

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

UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA NATURE ET DE VIE



MEMOIRE DE MAGISTER

SPECIALITE : SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : BIODIVERSITE ET CONSERVATION DES ZONES HUMIDES

THEME :

**Approche statistique de la modélisation de la pollution côtière :
Cas du littoral Ouest Algérien**

Présenté par : BOUMELIK Abdelkader

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

MOUEDDENE Kada	Professeur, UDL SBA	Président
TOUMI Fouzia	Maitre de conférences A, UDL SBA	Examineur
BENYAHIA Mohamed	Professeur, UDL SBA	Encadreur

Année universitaire
2013-2014

Table des matières

Remercîments.....	5
Dédicace	6
List des tableaux	7
Table des figures.....	8
INTRODUCTION	9
1 NOTION DE MICROBIOLOGIE.....	11
1.1 Microorganismes pathogènes :	11
1.2 Indicateurs microbiens :	11
1.2.1 Coliformes totaux :	11
1.2.2 Coliformes fécaux :	12
1.2.3 Streptocoques fécaux :	12
1.2.4 Salmonelles :	12
1.2.5 Staphylocoques :	13
1.2.6 Clostridium sulfito-réducteurs :	13
1.2.7 Vibrions cholériques :	13
1.3 Flore bactérienne marine :	14
1.4 Autres bactéries pathogènes :	14
1.4.1 Leptospira:	14
1.4.2 Staphylococcus aureus:	15
1.5 Agents pathogènes viraux :	15
1.5.1 Présence dans l'environnement :	16
1.5.2 Relations avec les indicateurs :	16
1.6 Comportement des bactéries entériques en mer :	17
1.6.1 Microbes libres :	17
1.6.2 Formes de résistance :	17
1.7 Autoépuration des eaux de mer :	17
1.8 Facteurs influant sur la teneur microbienne globale :	18
1.8.1 Facteurs physico-chimiques :	18
1.8.2 Facteurs biologiques :	19
1.9 Devenir et évolution d'une pollution bactérienne en milieu marin :	20
2 NOTION DES ESPACES RECREATIFS :	21
2.1 Indicateurs de contamination fécale - activités récréatives de contact primaire :	21
2.2 Indicateurs de contamination fécale-activités récréatives de contact secondaire :	21
2.3 Microorganismes pathogènes dans les eaux récréatives:.....	21
2.4 Cyanobactéries et toxines :	22

2.5	Autres dangers biologiques :	22
2.6	Caractéristiques physico-chimiques et esthétiques :	22
2.7	Organismes indicateurs pour une contamination fécale des eaux récréatives :	23
2.7.1	Eaux douces : <i>Escherichia coli</i>	23
2.7.2	Eaux marines : entérocoques	23
2.7.3	Présence dans le milieu aquatique :	23
2.8	Cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux récréatives :	24
3	NOTION DE POLLUTION ET DE RISQUE	25
3.1	Définition de la pollution :	25
3.2	Classification des polluants :	25
3.2.1	Polluants conservatifs :	25
3.2.2	Polluants chimiques non conservatifs:	27
3.2.3	Pollution thermique:	28
3.2.4	Polluants microbiens:	29
3.2.5	Pollution par les eaux usées:	29
3.3	Devenir des polluants dans le milieu marin:	30
3.4	Impact sanitaire de la pollution microbienne:	30
3.4.1	Risques liés à la baignade :	31
4	NOTION SUR L'HYDROLOGIE MARINE	32
4.1	Paramètres physico-chimiques de l'eau :	32
4.2	Facteurs écologiques :	32
4.2.1	Température :	32
4.2.2	Salinité :	32
4.2.3	Oxygène dissous :	33
4.2.4	Le pH :	33
4.3	Paramètres chimiques :	33
4.3.1	Composés azotés :	34
4.3.2	Nitrites:	34
4.3.3	Nitrates:	35
4.3.4	Ortho phosphates:	35
5	NOTION DE ZONES HUMIDES	36
5.1	Convention de Ramsar	36
5.2	Définition des zones humides :	36
5.3	Classification des zones humides :	36
5.4	Fonctions des zones humides :	36
5.5	Zones humides en Algérie :	37

6	Présentation de la zone d'étude	39
6.1	Localisation géographique de la zone d'étude :.....	39
6.2	Localisation géographique de la zone de prélèvement :.....	39
2	STIDIA	40
6.3	Géomorphologie et sédimentologie :.....	40
6.4	Les courants :.....	41
6.5	Masses d'eaux de surface :.....	43
6.5.1	Eaux Intermédiaires Levantines:	43
6.5.2	Eaux profondes :.....	44
6.5.3	Le bassin de concentration :.....	44
6.5.4	Le bassin de dilution :.....	44
6.5.5	Les houles :	44
6.6	Le Climat :	45
6.7	Les facteurs physico-chimiques du milieu :.....	48
6.7.1	La température :.....	48
6.7.2	La salinité :.....	48
6.7.3	Le carbone en Méditerranée :.....	49
6.8	Données socio-économiques	50
6.8.1	Démographie :.....	50
6.8.2	Activités anthropiques:.....	50
7	MATERIEL ET METHODES	53
7.1	Etude bactériologique	53
7.1.1	Objectif de l'étude bactériologique:.....	53
7.1.2	Choix des stations de prélèvement :	53
7.1.3	Matériel de prélèvement :.....	54
7.1.4	Période des prélèvements :.....	54
7.1.5	Modalités de prélèvement :	54
7.1.6	Fiche de renseignements :.....	55
7.1.7	Lieu des analyses :	55
7.1.8	Technique de la filtration sur membrane :.....	56
7.2	Etude physico-chimique	64
7.2.1	Mode de prélèvement :.....	64
7.2.2	Dosage des nitrites :	65
7.2.3	Dosage des nitrates :	65
7.2.4	Dosage des phosphates :.....	65
7.2.5	Dureté totale :	65

8	RESULTATS ET DISCUSSION	66
8.1	Analyses bactériologiques des stations étudiées:	66
8.1.1	Station de Madagh :	66
8.1.2	Station de Bousfer :	67
8.1.3	Station d’Ain Türk:	68
8.1.4	Station d’Ain Franine:	69
8.1.5	Situation des stations étudiées à l’échelle nationale :	75
8.2	Etude physico-chimique :	77
8.2.1	Station de Madagh :	77
8.2.2	Station de Bousfer :	79
8.2.3	Station d’Ain Türk:	81
8.2.4	Station d’Ain Franine:	83
	CONCLUSION	87
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	89

List des tableaux

Tableau 3-1 exercée sur trois animaux aquatiques par divers insecticides employés en Floride (USA) contre des larves de moustiques (DAJOZ, 1977).....	26
Tableau 3-2 Concentration de quelques micro-organismes dans les eaux usées urbaines brutes (HASLAY et LECLAIRE, 1993).....	29
Tableau 6-1: Données climatologiques de la zone d'étude (O.N.M, 2014).....	45
Tableau 6-2: Evaluation des déchets du littoral oranais (SOGREAH, 1998).....	52
Tableau 7-1: Fiche de prélèvement établie (M.S.P.R.H, 2013).....	55
Tableau 8-1: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station de Madagh	66
Tableau 8-2: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station de Bousfer	67
Tableau 8-3 : Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station d'Ain Türk	69
Tableau 8-4: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station d'Ain Franine	70
Tableau 8-5: Données bactériologiques des stations du littoral oranais	72
Tableau 8-6: Données bactériologiques des stations du littoral oranais (FEKIR, 2007)	74
Tableau 8-7: Qualité bactériologique des eaux de baignade en Algérie (M.S.P.R.H, 2010)	75
Tableau 8-8: Qualité bactériologique des eaux de baignade du littoral ouest algérien (MSPRH, 2010)	76
Tableau 8-9: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station de Madagh durant 2010-2011	77
Tableau 8-10 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station de Bousfer durant 2013-2014	79
Tableau 8-11: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station d'Ain Türk durant 2013-2014	81
Tableau 8-12: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station d'Ain Franine durant 2013-2014..	83

Table des figures

Figure 6-1: Localisation géographique de la zone d'étude (KERFOUF et al., 2010)	40
Figure 6-2: Port d'Oran (KERFOUF, 2006).....	40
Figure 6-3: Situation géographique du bassin méditerranéen occidental (KERFOUF, 2006).....	41
Figure 6-4: Circulation des eaux de l'Atlantique (MILLOT, 1987; modifié IN SLIMANE MOUSSA, 2007) A : Eau atlantique modifiée, B : Eau levantine intermédiaire, C : Eau atlantique profonde ...	47
Figure 6-5 Localisation des rejets d'eaux usées de la ville d'Oran (KERFOUF et al, 2007).....	51
Figure 7-1 : Localisation des stations d'échantillonnage.....	54
Figure 7-2: Appareil de filtration (RODIER, 2010).....	56
Figure 7-3: Méthode de dénombrement des coliformes fécaux (ISO 9308-1)	58
Figure 7-4: Méthode de dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308-1)	59
Figure 7-5: Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux (ISO 7 899-2)	61
Figure 7-6: Méthode de dénombrement des salmonelles (RODIER, 2010)	63
Figure 7-7: Méthode de dénombrement du vibron cholérique (RODIER, 2010)	64
Figure 8-1: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Madagh.....	67
Figure 8-2: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Bousfer.....	67
Figure 8-3: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Ain Türk.....	69
Figure 8-4: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Ain Franine.....	70
Figure 8-5: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station de Madagh.....	78
Figure 8-6: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station de Madagh	78
Figure 8-7: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station de Madagh.....	78
Figure 8-8: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station de Bousfer	80
Figure 8-9: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station de Bousfer	80
Figure 8-10: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station de Bousfer.	80
Figure 8-11: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station d'Ain Türk	82
Figure 8-12: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station d'Ain Türk	82
Figure 8-13: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station d'Ain Türk	82
Figure 8-14: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station d'Ain Franine ...	84
Figure 8-15: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station d'Ain Franine .	84
Figure 8-16: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station d'Ain Franine	84

INTRODUCTION

La surveillance de la qualité des eaux marines est devenue dans le monde une préoccupation majeure des gouvernements, ainsi les recommandations au sujet de la prévention contre les facteurs qui peuvent compromettre la salubrité des eaux littorales ont pour objectif principal la protection de la santé et de la sécurité publiques d'une part et la préservation de l'environnement dans le cadre du développement durable d'autre part.

Les zones humides 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 comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique et d'adopter un support juridique relatif à la gestion du littoral et la lutte contre toutes formes de pollution marine.

La contamination des eaux marines est en grande partie due à la pollution fécale (cross-connexion), mais également à d'autres formes de pollutions (rejet de pétrole, rejets des saumures des stations de dessalement,...).

Les maladies à transmission hydrique en Algérie sont dues à un accroissement démographique et un développement socio-économique n'ayant pas tenu compte des préoccupations environnementales.

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 aux fins d'analyses bactériologiques et physico-chimiques ont été effectués à travers quatre stations côtières, 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 du mois de Décembre 2010 au mois de Juin 2011.

La station de Madagh est située à l'extrême ouest du littoral caractérisée par ses plages fréquentées en période estivale mais épargnée de toutes actions anthropiques. Une unité de dessalement d'eau de mer est implantée dans la seconde station : celle de Bousfer-plage. La station d'Ain Türk est située en plein tissu urbain alors que la station d'Ain Franine, située à l'est de la zone d'étude est un site isolé de l'agglomération oranaise et non fréquenté.

Le présent manuscrit est structuré en deux grandes parties:

- Une revue bibliographique traitant des notions générales sur la microbiologie, les espaces récréatifs, la pollution marine, l'hydrologie et les zones humides, suivi de la présentation de la zone d'étude.
- Une deuxième partie sera consacrée aux méthodes d'étude, suivi d'une discussion des résultats et d'une conclusion générale.

1 NOTION DE MICROBIOLOGIE

1.1 *Microorganismes pathogènes :*

Certaines espèces de bactéries sont pathogènes et qui 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 (sulfito-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 (RODIER, 2010).

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.) (RODIER, 2010).

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 SF : *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 (RODIER, 2010).

1.2.5 Staphylocoques :

Les staphylocoques sont des cellules sphérique de 0.5 à 25 µm généralement regroupées en amas, ils sont immobiles et ne forment pas de spores ; ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, Gram (+), catalase (+), fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique. 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 (RODIER, 2010).

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* (RODIER, 2010). 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 vibron cholérique est une bactérie responsable du choléra, est rendu pathogène par l'un de ses parasites, le virus CTX, ce dernier rend le vibron capable de produire une toxine qui provoque les diarrhées mortelles du choléra (**BOUTIBA, 2004**).

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, 2003**). 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.

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.*, 2000, 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 DE GIAXA, IN 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).

- **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 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 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**).

2.2 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**).

2.3 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).

2.4 *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).

2.5 *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.

2.6 *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).

2.7 Organismes indicateurs pour une contamination fécale des eaux récréatives :

2.7.1 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).

2.7.2 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).

2.7.3 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 10⁶ à 10⁷ 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).

2.8 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).

3 NOTION DE POLLUTION ET DE RISQUE

3.1 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., 2003).

3.2 Classification des polluants :

3.2.1 Polluants conservatifs :

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

3.2.1.1 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'Itailtai » 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 huitres 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).

3.2.1.2 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 attaque la chaîne alimentaire et provoque 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 3-1 exercée sur trois animaux aquatiques par divers insecticides employés en Floride (USA) contre des larves de moustiques (DAJOZ, 1977)

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 eurema</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}

3.2.2 Polluants chimiques non conservatifs:

3.2.2.1 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 al*, 2010).

3.2.2.2 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 al*, 2010**).

3.2.2.3 *Pollution par les détergents:*

Ces dernières années, on assiste à des utilisations importantes de détergents aussi bien chez le ménage 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**).

3.2.3 **Pollution thermique:**

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**).

3.2.4 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.

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. (CHEBLI, 1979).

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 3-2 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>	<i>Mycobacterium</i>	Entérovirus	<i>Giardia lamblia</i>	Helminthes (œufs)	Bactériophages
	10 ⁷ /l	10 ⁷ .10 ⁸ /l	1700 types	(au moins 80 sérotypes)	(plus de 100 sérotypes)	(kystes)		
			250/l	10 ⁵ à 10 ⁶ /l	80 à 2000 NPPUC/l	8.10 ⁴ /l	30/l	3.10 ³ à 10 ⁶ /l

NPPUC : Nombre le plus probable d'unités cytopathogènes

3.2.5 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**).

3.3 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**).

3.4 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'utilisateur du littoral en qualité de «baigneur » ou de «consommateur de fruits de mer » qui suscite un grand intérêt. L'eau de mer souillée contient une large gamme de germes, virus et bactéries susceptibles de provoquer des troubles infectieux. Certaines espèces de bactéries peuvent être à l'origine de trouble infectieux, de gastro-entérites ou d'intoxication (**POGGI, 1990**).

3.4.1 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 cutanéomuqueuses:**

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 paratyphoïdes et le choléra (BRISOU et DENIS, 1978).

4 NOTION SUR L'HYDROLOGIE MARINE

4.1 Paramètres physico-chimiques de l'eau :

Ces paramètres sont souvent regroupés sous le terme de paramètres physico-chimiques. En tout premier lieu, il s'agit de la température et de la salinité qui sont les deux descripteurs de base des masses d'eaux. Dépendant quasi exclusivement de processus physiques, ils sont de bons traceurs de mélange des eaux.

La qualité générale de l'eau est influencée par des processus chimiques et biologiques et altérée ou non par des apports anthropiques. Deux descripteurs usuels permettent de caractériser très globalement la qualité du milieu, l'oxygène dissous et le pH, ce dernier étant surtout important dans les milieux estuariens de faible salinité (AMINOT et KEROUEL, 2004).

4.2 Facteurs écologiques :

4.2.1 Température :

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces aquatiques.

En milieu océanique, la température, associée à la salinité, est mesurée avec une très grande précision par les physiciens pour calculer la masse volumique de l'eau, paramètre nécessaire à la détermination de la stratification verticale et de la circulation océanique.

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. Ainsi, la saturation des gaz dissous est fonction de la température et la mesure du pH requiert la connaissance de la température (AMINOT et KEROUEL, 2004).

4.2.2 Salinité :

La grandeur « **salinité** » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

La salinité (5‰) est définie conventionnellement comme la masses-en grammes des composés solides séchés à poids constant à 480°C, obtenue à partir de 1 kg d'eau de mer. Il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leur équivalent en chlore et les carbonates convertis en oxydes.

La chlorinité est définie comme la masse d'halogénures (à l'exception du fluor) exprimée en grammes de chlore par kilogramme d'eau de mer.

La chlorosité est définie comme la masse d'halogénures (à l'exception du fluor) exprimée en grammes de chlore par litre d'eau de mer (RODIER, 2010).

4.2.3 Oxygène dissous :

L'oxygène joue un rôle important dans le milieu marin, il est indispensable à la respiration des organismes, il facilite la dégradation des matières organiques et l'accomplissement des cycles biochimiques (ALZIEU, 1989).

4.2.4 Le pH :

C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité et l'alcalinité d'une eau. La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux, d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autre part. La distinction majeure réside dans le niveau de justesse et de précision requis pour ces deux applications.

En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution, mais cette variation reste très localisée aussi bien dans le temps que dans l'espace et cela du fait du « pouvoir tampon » de l'eau de mer (RODIER, 2010).

