

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



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
Faculté Des Sciences
Département Biologie



Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences.

Option : Biologie Animale

Thème

Evaluation spatio-temporelle de la qualité des eaux de baignade dans
le golfe de Skikda

Par

OUAMANE SOUHEILA

Devant le jury composé de :

DRAREDJA Brahim	Professeur	Président	Université d'Annaba
MEZEDJRI Lyamine	Professeur	Directeur de thèse	Université de Skikda
TAHAR Ali	Professeur	Co-directeur de thèse	Université d'Annaba
LAÏFA Azziz	Professeur	Examineur	Université d'Annaba
KHATI Willia	Maitre de conférences A	Examinatrice	Université de Tarf
DJERROU Zouhir	Maitre de conférences A	Examineur	Université de Skikda

Année universitaire 2017-2018

REMERCIEMENTS

Avant toute autre chose, je tiens à exprimer ma profonde gratitude, à Dieu le tout puissant, qui m'a donné force, volonté, courage et patience pour mener à terme ce modeste travail.

Cette thèse a été élaborée et finalisée avec l'aide et le soutien précieux de plusieurs personnes, que je tiens sincèrement à remercier.

Tout d'abord, je tiens à remercier. Monsieur Draredja Brahim professeur en sciences de la mer à l'université Badji Mokhtar Annaba, pour avoir bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury.

Je suis reconnaissante à Monsieur le professeur Laïfa Azziz à l'université Badji Mokhtar, Madame Khati Wallia maitre de conférence A à l'université de Taref, et Monsieur Djerrou Zouhir maitre de conférence A à l'université de Skikda, pour avoir acceptés de faire partie du jury et de me faire l'honneur de critiquer ce travail scientifique.

Et enfin, un très grand merci à mon directeur de thèse Pr Mezedjri Lyamine pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, compréhension, disponibilité et conseils ; ainsi qu'au Pr Tahar Ali qui a accepté de codiriger ce travail.

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe du laboratoire du SEMEP, ainsi qu'aux personnels de la direction de l'environnement de Skikda, pour leur gentillesse, confiance, patience et encouragements.

Et enfin, merci à mes parents, familles et amis pour leurs encouragements et soutien.

Il est difficile de remercier toutes les personnes qui, d'une façon ou d'une autre, m'ont apporté leur aide, sans prendre le risque d'en oublier. J'espère néanmoins leur avoir fait preuve de toute ma reconnaissance à chaque fois qu'elles ont facilité mon travail, donné un coup de main, écouté, soutenu, conseillé,... et surtout supporté. Encore une fois, MERCI !... On ne le dit jamais assez !

Dédicace

Je dédie ce travail

A Ma Mère

Résumé :

Les eaux de baignade regroupent toutes les eaux où l'activité de baignade est autorisée, c'est-à-dire, aussi bien la baignade en eau douce (rivières, lacs et plans d'eau naturels, barrages,...) que la baignade en mer. La présente étude concerne les eaux marines de baignade. La région de Skikda est une zone touristique, connue pour ses nombreuses plages, très fréquentées en période estivale. Le but de cette étude est d'évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de baignade de cette région, à travers l'analyse des eaux d'une dizaine de sites.

Ces analyses portent sur la détermination de certains paramètres physicochimiques, tels que la conductivité électrique, le pH ; ainsi que sur la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale, à savoir les coliformes totaux et thermotolérants, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux

Les résultats ont permis de constater l'existence d'une pollution récente et ancienne, ayant diverses origines (rejets urbains, eaux de ruissellement pluvial, se déversant dans la mer, sans traitements), observée au niveau de tous les sites, de façon plus ou moins flagrante.

Parce que la qualité de l'eau de baignade est un facteur de santé important, mais aussi parce qu'elle est devenue un élément majeur de développement touristique pour les communes littorales ; elle représente donc un paramètre capital à prendre en compte.

Mots-clés : pollution, bactériologie, eaux de baignade, golfe de Skikda.

Abstract:

Swimming waters include all waters where swimming is permitted activity, that is to say, both swimming in fresh water (rivers, lakes and natural water bodies, dams,) that swimming in the sea. This study focuses on marine swimming waters. The Skikda region is a tourist area known for its many beaches, busy in summer. The purpose of this study is to determine the bacteriological and physicochemical quality of swimming water in the region, through the analysis of water in ten sites.

These analyzes focus on the determination of certain physicochemical parameters such as electrical conductivity, pH, as well as the quantification of bacterial indicators of fecal contamination, i.e. the total and thermotolerant coliforms, *Escherichia coli* and fecal streptococci.

The results revealed the existence of old and recent pollution, with various backgrounds (urban discharges, stormwaters runoff, flowing into the sea, without treatment), observed at all sites, more or less obvious.

Because the quality of swimming water is an important factor of health, but also because it has become a major element in tourism development for coastal communities and thus represents a key parameter to take into account.

Keywords: pollution, bacteriology, swimming water, Gulf of Skikda.

Résumés

ملخص:

تشمل مياه السباحة كل المياه التي يسمح فيها بممارسة هذا النشاط، وهذا يشمل مياه السباحة في المياه العذبة (الأنهار والبحيرات والمساحات المائية الطبيعية والسدود....) وكذلك السباحة في مياه البحر. تركز هذه الدراسة على مياه السباحة البحرية.

منطقة كيكدة هي منطقة ياحية عروفة بكثير من واطنها، والتي تعتبر قصدا للكثيرين في فصل الصيف. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد النوعية البكتيرية و الفيزيوكيميائية لمياه السباحة في هذه المنطقة، من خلال تحليل المياه من عشرة مواقع.

هذه التحليلات تركز على القياس الكمي للمؤثرات البكتيرية من التلوث البرازي، أي جموع القولونيات، القولونيات البرازية و المكورات السبحية، وكذلك تحديد بعض المعايير الفيزيائية مثل التوصيل الكهربائي، و درجة الحموضة.

نتائج التحاليل كشفت عن وجود تلوث قديم و حديث لأبواب مختلفة (التصريفات الحضرية، هجري مياه الأبار التي تنتهي في البحر، التفريغ في البحر دون معالجة) تمت ملاحظتها في جميع المواقع، بنسب متفاوتة و ضوح

نوعية مياه السباحة هو عامل مؤثر و مهم للصحة، كما أصبح عنصرا رئيسيا في تنمية السياحة، بالنسبة للمجتمعات الساحلية، و بالتالي فهو يمثل خيارا ليا يجب أن يأخذ بعين الاعتبار.

كلمات بحث: التلوث، علم البكتيريا، مياه السباحة، خليج كيكدة.

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude	5
Figure 2 : Réseau hydrographique de la wilaya de Skikda	7
Figure 3 : Réseau hydrographique de la ville de Skikda	8
Figure 4 : Circulation des eaux superficielles en Méditerranée	9
Figure 5 : Températures moyennes pour la région de Skikda (2001-2016)	11
Figure 6 : Carte pluviométrique annuelle de l'Algérie du Nord	11
Figure 7 : Précipitations moyennes pour la région de Skikda (2001-2016)	12
Figure 8 : Rose des vents dans le golfe de Skikda	13
Figure 9 : Vitesse maximale moyenne des vents dans la région de Skikda (2001-2016)	14
Figure 10 : Schéma représentant la répartition des différentes unités de la plateforme pétrochimique de Skikda	16
Figure 11 : Récapitulatif des sites d'étude	18
Figure 12 : Commune de Skikda, côté Ouest et localisation des sites étudiés	24
Figure 13 : Commune de Skikda, côté Est et localisation des sites de prélèvements	25
Figure 14 : Commune de Filfila, et localisation des sites de prélèvements	26
Figure 15 : Image satellite de la plage «la jetée »	42
Figure 16 : Photo montrant le rejet urbain se déversant dans la mer	43
Figure 17 : Image satellite de la plage « château-vert »	47
Figure 18 : Image satellite de la plage « paradis »	51
Figure 19 : Image satellite de la plage « bikini »	55

Figure 20 : Image satellite de la plage « molo »	59
Figure 21 : Photo de la plage « molo »	60
Figure 22 : Image satellite de la plage « poste 2 »	63
Figure 23 : Image satellite de la plage « poste 3 »	67
Figure 24 : Image satellite de la plage « poste 5 »	71
Figure 25 : Image satellite de la plage « poste 6 »	75
Figure 26 : Image satellite de la plage « poste 7 »	79
Figure 27 : Variations moyennes des températures des eaux de baignade au cours de l'étude	84
Figure 28 : Variations moyennes du pH des eaux de baignade au cours de l'étude	85
Figure 29 : Variations moyennes de la salinité des eaux de baignade au cours de l'étude	86
Figure 30 : Variations moyennes de la conductivité des eaux de baignade au cours de l'étude	87
Figure 31 : Variations moyennes du taux de coliformes totaux des eaux de baignade au cours de l'étude	88
Figure 32 : Variations moyennes du taux de coliformes thermotolérants des eaux de baignade au cours de l'étude	90
Figure 33 : Variations moyennes du taux d' <i>E.coli</i> des eaux de baignade au cours de l'étude	91
Figure 34 : Variations moyennes du taux de streptocoques fécaux des eaux de baignade au cours de l'étude	93
Figure 35 : Schéma résumant le processus de l'autoépuration en eau de mer	98
Figure 36 : Dendrogramme du regroupement des 10 sites de prélèvement, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson	105
Figure 37 : Dendrogramme du regroupement des 2 années de prélèvement, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson	107

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données climatiques de la station météorologique de Skikda, (2001 à 2016)	10
Tableau 2 : Différents rejets de la wilaya de Skikda	15
Tableau 3 : Principaux dangers liés à la baignade en mer polluée	21
Tableau 4 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Skikda Ouest)	23
Tableau 5 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Skikda Est)	25
Tableau 6 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Filfila)	26
Tableau 7 : Principales caractéristiques d'un bon indicateur de contamination fécale	28
Tableau 8 : Paramètres physico-chimiques mesurés	36
Tableau 9 : Paramètres statistiques des données du site 1	43
Tableau 10 : Paramètres statistiques des données du site 2	48
Tableau 11 : Paramètres statistiques des données du site 3	52
Tableau 12 : Paramètres statistiques des données du site 4	56
Tableau 13 : Paramètres statistiques des données du site 5	60
Tableau 14 : Paramètres statistiques des données du site 6	64
Tableau 15 : Paramètres statistiques des données du site 7	68
Tableau 16 : Paramètres statistiques des données du site 8	72
Tableau 17 : Paramètres statistiques des données du site 9	76
Tableau 18 : Paramètres statistiques des données du site 10	80
Tableau 19 : Résultats des percentiles 90 et 95 pour <i>E.coli</i>	83
Tableau 20 : Résultats des percentiles 90 et 95 pour Streptocoques fécaux	83

Tableau 21 : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre années, des moyennes de chacune des 8 variables pour 2015-2016	100
Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations (années), des moyennes de chacune des 8 variables pour 2015-2016.	101
Tableau 23 : Groupes de stations homogènes par variables selon le test de Tukey	102
Tableau 24 : Matrice des corrélations linéaires des 8 variables prises deux à deux	103
Tableau 25 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives	104

Liste des abréviations

AESN : Agence de l'Eau Seine Normandie

ANPE : Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement

CT : Coliformes Totaux

CTT : Coliformes Thermotolérants

DRE : Direction des Ressources en Eau (ex DHS : Direction Hydraulique de Skikda)

DPSB : Direction de la Planification et de Suivi du Budget (ex DPAT : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de Skikda)

E.coli : *Escherichia coli*

Ifen : Institut français de l'environnement

ISTPM : Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes

MATE : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement

NPP : Nombre le Plus Probable

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office national de l'assainissement

ONM : Office National de Météorologie

PAM : Programme d'Action pour la Méditerranée

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

S : Salinité

SF : Streptocoques Fécaux

T : Température

TDS : Minéralisation globale d'une eau ou total de sels dissous

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Généralités

1. Wilaya de Skikda 4

2. Données océanographiques et climatographiques de la région 6

2.1. Bathymétrie 6

2.2. Hydrographie 6

2.3. Hydrodynamisme 8

2.4. Climatologie 9

3. Sources de nuisances 14

3.1. Urbanisation 14

3.2. Infrastructures portuaires 15

3.3. Activités industrielles 15

4. Zones d'études 17

5. Risques engendrés par les eaux de baignade contaminées 18

5.1. Différentes causes 18

5.1.1. Origines bactériologiques 18

5.1.2. Origines physico-chimiques 20

5.2. Conséquences 20

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1. Zone d'échantillonnage 23

1.1. Commune de Skikda 23

Sommaire

1.2. Commune de Filfila	25
2. Analyses bactériologiques	27
2.1. Matériel et appareil de prélèvement	29
2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons	29
2.3. Mode de prélèvement	30
2.4. Transport et conservation des échantillons prélevés	30
2.5. Germes recherchés	30
2.5.1. Coliformes	31
2.5.2. Streptocoques fécaux	32
2.6. Matériel utilisés au laboratoire	33
2.7. Méthode générale utilisée pour les dénombrements en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)	34
3. Analyses physicochimiques	36
3.1. Matériel et mode de prélèvement	36
3.2. Transport et conservation des échantillons prélevés	36
3.3. Matériel et méthodes utilisés	36
4. Méthodes d'analyse statistique	37
4.1. Méthodes statistiques univariées	37
4.1.1. Description des données	37
4.1.2. Détermination des percentiles 90 et 95	38
4.1.3. Comparaison des caractéristiques moyennes entre les stations : test de l'analyse de la variance (ANOVA)	39
4.1.4. Test de Tukey	39
4.2. Méthodes statistiques bivariées	39
4.3. Méthode statistique multivariée: recherche de groupes de stations homogènes, analyse hiérarchique	40

Chapitre 3 : Résultats et Discussions

1. Descriptions des données par station : résultats statistiques	41
2. Résultats des percentiles 90 et 95	83
3. Interprétation et discussion des résultats	84
4. Analyse de la variance univariée ANOVA : résultats statistiques	100
4.1. Comparaison de l'égalité des moyennes de chacun des paramètres mesurés entre les deux années d'étude	100
4.2. Comparaison de l'égalité des moyennes de chacun des paramètres mesurés entre les dix stations durant les deux années d'étude	101
4.3. Comparaison multiple des moyennes : le test de Tukey	102
5. Analyse statistique bivariée : résultats statistiques	103
6. Analyse hiérarchique : résultats statistiques	105
7. Conclusion	108
Conclusion générale et perspectives	110
Références bibliographiques	112
Annexes	121
Contributions scientifiques	161

Introduction générale

La Mer Méditerranée représente moins de 1% de la surface océanique mondiale (UNEP/MAP-Plan Bleu, 2009), pourtant elle concentre plus de 30 % du tourisme international (PNUE/PAM, 2012).

L'Algérie possède un littoral d'une longueur de plus de 1 600 km (Kacemi, 2013), qui s'étend sur quatorze wilayas. Il est limité naturellement d'Est en Ouest par Oued Kiss (wilaya de Tlemcen) et Oued Sebaa (wilaya d'El Taref). Pour de nombreux Algériens, les vacances d'été tournent autour des sites de baignade. La qualité des eaux de baignade a donc une importance majeure.

Le golfe de Skikda, est caractérisé par une ligne côtière d'environ 160 km de long. Il est limité par le cap Bougaroune à l'Ouest et par le cap de Fer à l'Est entre les deux longitudes 06°27'10''E et 07°10'02''E.

Les eaux de baignade sont définies dans la législation algérienne comme « les eaux ou parties de celles-ci douces, courantes ou stagnantes ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est autorisée ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs », et les zones de baignade par « l'endroit où se trouvent les eaux de baignade ». (JORA, 1993).

Les eaux côtières sont depuis longtemps soumises à de nombreuses pressions anthropiques menant à des dégradations continues des milieux. Tout d'abord, sur l'ensemble du territoire du fait des apports telluriques diffus par les fleuves ; puis, dans les zones proches du rivage par apports directs, diffus ou ponctuels (lessivage des terres agricoles, rejets urbains et industriels,...), et enfin, en mer (dégazages, perte de marchandises, accidents, dragages,...). Ainsi, ces dernières années, la forte urbanisation, l'aménagement de nombreux ports et complexes touristiques bétonnés, ont entraînés une augmentation de la fréquentation du littoral méditerranéen, sans tenir compte de la qualité des eaux de baignade qui était parfois critique. Mais, de nos jours, on assiste à une prise de conscience nationale et régionale afin de valoriser le littoral et d'améliorer la qualité des eaux de baignade. Des stratégies favorisant un tourisme responsable et respectueux des ressources naturelles ont donc commencé à se développer (législations, sensibilisation...).

Introduction générale

L'eau étant un facteur de dissémination de nombreux micro-organismes pathogènes ou non, le suivi et le contrôle de la qualité microbiologique des eaux de baignade représentent un élément essentiel dans la préservation de la santé publique, bien que son importance puisse sembler moindre par rapport à celle des eaux d'alimentation. Etant aussi un élément important de développement touristique, son contrôle demeure une préoccupation constante du ministère de la santé et de la population, des services santé-environnement des Directions de la Santé et de la Population (DSP) des wilayas côtières).

La qualité de l'eau de baignade est régie par un certain nombre de directives et de décrets, algériens et européens, qui délimitent deux types de valeurs seuils, à savoir les valeurs guides et les valeurs limites. Celles-ci permettent de définir quatre catégories de qualité des zones de baignade : les eaux de bonne qualité, les eaux de qualité moyenne, les eaux pouvant être polluées momentanément et enfin les eaux de mauvaise qualité. L'information sur la qualité des eaux de baignade est accessible localement au public, par voie d'affichage, sur les lieux même de la baignade, grâce au drapeau, à la présence de cabine de la protection civile, ou encore au niveau des services communaux.

Cette étude fait suite à notre précédent travail de magistère et aux récents travaux concernant la qualité des eaux de baignade du littoral algérien (Kerfouf *et al.*, 2010 ; Bouhayene, 2015 ; Kadri, 2015). Elle s'intéressera à la fois la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de baignade du golfe de Skikda au travers des analyses des eaux d'une dizaine de station couvrant ainsi tout le golfe. Elle aura pour objectif d'évaluer et de suivre l'évolution de la qualité des eaux de baignade, de déterminer si la qualité de ces eaux répond aux exigences des normes internationales permettant à la ville de Skikda de concurrencer les plus belles plages méditerranéennes.

Le travail réalisé est présenté en trois étapes :

- Le premier chapitre intitulé généralités, est essentiellement consacré à la présentation de la région (données géographiques, climatiques, hydrodynamiques et socioéconomiques) ainsi qu'à la description des risques engendrés par les eaux de baignade contaminées.
- Le second chapitre a pour objectif de présenter et de décrire les différentes méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail. Ce chapitre est scindé en deux parties : dans la première, nous énumérerons les différentes techniques d'échantillonnage et d'analyses effectuées sur les eaux de baignade prélevées. Dans la deuxième partie nous exposerons

Introduction générale

l'approche statistique univariée, bivariée et multivariée, ainsi que les percentiles 90 et 95 adoptée dans notre étude.

- La présentation et la discussion des résultats obtenus, font l'objet du troisième chapitre. Dans cette partie de la thèse, nous donnerons et nous commenterons les résultats obtenus par les percentiles 90-95, ainsi que les différentes méthodes statistiques uni-bi- et multivariées. Comme nous interpréterons les résultats de la comparaison des différentes stations étudiées entre elles.

Enfin, nous tirerons une conclusion générale et nous proposerons, comme compléments à notre travail, certaines perspectives.

Chapitre 1 : Généralités

Introduction

Dans ce premier chapitre, nous présenterons les principales caractéristiques de la wilaya de Skikda ; description, données océanographiques et climatologiques etc, informations que nous avons recueillies au cours de notre recherche bibliographique. Ensuite, nous présenterons la zone qui a fait l'objet de notre étude. Et pour finir, nous passerons en revue les risques liés à la baignade dans des eaux contaminées.

1. La wilaya de Skikda :

La wilaya de Skikda se trouve au Nord-est de l'Algérie à environ 500 km de la capitale d'Alger, elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, par les wilayas d'Annaba à l'Est, Jijel à l'Ouest, et par Constantine et Guelma au Sud. Elle couvre une superficie totale de 4118 km² avec une ligne côtière d'environ 160 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral algérien (figure 1).

Cette ouverture sur la mer lui assure non seulement d'importantes potentialités touristiques grâce à ses plages extraordinaires (s'étendant de La Marsa à l'Est, à Oued Zhor à l'Ouest), mais aussi des potentialités économiques non négligeables.

La wilaya comprend 38 communes, dont 14 sont côtières, réparties en 13 daïras.

