaise qualité bactériologique à travers le littoral d'El Taref et 2,5% à travers le littoral de Jijel.

Tableau 9 : Qualité bactériologique des eaux de baignade en Algérie (M.S.P.R.H, 2010)

Wilaya	Bonne qualité bactériologique	Mauvaise qualité bactériologique (Présence de germes pathogènes)
Tlemcen	87,5	12,5
ATémouchent	76,9	23,1
Oran	80,6	19,4
Mostaghanem	95,5	4,5
Chlef	85,7	14,3
Tipaza	-	-
Alger	94,6	5,4
Boumerdes	-	-
Tizi ousou	44,4	55,6
Bejaia	96,7	3,3
Jijel	97,5	2,5
Skikda	88,9	11,1
Annaba	45,5	54,5
Taref	99	01

4.14- Situation des stations étudiées à l'échelle régionale :

A l'échelle régionale, toujours en fonction du bilan du MSPRH de l'année 2010, le littoral oranais se classe à l'avant dernière position au niveau du littoral ouest algérien composé de 05 Wilayas. Il est donc parmi les zones détériorées du point de vue bactériologique (tableau 10).

Tableau 10: Qualité bactériologique des eaux de baignade du littoral Ouest algérien

(M.S.P.R.H., 2010)

Wilaya	Bonne qualité bactériologique	Mauvaise qualité bactériologique (Présence de germes pathogènes)
Tlemcen	87,5	12,5
ATémouchent	76,9	23,1
Oran	80,6	19,4
Mostaghanem	95,5	4,5
Chlef	85,7	14,3

Les eaux de baignades constituent un milieu privilégié pour les activités de loisir pratiquées par un grand nombre de vacanciers, et leur qualité est étroitement liée au contexte environnant avoisinant. Des événements comme les surcharges des réseaux d'assainissement dans les zones touristiques, ont des conséquences néfastes sur la qualité des eaux et sur les lieux de baignade. L'existence de nombreux points de déversement d'émissaires d'eaux usées et les pannes fréquentes des stations de relevage en sont à l'origine. La forte concentration en

germes dans l'eau de mer serait la résultante d'une pollution bactériologique élevée du à l'absence totale de traitement dans certains sites (**KERFOUF et al, 2010**).

En l'absence du raccordement de certaines habitations au réseau d'assainissement, on signale la présence des rejets d'eaux usées directement en mer. Cette situation est à l'origine de contamination des eaux de baignade, engendrant des risques majeurs pour la santé humaine, malgré que la gestion des eaux usées en Algérie est régie par un ensemble de textes, de lois et règlements qui stipulent la nécessité de relier toute habitation ou entreprise rejetant des eaux polluées aux réseaux d'assainissement.

La qualité des eaux littorales de la Méditerranée et en particulier algériennes a pris une importance qui se traduit par une législation réglementant les conditions sanitaires des eaux à caractère récréatif (décret exécutif n°93-164) se rapportant aux directives de l'office international de l'eau.

Actuellement, on assiste à une prise de conscience de la part des pouvoirs publics : les thèmes « environnement, aménagement du territoire et développement durable » sont au cœur des débats. Une des principales mesures prises dans ce cadre est la promulgation de textes de lois, parmi lesquels la loi 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, la loi 03/10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable promulguée le 19 juillet 2003, la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral promulguée en février 2002, et la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes.

L'Algérie dispose d'un support juridique important relatif à la protection du littoral dont on peut citer:

Ordonnance n° 96-05 du 10 janvier 1996, portant approbation de la convention des Nations unies sur le droit de la mer.

Loi 02-02 du 05 février 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral :

Loi 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Loi 03-02 du 17 février 2003 fixant les règles générales d'exploitation des plages.

Loi 03-03 du 17 février 2003 relative aux zones d'expansion touristiques.

Décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993, définissant la qualité requise pour les eaux de baignade.

Décret présidentiel n°02-449 du 23 décembre 2000, portant ratification du protocole, fait à Londres le 11 novembre 1988 relatif à la convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, faite à Londres le 1er novembre 1974.

Décret n°80-14 du 26 janvier 1980, portant adhésion de l'Algérie à la Convention pour la protection de la mer méditerranée contre la pollution, Faite à Barcelone le 16 février 1976.

Décret n°81-02 du 17 janvier 1981, portant ratification du protocole relatif à la prévention de la pollution de la Mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, Fait à Barcelone le 16 février 1976.

Décret n°81-03 du 17 janvier 1981, portant ratification de protocole de coopération en matière de lutte contre la pollution de la Mer Méditerranée par les hydrocarbures et autres substances nuisibles en cas de situation critique, Fait à Barcelone le 16 février 1976.

Décret exécutif n°94-279 du 17 septembre 1994, portant organisation de la lutte contre les pollutions marines et institution des plans d'urgence.

L'Algérie participe à l'effort international de protection de l'environnement et du milieu marin, notamment par la ratification de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer en 1996 (Décret présidentiel 96-53 du 22-01-1996). L'Algérie a également ratifié la convention de Ramsar, la convention de Paris relative à la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel, la convention de Barcelone pour prévenir et combattre la pollution de la mer Méditerranée et protéger et améliorer le milieu marin de cette zone, le protocole de Genève pour assurer la protection des aires marines importantes pour la sauvegarde des ressources naturelles et des sites naturels de la mer Méditerranée ainsi que pour la sauvegarde du patrimoine culturel de la région, la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et le protocole de Kyoto qui prévoit une réduction considérable des gaz à effet de serre.

Le désir de maîtriser la gestion des espaces littoraux en Algérie est récent. La loi 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini l'espace littoral dans les « dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire ». En outre, « toute construction sur une bande de terre de 100 mètres de largeur à partir du rivage est interdite, toutefois sont autorisées sur cette bande les constructions nécessitant la proximité immédiate de l'eau » (Article 45 de la loi 90-29).

La loi 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral a pour objet l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique nationale spécifique d'aménagement et de protection du littoral. L'article premier stipule que « la présente loi a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral ». Le littoral, au sens de l'article 7, fait l'objet de dispositions générales. Il comprend une zone spécifique qui fait l'objet de mesures particulières de protection et de valorisation, dénommée zone côtière (article 8), constituée par le rivage naturel, les îles et les îlots, les eaux intérieures maritimes, le sol et le sous-sol de la mer territoriale. La zone côtière comprend donc une zone terrestre et une zone maritime (la mer territoriale).