4.3 Paramètres chimiques :

Les caractéristiques intéressantes de l'hydrologie marine côtière sont les éléments et composés mineurs d'origine naturelle dont les variations de concentration renseignent sur les processus du milieu. Il s'agit principalement des nutriments, qui sont des substances nutritives essentielles contenant de l'azote, du phosphore et des solutions (nitrates, nitrites, ammonium, phosphate, silicate) assimilables par les micro-organismes et le phytoplancton.

La matière organique dissoute (MOD) peut présenter un intérêt car elle inclut les nutriments organiques (par exemple les acides aminés). Toutefois, une fraction toujours majoritaire de la MOD est constituée de formes réfractaires non assimilables (de type matières humiques). Compte tenu de sa nature complexe, la MOD est encore peu étudiée.

On l'aborde globalement par ses éléments chimiques essentiels tels que le carbone et l'azote (parfois le phosphore). Difficile à mesurer et à interpréter, la MOD est rarement incluse dans les programmes de suivi du milieu (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

4.3.1 Composés azotés :

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, Il existe dans l'eau sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), ainsi qu'urée ou acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (**COPIN-MONTEGUT, 1996**).

4.3.1.1 Azote ammoniacal :

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes. Dans certains cas, les teneurs peuvent atteindre des seuils toxiques, variables pour chaque espèce, et liés au pH et à l'oxygénation des eaux (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

4.3.1.2 Azote organique :

Dans l'eau de mer l'azote se présente sous différentes formes: L'azote inorganique dont la détermination sous ses différentes formes est une donnée essentielle pour la connaissance du milieu marin: ammonium (0 à 50g/l), nitrites (0 à 50g/l), nitrates (0 à 500g/l) et l'azote organique qui peut être déterminé après une minéralisation du type Kjeldhal par le dosage de l'ammonium ou après photo-oxydation par le dosage des nitrates et des nitrites.

4.3.2 Nitrites:

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

4.3.3 Nitrates:

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

4.3.4 Ortho phosphates:

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'ortho phosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (**LEVÊQUE, 1996**).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphate soluble, ces derniers vont être rapidement assimilés et recyclés (**LACROIX, 1991 IN TIDADINI et AMDOUN, 2003**).

Le phosphore présent dans l'eau de mer à l'état soluble ou particulaire existe sous plusieurs formes: phosphore inorganique, composé essentiellement d'orthophosphates et de polyphosphates (tri- et pyro-) et phosphore organique présent dans les nucléoprotéines, les phosphoprotéines, les combinaisons sucres phosphates et leurs produits d'oxydation. Analytiquement c'est l'ion orthophosphorique qui est déterminé; le phosphore organique est transformé en orthophosphate soit par photo-oxydation dans l'ultraviolet soit par oxydation chimique. Les polyphosphates donnent des orthophosphates par hydrolyse acide.

5 NOTION DE ZONES HUMIDES

5.1 *Convention de Ramsar*

La Convention de Ramsar (Iran) signée le 02 février 1971 est un accord gouvernemental qui œuvre pour que les zones humides du monde entier soient conservées grâce à une utilisation rationnelle. Elle compte aujourd'hui plus de 130 pays contractants et plus de 8 millions de kilomètres carrés de zones humides protégées.

En Algérie, en dépit des efforts déployés et des résultats obtenus, l'utilisation rationnelle des zones humides est encore loin d'être atteinte. Il nous faudra, avec l'aide de tous, progresser un peu plus pour que nos lacs, chott, sebkha, guelta et daya, soient dotés de plans de gestion à même de garantir leur utilisation durable et ne soient plus des dépotoirs à ciels ouverts et le réceptacle des eaux usées.

5.2 *Définition des zones humides :*

Les zones humides sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année (**CONVENTION DE RAMSAR**).

5.3 *Classification des zones humides :*

- milieux aquatiques et zones humides patrimoniaux ;
- cours d'eau de moyenne importance ;
- petits cours d'eau ;
- combes (lacs temporaires) ;
- mares

5.4 *Fonctions des zones humides :*

Les zones humides remplissent les fonctions suivantes :

- Ressource en eau : par l'apport d'eau à d'autres milieux aquatiques ou zones humides, exemple : un affluent apporte de l'eau à une rivière, les cours d'eau apportent de l'eau douce aux étangs, la mer leur apportent de l'eau salée, etc....;

- Ressource en eau pour l'homme;
- Autoépuration : des phénomènes de décantation et de traitement biochimique des matières polluantes ont lieu au sein des zones humides;
- Ecrêtement de crues (stockage /déstockage) : les zones humides assurent le stockage d'eau au moment des crues et la restitution d'eau après le passage des crues;
- Habitat : elles accueillent une très grande variété d'espèces faunistiques et floristiques, pour les espèces locales, elles constituent des lieux d'abreuvement, de nourriture, de repos et/ou de reproduction;
- Ressources piscicole;
- Paysage : elles sont souvent remarquables du point de vue paysager;
- Loisir : y compris les sports, promenades, découverte de la nature,...etc.

5.5 Zones humides en Algérie :

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons qu'elles jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs. Les zones humides sont détruites à un rythme sans précédent. Elles sont privées de leur eau par des pompages excessifs ou par la construction de barrages.

Le recensement préliminaire effectué au milieu des années 1990 a dénombré 254 zones humides naturelles. Parmi elles, 60 peuvent être classées sur la Liste Ramsar des zones humides d'importance internationale. Aujourd'hui, avec les nouvelles connaissances, le nombre de zones humides dépasse le millier si l'on inclut oueds, grottes, oasis, daya, et zones côtières, non comprises dans le premier inventaire.

L'Autorité de la Convention de Ramsar en Algérie, la Direction Générale des Forêts, a classé 26 sites sur la Liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale. Deux en 1982, dix en 2001 et 13 en 2003. Si l'on compte les seize nouveaux sites dont le classement est prévu en 2004, le nombre de zones humides d'importance internationale en Algérie atteindrait 42 avec une superficie de plus de près de 3 millions d'hectares, soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie.

Aujourd'hui, avec ses 26 sites de valeur internationale classés que la Liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, des pans entiers de la biodiversité de l'Algérie, souvent inexplorés, et, par conséquent, méconnus, ont été mis sous l'éclairage des lampions de la communauté scientifique nationale et internationale dans 3 volumes appelés atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. Le premier édité en 1999, le deuxième en 2001, le troisième en 2002 et le quatrième en 2004. L'Algérie a

classé 6 lacs d'eau douces, 6 chotts, 3 oasis, 3 Gueltates, 2 marais, 1 plaine d'inondation, 1 grotte, 1 tourbière, 1 aulnaie, 1 sebkha, 1 cirque.

En 2004, grâce à un troisième projet financé par le Programme « eaux vivantes » du Fonds Mondial pour la nature et de la Fondation MAVA pour la Protection de la Nature, la Direction Générale des Forêts a lancé une troisième campagne visant l'inscription de 16 nouvelles zones humides d'une superficie de 167.632 hectares. Parmi ces sites figurent, entre autres, les complexes de Garea, chott et sebkha des hauts plateaux (8 sites entre Sétif, Oum El Bouaghi et Ouragla) dont l'importance pour les oiseaux n'est plus à démontrer. Deux dhayas, la première à Tlemcen, et la deuxième à Nâama. Deux sites à Oran qui viennent se rajouter à la Grande Sebkha et à la Macta, Sebkhet El Meleh d'El Goléa à Ghardaïa et le lac Mellah à El Kala. De par la superficie classée, près de 3 millions d'hectares (2.958.704), l'Algérie, est le troisième pays en Afrique, après le Botswana avec 6.8 millions d'hectares et la Tanzanie avec 3.5 millions d'hectares, et la huitième dans le monde.

6 Présentation de la zone d'étude

6.1 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 6.1). 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 6.2) et de Mers el Kébir. 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).

6.2 Localisation géographique 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 de zones humides côtières s'étend sur une distance de 120 km et s'ouvre d'Ouest en Est (LECLAIRE, 1972).

Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine demeure : la concentration touristique et le développement économique et social (BOUTIBA, 2003; KERFOUF *et al.*, 2010).

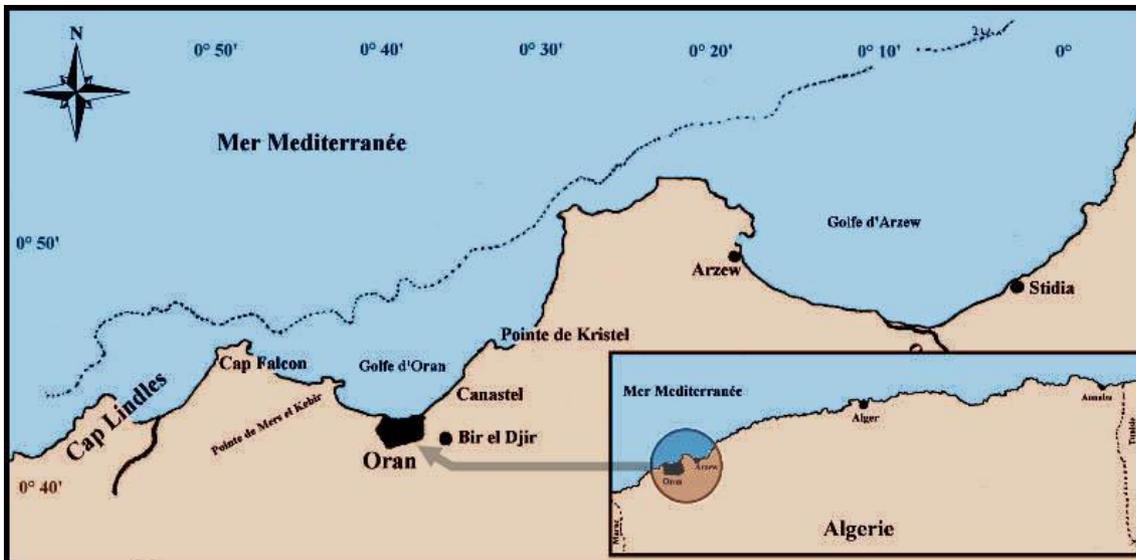


Figure 6-1: Localisation géographique de la zone d'étude (KERFOUF et al., 2010)



Figure 6-2: Port d'Oran (KERFOUF, 2006)

6.3 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 plateforme 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 plateforme 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).

6.4 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 6.3).

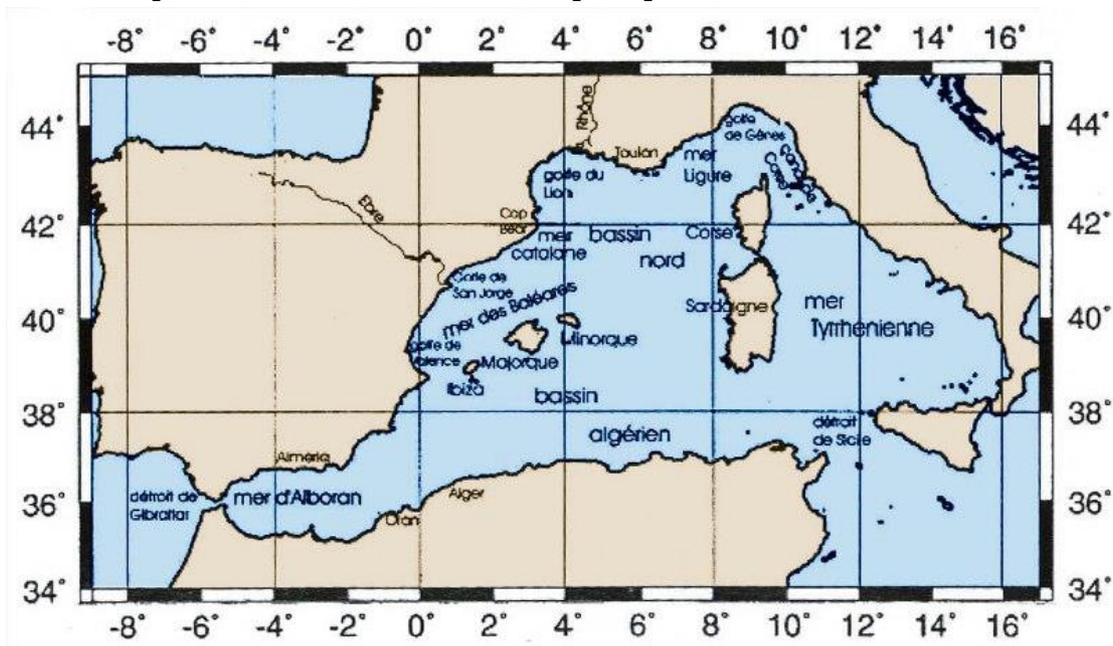


Figure 6-3: Situation géographique du bassin méditerranéen occidental (KERFOUF, 2006)

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 Détroit de Gibraltar dont la largeur est en moyenne de 15 km et la profondeur de 250m au seuil. Le détroit 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 (**KERFOUF et al., 2007**):

- ✓ 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 (**KERFOUF et al., 2007**). 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 (figure 4).

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 (Détroit 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 détroit 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).

6.5 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 (KERFOUF *et al.*, 2007):

- 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 (figure 4a). 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).

6.5.1 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 (figure 4b). 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).

6.5.2 Eaux profondes :

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver (figure 4c), 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).

6.5.3 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 » (KERFOUF *et al.*, 2007).

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 eau sont compensées et la salinité maintenue constante. Le type de mouvements des eaux est dit « Lagunaire » (KERFOUF *et al.*, 2007).

6.5.4 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* (KERFOUF *et al.*, 2007).

6.5.5 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 (BOUTIBA, 1992). 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.

6.6 Le Climat :

Le climat de la région est de type méditerranéen, notamment chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée entre la mi-juin et mi-septembre, ces conditions sont dues à l'alternance de brise de mer fraîche et humide et de brise de terre chaude et sèche.

La pluviométrie est variable d'une année à une autre, la pluviométrie de la région d'Oran reste une des plus faibles de l'Algérie du nord, elle varie entre 350 et 400 mm, et elle peut ne pas dépasser 200 à 250 mm en certaines années sèches.

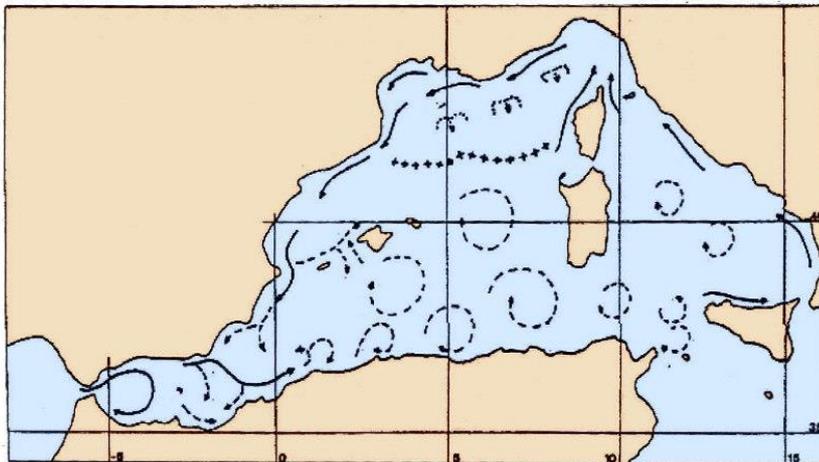
Les caractéristiques des vents dans cette zone sont comme suite : les mois les plus pluvieux étant mois à prédominance des vents ouest et nord-ouest. Ces vents sont à l'origine de la tempête ayant frappée la ville d'Oran en 1980 alors que les mois de sécheresse sont les mois à prédominance des vents nord-est. Il existe par ailleurs des vents chauds ou *sirocco* provenant du sud-ouest. Ce sont des vents secs et chauds de 9 à 16 jours par an.

La température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement à celle de l'atmosphère et par conséquent, elle varie en fonction des saisons (**O.N.M, 2009**).