Chapitre 1: Généralités



Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (image Google Earth modifiée, 2017).

2. Données océanographiques et climatologiques de la région :

2.1. Bathymétrie :

La région de Skikda présente un plateau continental très hétérogène, il est irrégulier voire absent à l'Ouest, vers la région du cap Bougaroune, et de plus en plus large et étendu à l'Est, vers la région de la Marsa.

Les nombreuses études effectuées dans la région ont toutes mis en évidence l'aspect et la nature abrupts et accidentés des fonds longeant la ligne côtière et ce, sur plus de 0,5 Km à partir de la ligne de bordure, avec des profondeurs croissantes de 10 à 12 m. Plus au Nord, on trouve surtout des fonds sablo-vaseux et les grandes profondeurs de 100 à 200 m n'apparaissent que vers les 4 à 7 miles nautiques au Nord de la côte (ISTPM, 1982).

2.2. Hydrographie :

Le littoral est alimenté en eau douce à travers les rivières, les oueds et les rejets d'eaux usées qui charrient toutes sortes de substances solides ou dissoutes. Dans la région de Skikda, il existe quatre principaux oueds permanents (figure 2) :

- Oued El Kebir, à l'Est du golfe : il draine principalement la plaine de Ben Azzouz, son bassin versant englobe toute la partie orientale de la wilaya et s'étale même au-delà de celle-ci, son débit moyen est d'environ 300 hm³/an (DRE, 2013) ;

- Oued Safsaf, au centre de la baie : c'est l'axe hydrographique central, son bassin versant regroupant tous les oueds des versants tournés vers la vallée, il a un débit moyen de 350 hm³/an (DRE, 2013) ;

- Oued Guebli, à l'Ouest du golfe : prenant naissance dans la région de Béni-Ouelbène, il draine le bassin de Tamalous et la plaine de Collo, son bassin versant regroupe toute la région de Collo, il a un débit moyen de 490 hm³/an (DRE, 2013) ;

- Oued Zhor, à l'extrême Ouest du golfe, a un débit moyen de 280 hm³/an (DRE 2013).

Chapitre 1: Généralités



Figure 2 : Réseau hydrographique de la wilaya de Skikda (DRE, 2013)

La ville de Skikda possède 6 unités hydrographiques, Merdj Edib, oued El Wahach, l'îlot des chèvres, le centre-ville, Bouabaz et Stora (figure 3).

Chapitre 1: Généralités

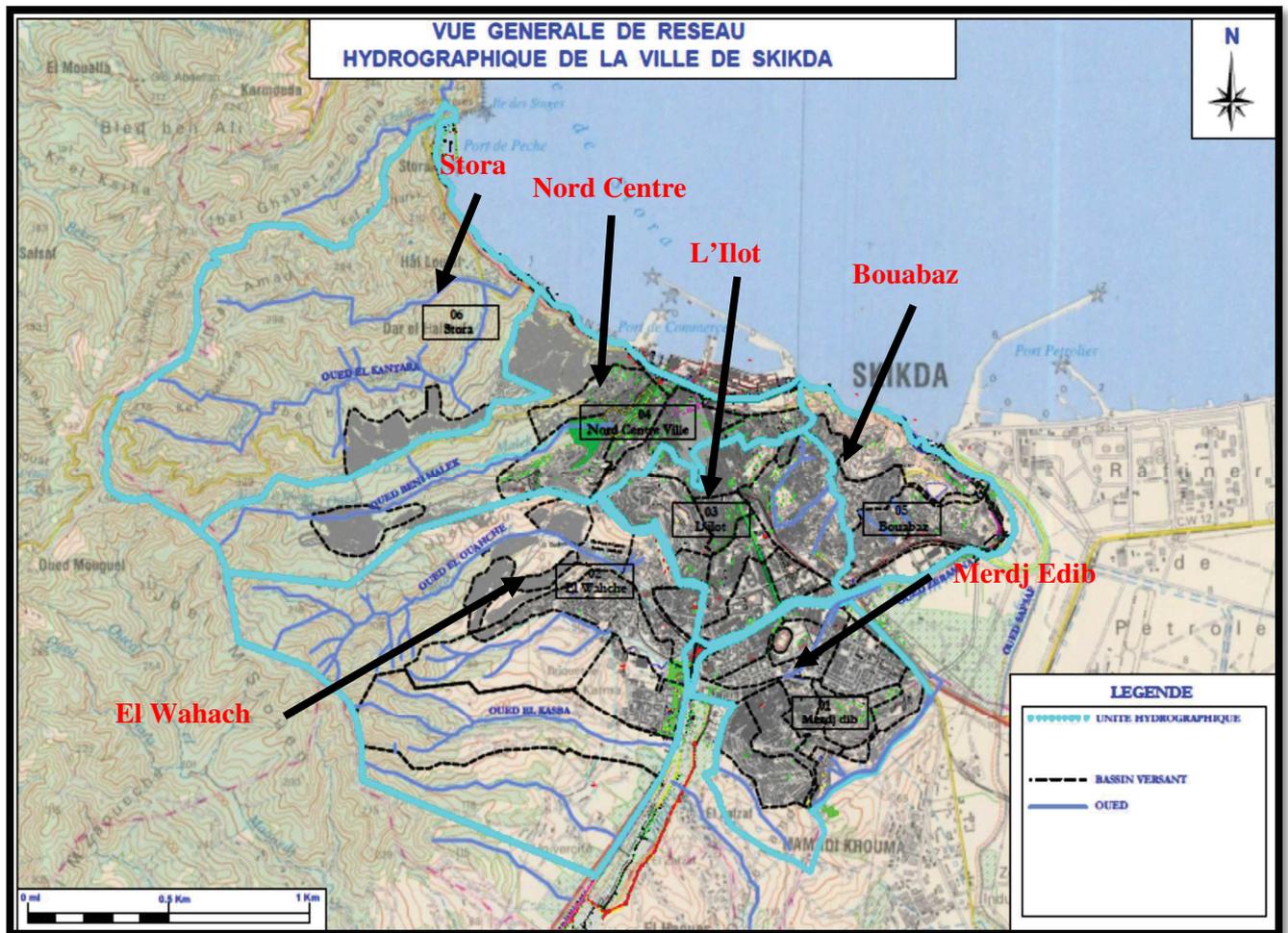


Figure 3 : Réseau hydrographique de la ville de Skikda (DRE, 2017).

2.3. Hydrodynamisme :

En méditerranée occidentale, la circulation générale des eaux détermine la distribution des différents facteurs biologiques, hydrologiques, chimiques, vaseux, etc.

Cette circulation se manifeste par la pénétration de l'eau d'origine Atlantique modifiée (Modified Atlantic Water), qui pénètre dans le bassin algérien vers 0° sous forme d'une veine étroite de courant et longe les côtes algériennes vers l'Est.

Vers 1°E et 2°E, elle devient instable et on remarque l'apparition de méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques qui dérivent vers l'Est à une vitesse de 10 Km.j⁻¹. Ces courants anticycloniques évoluent et atteignent des diamètres de 100 à 200 Km, associés « d'upwelling » avec toutes les conséquences, qu'engendre cette association sur la productivité biologique (Millot, 1987).

Chapitre 1: Généralités

On remarque un ralentissement de la circulation vers 5° E et 6° E. Par des phénomènes d'instabilité, les tourbillons s'éloignent des côtes algériennes durant une période de 1 à 2 mois pour revenir à l'ouest.

Toujours selon Millot (1993), le bassin algérien constitue de ce fait un réservoir qui alimente le bassin nord de la Méditerranée occidentale.

Les instructions nautiques du golfe de Skikda renseignent sur l'existence d'un courant général dirigé vers l'Est, pouvant atteindre 1 à 2,5 nœuds et d'un courant de 0,5 à 1,5 nœuds qui circulerait plus près de la côte. Il semble que ce courant ne pénètre pas dans le golfe de Skikda (LEM, 1996).

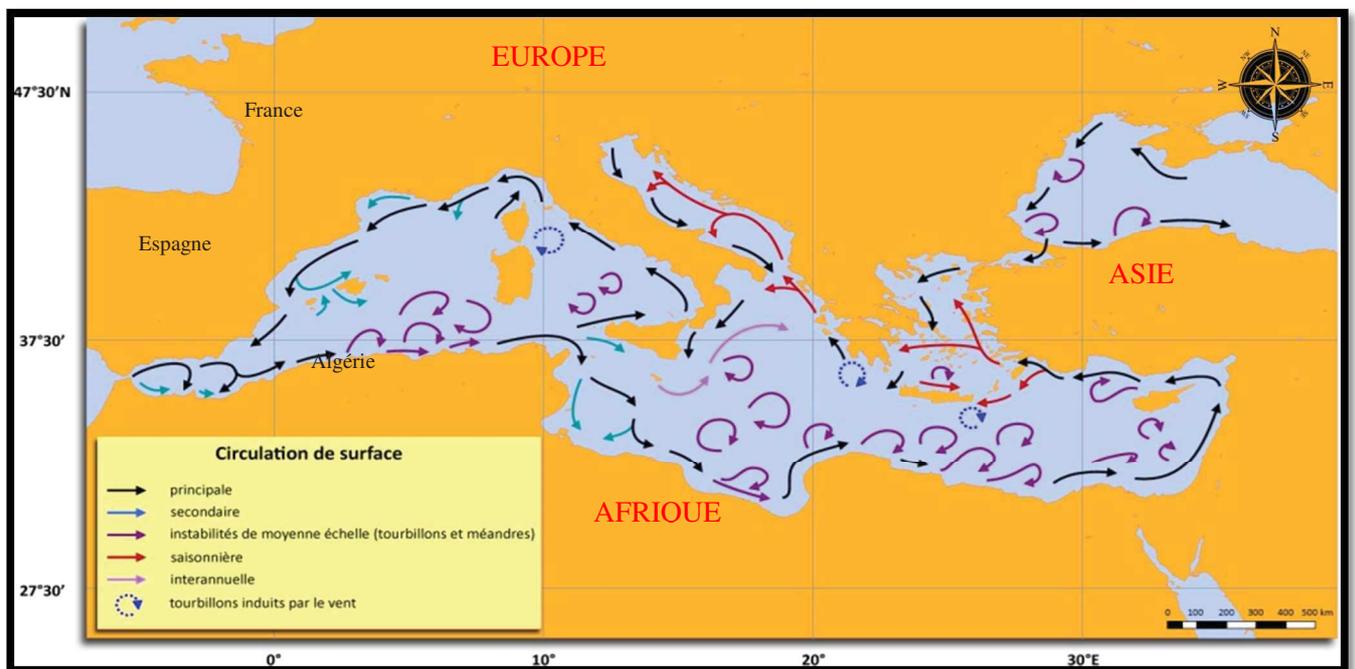


Figure 4 : Circulation générale des eaux superficielles en Méditerranée (Millot et Taupier-Letage, 2005).

2.4. Climatologie :

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Le climat est très différent selon les régions (Nord-Sud et Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange Nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers doux et humides), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien (MATE, 2010 ; ONM, 2012)

Du point de vue climatique, la région de Skikda est dominée par un climat de type méditerranéen avec deux saisons : un hiver doux et pluvieux et un été chaud et sec

Chapitre 1: Généralités

(tableau 1) ; la saison pluvieuse, débutant du mois d'octobre au mois de mars, est caractérisée par des pluies très violentes en hiver provoquant une forte érosion ; et la saison sèche, où les précipitations sont extrêmement rares et les chaleurs très fortes, commence à partir du mois d'avril et se termine au mois de septembre (MATE, 2010; ONM, 2012).

Tableau 1 : Données climatiques de la station météorologique de Skikda, (2001 à 2016)
(Nouveau port)

	Températures moyennes (°C)	Précipitations moyennes (mm)	Vents max.	Humidité moyenne (%)
			Vitesse maximale moyenne (m/sec)	
Janvier	12,813	116,026	19,3	73,28
Février	12,473	115,893	19,22	70,3
Mars	14,563	81,96	20,75	70,753
Avril	16,631	61,253	18,25	72,147
Mai	18,943	34,367	16,91	71,773
Juin	22,866	8,806	15,083	71,36
Juillet	25,712	3,081	14,5	69,991
Aout	26,412	17,981	15,9	69,919
Septembre	24,072	58,825	16,125	71,4
Octobre	22,023	68,587	17,8	69,162
Novembre	17,222	113,062	18,8	69,506
Décembre	13,632	113,062	19,7	73,3

2.4.1. Température :

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. D'après les informations mentionnées dans le tableau 1, nous avons tracé cet histogramme (figure 5) représentant la variation mensuelle des températures moyennes dans la ville de Skikda, pour la période 2001-2016.

Chapitre 1: Généralités

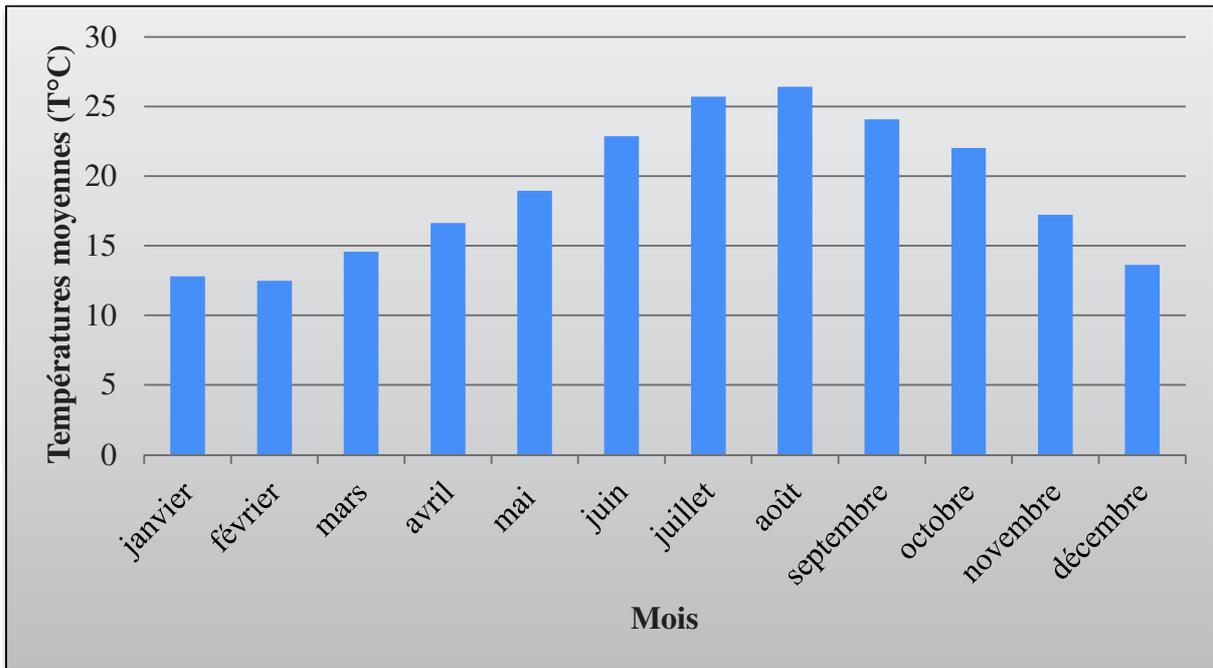


Figure 5 : Les températures moyennes pour la ville de Skikda (2001-2016).

Ainsi, d'après ces données, le mois le plus chaud est le mois d'août, et le plus froid est le mois de février.

2.4.2. Pluviométrie :

La wilaya de Skikda appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides (figure 6) ; l'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse, les sommets à l'Est et au Sud ; le domaine subhumide, prévaut sur les 4/5^{ème} de la wilaya (DPSB, 2012).

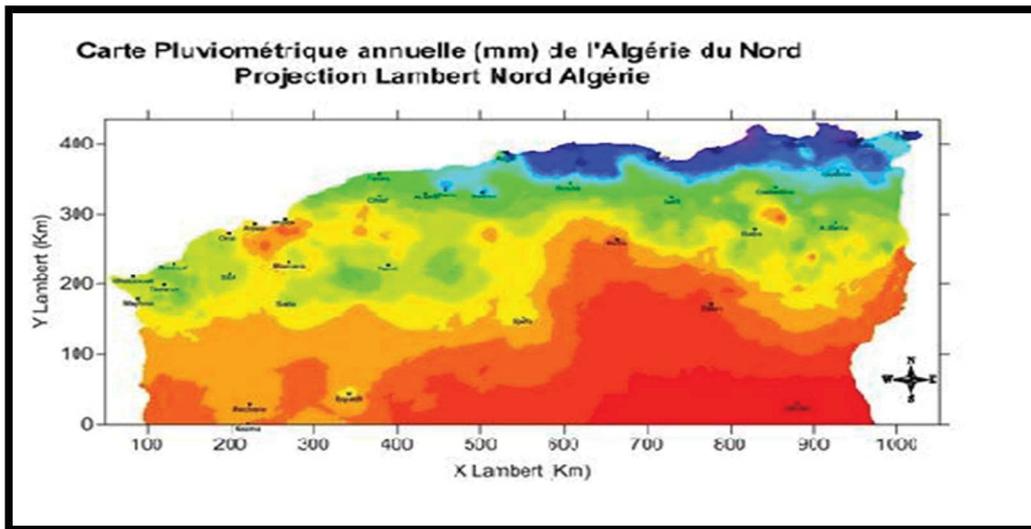


Figure 6 : Carte pluviométrique annuelle de l'Algérie du Nord (ONM, 2012).

Chapitre 1: Généralités

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées pour la région de Skikda, varient entre 800 et 1 200 mm de pluies et peuvent même atteindre 1 600 mm/an sur les reliefs, elles sont irrégulières d'une année sur l'autre et inégalement réparties (ONM, 2012).

D'après le tableau 1, nous avons tracé cet histogramme (figure 7) représentant les variations mensuelles des précipitations moyennes pour la ville de Skikda, pour la période 2001-2016.

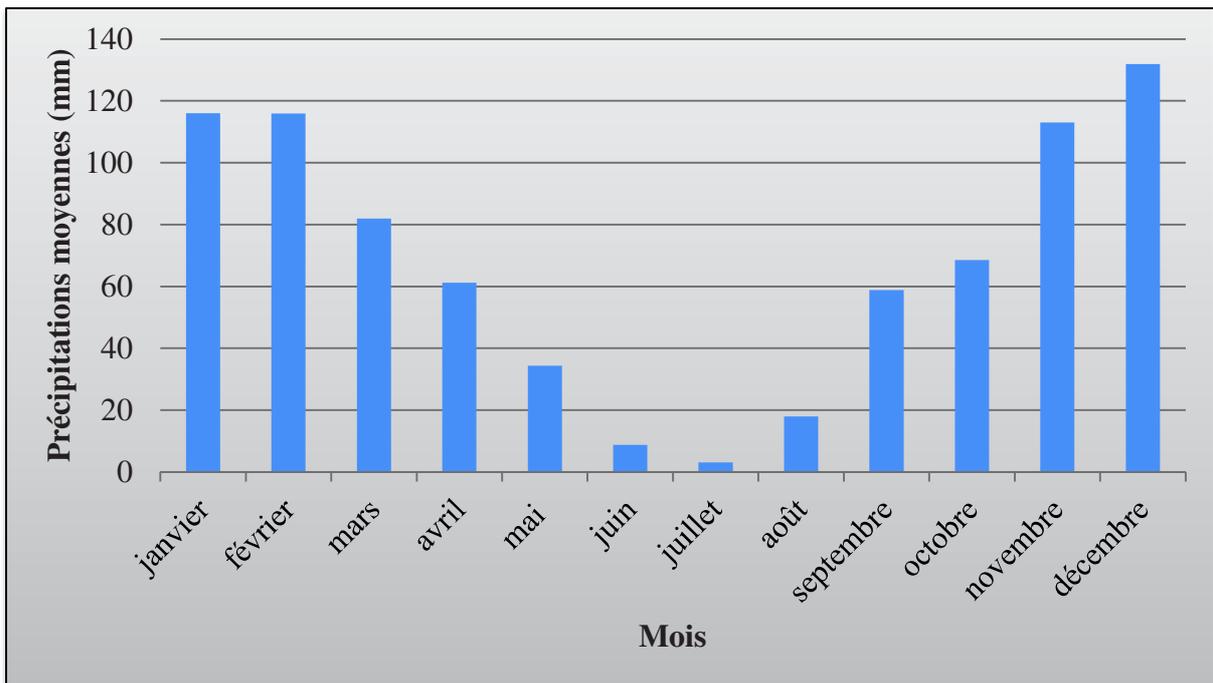


Figure 7 : Les précipitations moyennes pour la ville de Skikda (2001-2016).

D'après ces données, le mois de décembre est le plus pluvieux et celui de juillet le plus sec.