4.15- Situation des stations étudiées à l'échelle Maghrébine :

Au Maroc, les sites de surveillance sont choisis en fonction de la fréquentation, de la nature des lieux (relief, forme du rivage...) et des risques de pollution (rejet d'eaux usées, embouchures de rivières, ports). L'évaluation de la qualité des eaux des plages surveillées porte sur la recherche des paramètres microbiologiques, coliformes fécaux (*Escherichia Coli*) et des entérocoques (streptocoques fécaux), conformément à la norme nationale en la matière (NM03.7.200), transposée de la directive européenne (76/160/CEE) et des directives de l'OMS/PNUE, applicables à la surveillance sanitaire des eaux de baignade marines. La présence de ces germes témoigne de la contamination fécale des zones de baignade. Ils sont donc un indicateur du niveau de pollution par des eaux usées et laissent suspecter celles de germes pathogènes.

Plus ils sont en quantité importante, plus le risque sanitaire augmente.

Les quatre catégories (ou classes) pour le classement des eaux de baignade: **bleu, vert, orange et rouge.**

En Tunisie, selon les membres du comité national du Pavillon Bleu, les analyses physicochimiques et bactériologiques sont réalisées par les services d'hygiène, affilié à la

direction d'hygiène du milieu et de la Protection de l'environnement, sous la tutelle du ministère de la Santé publique. Les prélèvements se font une fois par mois, et deux fois pendant la période estivale (Mai-Septembre). Les rapports synthétiques des analyses sont envoyés toutes les deux semaines à la direction précitée à Tunis.

Pendant la première quinzaine de Mai, une classification des plages est réalisée selon leurs caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques confrontées aux normes tunisiennes (NT 09.11 relative aux eaux de baignade – paramètres physicochimiques et microbiologiques) et aux directives de l'OMS. À l'issue de cette classification de la qualité des eaux, des courriers officiels sont envoyés au gouverneur de chaque province l'informant des plages interdites à la baignade.

Le nettoyage et le ratissage des plages publiques sont à la charge des services municipaux et sont effectués surtout pendant la saison estivale (**SALMA CHEKK OURI et AMINE AHL AFI, 2013**)

Il y a une dizaine d'années, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a amorcé une réflexion sur la gestion des eaux récréatives. Cette démarche a abouti en 2003 à la publication d'un document qui décrit l'approche recommandée par l'OMS (WHO, 2003). Cette approche est basée à la fois sur une enquête sanitaire et sur une évaluation bactériologique des eaux.

Quatre classes de qualité bactériologique sont ainsi proposées en fonction du 95^{ème} percentile des résultats en entérocoques et des risques estimés (par exposition) de contracter une gastro-entérite :

- classe A: 40 UFC/100 ml ou moins (risque estimé < 1 %) ;
- classe B: de 41 à 200 UFC/100 ml (risque estimé de 1 à 5 %) ;
- classe C: de 201 à 500 UFC/100 ml (risque estimé de 5 à 10 %) ;
- classe D: plus de 500 UFC/100 ml (risque estimé > 10 %).

Pour être significative, l'évaluation basée sur le 95^{ème} percentile nécessite un grand nombre de résultats. Pour des raisons pratiques, l'OMS recommande d'en avoir au moins cent sur une période de cinq ans (WHO, 2003).

Conclusion

A l'issue de cette étude, il demeure nécessaire de signaler que le problème de la qualité bactériologique des eaux du littoral oranais a été interprété par les analyses qu'on a effectuées à travers les onze (11) stations étudiées. Les stations de Beauséjour, Cap Falcon et Claire Fontaine sont à signaler et ont fait l'objet d'une contamination bactérienne par rapport aux restes des stations où le taux de germes nocifs n'est pas trop inquiétant.

La mauvaise prise en charge en matière d'assainissement a été largement remarquée surtout pour les stations connues par leurs tissus urbains importants, cas des stations sus citées où on a constaté le déversement des eaux usées en milieu marin sans aucun traitement préalable, s'ajoute à cela le comportement de certains riverains qui ne respectent pas les règles élémentaires de l'hygiène du milieu en absence de civisme et de culture environnementale.

Au cours de notre étude, on a constaté que les stations de Beauséjour, Cap Falcon et Claire Fontaine sont les plus affectées par la contamination bactérienne où on a enregistré 14000 coliformes totaux/100 ml au niveau de la station de Beauséjour comme valeur maximale, les stations de Cap Falcon et Claire Fontaine représentent aussi un taux assez élevé de coliformes totaux par rapport à la valeur guide qui est de 500/100 ml, les coliformes fécaux enregistrés au niveau de ces trois stations ne dépassent pas la valeur guide avec une valeur maximale de 43/100 ml signalée au niveau de la station de Beauséjour en Aout 2010.

Les stations de Bouisseville, Trouville, Paradis plage, Bretonne et des Andalouses représentent une eau de qualité bactériologique moyenne par rapport à celles de Beauséjour, Cap Falcon et Claire Fontaine avec un taux de coliformes totaux de 1400/100 ml enregistré au mois d'Avril et Juin 2011 comme valeur maximale au niveau des stations des Andalouses et Trouville, le reste des résultats vari entre 23/100 ml de coliformes totaux enregistré durant le mois de Mai 2010 à travers la station de Bouisseville comme valeur minimale et 1200/100 ml enregistrés en Avril 2010 et Juin 2010 et 2013 à travers les stations des Andalouses et Bouisseville, pour les coliformes fécaux, on a noté un taux de 23/100 ml en mois d'Aout 2010 comme valeur maximale à travers la station de Bretonne avec absence de la contamination fécale a travers les deux stations des Andalouses et Bretonne durant toute la période d'étude.

Les résultats enregistrés à travers la station d'Ain Franine sont très satisfaisants avec un maximum de 25/100 ml de coliformes totaux au mois de Mai 2010, Aout 2010, Aout 2011 et Juillet 2013 et absence de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux.

Il est à noter l'absence des streptocoques fécaux, des salmonelles et des vibrions cholériques à travers les onze stations durant toute la période d'étude.