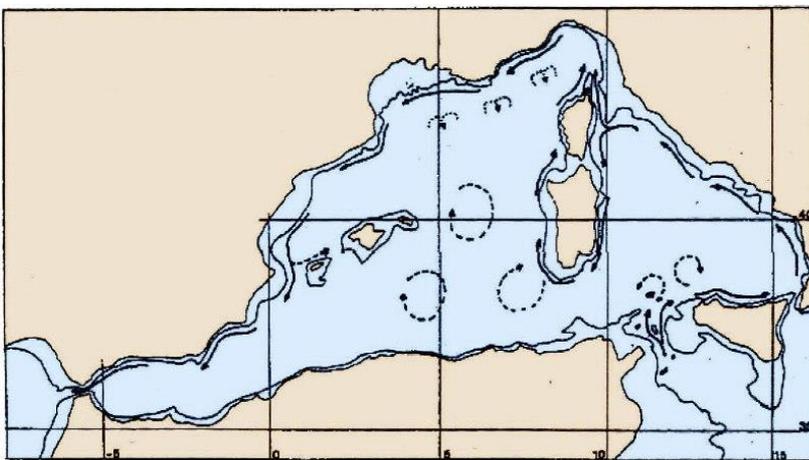
Tableau 6-1: Données climatologiques de la zone d'étude (O.N.M, 2014)

Année	Mois	T(C°)	Humidité (%)	Pluie (mm)	Vent (m/s)
2011	Janvier	11.1	75	25	2.7
	Février	13.9	74	33	3.5
	Mars	13.1	66	60	4.3
	Avril	15.5	76	87	3.7
	Mai	19.4	59	4	4.1
	Juin	22.9	60	1	4.5
	Juillet	25.5	61	0	4.1
	Aout	26.5	63	1	4.3
	Septembre	23.4	69	33	3.7
	Octobre	19.4	72	131	3.8
	Novembre	14.0	73	123	3.3
	Décembre	11.3	71	15	3.0

2012	Janvier	11.5	76	13	3.2
	Février	13.4	74	16	3.6
	Mars	14.5	65	15	5.0
	Avril	17.4	62	4	5.1
	Mai	19.3	64	12	5.1
	Juin	22.5	68	6	4.1
	Juillet	26.5	64	7	4.3
	Aout	26.5	67	0	3.6
	Septembre	24.5	67	67	4.1
	Octobre	20.4	72	74	4.3
	Novembre	13.2	72	77	3.6
	Décembre	11.0	77	129	2.5
2013	Janvier	11.3	77	68	4.2
	Février	11.3	77	29	3.3
	Mars	14.1	71	36	4.4
	Avril	15.5	71	38	4.4
	Mai	19.9	66	9	4.1
	Juin	23.9	66	1	4.3
	Juillet	27.0	65	0	3.8
	Aout	26.2	61	2	3.9
	Septembre	22.9	71	51	3.5
	Octobre	20.3	69	4	2.9
	Novembre	17.9	64	13	3.9
	Décembre	14.1	74	44	3.6



B



C

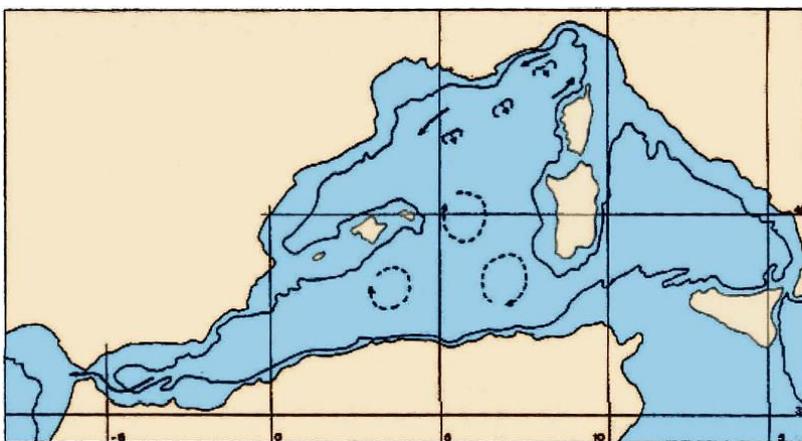


Figure 6-4: Circulation des eaux de l'Atlantique (MILLOT, 1987; modifié IN SLIMANE MOUSSA, 2007) A : Eau atlantique modifiée, B : Eau levantine intermédiaire, C : Eau atlantique profonde

6.7 Les facteurs physico-chimiques du milieu :

6.7.1 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 al., 2001**).

6.7.2 La 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

oranaïses (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‰ (BOUTIBA, 1992).

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).

6.7.3 Le carbone en Méditerranée :

En Méditerranée, comme dans l'océan mondial, les carbonates (ou carbone inorganique) constituent 97% du contenu en carbone. Le carbone organique représente 3% du bilan, dont le carbone inorganique qui est constitué par 90% de l'ion bicarbonate, 9% de l'ion carbonate et 1% du CO₂ dissous, les fractions respectives dépendant de l'équilibre du système des carbonates, l'étude du carbone dans la mer entre dans deux problématiques : la production biologique et le transfert de carbone des couches de surface aux couches profondes pour ce qui est du pompage océanique de l'augmentation anthropique du taux de dynamique de bassin de concentration, il peut paraître intéressant d'étudier le bilan de carbone pour tenter d'estimer la production biologique et le flux vertical de carbone ou la captation de CO₂ atmosphérique.

Les mesures précises du carbone inorganique total, en mer d'Alboran, donnent une concentration moyenne de 2090µM dans le flux atlantique superficiel et de 2300µM dans le flux profond sortant de la méditerranée. Le bilan de carbone organique peut être établi à partir des concentrations respectives dans les couches de surface et profondes. Ces concentrations sont respectivement de 100 et 50µM, et le bilan dans le détroit de Gibraltar s'établit à +1,25.10¹², outre le bilan net à travers le détroit de Gibraltar, le cycle du carbone en Méditerranée nécessite la connaissance des divers apports par l'atmosphère, les précipitations, les fleuves et la mer Noire, tous ces apports restent faibles par rapport aux flux de carbone entrant par le détroit de Gibraltar. Le bilan total des apports en carbone organique s'élève à 1,7.10¹² M/an, tandis que le bilan des pertes de carbone inorganique s'élève à -1,7.10¹² M/an.

La Méditerranée est un bassin de reminéralisation du carbone organique en carbone inorganique. L'estimation de la nouvelle production correspondante est $8,1\text{gC M}^{-2}/\text{an}$, valeur que nous retrouvons également à partir du bilan du phosphate.

L'exportation dans l'eau profonde atlantique est cependant plus importante, puisqu'il correspond à $100.10^{12} \text{ M}^{-2}/\text{an}$. C'est la conséquence directe du fonctionnement en bassin de concentration avec formation hivernale d'eaux denses et transfert en profondeur vers l'Atlantique, par contre, le transfert en direct du CO_2 atmosphérique est d'environ $0,5.10^{12}\text{M}/\text{an}$ (COPIN-MONTEGUT, 1993).

6.8 Données socio-économiques

6.8.1 Démographie :

Au fur et à mesure que notre population augmente et que l'industrialisation devient plus intense, le problème de la pollution s'aggrave. Quand la population augmenta et vécut dans des villes, des déchets commencèrent à empoisonner l'eau et l'air, ensuite le développement industriel apparut, causant de graves dommages. (RAMADE, 1992).

La ville d'Oran, l'une des plus peuplée d'Algérie connaît une urbanisation relativement importante. Suivant les statistiques de 1987, le nombre des habitants était d'environ 932.473 avec une densité de 434,93 hab./ km^2 , et un taux d'accroissement de 3,22 %, une valeur supérieure à la moyenne nationale (2,45%) ; tandis qu'en 1998, le nombre des habitants est estimé de 115.544.6 habitants, avec un taux d'accroissement bas, qui est de 1,92% et une densité de 538,92 hab./ km^2 On note que le taux d'accroissement national est estimé à 2,73% (GHODBANI, 2001).

6.8.2 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 24935m^3 /jour d'eau polluée soit 26.34% des eaux rejetées (SOGREAH, 1998).

Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine demeure : les industries, et l'expansion urbanistique non contrôlée.

La concentration touristique et le développement économique et social occasionnent la dégradation des milieux naturels et le cadre de vie des citoyens. On peut citer trois sortes de pollution au niveau du littoral oranais : la pollution d'origine industrielle, la pollution d'origine ménagère, domestique, et la pollution d'origine agricole.

Les trois prennent des formes différentes selon la nature des rejets (polluants liquides, solides et gazeux, eaux de lessivage et de ruissellement).

Oran, grande métropole méditerranéenne, est citée parmi 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ces égouts où aboutit la majeure partie des déchets ménagers et industriels, rejettent à la mer des détergents et d'autres produits chimiques d'origine ménagère ou industrielle. La grande majorité sont très toxiques et touchent la croissance et la reproduction des organismes marins. On peut trouver également des déchets solides même dans les plages les plus éloignées du littoral oranais : Madagh, Cap Blanc, Ain el Türck à l'ouest, Ain el Franine et Kristel à l'est (KERFOUF *et al.*, 2001).

Les eaux véhiculées par les égouts de la ville d'Oran sont intégralement rejetées à la mer, les émissaires urbains sont au nombre de 11, trois principaux étant :

- à l'ouest, l'émissaire de fort Lamoune, se situe à l'extérieur du port d'Oran.
- à l'est, l'émissaire de la cheminée du petit lac.
- à l'est, le collecteur de ceinture du centre-ville et Oran est.

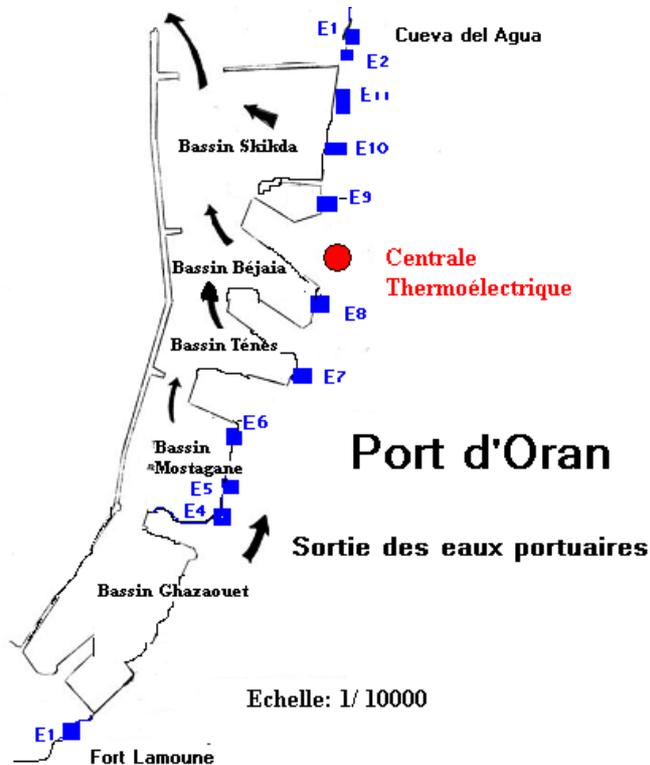


Figure 6-5 Localisation des rejets d'eaux usées de la ville d'Oran (KERFOUF *et al.*, 2007)

Sur ces 11 émissaires, 7 se déversent dans le port (figure 6.5), mais ils sont de faible importance, ces derniers se répartissent à travers les différents bassins du port (bassin de Mostaganem : rejet très important, bassin de Ténès et le bassin de Bejaïa). Ces rejets sont en provenance de la ville d'Oran et sont essentiellement des rejets d'eaux usées

domestiques, de petits ruisseaux d'eaux usées débouchent sur les plages environnantes, soit à l'ouest de Mers el kébir, soit à l'est du port d'Oran (KERFOUF *et al.*, 2010).

D'autres rejets d'eaux usées existent au niveau des ports de Mers el kébir et de kristel. Les rejets industriels solides sont estimés de l'ordre de 242 tonnes/jour soit 23.33% de la quantité totale des 1037 tonnes/jour, les 76.66% de rejets restant sont constitués de déchets domestiques dont la part la plus importante provient de la ville d'Oran avec un taux de 43.98%. Par ailleurs les eaux usées domestiques sont évaluées à 69704m³/jour, elles sont rejetées à travers une cinquantaine de sites recensés sur le littoral oranais (tableau 6.2) (SOGREAH, 1998).

Tableau 6-2: Evaluation des déchets du littoral oranais (SOGREAH, 1998).

Origine des déchets	Déchets liquides M3/jour	Taux %	Déchets solides (tonnes/jour)	Taux %
Industrie	24935	26.34	242	23.33
Activités ménagères	69704	73.65	795	76.66
Total	94639	100	1037	100

Sur les 50 sites de déversements dénombrés sur le littoral 10 se retrouvent à l'ouest du littoral oranais au niveau des plages des Andalouses, cap Falcon et Ain el Türck avec une capacité d'assainissement quotidienne de 3896 m³. Il s'agit principalement d'eaux utilisées par le complexe touristique des Andalouses et les centres urbains de cap Falcon, Ain el Türck et Mers el kébir.

Il existe entres autres deux autres sites de déversement dans la partie centrale du littoral, le premier se trouve au fort Lamoune avec une quantité d'eau déversée de 7966 m³/jour constituée de mélange d'eau domestique et industrielle. Le deuxième site est le plus important, il reçoit 40175 m³/jour. Les eaux usées proviennent des zones urbaines situées au centre, à l'ouest et au sud de la ville d'Oran. Les autres sites de déversements, se concentrent dans la partie centrale du littoral oranais et s'étendent vers le littoral du golfe d'Arzew. Le réseau d'assainissement atteint 905km sur l'ensemble du littoral dont 300km pour la ville d'Oran. Il existe :

- un réseau séparatif destiné aux eaux pluviales;
- un réseau d'assainissement pour les eaux domestiques;
- un réseau dit unitaire destiné aux eaux domestiques en même temps (SOGREAH, 1998).

7 MATERIELS ET METHODES

7.1 *Etude bactériologique*

7.1.1 **Objectif de l'étude bactériologique:**

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

7.1.2 **Choix des stations de prélèvement :**

Les points d'échantillonnage qu'on a choisis (figure 7.1) 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 la station de Ain el Türk, des plages sauvages considérées comme stations témoin tel que la station de Ain Franine et des endroits exposés aux rejets industriels telle que la station de Bousfer à proximité d'une station de dessalement en plus de la station de Madagh considérée comme plage surveillée mais loin du tissu urbain.

La station balnéaire d'Ain Türk est une région très sollicitée en période estivale pour la qualité de ses infrastructures touristiques et l'abondance de son sable 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 que nous avons retenu dans cette étude au niveau du littoral oranais : Madagh (1), Bousfer (2), Ain el Türck (3) et Ain Franine (4).

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.

7.1.6 Fiche de renseignements :

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 7.1)

Tableau 7-1: Fiche de prélèvement établie (M.S.P.R.H, 2013)

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	Décembre	Mémoire de magistère	Eau de mer	9°C	Madagh Bousfer Ain el Türk Ain Franine
Etudiant Post-graduation	Février	Mémoire de magistère	Eau de mer	15°C	Madagh Bousfer Ain el Türk Ain Franine
Etudiant Post-graduation	Avril	Mémoire de magistère	Eau de mer	21°C	Madagh Bousfer Ain el Türk Ain Franine
Etudiant Post-graduation	Juin	Mémoire de magistère	Eau de mer	24°C	Madagh Bousfer Ain el Türk Ain Franine

7.1.7 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 SIDI BEL ABBES 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 (figure 7.2) est la plus utilisée au niveau de ce laboratoire.

7.1.8 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 l'appareil, 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).

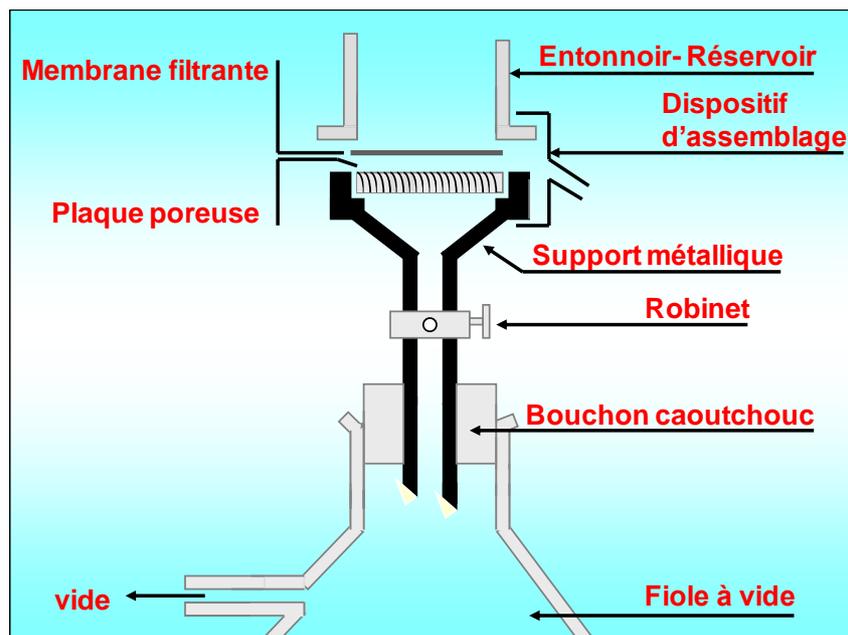


Figure 7-2: Appareil de filtration (RODIER, 2010)

7.1.8.1 Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes :

7.1.8.1.1 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.

7.1.8.1.2 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.

7.1.8.1.3 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*).

7.1.8.1.4 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.

7.1.8.1.5 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* (figure 7.3 et 7.4).

7.1.8.1.6 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.