2.4.3. Les vents :

Skikda est une région très exposée aux vents. En effet, celle-ci est caractérisée surtout par un vent de secteur Ouest à Nord-ouest (figure 8), de janvier à juin et d'octobre à décembre, dont une grande partie souffle à une vitesse supérieure à 8 m. s^{-1} (LEM, 1996), et de secteur Est et Nord- Est, de juillet à septembre, ces vents ont généralement des vitesses faibles (LEM, 1996).

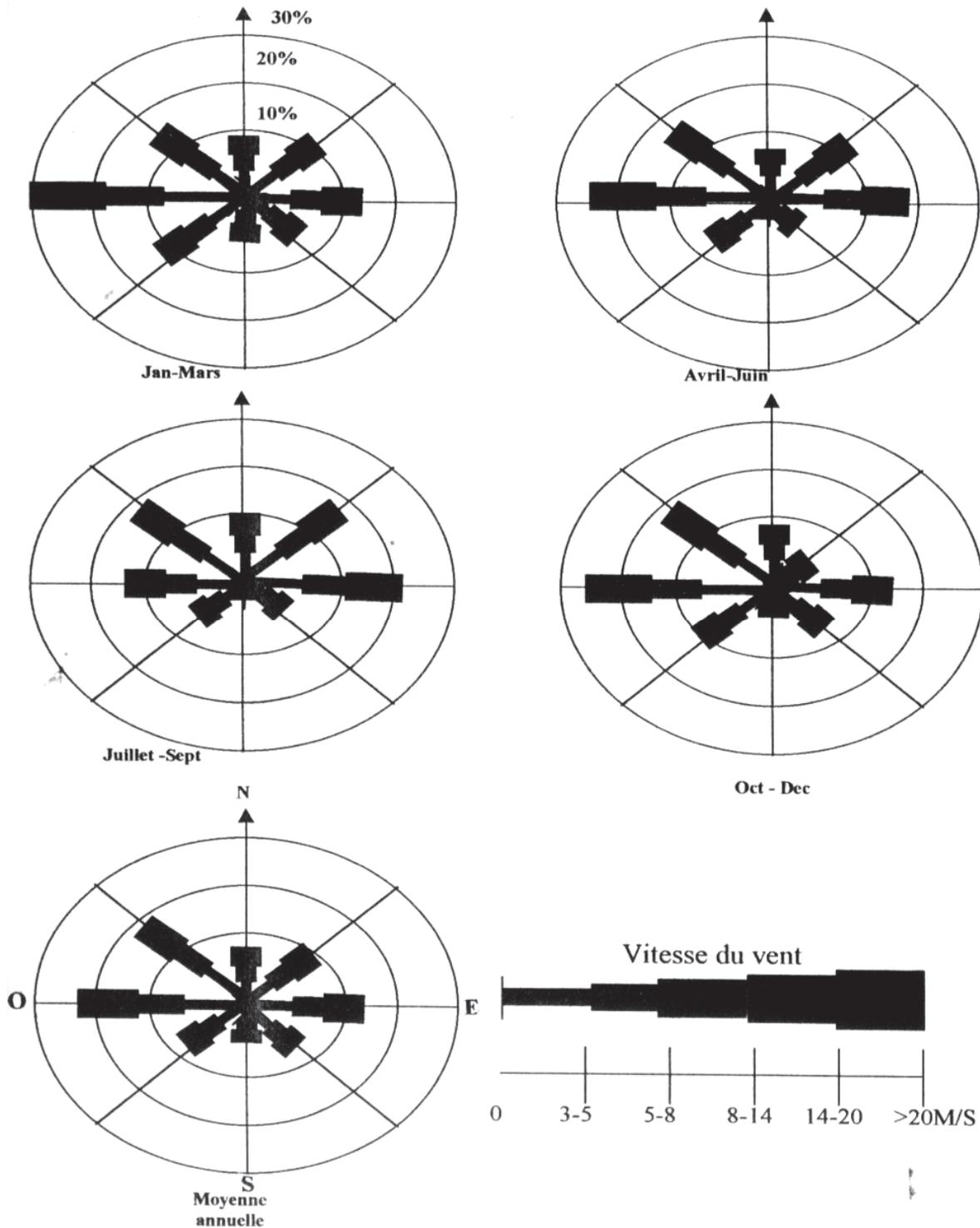


Figure 8 : La rose des vents dans le golfe de Skikda (LEM, 1996).

Selon nos données, regroupées dans le tableau 1, la vitesse maximale des vents qui soufflent sur Skikda est enregistrée durant le mois de mars avec une valeur de $20,75 \text{ m. s}^{-1}$. La valeur minimale est enregistrée en mois de juillet avec $14,5 \text{ m.s}^{-1}$ (figure 9).

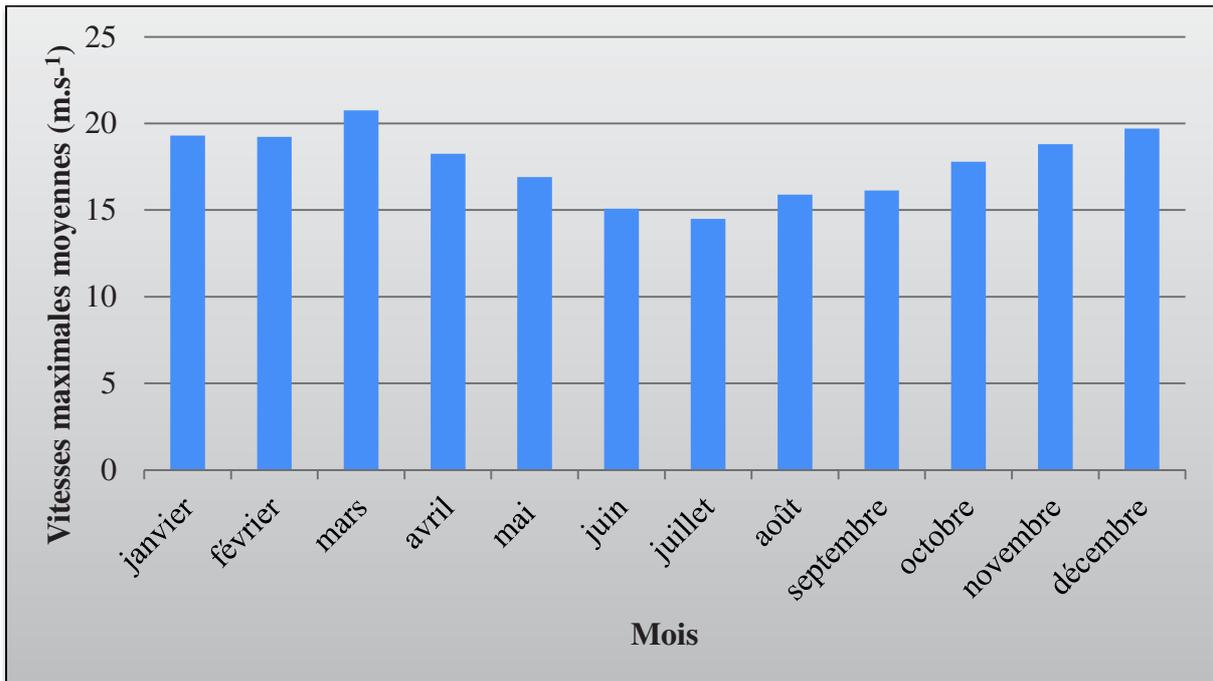


Figure 9 : La vitesse maximale moyenne des vents dans la ville de Skikda (2001-2016)

3. Sources de nuisances :

Le Golfe de Skikda est soumis à une intense pression anthropique. En effet, une intense urbanisation ajoutée à une forte activité industrielle, portuaire et pétrochimique, contribue à la forte pollution du littoral.

3.1. L'urbanisation :

La wilaya de Skikda fait partie des régions les plus peuplées du littoral algérien avec une population résidente de plus de 1 033 937 habitants, soit près de 2,8 % de la population totale de l'Algérie, à laquelle il faut ajouter en période estivale un grand nombre de touristes (DPSB, 2016).

La croissance économique-urbaine entraîne la multiplicité des rejets urbains et industriels qui sont partiellement ou non traités, mais déversés directement dans la mer ou au niveau du réseau hydrographique (tableau 2).

En effet, Skikda souffre d'un déficit marquant dans le domaine de l'entretien et de la maintenance des réseaux d'assainissement, dû en grande partie à l'absence de coordination entre les différents services publics.

Chapitre 1: Généralités

Tableau 2 : Les différents rejets de la wilaya de Skikda (DRE, 2008)

Commune	Rejet	Débit (L/s)
Skikda	Stora	5,56
	Petit Mousse	2,57
	La route supérieure	2,32
	Oued Griva	25,86
	Plage marquette	0,96
	Casino	2,88
	Ben Gana	2,79
	L'ilot des chèvres	63,20
	Galerie Moider	72,50
	Oued Saf-Saf	18,51
	Larbi ben M'hidi	22,40
Filfila	Filfila	30,73
La Marsa	La Marsa	4,0
Kerkera	Hadjeria	2,17
Collo	Oued Mazouz	3,01
	Collo ville	21,75
	Oued el Guebli	16,20

3.2. Les infrastructures portuaires :

Selon l'entreprise portuaire de la wilaya de Skikda et la direction des transports, en plus des trois ports de pêches (les ports de Stora, de Collo et de la Marsa), le Golfe de Skikda renferme deux grands ports commerciaux mixtes assurant près du quart du trafic maritime national, avec plus de 3000 navires qui y transitent annuellement et dont 95% sont des pétroliers. Ce trafic étant en constante évolution (Mezedjri, 2008).

3.3. Les infrastructures industrielles :

La proximité de la mer est déterminante puisqu'elle permet d'une part un accès direct au transport maritime et aux échanges économiques et commerciaux avec les autres villes et avec

Chapitre 1: Généralités

l'étranger ; et d'autre part, une grande capacité d'absorption-dilution des rejets, d'où la prédominance des industries minérales, de chimie et de parachimie.

A Skikda, les activités industrielles sont essentiellement représentées par la zone industrielle pétrochimique qui regroupe des unités de transport, d'affinage et de transformations des hydrocarbures, crée en 1984, elle est localisée à environ 4 Km à l'Est de la ville de Skikda et s'étend sur une surface de 1 200 hectares.

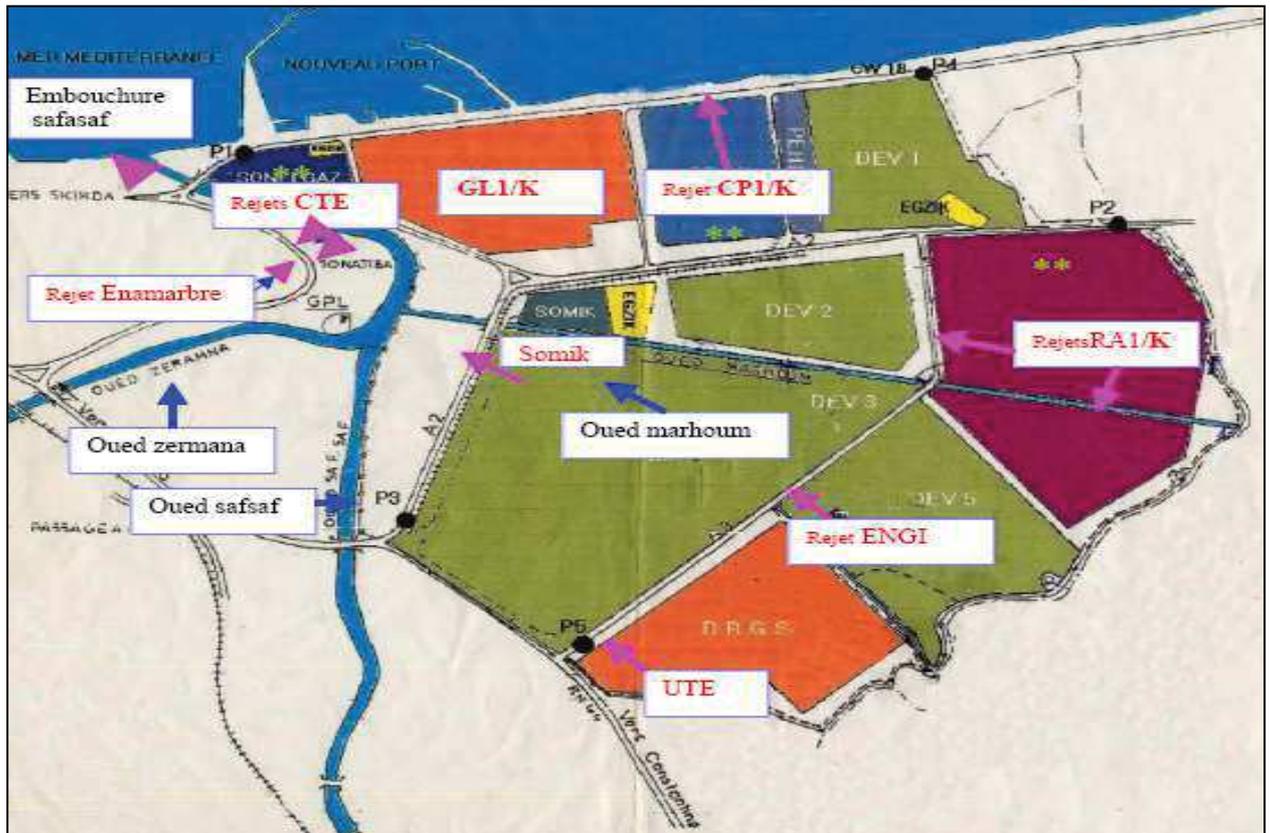


Figure 10 : Schéma représentant la répartition des différentes unités de la plateforme pétrochimique de Skikda (Mezedjri, 2008).

A cette importante activité de l'industrie pétrochimique, on trouve d'autres grandes unités industrielles spécialisées dans divers domaines tels que la transformation des matériaux et de substances utiles, l'agro-alimentaire et la sidérurgie (DPSB, 2012) :

- l'entreprise nationale de marbre « l'ENA Marbre », se trouvant sur la rive gauche d'Oued Safsaf, qui fabrique le marbre extrait de la mine de Filfila ;
- la cimenterie Hjar Esoud à Bekkouche Lakhdar ;
- l'entreprise nationale de transformation du liège « ENL » à Collo ;

Chapitre 1: Généralités

- la conserverie « IZDIHAR » à Ben Azzouz ;
- la conserverie « SIJICO » (ENAJUC) à Ramdane Jamel,
- l'unité de production de détergents « ENAD SODER », dans la zone de dépôt,
- l'unité de production de fer blanc à Azzaba,
- les laiteries « Saplait » et « Sahel » à Hamrouch Hammoudi,
- la société industrielle de fabrication de carton ondulé « SIFCO », dans la zone de dépôt,
- la société algérienne de production d'emballage « SAREP », dans la zone de dépôt,
- les moulins de semoule à Hammadi Krouma,
- les moulins Rusicada à Hamrouch Hammoudi,
- l'ORAVIE à Hammadi Krouma,
- l'unité de formulation et de transformation de bitume, dans la zone de dépôt,
- les unités d'abattages de volailles Abd Ellouch et Oumar, dans la zone de dépôt.

4. La zone d'étude :

Celle-ci s'étend sur un linéaire d'une vingtaine de kilomètre, elle comprend, à l'Est les plages de Filfila et de Ben M'hidi sur environ 15 Km et à l'Ouest, une route d'environ 3 Km de plages (figure 11).

Les coordonnées géographiques de la zone d'étude sont respectivement d'Est en Ouest $36^{\circ}54'01''$ N, $7^{\circ}01'49''$ E (plage « poste 7 ») et $36^{\circ}54'49''$ N, $6^{\circ}52'49''$ E (plage « molo »).

Le golfe de Skikda reçoit les eaux charriées par trois principaux oueds : oued el gatt et oued righa, à l'extrême Est (Filfila) et oued Safsaf au centre, ainsi que celles des agglomérations urbaine et industrielle.



Figure 11 : Récapitulatif des sites d'étude (Google Earth modifiée, 2017)

5. Les risques engendrés par les eaux de baignade contaminées :

Bien que la baignade soit une excellente activité récréative, elle n'en demeure pas moins dangereuse. En effet, aux risques de noyade, hydrocution, insolation et cancer de la peau dus à une surexposition au soleil, s'ajoutent ceux liés à la baignade dans des eaux relativement contaminées.

5.1. Les différentes causes :

5.1.1. Origines bactériologiques :

On connaît depuis longtemps l'existence de maladies à transmission hydrique (MTH) dont l'agent pathogène, microbien, souvent d'origine entérique (c'est-à-dire lié aux intestins) est véhiculé par les eaux, notamment usées et superficielles.

Cet agent peut être d'origine bactérienne (salmonelles, shigelles, *Escherichia coli* et bacilles coliformes, vibrions cholériques, ... etc.) ou virale. Les virus les plus fréquemment observés dans les eaux polluées sont les entérovirus (tels que les poliovirus), mais aussi les Coxsackie virus et les Echovirus, responsables de gastroentérites et/ou de syndromes neuro-méningés, le virus de l'hépatite A, des Corona et Rotavirus, agents de gastro-entérites, en particulier

Chapitre 1: Généralités

infantiles. En général, ces virus sont particulièrement résistants, dans l'environnement et aux traitements de désinfection. Cette propriété est partagée par de nombreux parasites, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum*, dont les kystes, résistants aux désinfectants, peuvent survivre très longtemps dans l'eau (Festy *et al.*, 2003)

Cependant, dans les eaux de baignade, des agents pathogènes peuvent, soit être apportés par les baigneurs (peau, muqueuses et excréments), soit être originaire du milieu aquatique lui-même, ces germes sont qualifiés de « germes non indiqués » (Oger *et al.*, 1983)

Il s'agit par exemple d'*Aeromonas hydrophila*, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, de certaines *Klebsiella*, des Staphylocoques et de diverses Mycobactéries. La présence de ces germes ne peut, malheureusement, pas être décelée à l'aide des germes indicateurs, leur écologie est trop mal connue pour qu'on puisse prévoir et prévenir leur présence (Oger *et al.*, 1983 ; OMS, 2004)

Dans le milieu marin, on trouve aussi de nombreuses espèces toxiques de Dinoflagellés, Diatomées, Nanoflagellés et de cyanobactéries (algues bleues-vertes) qui sont à l'origine de pathologies chez l'Homme :

- intoxications, en cas d'ingestion de fruits de mer ou de poissons contaminés par les toxines libérées par ces micro-algues ; (OMS, 2004)

- « dermatite du baigneur », eczéma de contact après immersion dans l'eau de mer contenant des efflorescences de certaines espèces de cyanobactéries ; (OMS, 2004)

- irritation sévère de la conjonctive et des muqueuses, lors d'inhalation d'embruns chargés de fragments de dinoflagellés ou de toxines (brévétotoxines) libérés dans l'écume par des micro-algues lysées (OMS, 2004)

Selon les données disponibles, on ne rencontre ces quelques espèces de cyanobactéries ou d'algues marines toxiques que dans certaines zones géographiques, c'est pour cela que des seuils spécifiques n'ont pas été définis (OMS, 2004)

Il ne faut pas non plus négliger les bactéries, champignons, parasites et virus présents dans le sable des plages dont certains peuvent être pathogènes. En effet, l'hypothèse que le sable pouvait être un réservoir ou un vecteur d'infection est de plus en plus retenue (Heaney *et al.*, 2009). Les facteurs qui agissent sur la survie et la dispersion de ces agents pathogènes sont : la nature de la plage, les marées, la pollution par les eaux usées, la saison, le passage d'animaux et la fréquentation par les usagers.

Chapitre 1: Généralités

La transmission pouvant se faire par contact direct ou indirect, le pouvoir infectant des micro-organismes mis en évidence dans le sable n'a cependant pas encore été démontré, donc on ignore encore les risques qui en découlent sur la santé publique (OMS, 2004)

5.1.2. Origines physicochimiques :

Nous savons que les eaux de mer sont souillées par l'industrie, les alluvions, les eaux de ruissellement, etc. tout ce que charrient les fleuves, les rivières, les vents, les précipitations pluviales représente une cause de pollution des mers.

5.2. Les conséquences :

Le risque hydrique peut survenir soit de manière directe, par contact avec l'eau contaminée elle-même ; ou bien de manière indirecte, en relation avec des aliments souillés par de l'eau contaminée, surtout les coquillages (organismes bio-accumulateurs et bio-indicateurs de contaminants biologiques mais également chimiques).