A titre comparatif et à l'issue des résultats obtenus à travers les deux stations de Beauséjour et Ain Franine, la station de Beauséjour est de mauvaise qualité bactériologique alors que la station de Ain Franine est de bonne qualité bactériologique. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats dont les plus importants sont l'urbanisation et l'état du réseau d'assainissement en plus de la fréquentation de ces trois stations, la station Beauséjour est connue par sa plages très fréquentée et par les rejets des eaux usées à ciel ouvert sans traitement préalable, alors que la station de Ain Franine est caractérisée par son éloignement du tissu urbain et des rejets des eaux contaminées.

Les résultats des analyses bactériologiques en plus du constat des lieux, nous interpellent à tirer la sonnette d'alarme pour attirer l'attention des pouvoirs publics sur les risques liés à la contamination du littoral oranais. Le bilan déclaré en 2010 par les services du ministère de la santé et de la population et de la réforme hospitalière a confirmé le mauvais état sanitaire du littoral oranais et le risque qu'il présente pour la santé publique surtout en matière de maladies à transmission hydrique.

L'Algérie dispose d'un support juridique très riche relatif à la gestion des eaux du littoral, mais cela reste insuffisant si cette gestion n'est pas prise dans son ensemble en tenant compte des considérations intersectorielles, donc la protection de la santé publique dans le cadre de l'amélioration du cadre de vie du citoyen algérien et de l'environnement dans le cadre du développement durable impose la maîtrise et le contrôle rigoureux du littoral car les maladies à transmission hydrique ne sont pas des maladies estivales, mais des maladies sévissant toute l'année pour laquelle nos prélèvements se sont étalés même en dehors de la saison estivale.

Pour prévenir contre la dégradation du littoral oranais en particulier, il demeure nécessaire :

- De faire preuve d'une vigilance constante par un contrôle rigoureux de la qualité des eaux du littoral tout au long de l'année;
- D'équiper les laboratoires d'hygiène et d'assurer la formation des laborantins par des stages de recyclage pour les wilayas côtières;
- Les sites réservés à la baignade doivent être soumis à des autorisations d'ouverture délivrées par les services de santé;

- D'organiser des journées de sensibilisation au profit du citoyen;
- De diffuser des affiches et des dépliants ainsi que les textes réglementaires et des dispositifs avant la période estivale;
- d'alerter l'opinion quant à la nécessité, l'importance et l'urgence à réserver pour la surveillance rigoureuse de la qualité des eaux du littoral algérien;
- d'exposer la nécessité et la priorité pour une prise en charge sérieuse du littoral algérien en général et des zones récréatives en particulier;
- d'expliquer certaines conditions indispensables pour que réussisse l'action en faveur de l'amélioration de la qualité des eaux marines;
- d'attirer l'attention sur le fait qu'il est urgent de ne plus se contenter d'obtenir de bons résultats dans certaines zones, mais qu'il faut instaurer une couverture globale, sinon il sera tout simplement impossible d'agir à l'échelle adéquate;
- D'élaborer un programme d'action inter sectoriel impliquant tous les acteurs (ministères de la santé, de l'environnement, des ressources hydriques, de la pêche, des collectivités locales et associations) visant à la protection du littoral algérien de tout type d'agression.

Ce travail dont l'objectif était de donner une vision globale de la qualité des eaux marines du littoral oranais, doit être poursuivie et complétée par une connaissance de la dynamique des eaux et activités anthropiques de cette zone, des fluctuations saisonnières des paramètres physico-chimiques du milieu, afin d'évaluer la capacité de réaction de la vie des organismes marins et des usagers à de possibles perturbations.

Dans ce contexte, l'apport des systèmes d'informations géographiques (SIG) par exemple, sera considérable pour structurer, gérer et exploiter toutes ces données telles que les caractéristiques du milieu (courants) et les résultats des analyses chimiques et microbiologiques. Ainsi, l'analyse des fluctuations, le suivi, la mise à jour sera facilement opérable pour des prises de décision et le contrôle de la pollution marine.

Enfin, la coordination entre tous les intervenants y compris la société civile peut aboutir à l'amélioration de la qualité de notre littoral et à la préservation de la santé publique et de l'environnement.

Références bibliographiques

AIT TAYEB L, 2001 : Mesure de la pollution bactérienne des eaux littorales oranaises par l'utilisation d'un bioindicateur, la moule, *Thèse de Magister*, université d'Oran, Faculté des sciences, département de biologie, 100 p.

ALLAILI H., 2013. Biodiversité (zoogéographie, systématique, bio-écologie) des échinodermes (Echinides, Astérides et Holothuries) dans les écosystèmes marins littoraux : cas des substrats durs des côtes oranaises. *Mémoire de magister, Univ. Djillali liabès, Sidi Bel Abbès*. 57-68p.

ASHBOLT N.J., W.O.K. GRABOW et M. SNOZZI, 2001: Indicators of microbial water quality. Water quality, Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. L. Fewtrell et J. Bartram (dir. de publ.). *IWA Publishing, Londres, pour l'Organisation mondiale de la santé*. 289-315.

AUBERT M., 1982 : Métaux lourds en Méditerranée, 3^e Tome. *Compagnes océanographiques du C.E.R.B.O.M* : 118 p.

BARWICK, R.S., D.A. LEVY, G.F. CRAUN, M.J. BEACH et Calderon, 2000: Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 1997-1998. *MMWR CDC Surveill. Summ.* 49: 1-21.

BEKADA, 2014, La pêche et ses statistiques : cas des ports de Beni-saf, Bouzedjar, Oran, Arzew et Mostaghanem, *Mémoire de Magister*, université d'Oran, Faculté des sciences de la nature et de la vie, département de biologie, 87 p.

BELLAN G., PERES J.M., 1974. La pollution des mers. Edit. Presses Universitaires de France. 127 p.

BENDAHMANE K., 1995. Situation de l'environnement dans la Wilaya d'Oran, journée d'étude sur l'environnement de la Wilaya d'Oran : 03/05/1995. 4 p.

BENGUEDDA-RAHAL W, 1993 - *Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule Perna-perna (L) et le rouget Mullus sumerlutus (L) dans la partie occidentale du golfe d'Arzew*. Thèse de Magister, Institut des Sciences de la Mer et Aménagement du Littoral, Alger, 108 p.