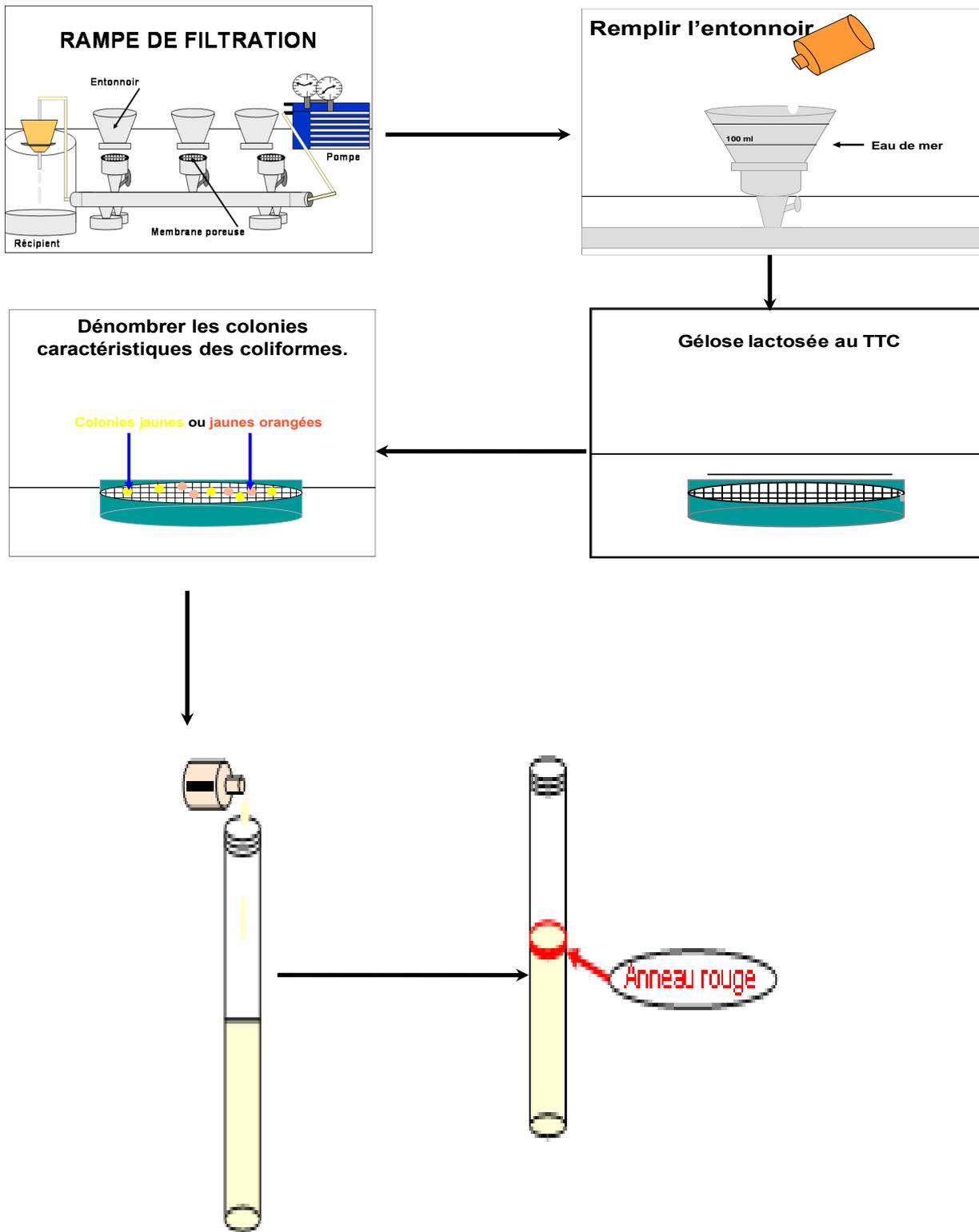
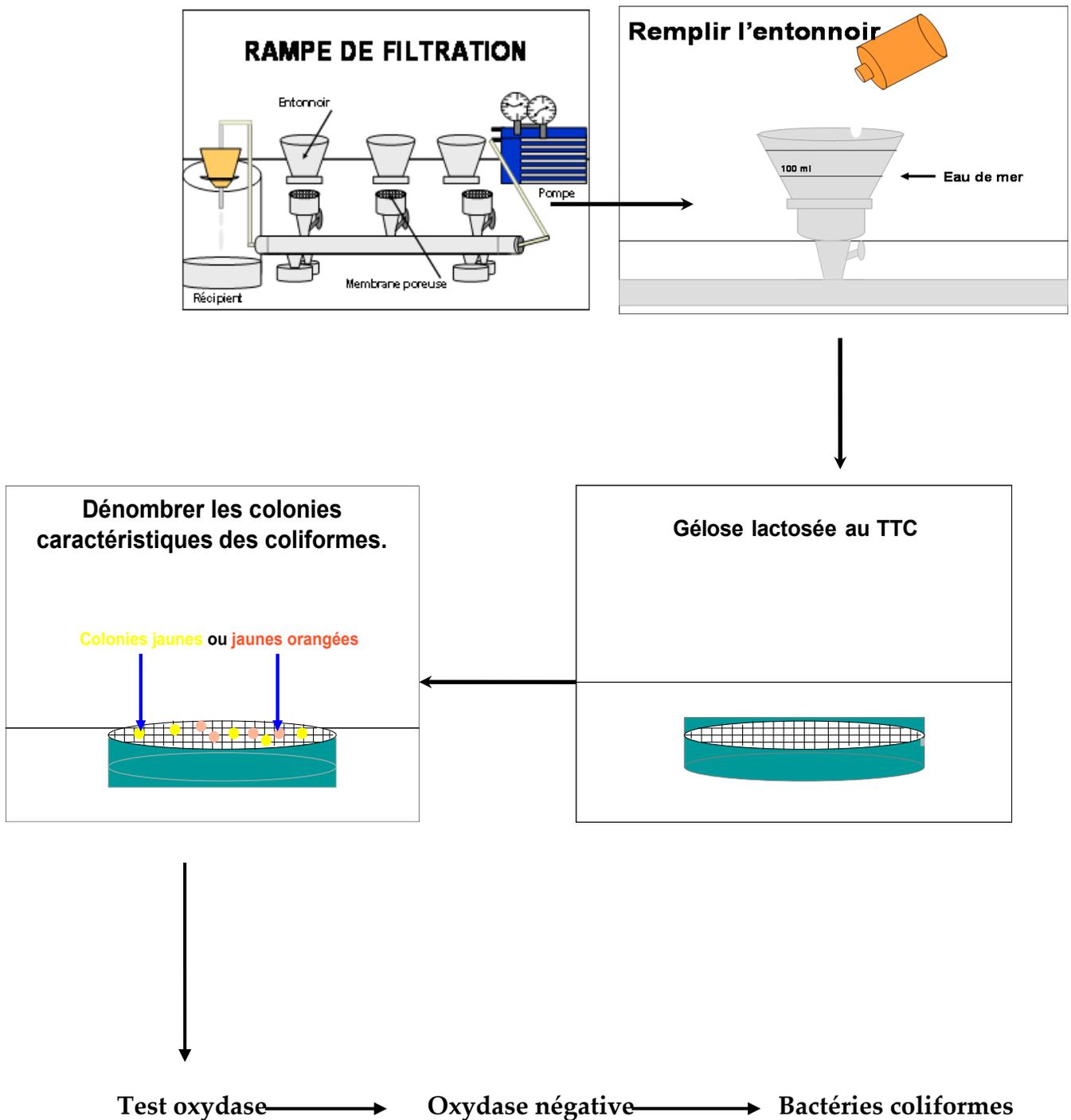


Figure 7-3: Méthode de dénombrement des coliformes fécaux (ISO 9308-1)

Figure 7-4: Méthode de dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308-1)



7.1.8.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

7.1.8.2.1 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.

7.1.8.2.2 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.

7.1.8.2.3 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 .On a compté alors toutes les colonies rouges, violettes ou roses visibles sur la boîte (figure 7.5).

7.1.8.2.4 Confirmation et dénombrement :

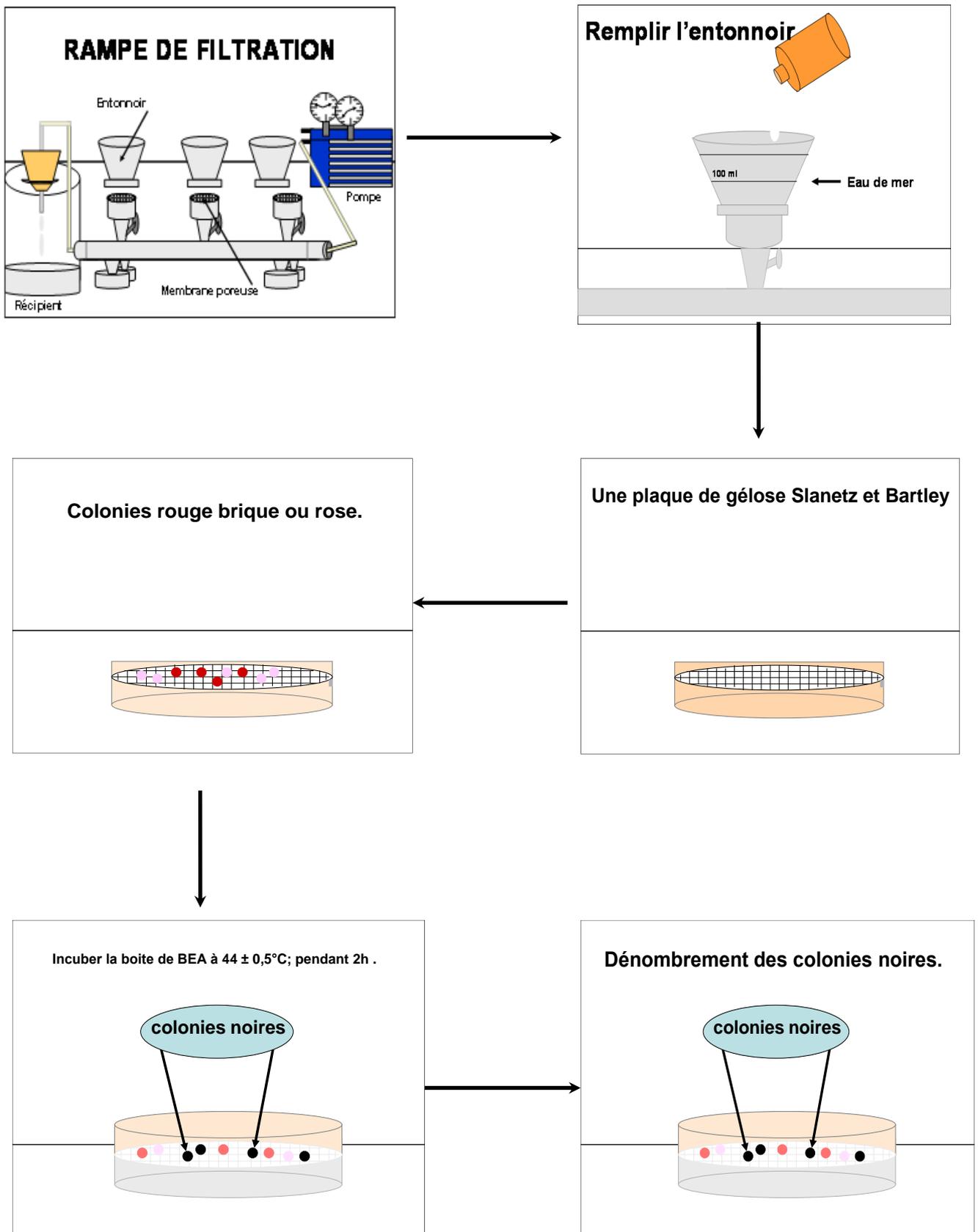
Après incubation, on considère comme colonies typiques toutes qui sont bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre soit à l'ensemble de la colonie.

7.1.8.2.5 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.

N.B : 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 7-5: Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux (ISO 7 899-2)



7.1.8.3 Recherche des salmonelles:

7.1.8.3.1 Principe :

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

7.1.8.3.2 Mode opératoire :

7.1.8.3.3 Pré enrichissement :

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

7.1.8.3.4 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.

7.1.8.3.5 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.

7.1.8.3.6 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.

7.1.8.3.7 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'avions pas besoin d'effectuer des tests biochimiques et sérologiques (figure 7.6).

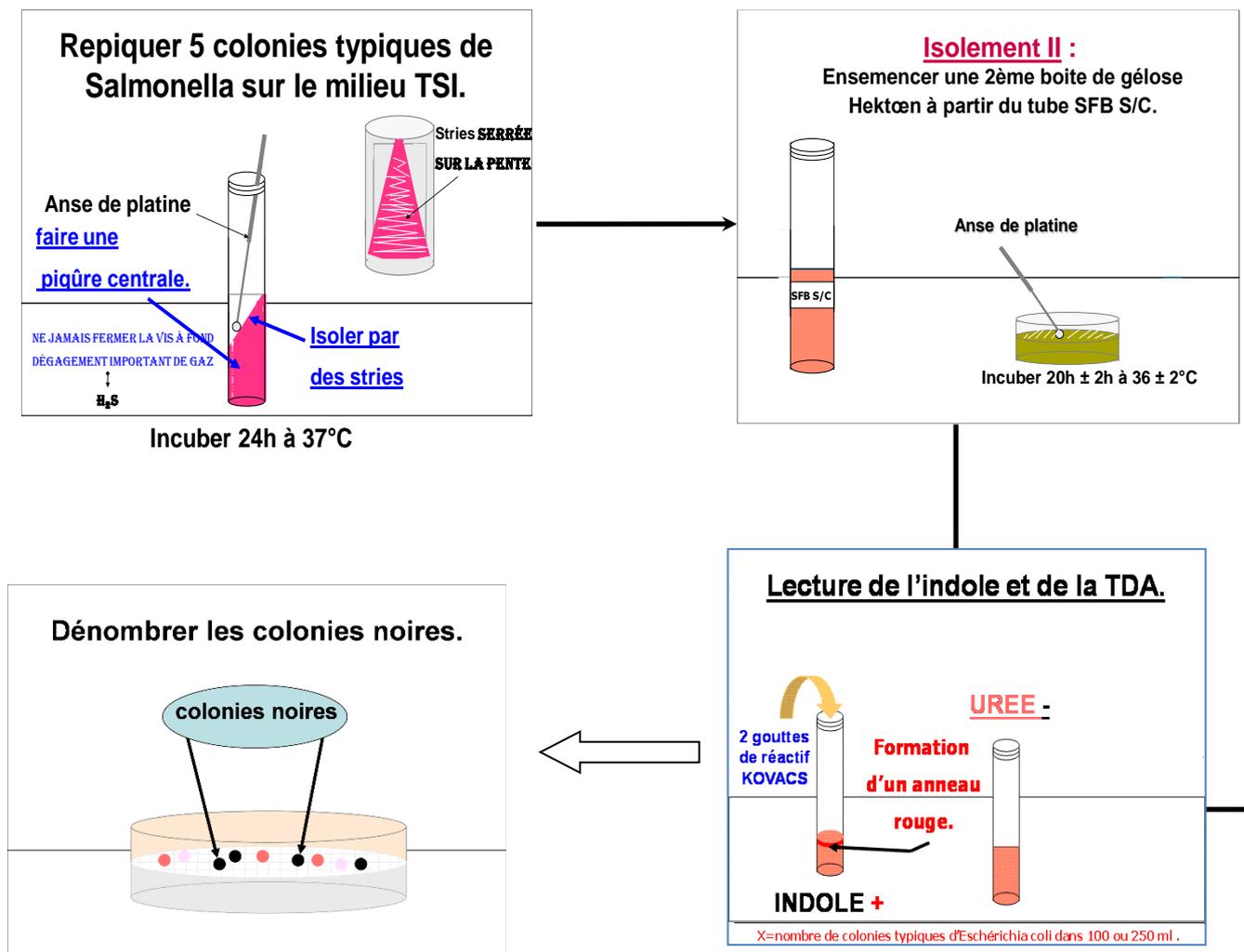


Figure 7-6: Méthode de dénombrement des salmonelles (RODIER, 2010)

7.1.8.4 Recherche du vibriion cholérique:

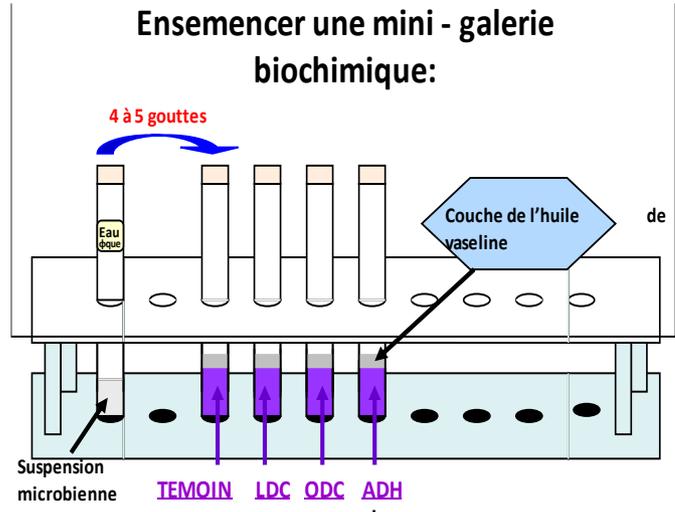
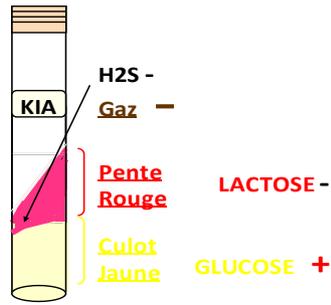
7.1.8.4.1 Enrichissement :

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 vibriion cholérique (Eau Peptonnée Alcaline concentrée 10 fois : EPA). Le mélange est incubé à 37°C pendant 3 à 6h.

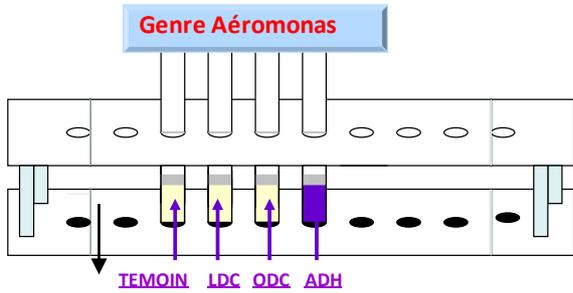
7.1.8.4.2 Isolement :

On a prélevé à la surface du milieu d'enrichissement une anse bouclée pour ensemencer 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 7.7).