La fréquence et l'ampleur de l'exposition, ainsi que le type d'activité pratiquée constituent des critères déterminants dans l'évaluation du risque encouru (Fleisher *et al.*, 1996 ; Dale *et al.*, 2009). Le principal mode de contamination est constitué par l'ingestion (aliments contaminés, ainsi que l'ingestion involontaire d'eau contaminée lors de loisirs ou de sports aquatiques). La pénétration pulmonaire par inhalation d'aérosols contaminés par l'eau n'est pas négligeable. La voie cutanéomuqueuse est aussi concernée, le contact avec la muqueuse oculaire peut être en cause pour des amibes libres (par exemple par les lentilles cornéennes contaminées).

Malheureusement, les loisirs et les sports aquatiques rassemblent, généralement, les conditions propices aux trois voies d'exposition.

Ainsi, les troubles les plus fréquemment observés sont : les lésions cutanées, les troubles de la sphère ORL et conjonctivites, et les symptômes gastro-intestinaux (Larbaigt, 1989 ; Fleisher *et al.*, 1996 ; Dale *et al.*, 2009).

La gravité des atteintes est très variable, cela va des gastro-entérites plus ou moins graves et des parasitoses (risque d'origine fécal en général), aux atteintes cutanées ou pulmonaires parfois très graves. Il est à noter que le risque microbien et parasitaire est fortement lié à la sensibilité immunologique des individus, donc à leur statut vaccinal (dans certains cas) ou physiopathologique (sujets immunodéprimés, avec l'exemple des relations entre le SIDA et

Chapitre 1: Généralités

les parasites protozoaires micro-sporidies ou cryptosporidies) (OMS, 2005 ; Servais *et al.*, 2009), ainsi qu'aux conditions d'exposition. Ajoutons que le risque (micro)biologique s'élargit progressivement, au fil des connaissances, à certaines bactéries "non fécales", à des virus, de plus en plus souvent mis en cause, à des protozoaires mais, aussi, aux (micro)algues et à leurs toxines, qui posent des questions de santé publique à la frontière des aspects microbiologiques et toxicologiques.

L'eau de mer étant un patrimoine à préserver, fondamentale pour divers usages, sa qualité doit donc être gérée en fonction de ces usages.

Tableau 3 : Principaux dangers liés à la baignade en mer polluée (Festy *et al.*, 2003).

Danger biologique et pathologies associées	Agent chimique responsable	Agent pathogène responsable
Sphère digestive	<u>Intoxication</u> : Phénols, pesticides	<u>Gastro-entérites</u> : <i>E.coli</i> , <i>Salmonella</i> <i>sp.</i> , <i>Shigella sp.</i> , <i>Yersina</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , Rotavirus ; Vibrions ;
Sphère respiratoire- ORL	<u>Irritation</u> : Phénols, ammoniac, cyanures,	<u>Affections ORL</u> : Adenovirus Réovirus ; <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ; Staphylocoques ; <i>Klebsiella</i> ;
Sphère cutanéomuqueuse	<u>Brûlures et irritation</u> : Phénols, substances tensio-actives	<u>Candidoses</u> : <i>Candida albicans</i> ; <u>Suppurations bactériennes</u> : Streptocoque hémolytique groupe A, <i>Staphylococcus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ; <i>Aeromonas</i> ; <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ; <i>V. alginolyticus</i> ; <u>Brûlures, démangeaisons, réactions allergiques</u> : Micro-algues toxiques (algues bleues dont <i>Mycrosetis sp</i>) ; Staphylocoques ; <i>Mycobacterium marinum</i> ; <i>M. fortuitum</i>

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Introduction

Le suivi régulier de la qualité des eaux de baignade permet de connaître les impacts de divers rejets éventuels situés à l'amont du site et notamment de mettre en évidence les éventuels dysfonctionnements liés à l'assainissement des eaux usées, aux rejets des eaux pluviales souillées etc., qui influenceraient la qualité de l'eau du site de baignade.

L'évaluation de la qualité des eaux de baignade consiste en l'analyse de celles-ci au regard d'un certain nombre de paramètres physicochimiques et microbiologiques.

Le service épidémiologique de la médecine préventive (SEMEP) ainsi que la direction de l'environnement de la wilaya assurent le contrôle des eaux de baignade qui reste une préoccupation constante du ministère chargé de la santé et de la population. Ce ministère élabore la réglementation dans ce domaine sur la base de lois et de directives algériennes (Décret exécutif n°93-164, circulaire n° 445/MSP/DP/SDRSE juin 1998 établissant les valeurs guides et limites de qualité pour les eaux de baignade et donnant des indications générales sur les mesures à prendre pour en assurer la surveillance, loi 02-02 spécifique au littoral, la loi 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable).

La surveillance s'exerce notamment par la réalisation d'analyses régulières d'échantillons, d'eau de mer, prélevés au niveau des mêmes points dans chaque site.

La fréquence de prélèvements dépend de la saison. Avant la saison estivale, un prélèvement entre 10 et 20 jours avant l'ouverture de la saison, pendant la saison estivale (la saison balnéaire pour les baignades en mer est fixée du 15 mai au 15 septembre), au minimum deux prélèvements par mois espacés de quinze jours, et hors saison au moins un prélèvement par mois (Décret exécutif n°93-164).

Au cours de notre étude, nous avons effectué, lorsque cela était possible (conditions météorologiques), un prélèvement par mois au cours de la saison « chaude » (avril à septembre) pendant une durée de deux années consécutives.

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Pendant le prélèvement, le préleveur doit noter l'état de la zone de baignade (appréciation visuelle ou olfactive) par rapport aux paramètres suivants : huiles minérales, substances tensioactives (mousses) et odeurs de phénols (respectivement, paramètres n° 8, 9, et 10 du décret exécutif n° 93-164). D'autres paramètres comme le pH (n° 13), la transparence (n° 11), les résidus goudronneux et matières flottantes (n° 12) sont mesurés in situ (voir annexe)

1. La zone d'échantillonnage :

Afin de déterminer la qualité des eaux de baignade dans le golfe de Skikda, nous avons procédé à l'analyse des eaux de dix sites.

1.1. La commune de Skikda :

A l'Ouest de la ville, on trouve plusieurs plages, telles que dans, l'ordre Château-vert, Casino, Marquette, militaire 1 et 2, paradis plage, bikini, molo, miramar etc., proches les unes des autres et souvent délimitées par des rochers. Une route de trois kilomètres de plages qui se termine par le village Stora (figure 12).

Pour notre étude, nous nous concentrerons sur seulement quelques-unes (cinq), à savoir, château-vert, paradis, bikini, molo et une plage interdite à la baignade « la jetée » (tableau 4).

Tableau 4 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Skikda Ouest).

Sites	Coordonnées géographiques
Plage « La jetée » (aussi appelée « les chevaux »)	36°53'15''N, 6°53'55''E
Plage « Château-vert »	36°53'16''N, 6°53'46''E
Plage « Paradis »	36°53'39''N, 6°53'01''E
Plage « Bikini »	36°53'53''N, 6°52'47''E
Plage « Molo »	36°54'16''N, 6°52'49''E



Figure 12 : La commune de Skikda, côté Ouest et localisation des sites étudiés (Google Earth, modifié 2018).

A l'Est de la ville, après la zone industrielle pétrochimique, soit environ à 6 Km du centre-ville, on trouve une autre immense plage d'une douzaine de kilomètre, c'est Larbi ben M'hidi, anciennement appelée Jeanne d'Arc (figure 13).

Sur cette plage de sable fin et clair on ne trouve pas de rocher jusqu'à sa limite sous les falaises de Oued Righa des Platanes, celle-ci est composée, elle aussi de plusieurs plages, poste 2, poste 3, poste 4 (militaire), et le poste 5 (Guigue) ; très fréquentées en été, pour la saison estivale 2016, nous avons dénombré plus de 742 000 estivants (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017) ; au cours de notre étude, nous nous intéresserons uniquement à certaines d'entre elles , trois (tableau 5).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Tableau 5 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Skikda Est).

Sites	Coordonnées géographiques
Poste 2	36°53'19''N, 6°59'15''E
Poste 3	36°53'23''N, 6°59'33''E
Poste 5	36°53'34''N, 7°00'21''E



Figure 13 : La commune de Skikda, côté Est et localisation des sites de prélèvements (Google Earth modifié, 2018).

1.2. La commune de Filfila :

Aussi dite « les platanes », se trouvant à environ 17 Km du centre-ville de Skikda, et à une douzaine de kilomètre de la cité ben M'Hidi (figure 14). Sa façade maritime est longue de 3 Km (Hadef, 2008), on y trouve plusieurs plages (du poste 6 jusqu'au poste 11, regroupés en trois grandes plages : oued legsab, oued elgat et oued righa) ; très fréquentées en période estivale, on estime leur nombre à environ 1 190 325 estivants pour la saison 2016 (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017) ; mais nous en étudierons deux (tableau 6).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Tableau 6 : Situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage (Filfila).

Sites	Coordonnées géographiques
Poste 6	36°53'51''N, 7°01'23''E
Poste 7	36°54'01''N, 7°01'49''E



Figure 14 : La commune de Filfila, et localisation des sites de prélèvements (Google Earth, modifié 2018).

Ces deux plages forment une grande plage dénommée « oued legsab », d'une superficie de 52 000 m², ayant accueilli plus de 370 000 estivants en 2016 (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017)

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

2. Les analyses bactériologiques :

Comme les autres éléments, l'eau contient de nombreux microorganismes autochtones ; qui jouent un rôle essentiel dans les différents cycles biogéochimiques des éléments constitutifs de la matière vivante (carbone, oxygène, azote, soufre), ou bien en transit, dit allochtones, rejetés par l'Homme, les animaux ou les végétaux, et qui sont apportés dans les milieux aquatiques qui ne constituent pas leur environnement naturel et habituel (Servais *et al.*, 1999 ; Bousseboua, 2002)

Les analyses microbiologiques de l'eau de mer n'ont pas pour but de recenser toutes les espèces présentes dans le milieu, mais uniquement celles qui sont soit susceptibles d'être pathogènes ; soit celles qui les accompagnent et qui par leur présence indiquent une contamination fécale, ce qui est beaucoup plus pratiqué car plus facile. (Rodier, 2009)

En effet, il est impossible de baser la surveillance de la qualité de l'eau sur la détection des germes pathogènes eux-mêmes pour de multiples raisons (tableau 7) :

- la très grande diversité des micro-organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (virus, bactéries, protozoaires, tec.) (Prescott *et al.*, 2003)
- la faible abondance de chaque espèce de pathogène (nécessité de concentrer de grands volumes d'eau pour les détecter) (Servais *et al.*, 2009)
- et enfin, l'absence de méthodes standardisées et rapides pour la détection de tous ces micro-organismes pathogènes (Bousseboua, 2002).

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux de baignade, portent donc sur la recherche des germes indicateurs de pollution de l'eau, dont la présence dans l'eau correspond à une contamination d'origine fécale plus ou moins forte en fonction des concentrations relevées puisque ceux-ci sont normalement présents dans la flore intestinale des mammifères, et de l'homme en particulier. En effet, déjà Taylor (1939), avait constaté que chaque individu éliminait chaque jour plusieurs centaines de millions, voire milliards, de germes par grammes de matières fécales, dont 100 à 500 millions de coliformes (Voir tableau dans l'annexe 3) (Brisou, 1968).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Tableau 7 : Principales caractéristiques d'un bon indicateur de contamination fécale (Prescott *et al.*, 2003 ; Garcia-Armisen, 2006)

Propriété	Caractéristique d'un indicateur
Pathogénicité	L'indicateur ne doit pas présenter de danger pour la santé des êtres humains.
Occurrence	La bactérie indicatrice doit être présente chaque fois que des agents pathogènes entériques sont présents.
	La concentration de l'indicateur doit refléter de façon directe le niveau de pollution fécale dans l'eau contaminée.
Survie	Elle doit survivre plus longtemps que le germe pathogène entérique le plus résistant.
Reproduction	Elle ne doit pas se multiplier dans l'eau contaminée et présenter ainsi une valeur exagérée.
Inactivation	Inactivé par les différents traitements de manière similaire aux pathogènes.
Source	La seule source est la contamination fécale.
Méthode d'analyse normalisée	La bactérie indicatrice doit pouvoir être utilisée pour les analyses de tous les types d'eau (fluviale, souterraine, estuarienne, marine, etc.).
Efficacité de la méthode de détection	La technique de détermination de l'indicateur doit être très spécifique (les autres bactéries ne devraient pas donner de résultats positifs), de plus, celle-ci doit avoir une grande sensibilité et détecter de faibles concentrations de l'indicateur.
Coût	La méthode de mesure doit être facile à mettre en œuvre, rapide et de faible coût.

Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux valeurs guides et limites des critères microbiologiques (voir annexe 2), et permettent d'établir annuellement un classement de la qualité des eaux de baignade à l'issue de la saison estivale.

La qualité de l'eau étant appréciée selon les dispositions du code de la santé publique reprenant les critères de directives algériennes (Décret exécutif n°93-164). Elle est ainsi qualifiée comme étant :

- ❖ De bonne qualité lorsque les résultats sont inférieurs aux valeurs guides ;

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

- ❖ De qualité moyenne (ou acceptable) lorsque les résultats obtenus sont supérieurs aux valeurs guides mais inférieurs aux valeurs limites ;
- ❖ Et, elle est de mauvaise qualité lorsque les résultats sont supérieurs aux valeurs limites.

La qualité des analyses effectuées dépend du prélèvement, des conditions dans lequel il a lieu et du matériel utilisé.

En effet, un examen bactériologique n'a de valeur que :

- s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle ;
- s'il est correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

2.1. Matériel et appareils de prélèvement :

Des flacons, qui une fois fermés doivent protéger l'échantillon de toute contamination, en verre, de préférence borosilicaté, de 250 ml. Ceux-ci doivent être préalablement stérilisés.

Les flacons ainsi que leurs bouchons sont en effet stérilisés, soit à l'autoclave à 120 °C pendant 15 minutes (stérilisation à la chaleur humide), soit au four Pasteur à 170 °C durant une heure (stérilisation à la chaleur sèche).

Ces flacons d'échantillonnage, ainsi stérilisés, ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'échantillon. Une fois l'échantillon prélevé, ils doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse.

L'échantillon doit être clairement identifié à l'encre indélébile sur le récipient et sur le formulaire d'échantillonnage.

Il n'y a pas d'appareils particuliers pour le prélèvement, le flacon étant directement tenu par la main de la personne qui prélève (Rodier, 2009).

2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Comme indiqué précédemment, les échantillons doivent être clairement identifiés à l'encre indélébile sur le récipient et sur le formulaire d'échantillonnage. Sur ce formulaire, doivent être notés avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, l'état de la mer

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

(calme, peu agitée, agitée ou forte), etc., ainsi que, des observations relatives à l'eau (odeur, coloration, présence de mousse, d'algues, etc).

2.3. Mode de prélèvement :

Les prélèvements sont réalisés aux points définis, chaque point étant considéré comme un site ou station, et qui doivent rester toujours identiques ; à deux mètres du rivage entre vingt et cinquante centimètres sous de la surface de l'eau (généralement 30 cm).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant de faciliter la remise en suspension des germes par une agitation vigoureuse avant d'effectuer l'ensemencement (Poggi, 1975, Rodier, 2009).

2.4. Transport et conservation des échantillons prélevés :

Après le prélèvement, les échantillons d'eau doivent être protégés de l'exposition à la lumière, en particulier celle du soleil, à tous les stades du transport ; afin de prévenir toute modification de la composition chimique ou bactérienne de l'eau de mer, ils sont transportés dans une glacière où la température est maintenue constante entre 4-6°C, et les analyses sont effectuées le plus rapidement possible, dans un délai maximal de huit heures après le prélèvement (Rodier, 2009)

Donc, entre le prélèvement et le début de l'analyse (l'ensemencement), il ne doit pas s'écouler plus de vingt-quatre heures (Rodier, 2009).

2.5. Les germes recherchés :

En matière d'hygiène, les analyses microbiologiques n'ont pas pour premier but de déterminer les microorganismes pathogènes mais ceux ayant le rôle d'indicateur, sans que leur présence ne représente un risque pour la santé publique. Parmi ces germes indicateurs, on en distingue deux principaux types :

- Ceux indiquant une contamination fécale, renseignent sur une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer éventuellement des bactéries pathogènes,

- Ceux indiquant l'efficacité des traitements de désinfection de l'eau par rapport aux microorganismes pathogènes.

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Cependant, en pratique, les mêmes germes sont utilisés que ce soit pour déterminer une contamination fécale ou bien pour évaluer l'efficacité d'un traitement (Rodier, 2009)

Ainsi, les germes recherchés sont les coliformes totaux (CT), les coliformes thermotolérants (CTT) notamment *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux (SF ou entérocoques intestinaux EI).

Ces germes microbiens ne représentent pas un réel danger pour les baigneurs, mais ils constituent à la fois un indicateur du niveau de pollution par des eaux usées et peuvent indiquer la présence de germes pathogènes. Plus le nombre de ces germes est important, plus le risque sanitaire augmente.

2.5.1. Les coliformes :

Ce terme englobe plusieurs espèces de bactéries appartenant à la famille Enterobacteriaceae, qui selon la définition de l'organisation internationale de standardisation (ISO), regroupe les bactéries gram négatif, aérobie anaérobie facultative, en bâtonnets, non sporogènes, oxydase négative, se développant en présence de sels biliaires, et ayant la capacité de fermenter le lactose avec libération d'acides, d'aldéhydes et avec production de gaz en quarante-huit heures à 37°C.

Cette réaction n'étant pas spécifique, les coliformes constituent un groupe assez hétéroclite du point de vue taxonomique, notamment les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, etc (Prescott *et al*, 2003 ; Meyer *et al*, 2004 ; Rodier, 2009).

Du point de vue pratique, il existe trois types d'examens colimétriques :

- ⇒ La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (dit coliformes totaux, CT) sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine (fécale : flore intestinale de l'Homme et des animaux ; tellurique : sol, végétation ; ou eaux des égouts). Ce type d'examen, capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement antiseptique, présente peu d'intérêt pour mettre en évidence une contamination fécale du fait de son manque de spécificité.
- ⇒ La recherche et le dénombrement des coliformes thermotolérants (CTT), ayant les mêmes caractéristiques que les précédents mais décelables après une incubation à 44°C. La très grande majorité des coliformes thermotolérants est constituée par *Escherichia coli*, mais on y trouve aussi les espèces : *Citrobacter diversus*, *C.freundii*,

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Enterobacter aerogenes, *Klebsiella pneumoniae*, etc. Il est pratiqué car il permet de mettre en évidence une contamination fécale quasi certaine.

⇒ La recherche et le dénombrement des *Escherichia coli*, coliformes thermo-tolérants produisant l'indole à 44°C, à partir du tryptophane. L'intérêt de cet examen étant le fait que parmi les coliformes thermo-tolérants, *Escherichia coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'Homme et des animaux.

Cependant, du fait de l'absence réelle de différence entre les informations fournies par le dénombrement des coliformes thermotolérants et celui des *Escherichia coli*, en pratique, on combine les deux examens (Rodier, 2009).

2.5.2. Les streptocoques fécaux ou entérocoques :

Ce terme regroupe les bactéries Gram positif, sphériques ou ovoïdes, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, c'est-à-dire tous les streptocoques possédant l'acide teichoïque (ou l'antigène D), caractéristique du groupe D de Lancefield, soit : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis*, et *S. equinus*. Ceux-ci, sont utilisés comme indicateurs de pollution d'origine fécale (Rodier, 2009)

L'apport des entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles, leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne.

De plus, leur résistance aux agents désinfectants est également plus importante, probablement du fait de leur mode de groupement en chainettes, et est comparable à celle des entérovirus. Cette propriété pourrait permettre aux entérocoques de mieux représenter la contamination virale d'une eau.

Cependant, une partie des espèces est peu spécifique des contaminations fécales. On les retrouve par exemple, dans l'environnement, sur les végétaux ou sur des sols non contaminés, c'est le cas de :

- *Streptococcus faecium* sous espèce *casseliflavus*, qui est plus fréquent chez les plantes et les insectes que dans les matières fécales, et est capable de se multiplier sur les plantes (Oger *et al.*, 1983).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

- *Streptococcus faecalis* sous espèce *liquefaciens* dont l'origine est aussi indéterminée, en trouve dans le sol et chez les insectes (Oger *et al.*, 1983).

Il existe deux principaux types de dénombrement en bactériologie :

- l'un en milieu solide, méthode dite directe par comptage de colonies isolées après ensemencement, soit direct soit après filtration d'un certain volume sur une membrane, sur ou dans un support nutritif solide,

- et l'autre en milieu liquide, méthode dite indirecte, par calcul statistique après répartition de l'inoculum dans un milieu de culture liquide (la fermentation en tubes multiples).