BERCHE P.GAILLARD JEAN-LOUIS et SIMONET-MICHEL(1991). Bactériologie : Les bactéries des infections humaines. France. Pages :39,77,78,100,138,268,269.

BOUDERBALA M., 1997. Etat de la pollution marine par les métaux lourds et son impact sur les cétacés dans le bassin Algérien. Mémoire de Magister, Université d'Oran. 138 p

BOUKHARI BENAMARA M., 2014. Les macro-invertébrés du littoral Ouest algérien : Etat des lieux et des connaissances. *Mémoire de magister, Univ. Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès.* 54-69p.

BOUTIBA Z., TALEB M.Z., ABI AYAD S.M.A, 2003: Etat de la pollution marine de la côte oranaise, Laboratoire de Biologie et Pollution Marine, Département de Biologie-Faculté des sciences- Université d'Oran. *Edition Dar El Gharb, Oran, Algérie.* 69 p.

BRISOU J F et DENIS F., 1978. Hygiène de l'environnement maritime. Edit. Masson.248p. **BRISOU J F et DENIS F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. Masson. p 206.

CALDERON R.L., E.W. MOOD et A.P. DUFOUR, 1991: Health effects of swimmers and nonpoint sources of contaminated water ». *Int. J. Environ. Health Res.*1: 21-31.

CAULET.J, 1972. Les sédiments organogènes du pré continent Algérien. Mémoire de Muséum national d'histoire naturelle, Paris, série C, 25, 1-289.

CHAROENCA, N. et R. FUJIOKA, 1995: Association of staphylococcal skin infections and swimming. *Water Sci. Technol.* 31: 11-18.

CHORUS, I. et J. BARTRAM, 1999: Toxic cyanobacteria in water: A guide to public health significance, monitoring and management. *E. & F.N. Spon / Chapman & Hall, Londres, R.-U.*

DAJOZ R, 2000- Précis d'écologie. 7ème Ed. Dunod, Paris, 433 p.

DENIS-MIZE G.S. FOUT, D.R. DAHLING et D.S. FRANCY, 2004: Detection of human enteric viruses in stream water with RT-PCR and cell culture ». *J. Water Health,* 2(1): 37- 47.

DJAD M.A (2011) : Caractérisation bactériologique et physico-chimique des zones humides côtières : cas du littoral oranais. Mémoire de Magistère, Université Sidi Bel Abbès, , Algérie. 106 p.

DORNER S.M., W.B. ANDERSON, T. GAULIN, T., H.L. CANDON, R.M. SLAWSON, P. PAYMENT et P.M. HUCK, 2007: Pathogen and indicator variability in a heavily impacted watershed ». *J. Water Health*, 5(2): 241-257.

FEKIR A.F., 2007: Evaluation de qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de baignade de la corniche oranaise. *Mémoire de magister*. Université Djillali Liabes. Sidi Bel Abbas. Faculté des sciences. Département des sciences de l'environnement. 100 p

FLINT K.P., 1987. The long-term survival of *Escheri chia coli* in river water. *Journal of applied bacteriology* Vol 63, 261 - 270.

GAUTHIER M., PIETRI C., 1989. Devenir des bactéries et virus entériques en mer. *Microorganismes dans les écosystèmes océaniques*. Edit. Masson.447 p.

GERBA C.P., 2000: Assessment of enteric pathogen shedding by bathers during recreational activity and its impact on water quality. *Quant. Microbiol.*, 2: 55-68.

GRAVEZ V., BOUDOURESQUE C.F., RUITTON S., 2005. Proposition d.'une stratégie de contrôle des espèces envahissantes marines dans les eaux du Parc national de Port-Cros, illustrée par le cas de deux espèces de *Caulerpa*. GIS Posidonie et Parc national de Port-Cros publ., Fr: 1-68.

HASLAY C. et LECLAIRE H, 1993: Microbiologie des eaux d'alimentation. *Ed Lavoisier Tec et Doc*. 221- 466.

HOUMA F., BELKESSA R., KHOUIDER A., BACHARI N. et DERRICHE Z. (2004) - Étude corrélative des paramètres physico-chimiques et des données satellites IRS1C pour caractériser la pollution aquatique. Application à la baie d'Oran, Algérie. *Revue des Sciences de l'eau*, vol. 17, n° 4, p. 429-446.

IFFIN D.W., C.J. GIBSON, E.K. LIPP, K. RILEY, J.H. III Paul et J.B. ROSE, 1999: Detection of viral pathogens by reverse transcriptase PCR and of microbial indicators by

standard methods in the canals of the Florida Keys. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65: 4118-4125.

JIANG S.C., R. NOBLE et W. CHU, 2001: Human adenoviruses and coliphages in urban runoff-impacted coastal waters of southern California. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(1): 179-184.

JIANG S.C. et W. CHU, 2004: PCR detection of pathogenic viruses in southern California urban rivers. *J. Appl. Microbiol.* 97: 17-28.

JOHNSON, D.C., C.E. ENRIQUEZ, I.L. PEPPER, T.L. DAVIS, C.P. GERBA et J.B. ROSE, 1997 : Survival of Giardia, Cryptosporidium, poliovirus, and Salmonella in marine waters. *Water Sci. Technol.* 35: 261-268.

KACEMI MALIKA, « Protection du littoral en Algérie entre politiques et pouvoirs locaux : Le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran- Algérie) », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 7 Numéro 3 | décembre 2006, mis en ligne le 02 décembre 2006, Consulté le 02 mars 2012. URL : <http://vertigo.revues.org/8815> ; DOI : 10.4000/vertigo.8815

KERFOUF et BENYAHIA, 2001 : Contribution à l'étude de l'effet de la pollution côtière sur quelques espèces des peuplements benthiques indicatrices dans le golfe d'Oran (Algérie occidentale littorale). *Revue « Ecosystèmes », Numéro 1, Volume 1.*

KERFOUF A., 1997 - Etude des peuplements macrobenthiques de la baie d'Oran. Thèse de Magistère, ISMAL (Alger), 174p. + Annexes (41p).

KERFOUF, AMAR, BOUTIBA ZITOUNI, 2007: Distribution of Macrobenthos in the Coastal Waters in the Gulf of Oran (Western Algeria). *PJBS: Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (6): 899-904.