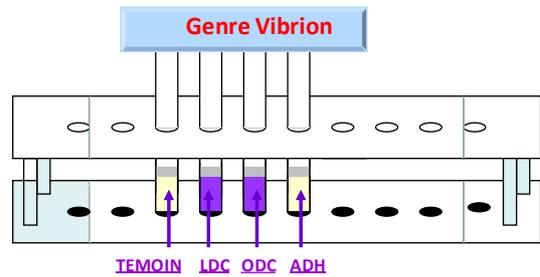
Aspect d'un Vibrion sur KIA:



Lecture de la mini - galerie biochimique:



Lecture de la mini - galerie biochimique:



Lecture de la une mini - galerie biochimique:

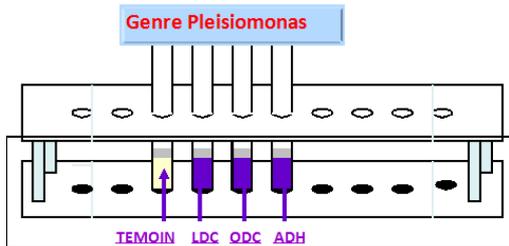


Figure 7-7: Méthode de dénombrement du vibrion cholérique (RODIER, 2010)

7.2 Etude physico-chimique

7.2.1 Mode de prélèvement :

Les prélèvements d'eau aux fins d'analyses physicochimiques ont été effectués aux mêmes endroits choisis pour les analyses bactériologiques, c'est-à-dire au niveau des stations de Madagh, Bousfer, Ain el Türck et Ain Franine, on a utilisé pour chaque prélèvement des

bouteilles propres en plastique d'une capacité de 125 ml, on a pris les échantillons à environ 30 cm sous la surface de l'eau et à environ 5 m du large et aux mêmes horaires.

Le pH et la température ont été relevés sur les lieux à l'aide d'un pH-mètre et d'un thermomètre portable. Les autres paramètres à savoir, nitrates, nitrites, ammonium et phosphates ont été mesurés au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité de SAIDA par l'utilisation des méthodes d'analyses appropriées (RODIER, 2010).

7.2.2 Dosage des nitrites :

L'analyse consiste à introduire 50 ml d'eau de mer dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. On se reporte à la courbe d'étalonnage pour la lecture des résultats, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux, exprimée en microgrammes par litre d'eau de mer (RODIER, 2010).

7.2.3 Dosage des nitrates :

Le tube à test est rincé plusieurs fois avec l'eau de mer à analyser puis rempli jusqu'à la graduation, on a ajouté 10 gouttes de réactif NITRATE 1 et une petite quantité de réactif NITRATE 2. Le mélange est secoué pendant 5 minutes pour assurer une homogénéisation. On a par la suite placé le tube en réglant l'appareil au filtre 6 et on a procédé à la lecture des résultats (RODIER, 2010).

7.2.4 Dosage des phosphates :

On a procédé à la détermination du phosphate par la méthode qui consiste à ajouter une petite quantité du réactif phosphate 1 et 10 gouttes du réactif phosphate 2. Le mélange est secoué pour une bonne homogénéisation pendant environ 5 minutes, le tube est placé dans l'appareil et la lecture est prise pour déterminer le dosage du phosphate (RODIER, 2010).

7.2.5 Dureté totale :

On a rincé plusieurs fois l'éprouvette avec de l'eau de mer à analyser et la remplir jusqu'à la graduation en ajoutant une goutte de la solution d'indicateur en secouant pour assurer une homogénéisation de l'échantillon, Quand ce dernier est devenu rouge, on a procédé à la lecture de la valeur (RODIER, 2010).

8 RESULTATS ET DISCUSSION

8.1 Analyses bactériologiques des stations étudiées:

Nos analyses bactériologiques ont pour but de vérifier 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, seize (16) prélèvements aux fins d'analyses bactériologiques ont été effectués à travers les quatre stations (Madagh, Bousfer, Ain Türk et Ain Franine) sur une période allant du mois de Décembre 2013 jusqu'au mois de Juin 2014. Les stations ont été choisies d'une façon à toucher tout le littoral oranais connu par ses activités commerciales et ses zones récréatives afin d'obtenir des résultats fiables et représentatifs.

8.1.1 Station de Madagh :

Les résultats obtenus pour la station de Madagh et les valeurs sont représentés sur le tableau 8.1 et par la figure 8.1 confirment une eau de bonne qualité bactériologique et par conséquent propre à la baignade avec un maximum de 66 coliformes totaux dans 100 ml d'eau enregistré au mois de Juin par rapport à la valeur guide qui de 500/100 ml d'eau et une absence totale du reste des germes. L'éloignement de cette station du tissu urbain et des rejets non contrôlés des eaux usées peuvent être à l'origine de ces résultats satisfaisants. Nous tenons à signaler l'absence de coliformes fécaux, des streptocoques fécaux, de salmonelles et de vibrion cholérique.

Tableau 8-1: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station de Madagh

Mois	Date et heure du prélèvement		Paramètres microbiologiques					Qualité de l'eau
	Date	Heure	Coliformes totaux /100ml	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoques fécaux /100ml	Salmonelles 1L	Vibrions cholériques	
Décembre	14/12/2013	09 :00	18	00	00	Absence	Absence	Bonne
Février	13/02/2014	09 :00	23	00	00	Absence	Absence	Bonne
Avril	17/04/2014	09 :00	20	00	00	Absence	Absence	Bonne
Juin	14/06/2014	09 :00	66	00	00	Absence	Absence	Bonne
Valeur « guide »			500	100	100	00	00	-
Valeurs limites			10 000	2000	-	00	00	-

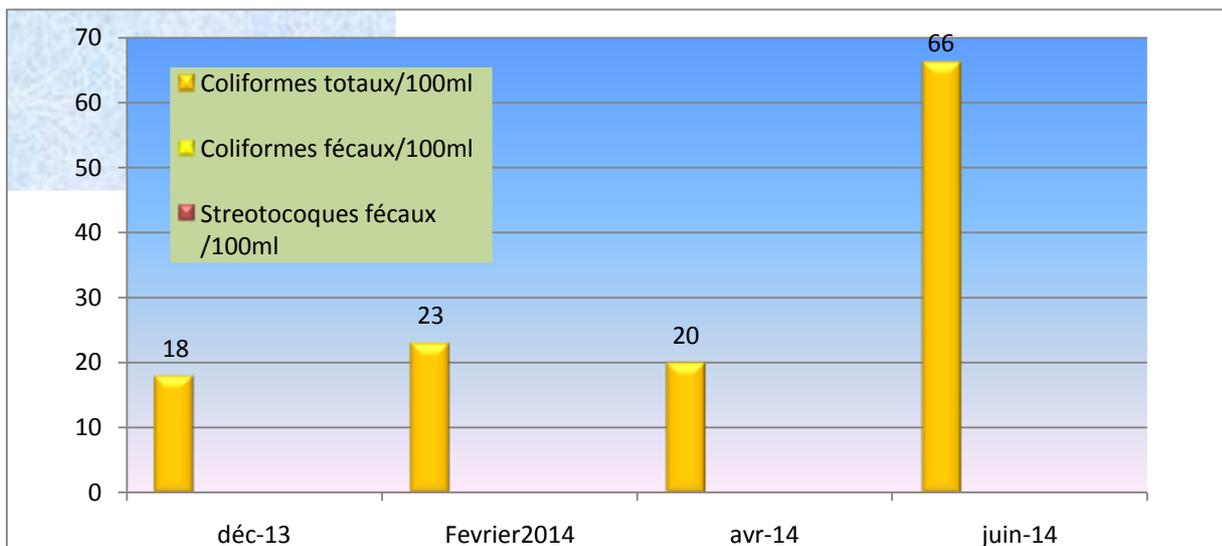


Figure 8-1: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Madagh.

8.1.2 Station de Bousfer :

Les résultats représentés sur le tableau 8.2 et par la figure 8.2 à travers la station de Bousfer sont moins inquiétantes avec un taux de coliformes totaux qui varie entre 30/100 ml au mois de Décembre et 360/100 ml au mois de juin par rapport à la valeur guide qui est de 500 ml/100 ml, pour les coliformes fécaux; nous avons enregistré un taux de 10/100 ml comme valeur maximale au mois de Juin alors que la valeur guide est de 100/100 ml; pour les streptocoques fécaux, nous avons enregistré une valeur maximale de 8/100 ml au mois de Juin. Nous tenons à signaler l'absence de salmonelles et de vibrion cholérique.

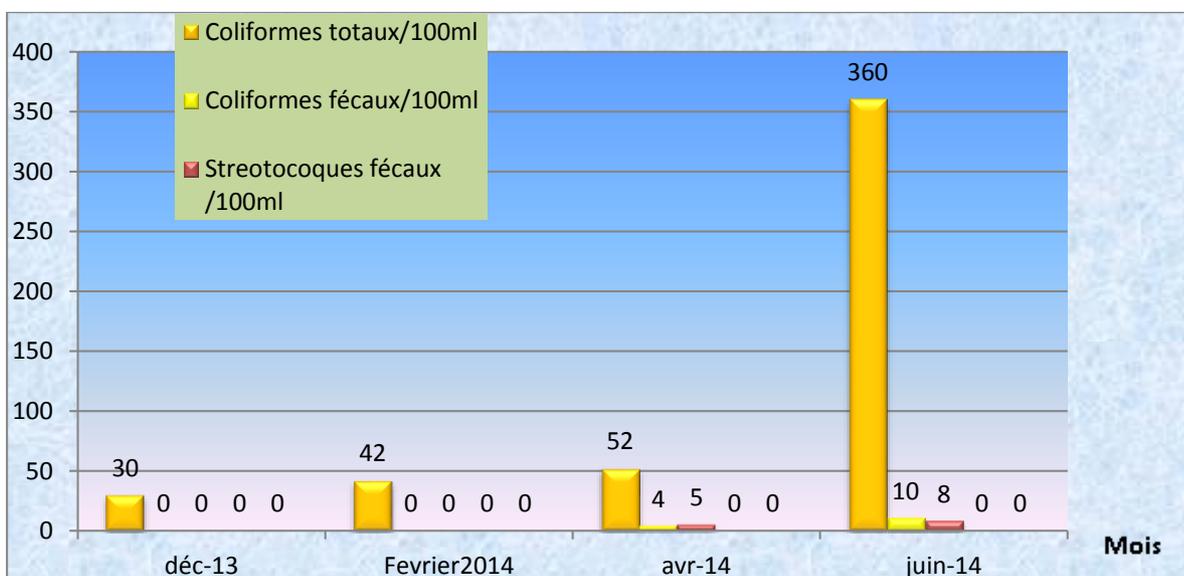


Figure 8-2: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Bousfer.

Tableau 8-2: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station de Bousfer

Mois	Date et heure du prélèvement		Paramètres microbiologiques					
	Date	Heure	Coliformes totaux /100ml	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoques fécaux /100ml	Salmonelles 1L	Vibrions cholériques	Qualité de l'eau
Décembre	14/12/2013	09 :30	30	00	00	Absence	Absence	Bonne
Février	13/02/2014	09 :30	42	00	00	Absence	Absence	Bonne
Avril	17/04/2014	09 :30	52	04	05	Absence	Absence	Bonne
Juin	14/06/2014	09 :30	360	10	08	Absence	Absence	Moyenne
Valeur « guide »			500	100	100	00	00	-
Valeurs limites			10 000	2000	-	00	00	-

8.1.3 Station d'Ain Türk:

Les résultats représentés sur le tableau 8.3 et par la figure 8.3 montrent que la station d'Ain Türk est relativement la plus contaminée. Les analyses effectuées au niveau de cette station ont permis d'enregistrer un taux élevé de coliformes totaux avec un pic en Juin (10500/500 ml) dépassant ainsi les valeurs guides et limites fixées à 500/500 ml pour la valeur guide et 10000/500 ml pour la valeur limite, un nombre considérable de coliformes fécaux de 190/100 ml a été enregistré en Juin par rapport à la valeur guide de 100/100 ml, pour les streptocoques fécaux, on a enregistré un taux de 54/100 ml comme valeur maximale par rapport à la valeur guide de 100/100 ml. Cette contamination peut être expliquée par les rejets des eaux usées à ciel ouvert et directement déversées dans le milieu marin. Ce taux de coliformes totaux et fécaux est beaucoup plus élevé durant la période estivale où le nombre d'estivants est important. Nous tenons à noter l'absence de salmonelles et de vibrion cholérique.

Mois	Date et heure du prélèvement		Paramètres microbiologiques					Qualité de l'eau
	Date	Heure	Coliformes totaux /100ml	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoques fécaux /100ml	Salmonelles 1L	Vibrions cholériques	
Décembre	14/12/2013	10 :00	150	14	17	Absence	Absence	Mauvaise
Février	13/02/2014	10 :00	167	21	28	Absence	Absence	Mauvaise
Avril	17/04/2014	10 :00	215	32	42	Absence	Absence	Mauvais
Juin	14/06/2014	10 :00	10500	190	54	Absence	Absence	Mauvaise
Valeur « guide »			500	100	100	00	00	-
Valeurs limites			10 000	2000	-	00	00	-

Tableau 8-3 : Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station d'Ain Türk

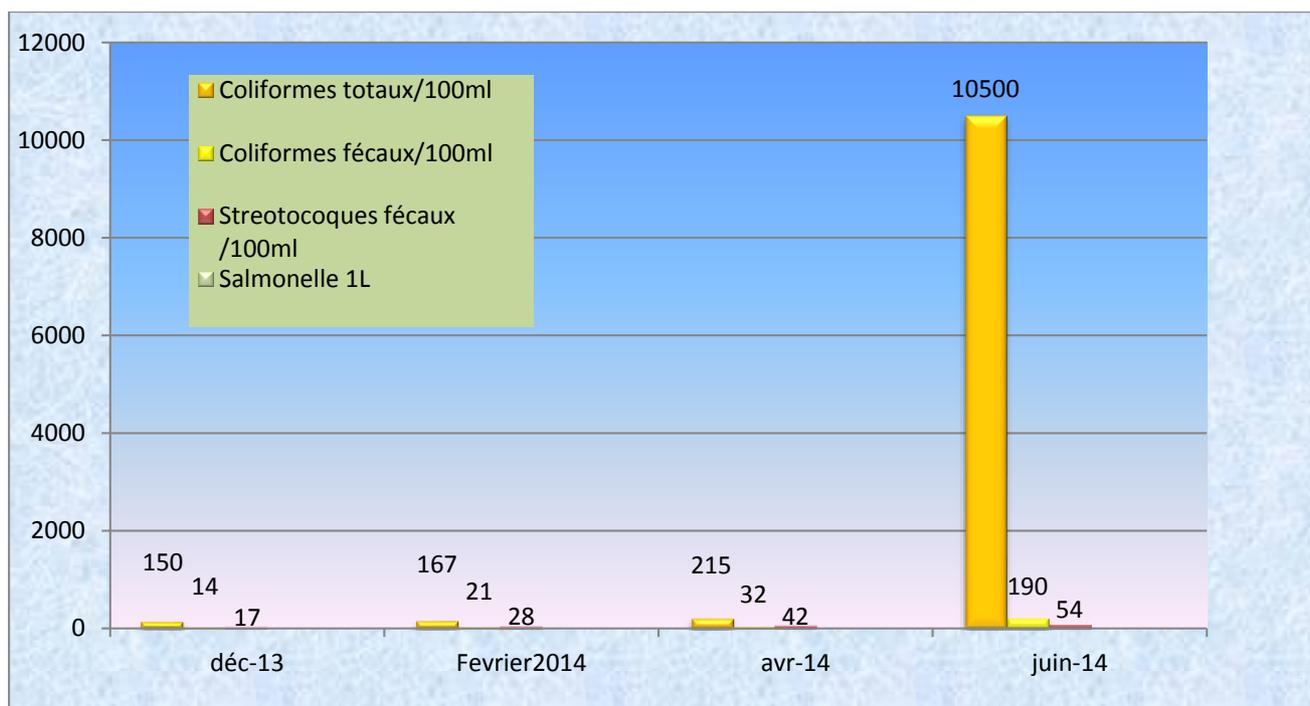


Figure 8-3: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Ain Türk.

8.1.4 Station d'Ain Franine:

La station d'Ain Franine et selon les valeurs enregistrées dans le tableau 8.4 et par la figure 8.4 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 24/100 ml comme valeur maximale en Juin par rapport à la valeur

guide qui est de 500/100 ml. 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.

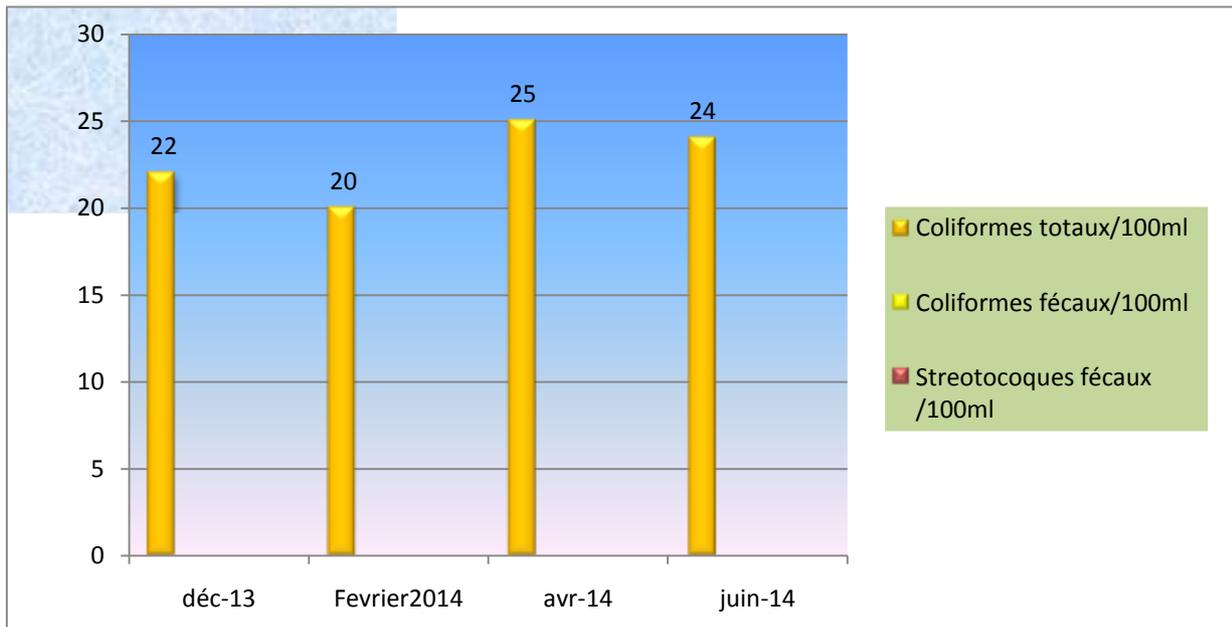


Figure 8-4: Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques de l'eau de la station Ain Franine.