Au cours de notre étude, nous avons utilisé la deuxième méthode. On trouve, là aussi, plusieurs méthodes (milieux de culture et temps d'incubation différents), mais le principe général reste le même.

2.6. Matériels utilisés au laboratoire :

- pipettes graduées et pipettes pasteurs ;

- tubes de culture contenant les milieux de culture prêts à l'emploi :

❖ BCPL, simple et double concentration, munis de cloche de Durham, pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, tube contenant 10 ml de réactif,

❖ Schubert, munis de cloche de Durham, pour la recherche et le dénombrement des coliformes thermotolérants, tube contenant 10 ml de réactif,

❖ Rothe, simple et double concentration pour le test de présomption de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux, tube contenant 10 ml de réactif,

❖ Eva Litsky, pour le test de confirmation de la présence et le dénombrement des streptocoques fécaux, tube contenant 5 ml de réactif.

- Réactif de Kovacs, pour la recherche et le dénombrement des *Escherichia coli*,

- portoirs pour les tubes,

- marqueur pour identifier les échantillons,

- tubes d'eau physiologique stérile, pour réaliser les dilutions,

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

- bec bunsen,
- étuves, pour les incubations,
- tables de Mac Crady, permettant de déterminer le NPP.

2.7. Méthode générale utilisée pour les dénombrements en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP) :

L'analyse bactériologique ne doit pas seulement être une analyse qualitative mais aussi quantitative, c'est le cas de la plupart des examens pratiqués. C'est notamment le cas de cette méthode (NPP).

Celle-ci permet d'évaluer statistiquement le nombre de micro-organismes supposés présents dans un milieu, en l'occurrence l'eau de mer, en utilisant la loi de probabilité de Poisson.

La croissance des bactéries a lieu dans un milieu liquide qui en cas de résultats positifs, devient trouble ou change de couleur, c'est donc une réaction qualitative.

Elle est aussi quantitative puisqu'en fonction du nombre de tubes positifs, on peut déterminer statistiquement le nombre le plus probable (NPP) de microorganismes, mais non énumérative. En effet, elle nous permet de déterminer la présence ou l'absence de bactéries et non de faire une liste des différentes espèces de bactéries présentes (Meyer *et al.*, 2004 ; Rodier, 2009)

Mode opératoire :

Il peut être résumé pour chacun des tests réalisés comme ceci (annexe 5).

Ensemencement des milieux présomptifs :

- ❖ Ensemencer douze tubes contenant le milieu de culture liquide.
- ❖ Après avoir fini l'ensemencement, mettre les tubes dans l'étuve pour incubation à la température et pendant la durée imposée par les textes en vigueur.
- ❖ Noter le nombre de tubes inoculés qui sont positifs, donc présentant une culture visible qui indique la présence d'au moins un micro-organisme (dégagement de gaz, dépôt, etc.) et procéder au test de confirmation par repiquage de ceux-ci pour conclure à la présence réelle de micro-organismes.

Ensemencement des milieux confirmatifs :

- ❖ A partir de chaque tube de milieu présomptif ayant donné un résultat positif, ensemen-

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

avec une pipette pasteur les milieux confirmatifs.

❖ Faire incuber selon les germes recherchés et considérer comme positifs les tubes présentant un trouble visible et les caractéristiques des microorganismes recherchés.

❖ Se reporter aux tables qui indiquent, en fonction du nombre de tubes positifs pour chaque dilution (nombre caractéristique, NC), la valeur statistique la plus probable donc le nombre le plus probable (NPP) de micro-organisme. (Ainsi, en prenant l'exemple suivant 3/3, 1/3, 0/3 et 0/3 tubes positifs après repiquage, le NC est : 3, 1, 0 ; donc le NPP : 43 micro-organismes/100ml).

Remarque :

- Chaque test comporte deux étapes successives : un test présomptif et un test de confirmation ; le dénombrement des coliformes totaux comporte bien deux étapes mais chacune d'elles nous indique une information : le test de présomption nous informe sur le nombre de coliformes totaux et le test de confirmation sur le nombre de coliformes thermotolérants et *Escherichia coli* en particulier.

- Il faut noter que l'absence de culture correspond à l'absence de micro-organisme, et que plus d'un micro-organisme peut être responsable d'une culture positive (Rodier, 2009).

- De même, dans le cas d'analyses d'eaux très polluées ou celles dont la qualité bactériologique est inconnue, le nombre de dilution est augmentée (Rodier, 2009).

- La lecture des résultats se faisant sur trois séries successives d'ensemencement, la série de base retenue est, parmi les séries où les trois tubes sont positifs, celle qui correspond à la plus petite quantité d'ensemencement ; les deux autres séries sont successives à cette première série, et leurs tubes ne sont pas tous positifs. C'est pour cela que dans l'exemple précédemment cité où le nombre de tubes positifs était 3/3, 1/3, 0/3 et 0/3 nous avons pour NC 3, 1, 0 (Rodier, 2009).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

3. Les analyses physicochimiques :

3.1. Matériel et mode de prélèvement :

Le matériel de prélèvement est le même que celui des analyses microbiologiques, à la différence que les flacons ne sont pas obligatoirement en verre, ils peuvent être en plastique. Cependant, pour notre étude nous avons utilisé des flacons en verre borosilicatés, dont le volume est d'un litre.

Le mode de prélèvement est également identique à celui cité précédemment pour les analyses microbiologiques, la seule différence est que les flacons doivent être rincés deux ou trois fois avec l'eau à analyser avant d'effectuer le prélèvement (Rodier, 2009).

3.2. Transport, conservation et enregistrements des échantillons prélevés :

Ils ne diffèrent pas de ceux cités précédemment dans la partie « analyses microbiologiques ».

Après le prélèvement, les échantillons d'eau doivent être protégés de l'exposition à la lumière, en particulier celle du soleil, à tous les stades du transport ; afin de prévenir toute modification de la composition chimique de l'eau de mer, ils sont transportés dans une glacière où la température doit être inférieure à 6°C (entre 4-6°C), et les analyses sont effectuées le plus rapidement possible (Rodier, 2009).

3.3. Matériel et méthodes utilisés :

Il s'agit essentiellement d'appareils électroniques ainsi que leurs sondes : pH-mètre, conductimètre (tableau 8). Les différents paramètres sont mesurés in situ.

Tableau 8 : Paramètres physico-chimiques mesurés :

Paramètres	Méthodes de mesure	Valeurs guides
pH	pH-mètre de marque WTW série pH 197-S	6,5-8
Salinité	Conductimètre de marque WTW série LF 197-S	36-37
Température (T°C)	Multi-paramètre après immersion d'environ 10 minutes	/
Conductivité électrique (mS/cm)	Conductimètre de marque WTW série LF 197-S	54-55 mS/cm

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Minéralisation globale ou total de sels dissous (TDS, mg/l)	Conductimètre de marque WTW série LF 197-S	« OFL »
Les paramètres organoleptiques : coloration, huiles minérales, substances tensio-actives, phénols, transparence, résidus goudronneux et matières flottantes (bois, plastique, bouteille et toute autre matière et débris ou éclats)	Observés à l'œil nu	Absence

4. Les méthodes d'analyse statistique :

Toute étude comporte tout d'abord la collecte des données, puis l'analyse statistique et l'interprétation de celles-ci.

L'analyse statistique regroupe l'analyse descriptive (ou déductive) permettant de présenter les données observées sous forme de tableaux ou de graphiques facilitant ainsi leur lecture et compréhension, et l'analyse inductive. Cette analyse a pour but de généraliser les conclusions obtenues à partir des tests statistiques en tenant compte des risques d'erreur mesurés à l'aide des théories de probabilités.

4.1. Méthodes statistiques univariées :

4.1.1. Description des données :

Elle comprend les paramètres de base, à savoir :

- l'effectif (n), correspondant au nombre total de données traitées par saison d'étude ;
- la moyenne arithmétique (\bar{x}) pour chaque saison d'étude, paramètre de position et de tendance centrale ;
- l'écart-type (s) pour chaque saison d'étude, indiquant la dispersion des données autour de la moyenne ;
- les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) pour chaque saison d'étude, qui renseignent sur l'étendue des données (Dagnélie, 2006).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

4.1.2. Détermination des percentiles 90 et 95 :

La directive européenne 2006/7/CE signée par l'Algérie, concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE, préconise de calculer les percentiles 90 et 95 afin d'établir des profils des eaux de baignades permettant de les classer en quatre catégories « insuffisante, suffisante, bonne ou excellente » qualité.

Les 90^e et 95^e percentiles pour les variables *E.coli* et streptocoques fécaux permettent d'évaluer la distribution des données, par exemple le 95^e percentile correspond aux 95% des valeurs les plus faibles par rapport aux 5% les plus élevées (AFSSET, 2007).

Catégories Paramètres	A (excellente qualité)	B (bonne qualité)	C (qualité suffisante)	D (qualité insuffisante)
Entérocoques intestinaux	100 (*)	100-200 (*)	200 (**)	> 200 (**)
E.coli	250 (*)	250-500 (*)	500 (**)	> 500 (**)

(*) Evaluation au 95^e percentile.

(**) Evaluation au 90^e percentile.

Calcul du percentile :

- prendre la valeur log₁₀ de tous les dénombrements bactériens de la séquence de données à évaluer (si une valeur égale à zéro est obtenue, prendre la valeur log₁₀ du seuil minimal de détection de la méthode analytique utilisée),

- calculer la moyenne arithmétique des valeurs log₁₀ (μ),

- calculer l'écart-type des valeurs log₁₀ (σ),

- la valeur au 90^e percentile de la densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante : $\text{antilog}_{10}(\mu + 1, 282 \sigma)$,

- la valeur au 95^e percentile de la densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante : $\text{antilog}_{10}(\mu + 1, 65 \sigma)$ (AFSSET, 2007).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

4.1.3. Comparaison des caractéristiques moyennes entre les stations : test de l'analyse de la variance (ANOVA) :

Afin de comparer les moyennes des différents paramètres physico-chimiques mesurés entre les dix sites, nous avons utilisé le test de l'analyse de la variance à un critère de classification, modèle fixe.

Ce test permet, en effet, de comparer ; pour des échantillons simples, aléatoires et indépendants ; les moyennes de plusieurs populations en utilisant la table de Fisher pour les niveaux de signification $\alpha = 0,05$; $\alpha = 0,01$ ou $\alpha = 0,001$ et pour k_1 et k_2 degrés de liberté.

Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha = 0,05$; $0,01$ ou $0,001$, on dit conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un, deux ou trois astérisques.

4.1.4. Test de Tukey :

A la suite d'un test d'analyse de la variance pour des facteurs fixes, lorsqu'on rejette l'hypothèse d'égalité de plusieurs moyennes, il faut rechercher et localiser les inégalités, c'est-à-dire, de déterminer quels sont les groupes de stations homogènes, pour telle ou telle caractéristiques mesurée.

De nombreuses solutions ont été proposées pour répondre ou tenter de répondre à cette question (Dagnélie, 2006).

Ces solutions sont groupées sous l'appellation générale de méthodes de comparaisons particulières et multiples de moyennes. Le choix entre les différentes approches est très largement fonction de la nature quantitative ou qualitative, des facteurs considérés, et de l'objectif qui a été fixé, ou qui aurait dû être fixé, au moment où la collecte des données a été décidée. Parmi ces méthodes, on trouve le test de Tukey (Dagnélie, 2006).

4.2. Méthode statistique bivariée :

Celle-ci permet de calculer le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson entre les variables prises deux à deux. Ce coefficient, compris entre -1 et +1, donne des indices sur l'évolution simultanée des variables en question. S'il est positif, les deux variables augmentent ou diminuent alors en même temps ; s'il est négatif, celles-ci évoluent en sens

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

inverse : quand une variable augmente, l'autre diminue et vice versa ; et enfin, s'il est nul, la corrélation est nulle.

Les coefficients de corrélation ont été calculés pour les 8 variables mesurées pour l'ensemble des 10 stations durant les 2 saisons d'études, soit sur la matrice de données de dimensions $n \times p$ (avec $n = 10$ stations et $p = 8$ vecteurs moyennes des variables), à l'aide du logiciel Minitab qui donne la valeur du coefficient de corrélation ainsi que la probabilité p correspondante afin de tester la signification de la corrélation en question (Dagnélie, 2006).

4.3. Méthode statistique multivariée : recherche de groupes de stations homogènes, analyse hiérarchique :

La détermination du degré de similitude (ou de divergence) entre les stations grâce à cette méthode, nous permet une répartition des stations en groupes homogènes.

Celle-ci est appliquée sur la matrice de données de dimensions 10×8 , avec $n = 10$ vecteurs lignes (stations) et $p = 8$ vecteurs moyennes colonnes représentant les 8 variables mesurées au niveau des 10 stations durant la période d'étude (Dagnélie, 2006).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Introduction :

Le troisième et dernier chapitre de ce travail est essentiellement consacré à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus.

Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus par les différentes méthodes statistiques.

Nous envisagerons tout d'abord les résultats de l'analyse statistique univariée relatifs à la description des données (paragraphe 1.), au test du percentile (paragraphe 2.), du test d'analyse de la variance et du test de Tukey (paragraphe 4.), puis nous examinerons les résultats de l'analyse bivariée (paragraphe 5) et enfin, nous analyserons successivement les résultats des méthodes statistiques multivariées, notamment l'analyse hiérarchique (paragraphe 6.).

Nous terminerons le chapitre avec une conclusion (paragraphe 7.).

1. Descriptions des données : résultats statistiques

Les résultats seront commentés et comparés aux textes réglementaires régissant la qualité des eaux de baignade en Algérie, ainsi qu'aux informations récoltées dans la bibliographie.

1.1. Données concernant le site 1 « la plage la jetée » :

Première plage s'étendant sur une longueur d'environ 300 m, à l'Ouest immédiatement du port mixte. A sa droite, il y a une fortification d'énormes blocs qui protège l'entrée du port et facilite l'accostage des bateaux (figure 15). Cette plage n'est pas autorisée à la baignade du fait de la présence d'un émissaire urbain (figure 16), provenant du réseau du centre-ville et de Béni Malek (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).

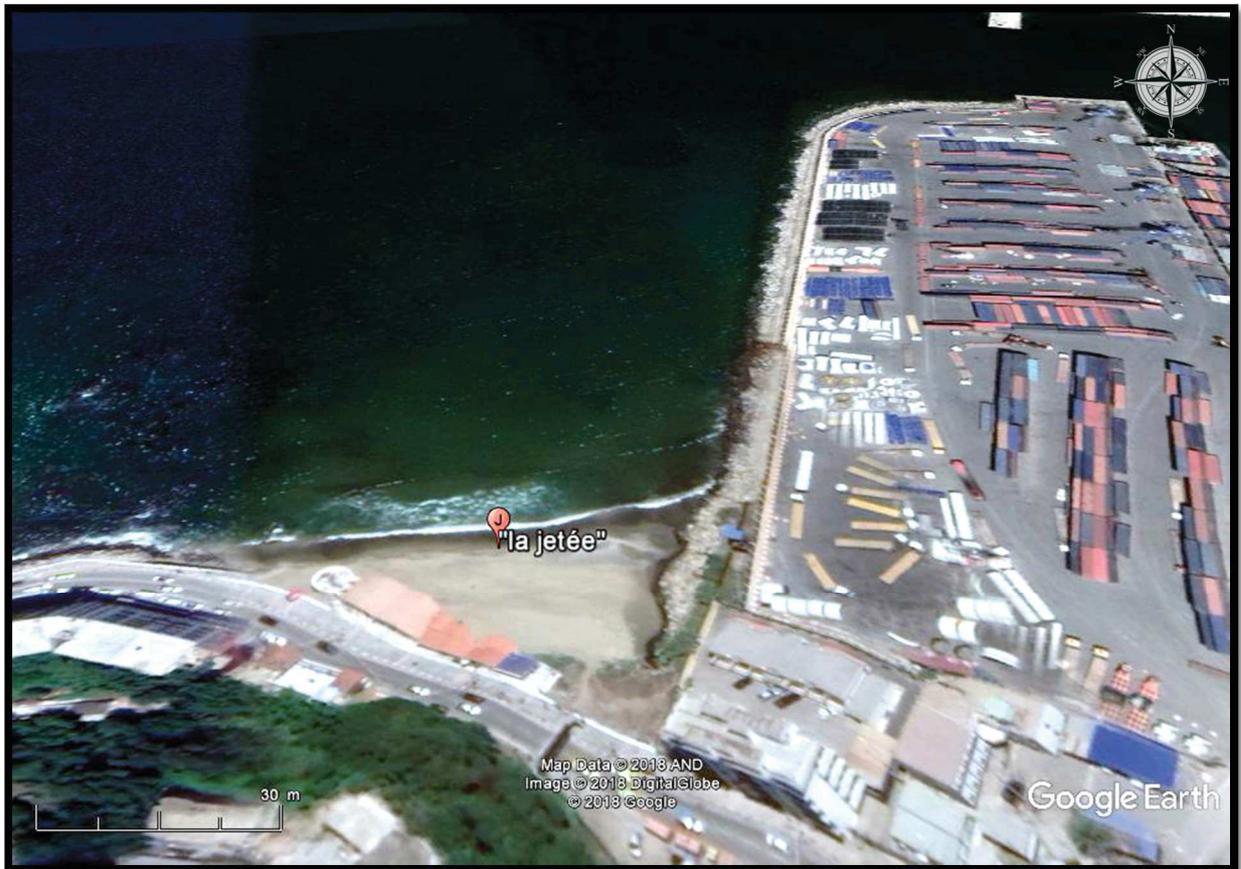


Figure 15 : Image satellite de la « jetée ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

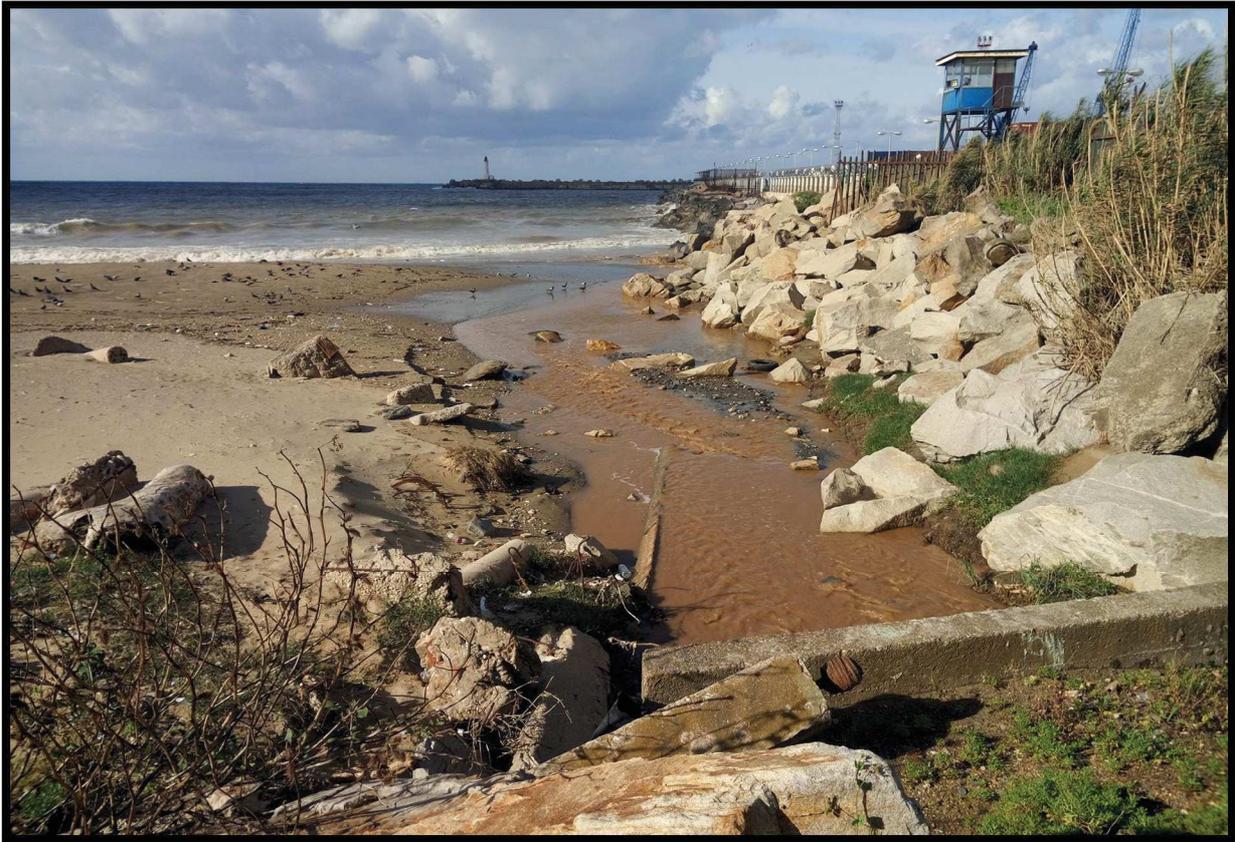


Figure 16 : Photo montrant le rejet urbain se déversant dans la mer.