KERFOUF, AMAR et BOUTIBA, 2010: La qualité bactériologique des eaux de baignade du golfe d'Oran (Algérie littorale occidentale). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 4, N°1. 22-31 / <http://www.remise.ma/volume4numero1.html>.

LECLAIRE L., 1972 : La sédimentation sur le versant méridional du bassin (Algéro-Baléares, pré continent algérien), mémoire de muséum NAT, HSN, NAT série : C tome XXIV paris. 272-391.

LEE, S.H., D.A. LEVY, G.F. CRAUN, M.J. BEACH et R.L. CALDERON, 2002: Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 1999-2000. *MMWR CDC Surveill. Summ.*51:1-47.

LIEUTAUD, 2003. Une mer entre trois continents. La méditerranée. ELLIPES-éd. Marketing S.A.272p.

MATE, 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la biodiversité biologique en Algérie. FEM/PNUD. Projet ALG/G 31/ 97.

MAURIN C., 1974. La conchyliculture française : le milieu naturel et ses variations (première partie). Institut scientifique et technique des pêches maritimes. Nantes. 112 – 117.

MECHAI M., 2005. Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba. Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. Mémoire de Magister. Université d'Annaba. pp.

MEZIANE K., 2011. Biodiversité et distribution spatiale des mollusques des zones humides côtières de l'Ouest algérien (cas des substrats durs). *Mémoire de magister, Univ. Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès.* 54-69p.

MILLOT, C., 1985: Some features of the Algerian current. *J. geophy. Res.*, 90 (C₄): 7169-7176.

MILLOT C., 1987: The Algerian eddies earth, *sci REV* 27. 17 p.

MILLOT, C., 1989 : La circulation générale en Méditerranée occidentale. *Annales de géographie* n° 549 : 497-515.

MOORE, A.C., B.L. HERWALDT, G.F. CRAUN, R.L. CALDERON, A.K. HIGHSMITH et D.D. JURANEK, 1993: Surveillance for waterborne disease outbreaks - United States, 1991-1992. *MMWR CDC Surveill. Summ.* 42: 1-22.

NOBLE, R.T. et J.A. FUHRMAN, 2001: Enteroviruses detected by reverse transcriptase polymerase chain reaction from the coastal waters of Santa Monica Bay, California: low correlation to bacterial indicator levels. *Hydrobiologia*, 460: 175-184.

PERCIVAL, S.L., R.L. CHALMERS, M. EMBREY, P.R. HUNTER, J. SELLWOOD et P. WYN-JONES, P., 2004: Microbiology of waterborne diseases. *Elsevier Academic Press*, San Diego, CA. 538 p.

PERES, J.M., 1978: Pollution des eaux marines, ed: Gauthiers. 246 p

PERSSON p (1976): La pollution des eaux continentales, Incidence sur les biocénoses aquatiques. Edition Delamare, 285 p.

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

POMMEPUY. M; Le GUYADER. F; MIOSSEC. L.; GOURMELON M; DERRIEN A; DUPRAY. E.; 2001 : Le devenir des micro-organismes en zone côtière (Behaviour of micro-organisms in coastal areas) *TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural* (TSM. Tech. sci. méthodes génie urbain génie rural) ISSN 0299-7258, n°11, 31-38.

POND, K., 2005: Water recreation and disease - Plausibility of associated infections: acute effects, sequelae and mortality. *IWA Publishing*. Londres. 480 p

RAMADE F, 1982 : Elément écologie, appliquée. Mc Graw-Hill ed: 452 p.

REMILI S. et KERFOUF A. (2006) - Impact de la pollution fécale des espaces récréatifs du littoral oranais (Algérie nord occidentale). *Actes de la 1^{ère} Édition des Journées Francophones de Microbiologie des Milieux Hydriques*(Agadir, Maroc), p. 134-141.

REMILI S et KERFOUF A, 2010 : Déversement d'hydrocarbures au méditerranée « Moyens de lutte et prévention », *acte du 5^{ème} colloque*, Hammamat, Tunisie

REMILI S., KERFOUF. (2013) - Evaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral ouest algérien). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, volume VII, (ISSN : 1958-573X) :165 -182. <http://physio-geo.revues.org>.

RODIER. J., 2010 : L'analyse de l'eau de mer 9^{ème} éd. *DUNOD*. 660-700 p.

SCHVOERER, 2001: Qualitative and quantitative molecular detection of enteroviruses in water from bathing areas and from a sewage treatment plant. *Res. Microbiol.*, 152(2): 179-186.

SIVONEN, K. et J. Jones, 1999 : Cyanobacterial toxins. Dans : Toxic cyanobacteria in water: a guide to public health significance, monitoring and management. I. Chorus et J. Bartram (dir. de publ.). E. and F.N. Spon / Chapman & Hall, Londres, R.-U. 41-111.

SLIMANE MOUSSA S., KERFOUF A., BOUDERBALA M. et BOUTIBA Z. (2007) - Diagnostic qualitatif des rejets d'eaux usées du littoral oranais (Algérie nord occidentale). *Congrès maghrébin des sciences de la mer* (El Jadida, Maroc), p. 282-283.

SOGREAH, 1998: Etude de l'assainissement du groupement urbain d'Oran.

VAISSIERE R., FREDJ G. (1963). Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, Vol. 60. 1272, 83 p.

WADE T.J, PAI N., EISENBERG et COLFORD J., 2003: Do U.S. Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. *Environ. Health Perspect.*, 111(8): 1102-1109.

WETZ J., LIPP E.K et GRIFFIN D.W, 2004: Presence, infectivity, and stability of enteric viruses in seawater: relationship to marine water quality in the Florida Keys. *Mar. Pollut. Bull.* 48: 698-704.

Bibliographie (annexe)

A.N.D.I : Agence Nationale de développement de l'Investissement (ANDI) -2015.

D.P.A.T : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, Oran, bilan 2014.

Ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière, 2010: Bilan annuel relatif à la qualité bactériologique des eaux de baignade de l'année 2010.

Norme internationale: ISO 7899-2: Dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, méthode par filtration sur membrane.

Norme internationale: ISO 9308-1: Dénombrement des coliformes totaux dans les eaux, méthode par filtration sur membrane.