Tableau 8-4: Caractéristiques bactériologiques de l'eau de la station d'Ain Franine

Mois	Date et heure du prélèvement		Paramètres microbiologiques					Qualité de l'eau
	Date	Heure	Coliformes totaux /100ml	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoques fécaux /100ml	Salmonelles 1L	Vibrions cholériques	
Décembre	14/12/2013	11 :30	22	00	00	Absence	Absence	Bonne
Février	13/02/2014	11 :30	20	00	00	Absence	Absence	Bonne
Avril	17/04/2014	11 :30	25	00	00	Absence	Absence	Bonne
Juin	14/06/2014	11 :30	24	00	00	Absence	Absence	Bonne
Valeur « guide »			500	100	100	00	00	-
Valeurs limites			10 000	2000	-	00	00	-

D'après les résultats des analyses bactériologiques qu'on a obtenus, une importante pollution au niveau de la station d'Ain Türk est à signaler par rapport aux restes des stations où le taux de germes nocifs n'est pas trop inquiétant.

La forte contamination fécale pour la station d'Ain Türk 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 d'une station d'épuration à proximité (Bouisseville et Cap Falcon).

La valeur maximale de germes a été enregistrée au niveau de la station d'Ain Türk au mois de Juin 2011 avec 10500/100 ml de coliformes totaux, 190/100 ml de coliformes fécaux et 54/100 ml de streptocoques fécaux alors que les valeurs minimales ont été enregistrées à travers les deux stations de Madagh avec 18/100 ml de coliformes totaux et Ain Franine avec un minimum de 20/100 ml de coliformes totaux.

La station de Madagh représente une eau de bonne qualité bactériologique par rapport à celle de Bousfer avec un taux de coliformes totaux de 66/100 ml enregistré au mois de Juin contre 360/100 ml enregistré durant la même période à travers la station de Bousfer, pour les coliformes fécaux, on a noté l'absence de ces derniers à travers la station de Madagh alors qu'au niveau de la station de Bousfer, on a enregistré un pic de 10/100 ml de coliformes fécaux au mois de Juin, même lecture pour les streptocoques fécaux où nous avons enregistré 8/100 ml de streptocoques fécaux comme valeur maximale au mois de Juin 2011 à travers la station de Bousfer, cependant cette valeur est nulle pour la station de Madagh.

La station de Ain Türk est trop affectée par une contamination d'origine fécale assez importante contrairement à la station de Madagh avec un taux de 10500/100 ml de coliformes totaux au mois de Juin, dépassant ainsi les normes et rend l'endroit de mauvaise qualité bactériologique, même lecture pour les coliformes fécaux avec une valeur de 190/100 ml et 54/100 ml pour les streptocoques fécaux enregistrées au mois de Juin 2011. Cette pollution s'explique par l'élévation de la température, la masse importante des baigneurs et les rejets des eaux usées en milieu marin sans traitement préalable.

La station de Madagh présente une eau de bonne qualité bactériologique à l'égard de celle de Ain Franine avec un taux qui varie entre 18/100 ml et 66/100 ml de coliformes totaux pour la station de Madagh et entre 20/100 ml et 25/100 ml de coliformes totaux à travers la station de Ain Franine, pour les coliformes et streptocoques fécaux, on a noté l'absence de ces derniers dans les deux stations qui sont qualifiées comme stations de bonne qualité bactériologique.

Les résultats de la station de Bousfer sont moins inquiétants par rapport à ceux de la station de Ain Türk malgré la présence de coliformes totaux avec un pic de 360/100 ml de coliformes totaux, de 10/100 ml de coliformes fécaux et de 8/100 ml de streptocoques fécaux au mois de Juin 2011, ces valeurs restent en dessous des normes, contrairement à la station de Ain Türk où les taux de coliformes totaux et fécaux dépassent les normes. Cette station est nettement polluée par rapport à celle de Bousfer.

Les résultats enregistrés à travers la station de Ain Franine sont très satisfaisants avec un maximum de 25/100 ml de coliformes totaux au mois d'Avril et absence de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux, alors que les résultats obtenus à la station de Bousfer

montrent un taux compris entre 30/100 ml et 360/100 ml de coliformes totaux, entre 4/100 ml et 10/100 ml de coliformes fécaux et entre 5/100 ml et 8/100 ml de streptocoques fécaux, mais restent toujours en dessous des normes requises.

A l'issu des résultats obtenus à travers les deux stations de Ain Türk et Ain Franine, la station de Ain Türk 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 deux stations, la station d'Ain Türk est connu par ses plages et son tissu urbain implanté à proximité de la mer et par ses 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.

Enfin, il est à noter l'absence à travers les quatre stations durant toute la période d'étude de salmonelles et vibrion cholérique.

Les résultats des analyses bactériologiques (tableau 8.5) 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 2005 - 2010 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 2006 à 2011 enregistré à travers plusieurs stations du littoral oranais (tableaux 8.5 et 8.6) contre un taux compris entre 18/100 ml et 10500/100 ml enregistré durant nos analyses pour la même période. Pour les coliformes fécaux, les données de la période allant de 2006 à 2011 montrent un taux variant entre 5/100 ml et 250/100 ml au mois de Juin enregistré à travers les mêmes stations (tableaux 8.5 et 8.6) contre un taux compris entre 10/100 ml et 190/100 ml qu'on a enregistré durant les analyses pour la même période. 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.

Tableau 8-5: Données bactériologiques des stations du littoral oranais

Années	Mois	Germe bactériologique	Nombre de germes / 100 ml / station								norme	
			Madag h	Andal -ouses	Cap Falco n	Bousse -ville	Beau- Séjou r	St Germai n	Trou -ville	El pilot o		
2006	Juin	Coliformes totaux	40	14000	930	14000	14000	14000	14000	930	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	00	23	20	23	00	23	200	
	Juillet	Coliformes totaux	40	14000	930	14000	14000	14000	1400	14000	10000	
		Coliformes fécaux	00	23	00	23	23	23	00	23	200	
			Coliformes	43	4600	1100	1500	14000	14000	1400	14000	10000

RESULTATS ET DISCUSSION

	Aout	totaux							0		
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	23	23	20	20	200
2007	Juin	Coliformes totaux	43	7500	4300	14000	14000	14000	1400	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	00	23	23	20	00	20	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	11000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	20	23	23	20	23	200
	Aout	Coliformes totaux	70	14000	4600	7500	14000	11000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	23	20	20	20	200
2008	Juin	Coliformes totaux	43	11000	11000	14000	1400	14000	11000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	11000	11000	14000	7000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	20	20	23	20	00	00	200
	Aout	Coliformes totaux	70	14000	14000	14000	14000	14000	14000	11000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	200
2009	Juin	Coliformes totaux	41	11000	14000	11000	14000	14000	930	7000	10000
		Coliformes fécaux	00	25	20	00	20	00	00	00	200
	Juillet	Coliformes totaux	43	14000	7000	14000	14000	11000	4600	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	20	23	20	00	23	200
	Aout	Coliformes totaux	40	14000	11000	14000	14000	14000	7000	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	23	00	20	00	00	00	200
2010	Juin	Coliformes totaux	40	14000	11000	14000	14000	15000	4600	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	20	23	20	20	00	23	200
	Juillet	Coliformes totaux	40	14000	14000	14000	14000	4600	4600	11000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	20	00	00	00	00	200
	Aout	Coliformes totaux	43	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	10000
		Coliformes fécaux	00	23	00	00	20	23	00	23	200

Tableau 8-6: Données bactériologiques des stations du littoral oranais (FEKIR, 2007)

Années	Mois	Germe bactériologiques	Nombre de germes / 100 ml / station								Normes
			Madag h	Andal -ouses	Cap Falco n	Bousse -ville	Beau- Séjour	St Germai n	Trou - ville	El pilot o	
2011	Avril	Coliformes totaux	43	240	1110	14000	14000	14000	1400 0	1200	10000
		Coliformes fécaux	00	05	23	210	135	150	210	23	2000
	Mai	Coliformes totaux	43	120	4200	14000	14000	14000	1100 0	1200	10000
		Coliformes fécaux	00	15	46	150	175	150	200	23	2000
	Juin	Coliformes totaux	40	150	8200	11000	11000	14000	1400 0	210	10000
		Coliformes fécaux	00	25	150	200	150	250	125	15	2000
	Juillet	Coliformes totaux	43	4600	8200	14000	14000	11000	1400 0	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	46	175	250	150	175	150	46	2000
	Aout	Coliformes totaux	75	240	2400	14000	14000	11000	1100 0	4600	10000
		Coliformes fécaux	00	20	34	250	175	150	175	34	2000

8.1.5 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 8.7).

Tableau 8-7: 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

A l'issu 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 MSPRH) 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.

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 8.8).

Tableau 8-8: Qualité bactériologique des eaux de baignade du littoral ouest algérien (MSPRH, 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

8.2 Etude physico-chimique :

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques réalisées dans les quatre stations sont représentés dans les tableaux 8.9 ;8.10 ;8.11 et 8.12.

8.2.1 Station de Madagh :

La température de l'eau varie de 11°C durant le mois de Décembre 2010 à 31°C durant le mois de Juin 2011. Le pH est stable dont sa valeur est de l'ordre de 8. Pour la turbidité, elle varie entre 10.3 durant le mois de Février à 11.1 enregistrée au mois de Juin (figure 8.5). La lecture des résultats physico-chimiques montre une certaine stabilité des nitrites avec une légère augmentation enregistrée durant le mois d'Avril de l'ordre de 0,03 mg/l. Le taux de nitrites est conforme aux normes. Le taux de nitrates varie entre 0.1 à 0.3 mg/l mais il est au-dessous des normes. Concernant l'ammonium, le taux le plus élevé est de 0,1 mg/l enregistré durant le mois de Juin, le taux le plus bas est de 0,06 mg/l enregistré durant le mois de février, le taux des phosphates varie de 0,07 à 0,1 mg/l et qui est à la limite inférieure de la valeur limite (figure 8.6). La dureté varie entre 534.2 en mois de Février 2011 et 690.4 unité française au mois de Juin 2011 (figure 8.7).

Il est à noter que la région de Madagh est connue aussi par sa vocation agricole, ce qui est à l'origine d'un déversement en mer de nitrites et de phosphates résultant du lessivage des terres suite aux pluies.

Tableau 8-9: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station de Madagh durant 2010-2011

	pH	T° C	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Ammonium mg/l	Phosphates mg/l	Dureté (Unit fr)	Turbidité
Décembre	8	11	0.01	0.1	0.05	0.07	535.8	10.4
Février	8.1	15	0.01	0.3	0.06	0.09	534.2	10.3
Avril	8	18	0.03	0.2	0.04	0.1	536.1	10.8
Juin	8	31	0.02	0.2	0.1	0.1	690.4	11.1
Valeur «guide»			0 - 0.01	<10	0 - 0.01	0 - 0.01		
Valeurs limites (mg/l)			0.1-0.3	20 - 40	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		

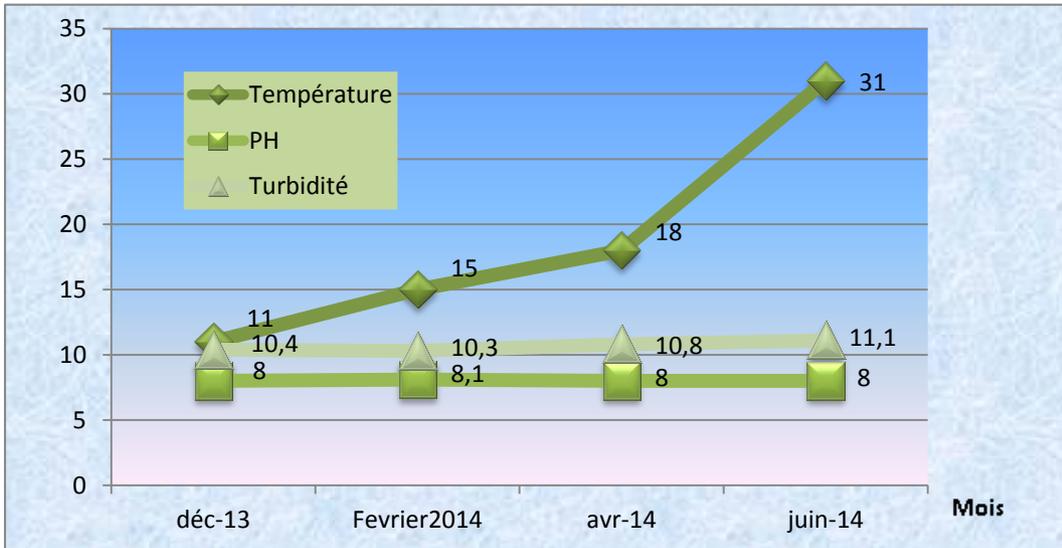


Figure 8-5: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station de Madagh

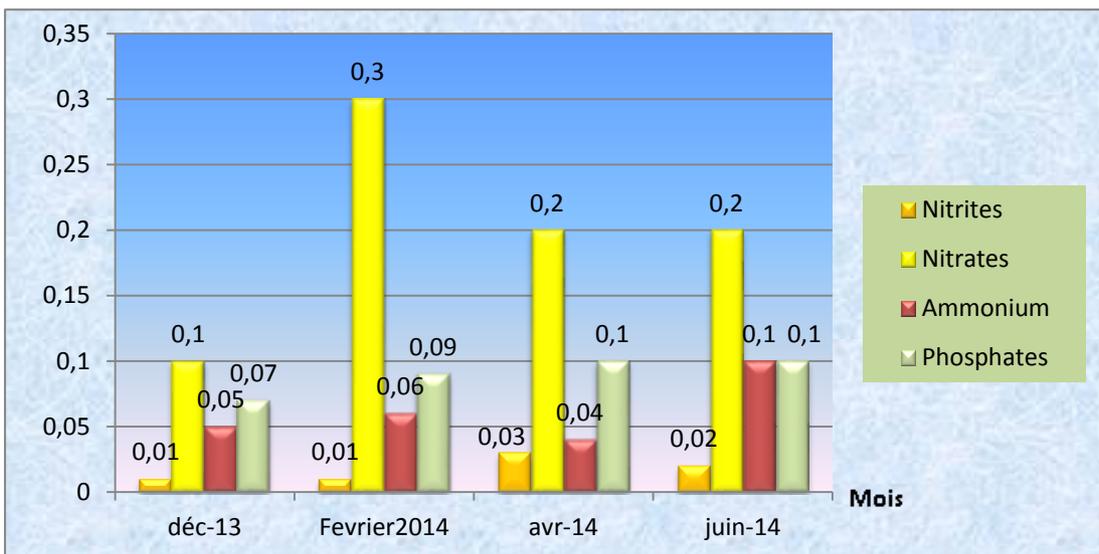


Figure 8-6: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station de Madagh

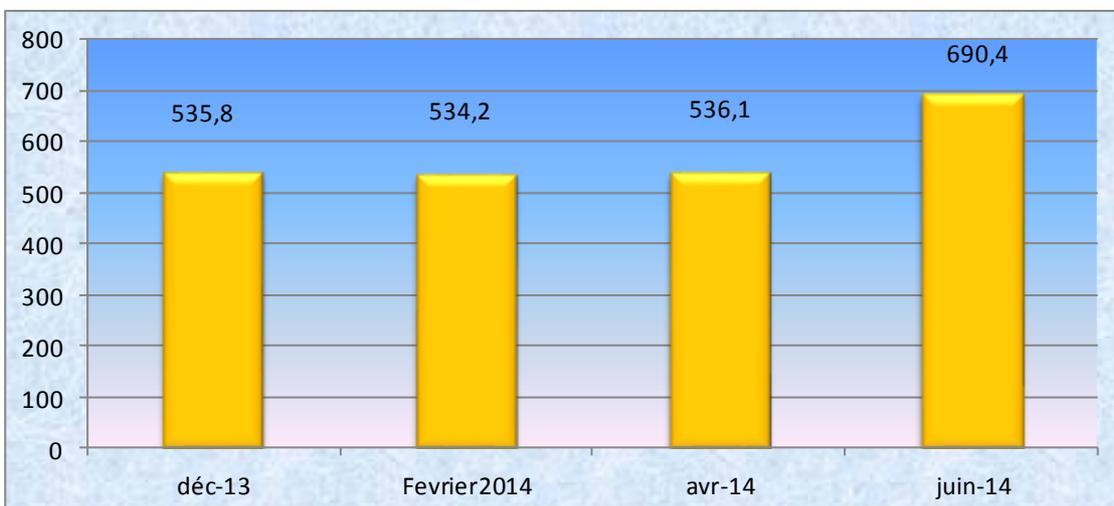


Figure 8-7: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station de Madagh

8.2.2 Station de Bousfer :

La température varie de 11°C durant Décembre 2013 à 31°C durant Juin 2014. Le pH est stable dont sa valeur est comprise entre 8 et 8.2. Pour la turbidité, elle varie entre 11.2 durant Décembre 2013 à 12.3 enregistrée en Février (figure 8.8). Les résultats des analyses montrent une conformité par rapport aux normes pour les nitrites, il est compris entre 0.07 et 0.08 mg/l. Le taux de nitrates varie entre 0.2 à 0.3 mg/l et qui est au-dessous des normes. Concernant l'ammonium, il est entre 0.06 et 0.09 mg/l, le taux le plus élevé est enregistré durant le mois de Juin, le taux des phosphates varie de 0,05 à 0,1 mg/l et qui est à la limite inférieure de la valeur limite (figure 8.9). La dureté varie entre 512.3 en Décembre 2010 et 647.7 unité française en Juin 2014(figure 8.10).