Tableau 9 : Paramètres statistiques des données du site 1.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	23,70	4,10	16,84	19,00	29,80
	2	7	22,600	2,327	5,417	18,100	25,100
pH	1	6	7,728	0,485	0,235	7,080	8,090
	2	7	8,1800	0,1820	0,0331	7,8000	8,3500
S	1	6	35,600	1,413	1,996	33,000	36,700
	2	7	36,643	1,649	2,720	33,000	37,800
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,050	0,653	0,427	55,000	57,000
	2	7	55,800	1,225	1,500	53,100	56,800
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	5625	4478	20051750	150	11000
	2	7	1768	4073	16585707	28	11000
CTT (/100 ml)	1	6	370	435	189120	70	930
	2	7	778	1689	2853892	11	4600
E.coli (/100 ml)	1	6	370	435	189120	70	930
	2	7	738	1706	2910510	3	4600
SF (/100 ml)	1	6	1497	1007	1013707	390	2400
	2	7	3074	5113	26145195	40	14000

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.1.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude montrent une température moyenne de 23,108 °C, avec un minimum enregistré au mois de mars 2016 (18,1°C) et un maximum au mois de juillet 2015 (29,8°C). La saison 2015 enregistrant des températures moyennes supérieures à celles de 2016 (tableau 9).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre 7,971 avec un minimum de 7,08 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,35 obtenu au mois de septembre 2016 (tableau 9). Les valeurs obtenues sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 sont supérieures à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,161 avec un minimum de 33,0 pour le mois d'avril 2015 et un maximum de 37,8 pour le mois de septembre 2016 (tableau 9). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux d'une zone côtière, comprise entre 36 et 37. La valeur minimale enregistrée au mois d'avril pourrait s'expliquer par les apports continentaux (rejet urbain et eaux de pluies). Nous pouvons également remarquer que la salinité moyenne enregistrée durant la saison 2016 sont légèrement supérieure à celle enregistrée en 2015.

La conductivité enregistrée donne une valeur minimale de l'ordre de 53,1 mS/cm (mars 2016) et une valeur maximale de l'ordre de 57,0 mS/cm (juin 2015), avec une moyenne de 55,915 mS/cm (tableau 9). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise entre 54 et 55 mS/cm. L'eau douce apportée par le rejet urbain justifie les valeurs minimales.

Durant notre étude, la minéralisation globale (TDS solides totaux dissous) n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » (out of limits) signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 9).

1.1.2. Les coliformes totaux (CT/ 100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 3 548,308 CT/100 ml, avec un minimum de 28,0 CT/100 ml, enregistré au mois de mars 2016 (tableau 9), et un maximum de 11 000,0

Chapitre 3 : Résultats et discussion

CT/100 ml (juin et septembre 2015 et mai 2016). Le taux moyen, bien qu'élevé, est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, mais la valeur maximale est au-dessus de celui-ci, traduisant la mauvaise qualité de l'eau.

1.1.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 589,538 CTT/100 ml, avec un minimum de 11,0 CTT/100 ml (en mars 2016), et un maximum de 4 600,0 CTT/100 ml (en mai 2016), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 9). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de moyenne qualité, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml. Nous constatons également que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2016 sont supérieurs à ceux de 2015.

1.1.4. *E.coli* (EC/ 100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 568,154 EC/100 ml, avec des valeurs variant de 3,0 EC/100 ml (en juin 2016) à 4 600,0 EC/100 ml (en mai 2016). Ces valeurs traduisent une eau de moyenne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml (AFSSET, 2007). De plus, on peut signaler que les taux moyens enregistrés durant la saison 2016 sont supérieurs à ceux de 2015 (tableau 9).

1.1.5. Les streptocoques fécaux (SF/ 100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux de l'ordre de 40,0 SF/100 ml (en juin et juillet 2016) à 14 000,0 SF/100 ml (en septembre 2016) avec une moyenne de 2 346,154 SF/100 ml. Ces taux sont synonymes d'une eau contaminée puisqu'ils dépassent très largement la valeur guide (100 SF/100 ml) fixée par les textes en vigueur (décret exécutif 93-164). Les concentrations moyennes obtenues en 2016 sont supérieures à celles de 2015 (tableau 9).

1.1.6. Conclusion :

A partir des précédentes observations concernant la qualité des eaux de baignade du site 1 qui correspond à la plage « la jetée » interdite à la baignade mais très fréquentée, nous pouvons conclure que :

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigée,
- Cependant, du point de vue bactériologique, cette eau est de mauvaise qualité, les résultats enregistrés dépassant les valeurs de guides La présence d'un rejet urbain se déversant au niveau de cette plage, sans traitement, justifie ces résultats et explique sa fermeture permanente à la baignade.

1.2. Données concernant le site 2 « plage château-vert » :

Première plage autorisée à la baignade, tout de suite après la jetée (figure 17), délimitée par un amas de blocs et de petits rochers, s'étendant sur 400 m et une superficie de 18 000 m², elle est très fréquentée toute l'année et surtout en été pour sa proximité à la ville, et aussi pour ses rochers, elle a enregistré un total d'environ 399 455 estivants pour les années d'étude (2015 et 2016) (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).

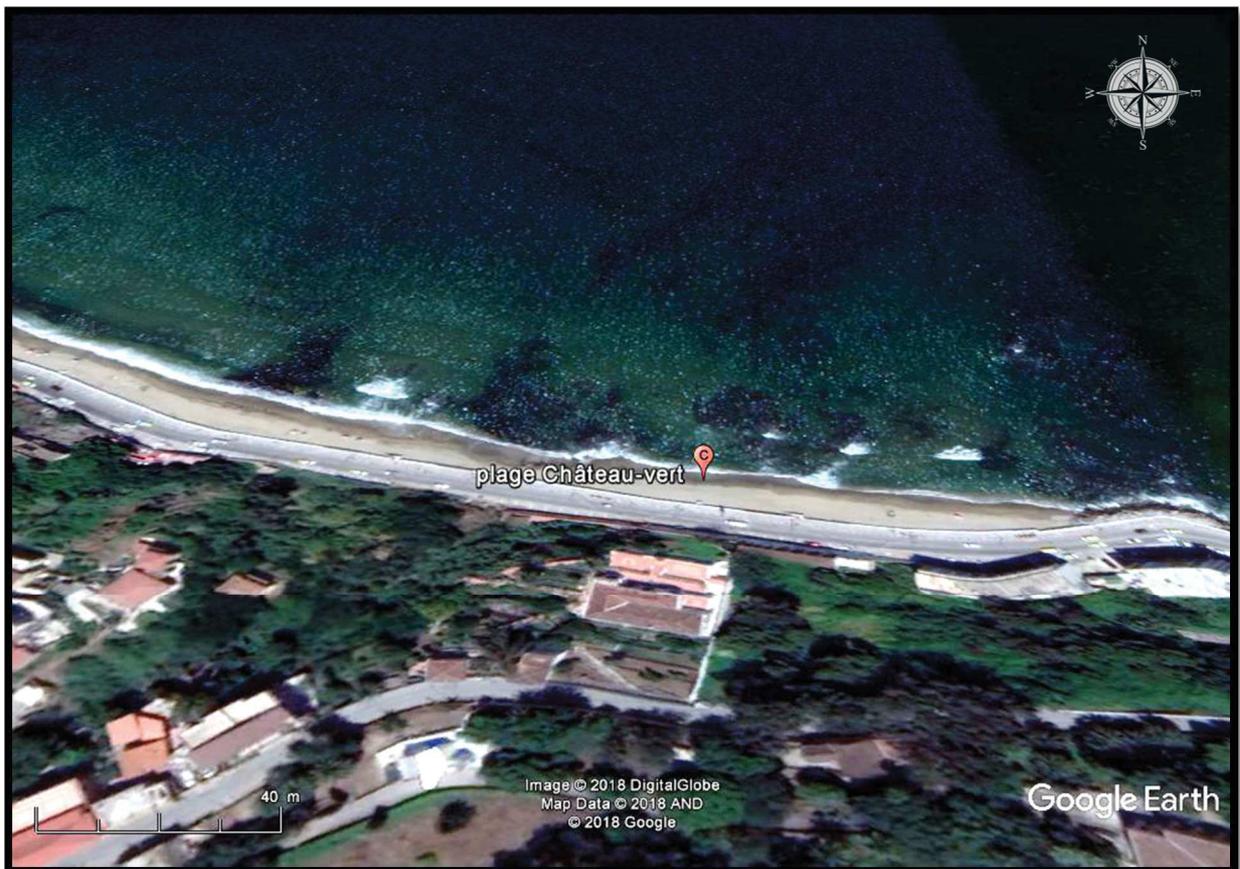


Figure 17 : Image satellite de la plage « château-vert ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 10 : Paramètres statistiques des données du site 2.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	23,63	3,89	15,12	18,80	29,20
	2	7	22,329	2,250	5,062	18,000	24,800
pH	1	6	7,713	0,511	0,261	6,970	8,080
	2	7	8,1829	0,1831	0,0335	7,8000	8,3500
S	1	6	36,550	0,922	0,851	35,000	37,500
	2	7	36,843	1,277	1,630	34,000	37,600
Conductivité (mS/cm)	1	6	55,917	1,217	1,482	53,500	56,800
	2	7	56,186	0,434	0,188	55,300	56,700
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	5732	6592	43456537	430	14000
	2	7	269	325	105674	3	930
CTT (/100 ml)	1	6	745	979	958110	70	2400
	2	7	110,1	155,9	24310,1	0,0	430,0
E.coli (/100 ml)	1	6	352	569	324057	40	1500
	2	7	108,3	157,1	24690,2	0,0	430,0
SF (/100 ml)	1	6	1120	1790	3203593	28	4600
	2	7	639	855	731148	30	2400

1.2.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 22,931 °C, avec un minimum au mois de mars 2016 (18 °C) et un maximum de 29,2 °C au mois de juillet 2015 (tableau 10). La saison 2015 enregistrant des températures moyennes supérieures à celles de 2016.

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 7,966 avec un minimum de 6,97 obtenu en juin 2015, et un maximum de 8,35 obtenu au mois de septembre 2016 (tableau 10). Les valeurs obtenues sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 manifestent une légère hausse par rapport à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de 36,708 avec un minimum de 34,0 pour le mois de mars 2016 et un maximum de 37,6 pour le mois de septembre 2016 (tableau 10). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37. La valeur minimale enregistrée au mois de mars pourrait s'expliquer

Chapitre 3 : Résultats et discussion

par la présence du rejet urbain se déversant dans cette plage. Nous pouvons également remarquer que la salinité moyenne enregistrée durant la saison 2016 est légèrement supérieure à celle enregistrée en 2015.

La conductivité enregistrée donne une valeur minimale de l'ordre de 53,5 mS/cm (en avril 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 56,8 mS/cm (en mai 2015), avec une moyenne de 56,061 mS/cm (tableau 10). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 10).

1.2.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 2 790,0 CT/ 100 ml, avec un minimum de 3,0 CT/100 ml, enregistré au mois de mars 2016 (tableau 10) et un maximum de 14 000 CT/100 ml (juin et août 2015). Le taux moyen, bien qu'élevé, est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, mais la valeur maximale est au-dessus de celle-ci, traduisant la mauvaise qualité de l'eau au cours des mois en question (juillet-août 2015).

1.2.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 403,154 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml (en mars 2016) et un maximum de 2 400,0 CTT/100 ml (en août 2015), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 10). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité acceptable, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml. Nous constatons également que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2015 sont supérieurs à ceux de 2016.

1.2.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 220,615 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml (mars 2016) à 1 500,0 EC/100 ml (juillet 2016). Ces valeurs traduisent une eau de qualité acceptable, au vu de la directive européenne de 2006,

Chapitre 3 : Résultats et discussion

préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1000 EC/100 ml. De plus, on peut signaler que les taux moyens enregistrés durant la saison 2015 sont supérieurs à ceux de 2016 (tableau 10).

1.2.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, la concentration en streptocoques fécaux donne une valeur minimale de l'ordre de 28,0 SF/100 ml (juin 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 4 600 SF/100 ml (juillet 2015) avec une moyenne de 860,615 SF/100 ml (tableau 10). Ces taux sont synonymes d'une eau contaminée puisqu'ils dépassent très largement la valeur guide (100 SF/100 ml) fixée par les textes en vigueur (décret exécutif 93-164). Les concentrations moyennes obtenues en 2015 sont supérieures à celles de 2016.

1.2.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 2 correspondant à la plage « château-vert », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physicochimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées,
- Cependant, du point de vue bactériologique, cette eau est de moyenne voire de mauvaise qualité, les résultats enregistrés dépassant les valeurs de qualité pour la concentration moyenne de streptocoques fécaux. La présence d'un rejet urbain au niveau de cette plage justifie ces résultats et démontre une contamination ancienne des eaux.

1.3. Données concernant le site 3 « plage paradis » :

Après le virage de la deuxième plage militaire on trouve cette plage (figure 18). Délimitée par des rochers, elle s'étend sur une longueur d'environ 300 m et a une superficie de 12 500 m², ses eaux sont profondes dès la rive. Plage relativement propre puisque ne recevant aucun égout, ce qui explique qu'elle fasse partie des plages les plus fréquentées de la commune de Skikda avec environ un total de 555 648 estivants pour les années d'étude (2015 et 2016) (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).



Figure 18 : Image satellite de la plage « paradis ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 11 : Paramètres statistiques des données du site 3.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	23,73	3,83	14,69	19,40	29,50
	2	7	22,87	2,79	7,80	18,00	26,60
pH	1	6	7,938	0,328	0,108	7,270	8,100
	2	7	8,2123	0,1222	0,0149	7,9460	8,3200
S	1	6	36,350	0,750	0,563	35,000	37,200
	2	7	37,057	0,605	0,366	35,800	37,600
Conductivité (mS/cm)	1	6	55,817	0,966	0,934	54,500	57,200
	2	7	56,129	0,419	0,176	55,300	56,500
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	30,2	58,9	3468,2	3,0	150,0
	2	7	693	1723	2969990	3	4600
CTT (/100 ml)	1	6	16,2	37,7	1419,4	0,0	93,0
	2	7	73,7	157,7	24861,9	0,0	430,0
E.coli (/100 ml)	1	6	2,17	3,71	13,77	0,00	9,00
	2	7	51,1	106,2	11277,8	0,0	290,0
SF (/100 ml)	1	6	3,83	2,93	8,57	0,00	9,00
	2	7	100,1	111,7	12480,1	4,0	290,0

1.3.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,269 °C, avec un minimum de 18 °C au mois de mars 2016 et un maximum au mois de juillet 2015 (29,5°C). La saison 2015 enregistrant des températures moyennes supérieures à celles de 2016 (tableau 11).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,086, avec un minimum de 7,27 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,32 enregistré au mois de septembre 2016 (tableau 11). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 sont légèrement supérieures à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,731 avec un minimum de 35,0 pour le mois d'avril 2015 et un maximum de 37,6 pour les mois de juillet et août 2016 (tableau 11). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37. Nous pouvons également remarquer que la salinité

Chapitre 3 : Résultats et discussion

moyenne enregistrée durant la saison 2016 affiche une légère hausse par rapport à celle enregistrée en 2015.

La conductivité enregistrée donne une valeur minimale de l'ordre de 54,5 mS/cm (juillet 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 57,2 mS/cm (août 2015), avec une moyenne de 55,984 mS/cm (tableau 11). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 11).

1.3.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de l'ordre de 387,077 CT/100 ml, avec un minimum de 3,0 CT/100 ml (tableau 11) et un maximum de 4 600 CT/100 ml (juillet 2016). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, il en est de même pour la valeur maximale, ce qui démontre la bonne qualité de l'eau au cours des mois en question.

1.3.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 47,154 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml et un maximum de 430,0 CTT/100 ml (juillet 2016), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 11). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité acceptable, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.3.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 28,538 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml (tableau 11) à 290,0 EC/100 ml (juillet 2016). Ces valeurs traduisent une eau de qualité acceptable, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.3.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, la concentration en streptocoques fécaux enregistre une valeur minimale de l'ordre de 0,0 SF/100 ml (avril 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 290 SF/100 ml (août 2016) avec une moyenne de 55,692 SF/100 ml (tableau 11). Ces taux sont synonymes d'une eau de qualité moyenne, la valeur guide fixée par les textes en vigueur (décret exécutif 93-164) ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml. Nous constatons cependant que la valeur maximale est supérieure à la valeur limite fixée, ce qui traduit une contamination fécale ancienne de ce site.

1.3.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 3 correspondant à la plage « paradis », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;

- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité acceptable, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes. De plus, nous constatons que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2015 sont largement inférieurs à ceux enregistrés en 2016.

1.4. Données concernant le site 4 « plage bikini » :

Située après paradis plage à l'entrée du village Stora (figure 19), elle s'étend du grand virage jusqu'à à la limite de la jetée du port de pêche, soit sur une longueur de 200 m. Caractérisée par un sable fin, des eaux peu profondes, qui font que cette plage est très fréquentée en été par les baigneurs, soit environ un total de 307 995 estivants pour les deux saisons estivales étudiées (2015 et 2016). (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).



Figure 19 : Image satellite de la plage « bikini ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 12 : Paramètres statistiques des données du site 4.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	23,55	3,94	15,56	18,70	29,40
	2	7	22,657	2,280	5,196	18,200	25,100
pH	1	6	7,942	0,350	0,122	7,250	8,240
	2	7	8,1474	0,1321	0,0174	7,9220	8,2800
S	1	6	36,350	1,253	1,571	34,000	37,500
	2	7	36,886	0,815	0,665	35,100	37,500
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,433	0,294	0,087	56,200	56,900
	2	7	56,143	0,151	0,0229	55,900	56,300
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	92,3	166,3	27657,5	3,0	430,0
	2	7	2048	5271	27780123	3	14000
CTT (/100 ml)	1	6	22,17	21,90	479,77	0,00	43,00
	2	7	2010	5287	27954226	0	14000
E.coli (/100 ml)	1	6	22,17	21,90	479,77	0,00	43,00
	2	7	2010	5287	27954226	0	14000
SF (/100 ml)	1	6	454	960	921184	7	2400
	2	7	4094	6768	45810165	15	14000

1.4.1. Les paramètres physico-chimiques :

Une température moyenne des eaux analysées, durant notre étude, est de l'ordre de 23,069 °C, avec un minimum de 18,2°C au mois de mars 2016 et un maximum de 29,4°C au mois de juillet 2015 (tableau 12). La saison 2016 enregistrant des températures moyennes inférieures à celles de 2015.

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,052, avec un minimum de 7,25 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,28 enregistré au mois de mai 2016 (tableau 12). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 sont légèrement supérieures à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,63 avec un minimum de 34,0 pour le mois d'avril 2015 et un maximum de 37,5 pour les mois de septembre 2015 et juillet 2016 (tableau 12). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37. Nous pouvons également remarquer que

Chapitre 3 : Résultats et discussion

la salinité moyenne enregistrée durant la saison 2015 apparait légèrement inférieure à celle enregistrée en 2016.

La conductivité enregistrée donne une valeur minimale de l'ordre de 55,9 mS/cm (avril 2016) et une valeur maximale de l'ordre de 56,9 mS/cm (juin 2015), avec une moyenne de 56,277 mS/cm (tableau 12). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 12).

1.4.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 1145,615 CT/100 ml, avec un minimum de 3,0 CT/100 ml (tableau 12), et un maximum de 14 000 CT/100 ml (septembre 2016). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, cependant la valeur maximale et au-dessus de celle-ci, ce qui implique la qualité moyenne de l'eau au cours des mois en question.

1.4.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 1 092,461 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml, et un maximum de 14 000,0 CTT/100 ml (septembre 2016) ; ont été enregistrés durant notre étude (tableau 12). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité moyenne, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.4.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 1 092,461 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml (tableau 12) à 14 000,0 EC/100 ml (septembre 2016). Ces valeurs traduisent une eau de mauvaise qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.4.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, la concentration en streptocoques fécaux affichent une valeur minimale de l'ordre de 7,0 SF/100 ml (septembre 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 14 000 SF/100 ml (août et septembre 2016) avec une moyenne de 2 414,0 SF/100 ml (tableau 12). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.4.6. Conclusion :

A partir des précédentes observations concernant la qualité des eaux de baignade du site 4 correspondant à la plage « bikini », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;
- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité moyenne voire mauvaise, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes sauf pour les concentrations en streptocoques fécaux. De plus, nous constatons que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2015 sont largement inférieurs à ceux enregistrés en 2016.