Norme internationale: ISO 9308-1: Dénombrement des coliformes fécaux dans les eaux, méthode par filtration sur membrane.

OMS, 2003a: Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 1. Coastal and fresh waters. Organisation mondiale de la santé, Genève.

OMS, 2003b: Human leptospirosis: guidance for diagnosis, surveillance and control. Organisation mondiale de la santé, Genève.

OMS, 2006: Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 2. Swimming pools and similar environments. Organisation mondiale de la santé, Genève.

OMS, 2004 : Directives pour la sécurité des eaux de baignade. Volume : Eaux côtières et eaux douces. Genève.

ONM (2009) - *Données climatologiques de l'Office National de Météorologie (Station d'Oran)*. Rapport inédit.

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

Protection civile : Bilan de l'année 2014, Oran.

S.E.M.E.P : Service d'épidémiologie et de médecine préventive, rapport 2005.

U.S. EPA, 2002: Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria (May 2002 draft). Office of Water, Environmental Protection Agencydes États-Unis, Washington,DC(EPA-823-B-02-003; <http://www.epa.gov/ost/standards/bacteria/bacteria.pdf>).

SEOR, 2012 : Rapport de l'année 2012.

ANNEXES

Milieux de culture utilisés :

[M1] : Gélose tryptone-glucose –extrait de levure (T.G.E.A) :

- Tryptone 6g
- Extrait de levure 3g
- Agar 15g
- Eau distillée 1000ml

pH: $7\pm 0,2$ autoclavage 20 min à 120°C

[M2] : Bouillon lactosé au bromocrésol pourpre simple concentration (B.C.P.L S/C) :

- Peptone 5g
- Extrait de levure 2g
- Lactose 5g
- Pourpre de bromocrésol 0,025g
- Eau distillée 1000ml

pH: $6,9\pm 0,2$ autoclavage 20 min à 115°C

[M3] : Bouillon lactosé au bromocrésol pourpre double concentration (B.C.P.L D/C) :

- Peptone 10g
- Extrait de viande 4g
- Lactose 10g
- Pourpre de bromocrésol 0,05g
- Eau distillée 1000ml

pH: $6,9\pm 0,2$ autoclavage 20 min à 115°C

[M4] : Milieu de Schubert (milieu indole-mannitol) :

- Tryptophane 0,2g
- Acide glutamique 0,2g
- Sulfate de magnésium 0,7g
- Citrate de sodium 0,5g
- Sulfate d'ammonium 0,4g
- Chlorure de sodium 2g
- Peptone 10g
- Mannitol 7,5g

- Phosphate disodique 4g
 - Phosphate monopotassique 0,6g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,6 autoclavage 10 min à 115°C

[M5] : Milieu de Rothe S/C :

- Peptone 20g
 - Glucose 5g
 - Chlorure de sodium 5g
 - Monohydrogénophosphate de potassium(K₂HPO₄) 2,7g
 - Dihydrogénophosphate de potassium(KH₂ PO₄) 2,7g
 - Azide de sodium(NaN₃) 0,2g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 6,8±2 autoclavage 20 min à 120°C

[M6] : Milieu de Rothe D/C :

- Peptone 40g
 - Glucose 10g
 - Chlorure de sodium 10g
 - Monohydrogénophosphate de potassium(K₂HPO₄) 5,4g
 - Dihydrogénophosphate de potassium(KH₂ PO₄) 5,4g
 - Azide de sodium(NaN₃) 0,4g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 6,8±2 autoclavage 20 min à 120°C

[M7] : Milieu de Litsky /bouillon à l'éthyle violet et l'azide de sodium (E.V.A) :

- Peptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Monohydrogénophosphate de potassium(K₂HPO₄) 2,7g
- Dihydrogénophosphate de potassium(KH₂ PO₄) 2,7g
- Azide de sodium(NaN₃) 0,3g
- Solution d'éthyl violet 5ml

- Eau distillée 1000ml

pH: 6,8 autoclavage 20 min à 120°C

[M8] : Gélose viande-foie (V.F) :

****gélose de base :***

- Base viande-foie 30g

- Glucose 2g

- Amidon 2g

- Agar 11g

- Eau distillée 1000ml

pH: 7,6 autoclavage 10 min à 120°C

****gélose complète :***

même formule que le milieu de base auquel sont ajoutés :

- Sulfite de sodium à 5% 50ml

- Alun de fer ammoniacal à 5% 10ml

pH: 7,2±0,2

[M9] : Gélose lactosée au bromocrésol pourpre (B.C.P) :

- Peptone de viande 5g

- Extrait de viande 3g

- Lactose 10g

- Pourpre de bromocrésol 0,025g

- Agar 15g

- Eau distillée 1000ml

pH: 7±0,1 autoclavage 15 min à 120°C

[M10] : Milieu de Hajna-Kligler (K.I.A) /milieu lactose-glucose-H₂S :

- Extrait ce viande de boeuf 3g

- Extrait de levure 3g

- Peptone pancréatique de caséine 20g

- Chlorure de sodium 5g

- Lactose 10g

- Glucose 1g

- Sulfate ferreux ammoniacal 0,5g

- Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,5g
 - Rouge de phénol 0,025g
 - Agar 12g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,4 autoclavage 20 min à 115°C

[M11] : Milieu trois sucres –fer : triple sugar iron –agar (T.S.I) :

- Extrait de boeuf 3g
 - Extrait de levure 3g
 - Peptone 15g
 - Protéose peptone 5g
 - Lactose 10g
 - Saccharose 10g
 - Glucose 1g
 - Chlorure de sodium 5g
 - Sulfate de fer II (FeSO_4) 0,2g
 - Thiosulfate de sodium 0,3g
 - Rouge de phénol 0,024g
 - Agar 12g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,4±0,2 autoclavage 15 min à 120°C

[M12] : Milieu au citrate de Simmons :

- Citrate de sodium 1g
 - Chlorure de sodium 5g
 - Sulfate de magnésium 0,2g
 - Monohydrogénophosphate de potassium 1g
 - Dihydrogénophosphate d'ammonium 1g
 - Bleu de bromothymol 0,08g
 - Agar 13g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 6,8±0,2 autoclavage 20 min à 120°C

[M13] : Milieu mannitol-mobilité :