Tableau 8-10 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station de Bousfer durant 2013-2014

	pH	T° C	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Ammonium mg/l	Phosphates mg/l	Dureté (Unit fr)	Turbidité
Décembre	8.1	11	0.08	0.2	0.07	0.05	512.3	11.2
Février	8.2	14	0.07	0.3	0.06	0.09	563.4	12.3
Avril	8	18	0.07	0.2	0.06	0.1	611.1	11.5
Juin	8	31	0.08	0.2	0.09	0.1	647.7	12.2
Valeur «guide»			0 - 0.01	<10	0 - 0.01	0 - 0.01		
Valeurs limites (mg/l)			0.1 - 0.3	20 - 40	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		

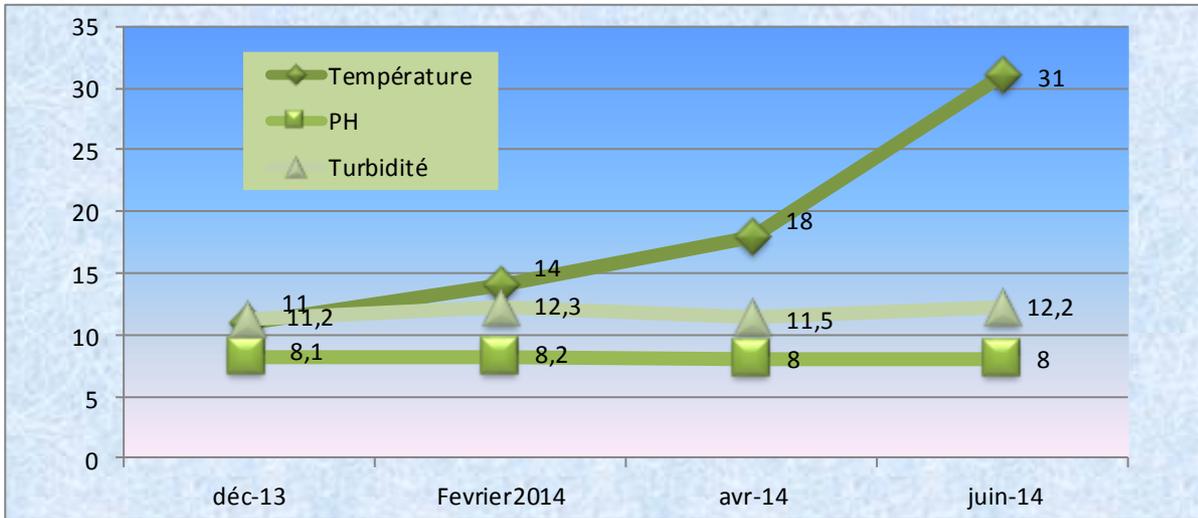


Figure 8-8: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station de Bousfer

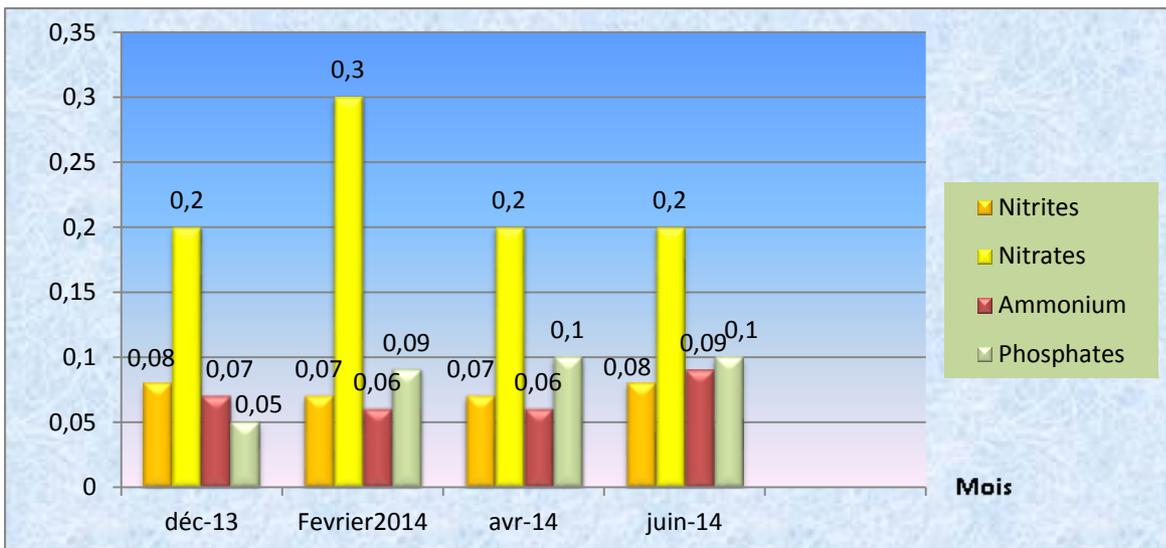


Figure 8-9: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station de Bousfer

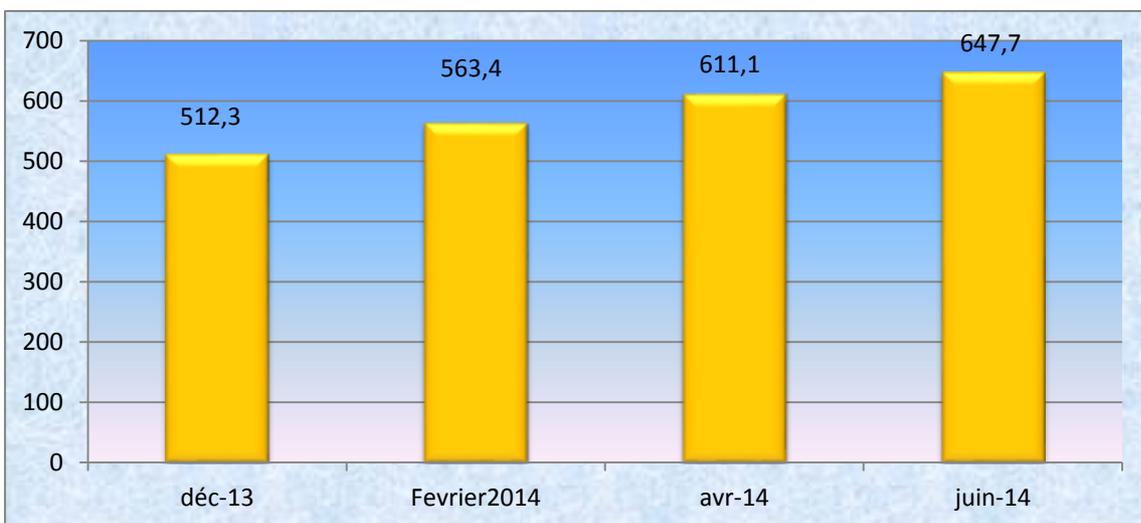


Figure 8-10: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station de Bousfer.

8.2.3 Station d'Ain Türk:

La température varie de 12°C durant Décembre à 31°C durant Juin. Le pH est stable entre 8,1 et 8,2. La turbidité varie entre 10,7 durant Décembre et 14,5 enregistrée en Avril (figure 8.11). Nous avons enregistré une conformité des nitrites avec les normes dont le taux varie entre 0,03 et 0.06 mg/l. Le taux de nitrates varie entre 0.1 à 0.3 mg/l et qui est au-dessous des normes. Le taux de l'ammonium varie de 0,06 à 0,1 mg/l et qui est à la limite inférieure de la valeur limite. Concernant les phosphates, le taux reflète une certaine stabilité avec une valeur supérieure de 0,1 mg/l enregistré durant les mois de Décembre, Avril et Juin et une valeur inférieure de 0.08 mg/l enregistrée durant le mois de Février (figure 8.12). La dureté de l'eau varie entre 598.3 en Décembre et 778.9 unité française en Juin (figure 8.13).

Tableau 8-11: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station d'Ain Türk durant 2013-2014

	pH	T° C	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Ammonium mg/l	Phosphates mg/l	Dureté (Unité française)	Turbidité
Décembre	8.1	12	0.05	0.2	0.1	0.1	598.3	10.7
Février	8.2	15	0.06	0.1	0.06	0.08	605.2	12.1
Avril	8.1	17	0.03	0.1	0.09	0.1	611.6	14.5
Juin	8.1	31	0.05	0.3	0.1	0.1	778.9	13.3
Valeur «guide»			0 - 0.01	<10	0 - 0.01	0 - 0.01		
Valeurs limites (mg/l)			0.1-0.3	20 - 40	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		

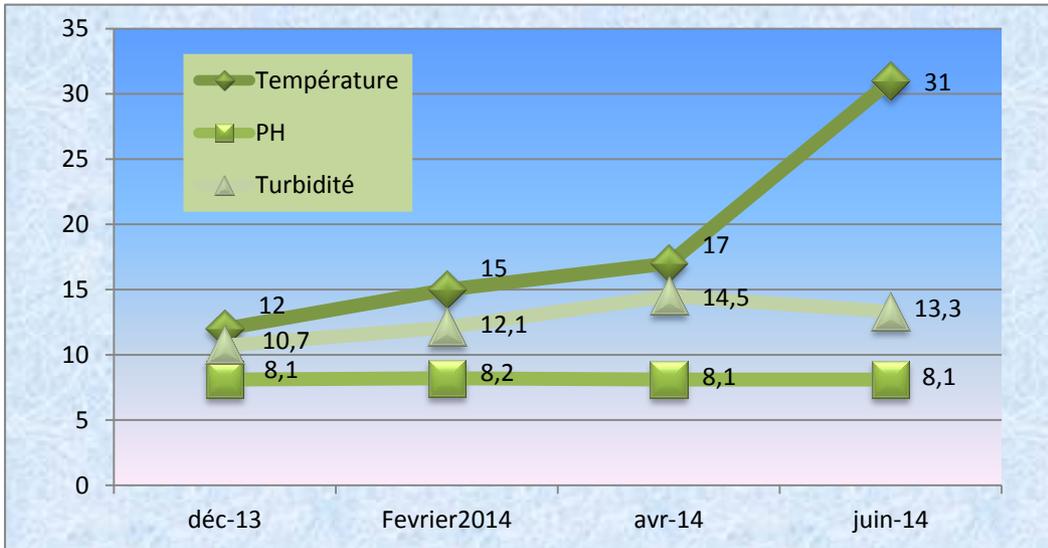


Figure 8-11: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station d'Ain Türk

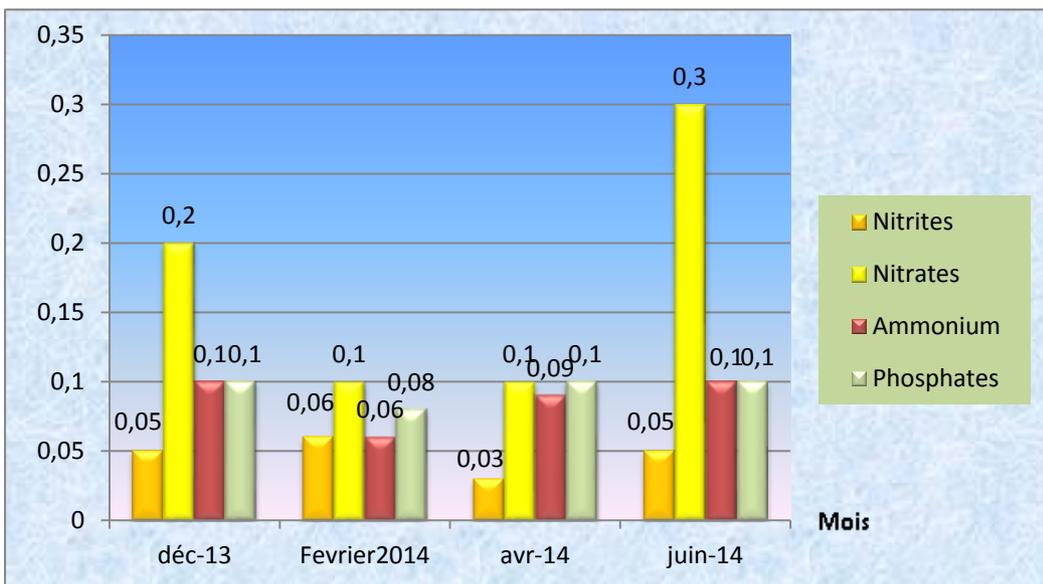


Figure 8-12: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station d'Ain Türk

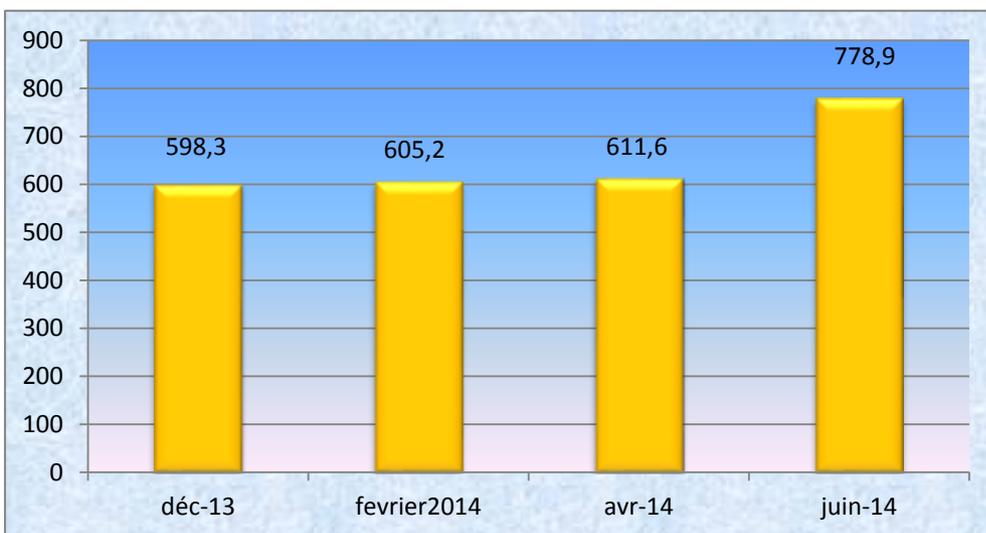


Figure 8-13: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station d'Ain Türk

8.2.4 Station d'Ain Franine:

La température varie de 13°C durant le mois de Décembre 2010 à 30°C durant le mois de juin. Le pH est stable dont sa valeur est comprise entre 8.2 et 8.3. Pour la turbidité, elle varie entre 10.2 durant le mois d'Avril et 14.9 enregistrée au mois de Juin (figure 8.14). Les résultats des analyses chimiques montrent un taux de nitrites entre 0.04 mg/l enregistrée durant le mois de Décembre et 0,07 mg/l enregistré durant le mois de Juin, le taux de nitrites est conforme aux normes. Pour les nitrates, le taux varie entre 0.1 à 0.2 mg/l et qui est au-dessous des normes. Concernant l'ammonium, le taux est plus ou moins stable et varie entre 0.05 et 0,06 mg/l. Le taux des phosphates varie de 0,07 à 0,1 mg/l et qui est à la limite inférieure de la valeur limite (figure 8.15). La dureté varie entre 485.3 en mois de Décembre et 660.3 unité française au mois de Juin (figure 8.16).