1.5. Données concernant le site 5 « plage molo » :

Petite plage très rocheuse, elle s'étend sur environ 200 mètres de long et 5 mètres de large, se trouvant à côté de la fortification rempart en gros blocs qui délimite et protège le port des vagues (figure 20 et 21), elle peut être considérée comme une jetée (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2012).

Sa proximité avec le port et les nombreux restaurants font de celle-ci une plage relativement polluée, surtout durant la saison estivale et explique sa fermeture à la baignade.



Figure 20 : Image satellite de la plage « molo ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion



Figure 21 : Photo de la plage « molo ».

Tableau 13 : Paramètres statistiques des données du site 5.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	23,72	3,86	14,89	19,30	29,60
	2	7	22,243	2,116	4,476	18,200	24,300
pH	1	6	7,912	0,375	0,140	7,150	8,130
	2	7	8,2189	0,1048	0,0110	8,0220	8,3400
S	1	6	37,183	0,578	0,334	36,600	38,000
	2	7	37,029	0,680	0,462	35,600	37,600
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,317	0,407	0,166	55,700	56,900
	2	7	56,229	0,395	0,156	55,600	56,700
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	2288	4308	18558787	3	11000
	2	7	514	853	728192	3	2400
CTT (/100 ml)	1	6	889	1825	3331392	0	4600
	2	7	153,1	192,6	37113,5	0,0	430,0
E.coli (/100 ml)	1	6	147,2	161,0	25932,2	0,0	430,0
	2	7	153,1	192,6	37113,5	0,0	430,0
SF (/100 ml)	1	6	561	943	890174	11	2400
	2	7	497	859	737553	9	2400

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.5.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistré une température moyenne de 22,923 °C, avec un minimum de 18,2 °C au mois de mars 2016 et un maximum de 29,6°C au mois de juillet 2015 (tableau 13). La saison 2016 enregistrant des températures moyennes inférieures à celles de 2015.

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,077 avec un minimum de 7,15 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,34 au mois de septembre 2016 (tableau 13). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 sont supérieures à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 37,1 avec un minimum de 35,60 pour le mois de mars 2016 et un maximum de 38,0 pour le mois d'avril 2015 (tableau 13). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37 ; bien que la valeur maximale dépasse légèrement la limite en vigueur.

La conductivité varie entre une valeur minimale de l'ordre de 55,6 mS/cm (mars 2016) et une valeur maximale de l'ordre de 56,9 mS/cm (août 2015), avec une moyenne de 56,269 mS/cm (tableau 13). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 13).

1.5.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 1 332,462 CT/100 ml, avec un minimum de 3,0 CT/100 ml (tableau 13) et un maximum de 11 000 CT/100 ml (août 2015). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, cependant la valeur maximale et au-dessus de celle-ci, ce qui traduit la qualité moyenne de l'eau au cours du mois en question.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.5.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 492,692 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml, et un maximum de 4 600,0 CTT/100 ml (août 2015) ; ont été enregistrés durant notre étude (tableau 13). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité acceptable, au vu des législations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml, même si la valeur maximale est très largement supérieure aux normes. Nous constatons également que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2015 sont supérieurs à ceux de 2016.

1.5.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 150,385 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml à 430,0 EC/100 ml (tableau 13). Ces valeurs traduisent une eau de bonne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

1.5.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 9,0 SF/100 ml (mars 2016) à 2 400 SF/100 ml (juin 2015 et septembre 2016) avec une moyenne de 526,615 SF/100 ml (tableau 13). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.5.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 5 correspondant à la plage « molo » interdite à la baignade, nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;
- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité moyenne voire mauvaise, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes sauf pour les concentrations en streptocoques fécaux ; ce qui est synonyme d'une contamination fécale ancienne de cette eau.

1.6. Données concernant le site 6 « plage poste 2 » :

Cette plage fait suite au poste 1 qui a été transformé en une sorte de marina avec brise-lames, on n'y trouve aucun rocher (figure 22). Avec le poste 3, cette plage forme ce que l'on appelle « la plage Ben M'Hidi » (figure 23) s'étendant sur près de 800 m de long et couvrant une superficie de 40 000 m², elle a attiré pendant la période d'étude (saisons estivales 2015 et 2016) un total d'environ 689 885 estivants (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).

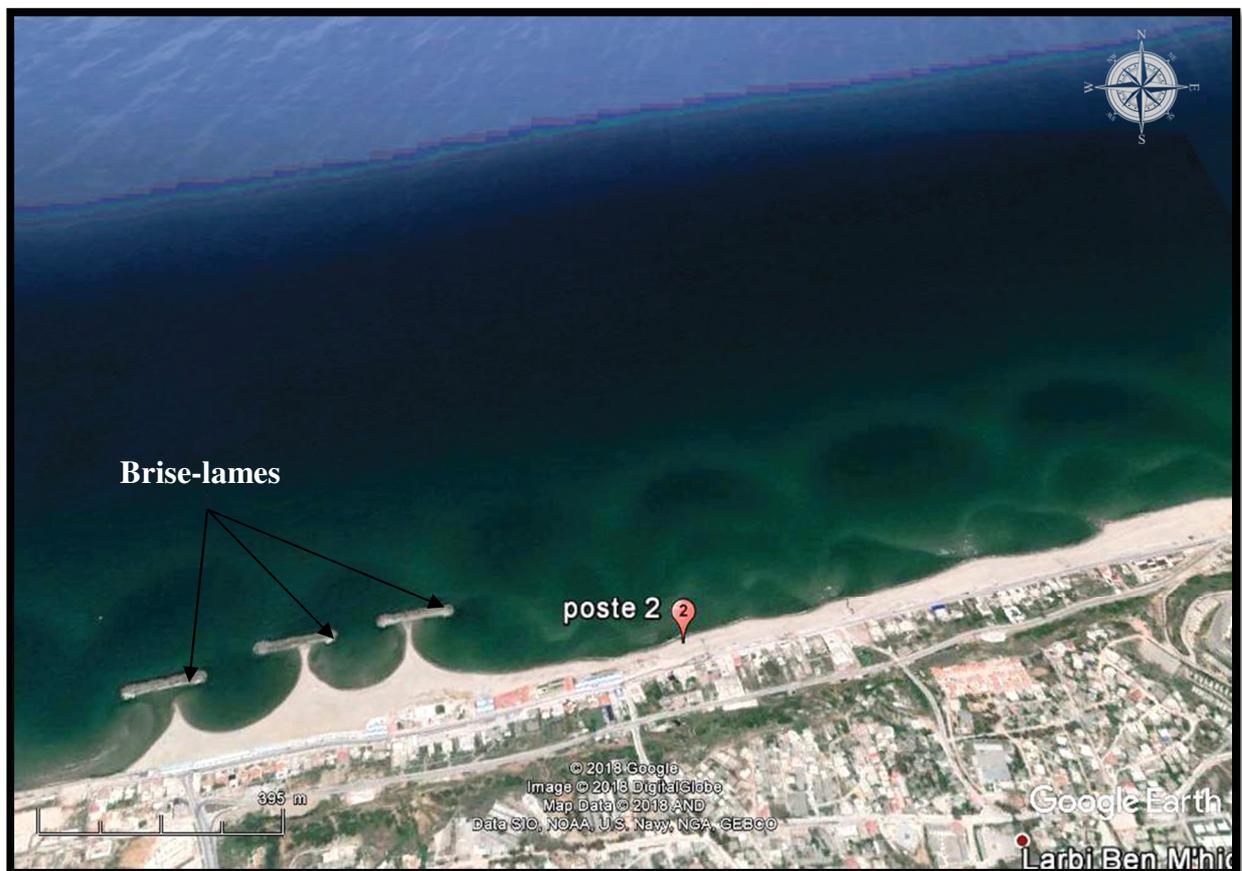


Figure 22 : Image satellite de la plage « poste 2 ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 14 : Paramètres statistiques des données du site 6.

Variables Paramètres	Année	N	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	24,38	3,47	12,03	20,50	29,90
	2	7	22,643	2,235	4,996	18,300	24,400
pH	1	6	7,972	0,265	0,070	7,440	8,160
	2	7	8,2414	0,0530	0,0028	8,1400	8,2900
S	1	6	36,417	0,397	0,158	36,000	36,900
	2	7	36,743	0,840	0,706	35,400	37,600
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,117	0,293	0,086	55,600	56,400
	2	7	55,914	0,667	0,445	54,600	56,600
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	303	363	131742	3	750
	2	7	401	759	576780	4	2100
CTT (/100 ml)	1	6	84,2	95,7	9164,2	0,0	200,0
	2	7	232	439	192527	4	1200
E.coli (/100 ml)	1	6	84,2	95,7	9164,2	0,0	200,0
	2	7	232	439	192527	4	1200
SF (/100 ml)	1	6	34,5	45,5	2067,1	0,0	93,0
	2	7	988	1088	1184310	15	2400

1.6.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,446 °C, avec un minimum au mois de mars 2016 (18,3°C) et un maximum au mois de juillet 2015 (29,9°C). La saison 2016 enregistrant des températures moyennes inférieures à celles de 2015 (tableau 14).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,117 avec un minimum de 7,44 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,29 au mois de juillet 2016 (tableau 14). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 201 sont supérieures à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,592, avec un minimum de 35,40 pour le mois de mars 2016 et un maximum de 37,60 pour le mois de septembre 2016 (tableau 14). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37, bien que les valeurs minimale et maximale soient

Chapitre 3 : Résultats et discussion

légèrement en dehors des limites en vigueur ; ce qui peut être justifié par les conditions climatiques enregistrées durant les mois en question.

La conductivité varie entre 54,6 mS/cm (avril 2016) et 56,6 mS/cm (septembre 2016), avec une moyenne de 55,008 mS/cm (tableau 14). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2005). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 14).

1.6.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de l'ordre de 355,538 CT/100 ml (tableau 14), avec un minimum de 3,0 CT/100 ml (juin 2015) et un maximum de 2 100 CT/100 ml (juillet 2016). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau au cours de la période d'étude.

1.6.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 163,923 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml et un maximum de 1 200,0 CTT/100 ml (juillet 2016), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 14) Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité acceptable, au vu de la réglementation algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.6.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 163,923 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml à 1 200,0 EC/100 ml (tableau 14). Ces valeurs traduisent une eau de bonne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml. Cependant, nous constatons que la valeur maximale est très légèrement supérieure à la valeur limite de qualité.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1.6.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 0,0 SF/100 ml à 2 400 SF/100 ml (juillet et septembre 2016) avec une moyenne de 547,923 SF/100 ml (tableau 14). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.6.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 6 correspondant à la plage « poste 2 », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;
- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité moyenne, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes sauf pour les concentrations en streptocoques fécaux ; ce qui est synonyme d'une contamination fécale ancienne de cette eau. De plus, nous constatons que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2015 sont très inférieurs à ceux enregistrés en 2016.

1.7. Données concernant le site 7 « plage poste 3 » :

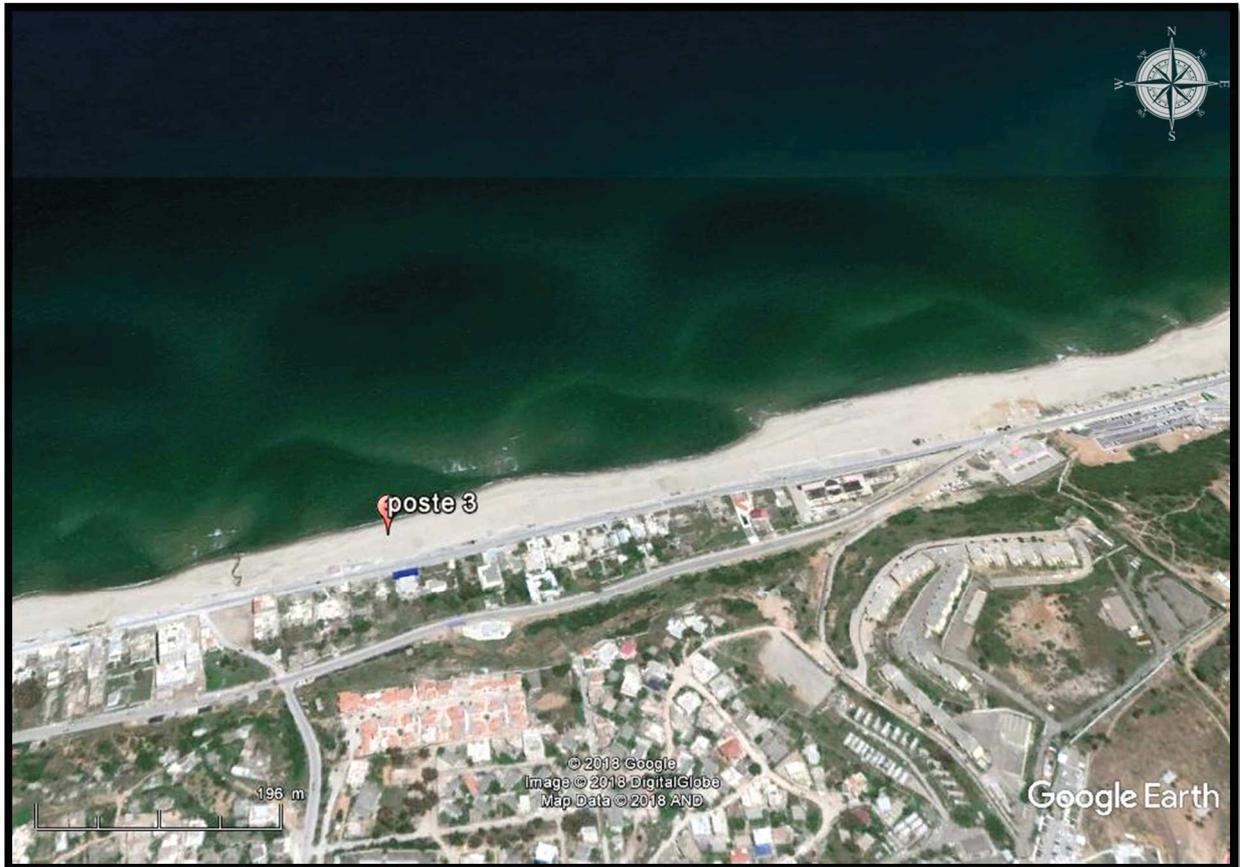


Figure 23 : Image satellite de la plage « poste 3 ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 15 : Paramètres statistiques des données du site 7.

Variables Paramètres	Année	N	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	24,65	3,24	10,51	20,90	29,70
	2	7	22,729	2,398	5,752	18,300	24,800
pH	1	6	7,942	0,316	0,100	7,300	8,130
	2	7	8,2247	0,1690	0,0286	7,8530	8,3500
S	1	6	36,650	0,404	0,163	36,200	37,300
	2	7	36,543	0,820	0,673	35,200	37,500
Conductivité (mS/cm)	1	6	55,683	1,038	1,078	54,200	57,300
	2	7	55,943	0,532	0,283	55,100	56,400
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	1549	2363	5585217	9	4600
	2	7	207	439	192704	3	1200
CTT (/100 ml)	1	6	31,0	30,6	937,2	7,0	70,0
	2	7	90,1	151,8	23036,1	3,0	430,0
E.coli (/100 ml)	1	6	30,2	31,4	985,4	4,0	70,0
	2	7	87,7	153,1	23429,6	3,0	430,0
SF (/100 ml)	1	6	45,5	43,3	1874,7	4,0	93,0
	2	7	2305	1873	3509184	7	4600

1.7.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,615 °C, avec un minimum au mois de mars 2016 (18,3°C) et un maximum au mois de juillet 2015 (29,7°C). La saison 2016 enregistrant des températures moyennes inférieures à celles de 2015 (tableau 15).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,094, avec un minimum de 7,3 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,35 au mois de juillet 2016 (tableau 15). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 affichent une légère hausse par rapport à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,592 avec un minimum de 35,20 pour le mois de mars 2016 et un maximum de 37,50 pour le mois de juillet 2016 (tableau 15). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37, bien que les valeurs minimale et maximale soient

Chapitre 3 : Résultats et discussion

légèrement en dehors des limites en vigueur ; ce qui peut être justifié par les conditions climatiques enregistrées durant les mois en question.

La conductivité donne une valeur minimale de l'ordre de 54,2 mS/cm (juin 2015) et une valeur maximale de l'ordre de 57,3 mS/cm (août 2015), avec une moyenne de 55,823 mS/cm (tableau 15). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 15).

1.7.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 826,538 CT/100 ml (tableau 15), avec un minimum de 3,0 CT/100 ml (août 2016) et un maximum de 4 600 CT/100 ml (avril et mai 2015). Les taux enregistrés sont acceptables puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau.

1.7.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de l'ordre de 62,846 CTT/100 ml, un minimum de 3,0 CTT/100 ml et un maximum de 430,0 CTT/100 ml (mai 2016), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 15). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité acceptable, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.7.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de l'ordre de 61,154 EC/100 ml, avec des données variant de 3,0 EC/100ml à 430,0 EC/100 ml (tableau 15). Ces valeurs traduisent une eau de bonne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, conseillant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

1.7.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 4,0 SF/100 ml à 4 600 SF/100 ml avec une moyenne de 1 262,231 SF/100 ml

Chapitre 3 : Résultats et discussion

(tableau 15). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.7.6. Conclusion :

A partir des précédentes observations concernant la qualité des eaux de baignade du site 7 correspondant à la plage « poste 3», nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;

- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité moyenne voire mauvaise, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes sauf pour les concentrations en streptocoques fécaux ; ce qui est synonyme d'une contamination fécale ancienne de cette eau. De plus, nous constatons que les résultats moyens pour les coliformes thermotolérants, *E.coli* et streptocoques fécaux enregistrés durant la saison 2015 sont inférieurs à ceux enregistrés en 2016.

1.8. Données concernant le site 8 « plage poste 5 » :

Dernière plage de la commune de Skikda, elle couvre une superficie de 15 000 m² et s'étend sur 300 m (figure 24). Elle a accueilli un total d'environ 296 420 estivants pendant la période d'étude (saisons estivales 2015 et 2016). (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).



Figure 24 : Image satellite de la plage « poste 5 ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 16 : Paramètres statistiques des données du site 8.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	24,32	3,34	11,18	20,70	29,50
	2	7	22,914	2,360	5,571	18,300	24,900
pH	1	6	7,925	0,385	0,148	7,160	8,230
	2	7	8,2657	0,1942	0,0377	7,9000	8,5500
S	1	6	36,433	0,350	0,123	36,000	36,800
	2	7	36,757	0,503	0,253	36,000	37,400
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,033	0,612	0,375	55,100	56,700
	2	7	55,729	0,547	0,299	54,800	56,300
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	410	975	950504	4	2400
	2	7	2096	5251	27569319	7	14000
CTT (/100 ml)	1	6	76,3	173,4	30052,3	0,0	430,0
	2	7	2087	5255	27613943	3	14000
E.coli (/100 ml)	1	6	5,33	5,79	33,47	0,00	15,00
	2	7	2051	5270	27772610	3	14000
SF (/100 ml)	1	6	67,2	109,9	12077,4	7,0	290,0
	2	7	678	1730	2991670	0	4600

1.8.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,561 °C, avec un minimum au mois de mars 2016 (18,3°C) et un maximum au mois de juillet 2015 (29,5°C). La saison 2016 enregistrant des températures moyennes inférieures à celles de 2015 (tableau 16).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,108, avec un minimum de 7,16 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,55 au mois de juillet 2016 (tableau 16). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2016 manifestent une légère hausse par rapport à celles enregistrées en 2015.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,608, avec un minimum de 36,0 et un maximum de 37,40 pour le mois de juillet 2016 (tableau 16). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37, bien que la valeur maximale dépasse légèrement la limite en vigueur.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

La conductivité enregistrée montre une valeur minimale de l'ordre de 54,8 mS/cm (avril 2016) et une valeur maximale de l'ordre de 56,7 mS/cm (août 2015), avec une moyenne de 55,869 mS/cm (tableau 16). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 16).

1.8.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 1 317,923 CT/100 ml, avec un minimum de 4,0 CT/100 ml (tableau 16) et un maximum de 14 000 CT/100 ml (septembre 2016). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau, bien que la valeur maximale soit supérieure à cette limite.

1.8.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de 1 158,923 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml et un maximum de 14 000,0 CTT/100 ml (septembre 2016), ont été enregistrés durant notre étude (tableau 16). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de qualité moyenne, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml. Cependant, la valeur maximale est très largement supérieure à la limite fixée par la législation en vigueur.