- Peptone tryptique de viande 20g
- Mannitol 2g
- Rouge de phénol à 1% 4g
- Agar 4g
- Eau distillée 1000ml

pH: $7,6 \pm 0,2$ autoclavage 30 min à 110°C

[M14] : Eau peptonée exempte d'indole :

- Peptone bactériologique 10g
- Chlorure de sodium 5g
- Eau distillée 1000ml

pH: $7,2 \pm 0,2$ autoclavage 15 min à 121°C

[M15] : Milieu de Clark et Lubs :

- Peptone 5g
- Phosphate dipotassique (K_2HPO_4) 5g
- Glucose 5g
- Eau distillée 1000ml

pH: $7,5 \pm 0,2$ autoclavage 30 min à 110°C

[M16] : Milieu de Ferguson /milieu urée-indole :

- L-tryptophane 3g
- Monohydrogénophosphate de potassium 1g
- Dihydrogénophosphate de potassium 1g
- Urée 20g
- Chlorure de sodium 5g
- Alcool à 95% 10ml
- Rouge de phénol à 1% 0,025g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7 stérilisation par filtration

[M17] : Milieu Möller pour la recherche de la lysine décarboxylase (L.D.C) :

- Peptone pepsique de viande 5g
- Extrait de viande 5g

- Bromocrésol pourpre 0,01g
 - Rouge de crésol 0,005g
 - Glucose 0,5g
 - Pyridoxal 0,005g
 - L-lysine 10g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,3 autoclavage 15 min à 121°C

[M18] : Milieu Möller pour la recherche de l'ornithine décarboxylase (O.D.C) :

- Peptone pepsique de viande 5g
 - Extrait de viande 5g
 - Bromocrésol pourpre 0,01g
 - Rouge de crésol 0,005g
 - Glucose 0,5g
 - Pyridoxal 0,005g
 - L-ornithine 10g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,3 autoclavage 15 min à 121°C

[M19] : Bouillon nitraté :

- Extrait de viande 3g
 - Peptone 5g
 - Nitrate de potassium (KNO_3) 1g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,2±0,2 autoclavage 15 min à 121°C

[M20] : Bouillon au sélénite /bouillon de Leifson (S.F.B) :

- Peptone 5g
 - Lactose 4g
 - Phosphate disodique 10g
 - Sélénite acide de sodium 4g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,2±0,2 chauffage au maximum à 60°C pendant 10 min

[M21] : Gélose d'Hektoen :

- Protéose peptone 12g
 - Extrait de levure 3g
 - Chlorure de sodium 5g
 - Thiosulfate de sodium 5g
 - Sels biliaires 9g
 - Citrate de fer ammoniacal 1,5g
 - Salicine 2g
 - Lactose 12g
 - Saccharose 12g
 - Fuschine acide 0,1g
 - Bleu de bromothymol 0,065g
 - Agar 14g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7,5 bouillir pendant 1min

[M22] : Gélose *Salmonella-Shigella* (S-S) :

- Extrait de viande de boeuf 5g
 - Bio-polytone 5g
 - Sels biliaires 8,5g
 - Lactose 10g
 - Citrate de sodium 8,5g
 - Thiosulfate de sodium 8,5g
 - Citrate ferrique 1g
 - Vert brillant 0,00033g
 - Rouge neutre 0,025g
 - Agar 13,5g
 - Eau distillée 1000ml
- pH: 7 stérilisation 30 min à 100°C

[M23] : Eau peptonée alcaline (E.P.A) :

- Peptone 30g
- Chlorure de sodium 30g
- Eau distillée 1000ml

pH: 8,6 autoclavage 20 min à 121°C

[M24] : Gélose nutritive (G.N) :

- Peptone pepsique de viande 5g
- Extrait de viande 1g
- Extrait de levure 2g
- Chlorure de sodium 5g
- Agar 15g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,4±0,2 autoclavage 15 min à 121°C

[M25] : Gélose hyperalcaline :

La composition est la même que celle de la gélose nutritive ordinaire, seulement dans ce cas, elle

est ajustée à pH: 9.

[M26] : Bouillon de Giolitti Cantoni :

- Tryptone 10g
- Extrait de viande 5g
- Extrait de levure 5g
- Chlorure de lithium 5g
- Mannitol 20g
- Tween 80 1g
- Chlorure de sodium 5g
- Glycine ou glyocolle 1,2g
- Pyruvate de sodium 3g
- Eau distillée 1000ml

pH: 6,8±0,2 autoclavage 20 min à 115°C

[M27] : Milieu de Chapman :

- Peptone 10g
- Extrait de viande 1g
- Chlorure de sodium 75g

- Mannitol 10g
- Rouge de phénol 0,025g
- Agar 15g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,6 autoclavage 20 min à 121°C

[M28] : Bouillon cœur-cerveau (B.H.I.B) :

- Peptone pepsique de viande 10g
- Extrait de cervelle 12,5g
- Extrait de coeur 5g
- Glucose 2g
- Chlorure de sodium 5g
- Hydrogénophosphate disodique (Na₂HPO₄) 2,5g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,4±0,2 autoclavage 15 min à 121°C

[M29] : Milieu de Mueller-Hinton (M.H) :

- Infusion de viande de boeuf 300g
- Hydrolysate acide de caséine 17,5g
- Amidon de maïs 1,5g
- Agar 17g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,3±0,1 autoclavage 15 min à 121°C

[M30] : Milieu Möller pour la recherche de l'arginine dihydrolase (A.D.H) :

- Peptone pepsique de viande 5g
- Extrait de viande 5g
- Bromocrésol pourpre 0,01g
- Rouge de crésol 0,005g
- Glucose 0,5g
- Pyridoxal 0,005g
- L-arginine 10g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,3 autoclavage 15 min à 121°C

[M31] : Gélose au cétrimide :

- Peptone 20g
- Chlorure de sodium 3g
- Sulfate de potassium 10g
- Monohydrogénophosphate de potassium 0,3g
- Cétrimide (bromure de tétradonium) 0,2g
- Acide nalidixique 0,015g
- Agar 12g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,1 autoclavage 20 min à 121°C

[M32] : Milieu de King A :

- Peptone tryptique de gélatine (peptone A) 20g
- Glycérol 10g
- Sulfate de potassium anhydre 10g
- Chlorure de magnésium anhydre 1,4g
- Agar 15g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,2 autoclavage 20 min à 121°C

[M33] : Milieu de King B :

- Polypeptone (peptone B) 20g
- Glycérol 10g
- Phosphate bipotassique anhydre 1,5g
- Sulfate de magnésium 1,5g
- Agar 15g
- Eau distillée 1000ml

pH: 7,2 autoclavage 20 min à 121°C

[M34] : Gélose Sabouraud plus chloramphénicol :

- Peptone pepsique de viande 10g
- Glucose 20g
- Chloramphénicol 0,5g

-Agar 15g

- Eau distillée 1000ml

pH: 6-6,3 autoclavage 20 min à 121°C

Réactifs utilisés :

Réactif de la recherche de l'oxydase :

Disques imprégnés d'une solution à 1% de chlorhydrate de tétraméthylparaphénylènediamine.