Tableau 8-12: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la station d'Ain Franine durant 2013-2014

	pH	T° C	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Ammonium mg/l	Phosphate mg/l	Dureté (Unité fr)	Turbidité
Décembre	8.2	13	0.04	0.1	0.06	0.07	485.3	13.5
Février	8.3	15	0.05	0.2	0.05	0.1	603.4	12.5
Avril	8.2	17	0.05	0.1	0.05	0.09	629.3	10.2
Juin	8.2	30	0.07	0.1	0.06	0.1	660.3	14.9
Valeur «guide»			0 - 0.01	<10	0 - 0.01	0 - 0.01		
Valeurs limites (mg/l)			0.1-0.3	20 - 40	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		

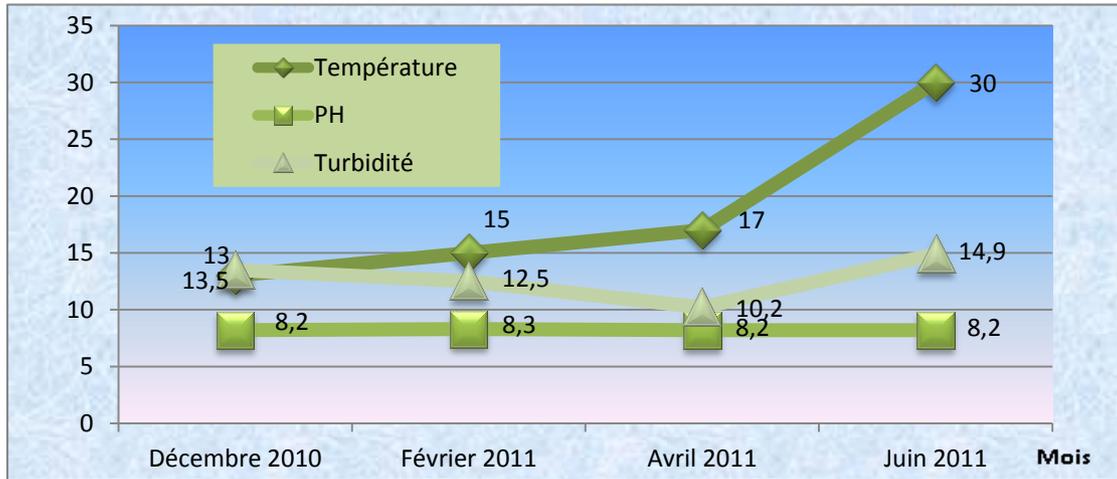


Figure 8-14: Variation mensuelle de la température, pH et turbidité de l'eau de la station d'Ain Franine

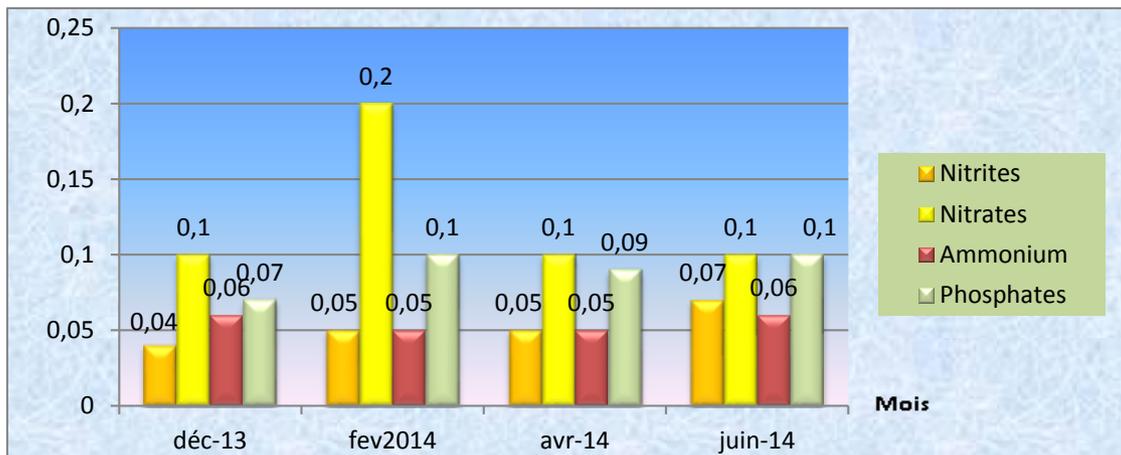


Figure 8-15: Variation mensuelle des formes azotées et phosphorées de l'eau de la station d'Ain Franine

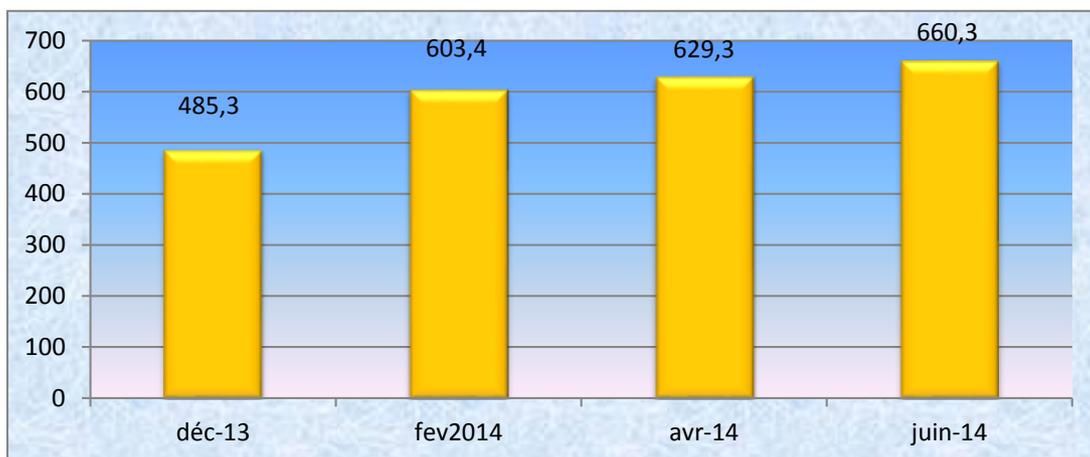


Figure 8-16: Teneur mensuelle de la dureté de l'eau de la station d'Ain Franine

Les résultats des analyses physico-chimiques varient d'une station à l'autre. La température de l'eau des stations étudiées varie de 11°C (Madagh et Bousfer) à 31 °C (Madagh, Bousfer et Ain Türk), elle varie selon les saisons (entre 11°C à 15°C en hiver) et (entre 30°C à 31°C en été).

Le pH des stations étudiées varie entre 8 et 8.3, c'est un résultat normal sachant que l'eau de mer est alcaline avec un pH de l'ordre de 8.

La dureté totale varie entre 485.3 unité française (Décembre 2013 à Ain Franine) et 778.9 unité française (Juin 2011 à Ain Türk), elle représente le taux des ions de calcium et de magnésium.

Les résultats des analyses de la turbidité des quatre stations varient entre 10.2 unité française (Ain Franine) et 14.9 unité française à la même station, l'augmentation du taux de turbidité peut s'expliquer par :

- Une teneur importante en matières fines ou colorantes en suspension ;
- Une teneur élevée en plancton ;
- Une eutrophisation de l'eau surtout que la station de Ain Franine est connue par certaines activités agricoles avec 0.07 mg/l de nitrites, 0.06 mg/l d'ammonium et 0.1 mg/l de phosphate enregistrés en Juin.
- Les rejets domestiques peuvent aussi être derrière l'élévation de la turbidité, c'est le cas de station d'Ain Türk où on a enregistré un taux de 14.5 unité française au mois d'Avril.

Les résultats de l'ammonium obtenus pour les deux stations de Madagh et Ain Türk qui sont de l'ordre de 0.1 mg/l (mois de Juin) juste à la limite inférieure de la valeur limite montrent une forme de pollution en ammonium dont l'origine peut être due au mauvais fonctionnement du cycle de l'azote où l'ammonium n'est pas transformé par les bactéries du genre Nitrosomonas et Nitrobacter (responsables de la nitrification et la dénitrification).

Il est à noter que les résultats des analyses des nitrites et des nitrates sont conformes aux normes requises.

En comparant nos résultats avec ceux des travaux effectués au niveau du littoral oranais par Sahnouni, 2003; Fekik, 2007; Naimi et Bloufa, 2009; Rahmani et Rahal, 2010, on constate toujours une contamination microbienne en particulier dans la région de Ain Türk où on a noté jusqu'à 14.000 coliformes totaux/100 ml d'eau de mer et 250 coliformes fécaux/100 ml d'eau de mer.

Au niveau régional, selon les travaux de Lakmeche, 2007 au niveau de la région de Bouzedjar et celui de Bousahla et Abdelkaoui, 2007, on constate aussi une contamination microbienne des eaux marines où on a noté jusqu'à 11.000 coliformes totaux/100 ml d'eau

de mer pour la région de Terga et jusqu'à 240 coliformes fécaux/100 ml d'eau de mer pour la même région.

Au niveau Maghrébin, les rejets d'eaux usées sans aucun traitement préalable en milieu marin sont à l'origine de la contamination microbienne élevée surtout en matière de coliformes fécaux au niveau de la Baie d'Agadir (**MIMOUNI, 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 nettement enregistré par les analyses que nous avons effectuées à travers les quatre (04) stations étudiées. La région d'Ain Türk a fait l'objet d'une contamination fécale 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 de la zone d'Ain Türk où nous avons 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 la station d'Ain Türk est la plus affectée par la contamination microbienne où on a enregistré 10500 coliformes totaux/100 ml, 190 coliformes fécaux/100 ml et 54 streptocoques fécaux/100 ml, suivie par la station de Bousfer avec 360 coliformes totaux/100 ml, 10 coliformes fécaux/100 ml et 08 streptocoques fécaux/100 ml.

Les résultats des analyses bactériologiques et physico-chimiques 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 2013 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 c'est des maladies sévissant toute l'année et c'est pour cette raison que nos prélèvements se sont étalés sur toute l'année.

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 le 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 stations réservées à la baignade doivent être soumises 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.

REFERENCES 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.

ALZIEU C., 1989. L'eau : milieu de culture. *In* Aquaculture. 2^{ème}. Ed. Tec et Doc, Tome 1 : 16-43

AMINOT. A et CHAUSSEPIED. M., 1983 :Manuel des analyses chimiques en milieu marin. DOCCNEXO, Brest (France.), 395 p.

AMINOT A et KEROUEL R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336 p.

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., AUBERT, J., FLATTAU, 1980 : Métaux lourds en Méditerranée. *Rev. Inter. Oceanorg. Méd.*, Tome LVI- LVII, 1979 -1980.

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

AUBERT M., 1987 : Techniques d'Etudes des pollutions chimiques. *Actes du 8^{ème} Colloque Intr. d'Océanographie Médit. C.E.R.B.O.M.*

AUGUIER H., RAMANDA, G & SANTIMONE, M., 1988 : Teneurs en métaux lourds des oursins comestibles (*Paracentrotus lividus*, Lmk) dans les zones à grandes activités touristiques de l'île de Port Cros. *Actes Colloque Intern. Sur l'oursin comestible Paracentrotus lividus. Carry Le Rouet* : 271-284

AUGUIER, H., PARK, W. & RAMONDA, G., 1992: Study of geographical and seasonal metal content variation in different parts of the edible sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lmk), from three provençal tet areas: 75-89.

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.

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

BOUTIBA Z., 1992: Mammifères marins des côtes d'Algérie – Statut, répartition, écologie, biologie. *Thèse d'état*, Département de Biologie, Faculté des sciences, Université d'Oran : 575 p.

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.

BOUTIBA Z., 2003b: Guide de l'environnement marin. *Edition Dar El Gharb*, Oran, Algérie. 31 p.

BOUTIBA Z., 2004: Dauphins et baleines d'Algérie. *Edition Dar El Gharb*, Oran, Algérie. 107 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.

BOUSAHLA MOHAMED. et ABDALKAOUI OMAR, 2007 : La qualité microbiologique des eaux de baignade de Tergua-plage et Sassel, *Mémoire d'ingénieur d'état*, Université Djillali Liabes, Faculté des sciences, Département de l'environnement. 32 p

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.

CHAPRON C.D., N.A. BALLESTER, J.H. FONTAINE, C.N. FRADES et A.B. MARGOLIN, 2000: Detection of astroviruses, enteroviruses, and adenovirus types 40 and 41 in surface waters collected and evaluated by the information collection rule and an integrated cell culture-nested PCR procedure. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 2520-2525.

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.

COPIN-MONTEGUT G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Institut océanographique, Paris. 319 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.

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.

EDBERG S.C., E.W. RICE, R.J. KARLIN et M.J. ALLEN, 2000: *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Symp. Ser. Soc. Appl. Microbiol.*, 29: 106S-116S.

ERLANDSEN, S.L., L.A. SHERLOCK, M. JANUSCHKA, D.G. SCHUPP, F.W., SCHAEFER, W, JAKUBOWSKI et W.J. BEMRICK, 1988: Cross-species transmission of *Giardia* spp.: inoculation of beavers and muskrats with cysts of human, beaver, mouse, and muskrat origin. *Appl. Environ. Microbiol.*, 54(11): 2777-2785.

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 Abbes. 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.

GHODBANI T., 2001 : Extension urbanistique dans le littoral d'Oran et ses effets sur l'environnement. *Mémoire de magister*. Université d'Oran. Département de Géographie et de l'Aménagement du territoire. 187 p

GRIFFIN 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.

GUY R.A., P. PAYMENT, U.J. KRULL et P.A. HORGEN, 2003: Real-time PCR for quantification of *Giardia* and *Cryptosporidium* in environmental water samples and sewage. *Appl. Environ. Microbiol.* 69(9): 5178-5185.

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

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.

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, AMAR, BOUTIBA et 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>

LACOMBE H. et TCHENIA P., 1960 : Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée dans l'approche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar : 526-547.

LACOMBE H., 1965 : Cours d'océanographie physique. Paris: Gauthier Villars.

LAKMECHE ZOULIKHA, 2007 : Evaluation de la qualité des eaux de baignade de la plage de Bouzedjar - Littoral ouest algérien-. Mémoire d'ingénieur d'état. Université Djillali Liabes. Sidi Bel Abbes. Faculté des sciences. Département des sciences de l'environnement. 100 p

LAVERICK, M.A., A.P. WYN-JONES et M.J. CARTER, 2004: Quantitative RT-PCR for the enumeration of noroviruses (Norwalk-like viruses) in water and sewage. *Lett. Appl. Microbiol.* 39: 127-136.

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.

LECLERC, H., D.A. MOSSEL, S.C. EDBERG et C.B. STRUIJK, 2001: Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu. Rev. Microbiol.* 55: 201-234.

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.

LEVÊQUE C., 1996. Ecosystèmes aquatiques. *Les fondamentaux, Ed. Hachette.* 159 p.

MANCINI J.L., 1978 ; FLINT K.P., 1987. Numerical estimates of coliform mortality rates under various conditions. *Water pollution control board journal.* 2477 - 2484.

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

MILLOT, C., 1985: Some features of the Algerian current. *J. geophys. 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.

NAIMI FATIMA ZOHRA et BLOUFA LAKHAL KHEIRA, 2009: La qualité bactérienne des eaux de baignade de la corniche oranaise, Mémoire d'ingénieur d'état, Université Djillali Liabes. Sidi Bel Abbes. Faculté des sciences. Département des sciences de l'environnement. 87 p

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.

PAYMENT, P., 1984: Viruses and bathing beach quality. *Can. J. Public Health.* 75: 43- 48.

PAYMENT, P. et E. Franco, 1993: Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 2418-2424.

PAYMENT, P., A. BERTE, M. PRÉVOST, B. MÉNARD et B. BARBEAU, 2000: Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Can. J. Microbiol.* 46: 565-576.

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

PERGENT-MARTIN.C, 1993 : Qualité du milieu marin – Indicateurs biologiques et physico-chimiques. *Gis Posidonies*, Marseille (France), pp 41-50

PINA, S., M. PUIG, F. LUCENA, J. JOFRE et R. GIRONES, 1998: Viral pollution in the environment and in shellfish: human adenovirus detection by PCR as an index of human viruses. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64: 3376-3382.

PINTA, M., BAUDIN, G. & BOURDAN, R, 1979 : Spectrophotomètre d'absorption atomique, Tome 1. Problèmes généraux, 2ème édition. Paris, *MASSON, O.R.S.T.O.M.*: 159

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

PUIG, M., J. JOFRE, F. LUCENA, A. ALLARD, G. WADELL et R. GIRONES, 1994: Detection of adenoviruses and enteroviruses in polluted waters by nested PCR amplification. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60: 2963-2970.

RAHMANI MALIKA et RAHAL MALIKA, 2010: Diagnostic sanitaire des principaux espaces récréatifs du littoral oranais "Bouisseville - Cap Falcon – Andalouses", *Mémoire*

d'ingénieur d'état, Université Djillali Liabes. Sidi Bel Abbas. Faculté des sciences. Département des sciences de l'environnement. 91 p.

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

RAMADE F., 1992: Eléments d'écologie, écologie appliquée, l'homme sur la biosphère.208-209 p.

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

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

SAHNOUNI, F., 2004 – Surveillance de la qualité des eaux marines du littoral oranais cas des baies de Cap Falcon, des Andalouses et de Maddagh. *Mémoire de Magister*. 144 p.

SCHROEDER, H.A., FROST, D.V. & BALASSA, J., 1967- J. Chron. Dis., 23: 227-243.

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.

SINTON, LW., 1993: Faecal streptococci as faecal pollution indicators: a review. Part II: Sanitary significance, survival and use. N. Z. J. Mar. *Freshwater Res.* 27: 117-137.

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

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

TIDADINI M. L. et AMDOUN A., 2003 : Etude hydrobiologique de lac du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza) : Variation spatio-temporelle du peuplement zooplanctonique, physico-chimique, composition spécifique du plancton. *Mém. d'Ing. d'Etat en aquaculture*, U.ST.H.B., 110 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.

YODER J.S., BLACKBURN B.G et CRAUN G.F, 2004: Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with recreational water - United States, 2001-2002. *MMWR CDC Surveill. Summ.*, 53: 1-22.

Bibliographie (annexe)

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

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

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

OMS, 1999: Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of a new approach (the "Annapolis Protocol"). Résultats d'expertise, Annapolis, MD, co-parrainé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Organisation mondiale de la santé, Genève.

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.

O.N.M, 2010 : Données climatologiques de l'office national météorologique d'Oran.

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.

U.S. EPA, 2002: Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria (May 2002 draft). Office of Water, Environmental Protection Agencydes États-Unis,