Réactif de Kovacs :

- P-diméthyl aminobenzaldéhyde 7 g

- Alcool amylique 75 ml

- Acide chlorhydrique concentré 20 ml

Réactif du rouge de méthyle :

- Rouge de méthyle 0,5 g

- Alcool à 80° 100 ml

Réactifs de Voges-Proskauer (VP) :

VP I :

- Hydroxyde de potassium 40 g

- Eau 100 ml

VP II :

- α naphthol 6 g

- Ethanol 100 ml

Réactif de la recherche de la tryptophane désaminase (TDA) :

- Perchlorure de fer 3,4 g

- Eau distillée stérile 100 ml

Réactifs pour la recherche de la nitrate réductase (NR) :

Réactif 01 :

- Acide sulfamilique 0,8 g
- Acide acétique 5N 100 ml

Réactif 02 :

- Naphtylamine 0,5 g
- Acide acétique 5N 100 ml

Solution de l'eau oxygénée à 10% :

- Eau oxygénée à 110 V 0,5 ml
- Eau distillée 14,5 ml

Disques antibiotiques :

- SANOFI DIAGNOSTICS PASTEUR.
- bio Mérieux sa.
- BIO-RAD.

Cadre juridique relative à la protection du littoral :

Actuellement, on assiste à une prise de conscience de la part des pouvoirs publics : les thèmes « environnement, aménagement du territoire et développement durable » sont au cœur des débats. Une des principales mesures prises dans ce cadre est la promulgation de textes de lois, parmi lesquels la loi 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, la loi relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable promulguée le 19 juillet 2003, la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral promulguée en février 2002, et la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes.

L'Algérie participe à l'effort international de protection de l'environnement et du milieu marin, notamment par la ratification de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer en 1996 (Décret présidentiel 96-53 du 22-01-1996). L'Algérie a également ratifié la convention de Ramsar, la convention de Paris relative à la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel, la convention de Barcelone pour prévenir et combattre la pollution de la mer Méditerranée et protéger et améliorer le milieu marin de cette zone, le protocole de Genève pour assurer la protection des aires marines importantes pour la sauvegarde des ressources naturelles et des sites naturels de la mer Méditerranée ainsi que pour la sauvegarde du patrimoine culturel de la région, la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et le protocole de Kyoto qui prévoit une réduction considérable des gaz à effet de serre.

Le désir de maîtriser la gestion des espaces littoraux en Algérie est récent. La loi 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini l'espace littoral dans les « dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire ». En outre, « toute construction sur une bande de terre de 100 mètres de largeur à partir du rivage est interdite, toutefois sont autorisées sur cette bande les constructions nécessitant la proximité immédiate de l'eau » (Article 45 de la loi 90-29).

La loi 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral a pour objet l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique nationale spécifique d'aménagement et de protection du littoral. L'article premier stipule que « la présente loi a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral ». Le littoral, au sens de l'article 7, fait l'objet de dispositions générales. Il comprend une zone spécifique qui fait l'objet de mesures particulières de protection et de valorisation, dénommée zone côtière (article 8), constituée par le rivage naturel, les îles et les îlots, les

eaux intérieures maritimes, le sol et le sous-sol de la mer territoriale. La zone côtière comprend donc une zone terrestre et une zone maritime (la mer territoriale).

Principaux textes réglementaires relatifs à la protection du littoral:

- Ordonnance 76-80 du 23 octobre 1976, modifiée et complétée, portant code maritime ;
- loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral ;
- loi n° 03-02 du 16 Dhou El Hidja 1423 correspondant au 17 février 2003 fixant les règles générales d'utilisation et d'exploitation touristiques des plages, notamment son article 17 ;
- Loi 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424, correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;
- Loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;
- Décret n° 85-13 du 26 janvier 1985 fixant les conditions d'utilisation des plages ;
- Décret exécutif 01-08 du 12 Chaoual 1421 correspondant au 7 janvier 2001 fixant les attributions du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement ;
- Décret exécutif 04-113 du 23 Safar 1425 correspondant au 13 avril 2004 portant organisation, fonctionnement et missions du commissariat national du littoral ;
- Arrêté interministériel du 8 Moharram 1417 correspondant au 26 mai 1996 portant création, organisation et fonctionnement du comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique.

Directives de l'Organisation mondiale de la santé

Il y a une dizaine d'années, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a amorcé une réflexion sur la gestion des eaux récréatives. Cette démarche a abouti en 2003 à la publication d'un document qui décrit l'approche recommandée par l'OMS (WHO, 2003). Cette approche est basée à la fois sur une enquête sanitaire et sur une évaluation bactériologique des eaux.

Quatre classes de qualité bactériologique sont ainsi proposées en fonction du 95^e percentile des résultats en entérocoques et des risques estimés (par exposition) de contracter une gastro-entérite :

- classe A: 40 UFC/100 ml ou moins (risque estimé < 1 %) ;
- classe B: de 41 à 200 UFC/100 ml (risque estimé de 1 à 5 %) ;

- classe C: de 201 à 500 UFC/100 ml (risque estimé de 5 à 10 %) ;
- classe D: plus de 500 UFC/100 ml (risque estimé > 10 %).

Pour être significative, l'évaluation basée sur le 95e percentile nécessite un grand nombre de résultats. Pour des raisons pratiques, l'OMS recommande d'en avoir au moins cent sur une période de cinq ans (WHO, 2003).