1.8.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de 1 106,923 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml à 14 000,0 EC/100 ml (tableau 16). Ces valeurs traduisent une eau de mauvaise qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

1.8.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 0,0 SF/100 ml à 4 600 SF/100 ml avec une moyenne de 396,154 SF/100 ml

Chapitre 3 : Résultats et discussion

(tableau 16). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.8.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 8 correspondant à la plage « poste 5 », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;

- Du point de vue bactériologique, cette eau est de mauvaise qualité, puisque les résultats enregistrés dépassent les valeurs de qualité pour les concentrations moyennes en *E.coli* et streptocoques fécaux, ce qui est synonyme d'une contamination fécale de cette eau. De plus, nous constatons que les résultats moyens enregistrés durant la saison 2016 sont largement supérieurs à ceux enregistrés en 2015.

1.9. Données concernant le site 9 « plage poste 6 » :

Première plage de la commune de Filfila (figure 25). Avec le poste 7, cette plage forme ce que l'on appelle « la plage oued legsab », qui a attiré pendant la période d'étude (saisons estivales 2015 et 2016) un total d'environ 617 475 estivants (Office de tourisme de la wilaya de Skikda, 2017).

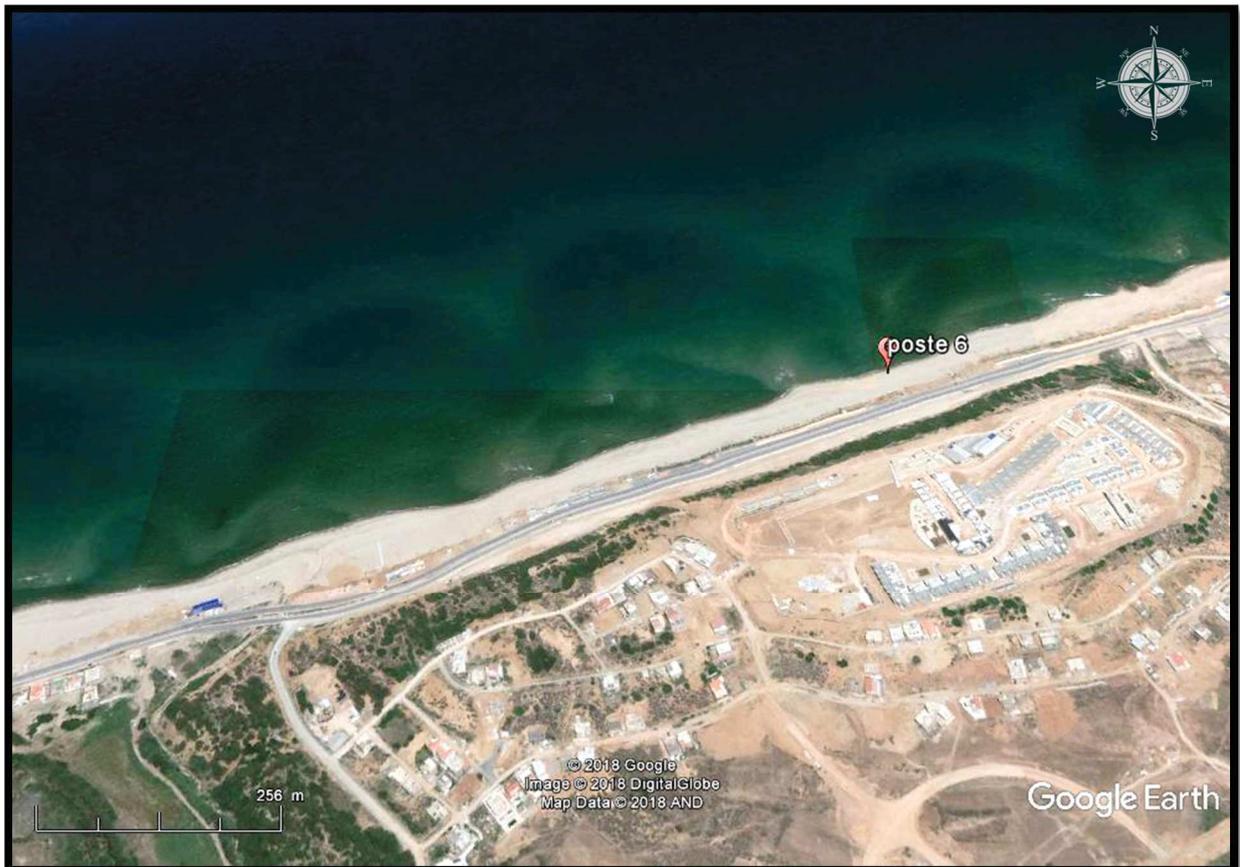


Figure 25 : Image satellite de la plage « poste 6 ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 17 : Paramètres statistiques des données du site 9.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	S	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	24,42	3,20	10,27	20,60	29,50
	2	7	22,643	2,253	5,076	18,200	24,600
pH	1	6	7,920	0,416	0,173	7,090	8,240
	2	7	8,2313	0,1233	0,0152	7,9590	8,3300
S	1	6	36,567	0,403	0,163	36,000	37,000
	2	7	36,686	0,873	0,761	35,200	37,600
Conductivité (mS/cm)	1	6	56,167	0,280	0,079	55,800	56,500
	2	7	55,886	0,691	0,478	54,700	56,600
TDS (mg/l)	1& 2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	174,8	184,6	34075,0	3,0	430,0
	2	7	18,86	14,77	218,14	4,00	43,00
CTT (/100 ml)	1	6	72,7	111,6	12449,5	0,0	290,0
	2	7	6,71	5,15	26,57	0,00	15,00
E.coli (/100 ml)	1	6	25,8	34,4	1181,4	0,0	90,0
	2	7	5,57	4,93	24,29	0,00	15,00
SF (/100 ml)	1	6	14,50	16,94	287,10	4,00	43,00
	2	7	1593	4148	17207728	0	11000

1.9.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,461 °C, avec un minimum de 18,2°C au mois de mars 2016 et un maximum de 29,5°C au mois de juillet 2015 (tableau 17). La saison 2015 enregistrant des températures moyennes supérieures à celles de 2016.

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,088 avec un minimum de 7,09 obtenu en aout 2015 et un maximum de 8,33 au mois de septembre 2016 (tableau 17). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus, nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2015 sont légèrement inférieures à celles enregistrées en 2016.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,631 avec un minimum de 35,20 (mars 2016) et un maximum de 37,60 pour le mois de septembre 2016 (tableau 17). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37, bien que les valeurs minimale et maximale soient légèrement en

Chapitre 3 : Résultats et discussion

dehors des limites en vigueur, ce qui peut être justifié par les conditions climatiques enregistrées durant les mois en question.

La conductivité montre une valeur minimale de l'ordre de 54,7 mS/cm (avril 2016) et une valeur maximale de l'ordre de 56,6 mS/cm (septembre 2016), avec une moyenne de 56,015 mS/cm (tableau 17). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l (tableau 17).

1.9.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 90,846 CT/100 ml, avec un minimum de 3,0 CT/100 ml, et un maximum de 430 CT/100 ml (tableau 17). Le taux moyen est acceptable puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau au cours des mois en question.

1.9.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de 37,154 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml et un maximum de 290,0 CTT/100 ml, ont été enregistrés durant notre étude (tableau 17). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de bonne qualité, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.9.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de 14,923 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml à 90,0 EC/100 ml (tableau 17). Ces valeurs traduisent une eau de bonne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

1.9.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 0,0 SF/100 ml à 11 000 SF/100 ml, avec une moyenne de l'ordre de 864,461

Chapitre 3 : Résultats et discussion

SF/100 ml (tableau 17). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.9.6. Conclusion :

A partir des précédentes observations concernant la qualité des eaux de baignade du site 9 correspondant à la plage « poste 6», nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;

- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité acceptable, les résultats enregistrés ne dépassant pas les limites de qualité exigée, bien que les concentrations moyennes en streptocoques fécaux soient très largement supérieures aux limites en vigueur ; ce qui est synonyme d'une contamination fécale ancienne de cette eau.

1.10. Données concernant le site 10 « plage poste 7 » :

Fait suite au poste 6 (figure 26).



Figure 26 : Image satellite de la plage « poste 7 ». (Google Earth modifié, 2018)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 18 : Paramètres statistiques des données du site 10.

Variables Paramètres	Année	n	\bar{x}	s	s^2	X min	X max
T (°C)	1	6	24,58	3,16	9,96	20,60	29,60
	2	7	22,643	2,237	5,003	18,200	24,500
pH	1	6	7,910	0,403	0,163	7,110	8,230
	2	7	8,2243	0,1249	0,0156	7,9600	8,3500
S	1	6	36,717	0,248	0,062	36,500	37,000
	2	7	36,614	0,801	0,641	35,200	37,400
Conductivité (mS/cm)	1	6	55,867	0,446	0,199	55,100	56,300
	2	7	55,714	0,649	0,421	54,700	56,400
TDS (mg/l)	1&2	13	/	OFL	OFL	/	/
CT (/100 ml)	1	6	16,3	24,5	600,7	0,0	64,0
	2	7	675	1731	2995527	7	4600
CTT (/100 ml)	1	6	8,33	13,16	173,07	0,00	29,00
	2	7	68,4	159,5	25432,0	4,0	430,0
E.coli (/100 ml)	1	6	7,33	12,19	148,67	0,00	29,00
	2	7	66,9	160,1	25645,1	4,0	430,0
SF (/100 ml)	1	6	11,17	16,01	256,17	0,00	43,00
	2	7	213	336	112819	0	930

1.10.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les eaux de baignades analysées durant notre étude ont enregistrées une température moyenne de 23,538 °C, avec un minimum au mois de mars 2016 (18,2°C) et un maximum au mois de juillet 2015 (29,6°C). La saison 2015 enregistrant des températures moyennes supérieures à celles de 2016 (tableau 18).

En moyenne, le pH enregistré lors de notre étude est de l'ordre de 8,079 avec un minimum de 7,11 obtenu en août 2015 et un maximum de 8,35 au mois de septembre 2016 (tableau 18). Les valeurs observées sont des valeurs normales puisque le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 en fonction des saisons (Barnabe, 1991). De plus nous constatons que les valeurs enregistrées durant la saison 2015 ont légèrement inférieures à celles enregistrées en 2016.

La salinité moyenne enregistrée au cours de notre étude est de l'ordre de 36,661 avec un minimum de 35,20 (mars 2016) et un maximum de 37,40 (tableau 18). Ces valeurs sont en adéquation avec la salinité des eaux de la Méditerranée, comprise entre 36 et 37, bien que les valeurs minimale et maximale soient légèrement en dehors des limites en vigueur, ce qui peut être justifié par les conditions climatiques enregistrées durant les mois en question.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

La conductivité enregistrée montre des valeurs minimale et maximale respectivement de l'ordre de 54,7 mS/cm (avril 2016) et 56,4 mS/cm (juillet 2016), avec une moyenne de 55,785 mS/cm (tableau 18). Ces valeurs traduisent une forte minéralisation, puisque la conductivité des eaux marines doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009). Cependant, en pratique la conductivité de l'eau de mer est toujours comprise en 54 et 55 mS/cm.

Durant notre étude, la minéralisation globale n'a pas connu de variation, affichant toujours la valeur « OFL » signifiant des valeurs qui dépassent 9999,9 mg/l.

1.10.2. Les coliformes totaux (CT/100 ml) :

Le taux moyen de coliformes totaux est de 371,077 CT/100 ml, avec un minimum de 0,0 CT/100 ml et un maximum de 4 600 CT/100 ml (tableau 18). Les taux enregistrés sont acceptables puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10 000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau au cours des mois en question.

1.10.3. Les coliformes thermotolérants (CTT/100 ml) :

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de 40,692 CTT/100 ml, un minimum de 0,0 CTT/100 ml et un maximum de 430,0 CTT/100 ml, ont été enregistrés durant notre étude (tableau 18). Ces valeurs sont représentatives d'une eau de bonne qualité, au vu des réglementations algériennes et européennes préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 100 et 2 000 CTT/100 ml.

1.10.4. *E.coli* (EC/100 ml) :

La concentration moyenne enregistrée est de 39,385 EC/100 ml, avec des données variant de 0,0 EC/100ml à 430,0 EC/100 ml (tableau 18). Ces valeurs traduisent une eau de bonne qualité, au vu de la directive européenne de 2006, préconisant des valeurs guides et limites respectivement de 250 et 1 000 EC/100 ml.

1.10.5. Les streptocoques fécaux (SF/100 ml) :

Au cours de notre étude, nous avons observé une concentration en streptocoques fécaux variant de 0,0 SF/100 ml à 930 SF/100 ml avec une moyenne de 120,0 SF/100 ml (tableau 18). Ces taux sont synonymes d'une eau de mauvaise qualité, la valeur guide fixée par les textes en vigueur ne devant pas dépassée 100 SF/100 ml.

1.10.6. Conclusion :

A partir des précédentes constatations concernant la qualité des eaux de baignade du site 10 correspondant à la plage « poste 7 », nous pouvons conclure que :

- Du point de vue physico-chimique, cette eau est de bonne qualité ; les résultats obtenus ne dépassant pas les valeurs guides de qualité exigées ;

- Du point de vue bactériologique, cette eau est de qualité acceptable, les résultats enregistrés ne dépassant pas les valeurs de qualité exigée, bien que les concentrations moyennes en streptocoques fécaux soient supérieures aux limites en vigueur, ce qui est synonyme d'une contamination fécale ancienne de cette eau. De plus, nous constatons que les résultats enregistrés durant la saison 2016 sont supérieurs à ceux enregistrés en 2015.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

2. Résultats des percentiles 90 et 95 :

A l'image des autres pays méditerranéens, l'Algérie a décidé d'appliquer la directive européenne 2006/07/CE, quant à l'évaluation de la qualité des eaux de baignade à travers l'analyse des percentiles 90 et 95 pour les paramètres *E.coli* et streptocoques fécaux. Nous allons donc essayer d'évaluer la qualité des eaux des différents sites étudiés selon les valeurs guides de cette directive (tableau 19 et 20).

Tableau 19 : Résultats des percentiles 90 et 95 pour *E.coli*.

<i>E.coli</i>	Percentile 95	Percentile 90	Qualité
Site 1 « la jetée »	2795,117	1353,293	Insuffisante
Site 2 « château-vert »	1165,333	605,321	Insuffisante
Site 3 « paradis »	64,968	39,81	Excellente
Site 4 « bikini »	650,205	288,984	Suffisante
Site 5 « molo »	1174,357	570,511	Insuffisante
Site 6 « poste 2 »	774,729	989,675	Insuffisante
Site 7 « poste 3 »	216,172	130,901	Excellente
Site 8 « poste 5 »	730,298	310,327	Suffisante
Site 9 « poste 6 »	41,754	28,808	Excellente
Site 10 « poste 7 »	72,736	44,684	Excellente

Ainsi, au vu de ces résultats, nous pouvons constater que la majeure partie des sites étudiés est de qualité suffisante voire excellente pour le paramètre *E.coli* (tableau 19).

Tableau 20 : Résultats des percentiles 90 et 95 pour Streptocoques fécaux.

Streptocoques fécaux	Percentile 95	Percentile 90	Qualité
Site 1 « la jetée »	12937,5	6858,32	Insuffisante
Site 2 « château-vert »	3795,77	2129,727	Insuffisante
Site 3 « paradis »	215,18	117,702	Suffisante
Site 4 « bikini »	9595,11	3599,764	Insuffisante
Site 5 « molo »	2647,89	1337,494	Insuffisante
Site 6 « poste 2 »	3394,298	1436,25	Insuffisante
Site 7 « poste 3 »	10536,6	4017,13	Insuffisante
Site 8 « poste 5 »	643,576	325,63	Insuffisante
Site 9 « poste 6 »	623,81	282,0	Insuffisante
Site 10 « poste 7 »	449,21	221,77	Insuffisante

En examinant les résultats obtenus, nous remarquons que la quasi-totalité des sites étudiés (9 sur 10) est de qualité insuffisante pour le paramètre streptocoques fécaux (tableau 20).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3. Interprétation et discussion des résultats :

La qualité bactériologique des eaux de baignade a été évaluée en comparant les résultats obtenus aux valeurs seuils, de qualité des critères bactériologiques et physicochimiques des textes en vigueur (JORA, 1993), ainsi qu'aux valeurs guides de qualité préconisée par la directive européenne 2006/07/CE.

Ainsi, au cours de notre étude, nous avons pu constater que dans l'ensemble, les eaux de baignade du golfe de Skikda sont de qualité moyenne voire insuffisante.

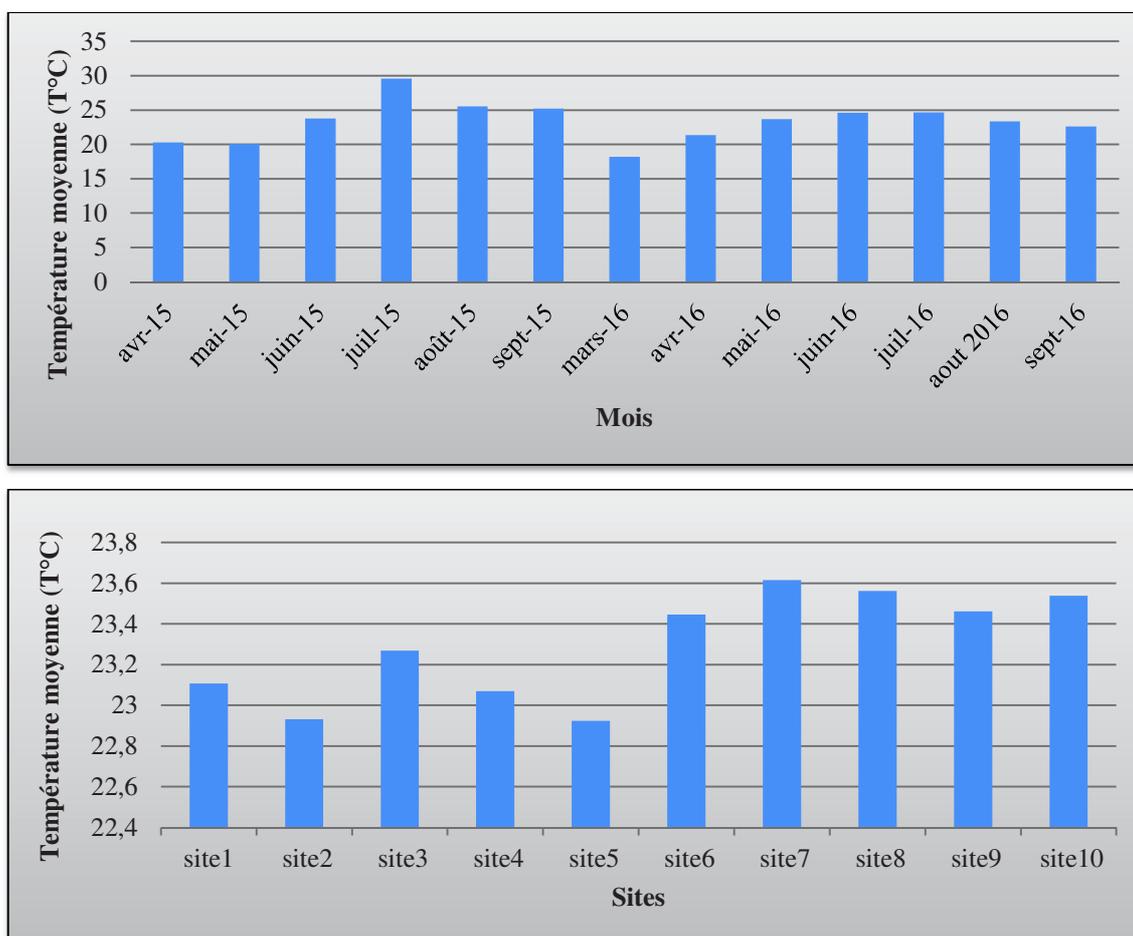


Figure 27 : Variations moyennes des températures des eaux de baignade au cours de l'étude.

Pour le paramètre température des eaux de baignade, les textes en vigueur ne préconisent pas de valeurs limites puisque celle-ci n'a pas d'impact direct sur la santé humaine (Rodier, 2009) ; les variations mensuelles de ce paramètre sont donc en adéquation avec la période d'étude (figure 27), avec en moyenne un minimum en avril 2016 (18,8°C) et un maximum en juillet 2015 (29,57°C), le site 5 (plage « molo ») enregistrant la température moyenne la plus basse (22,92°C) et le site 7 (plage « poste 3 ») la plus élevée (23,61°C).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

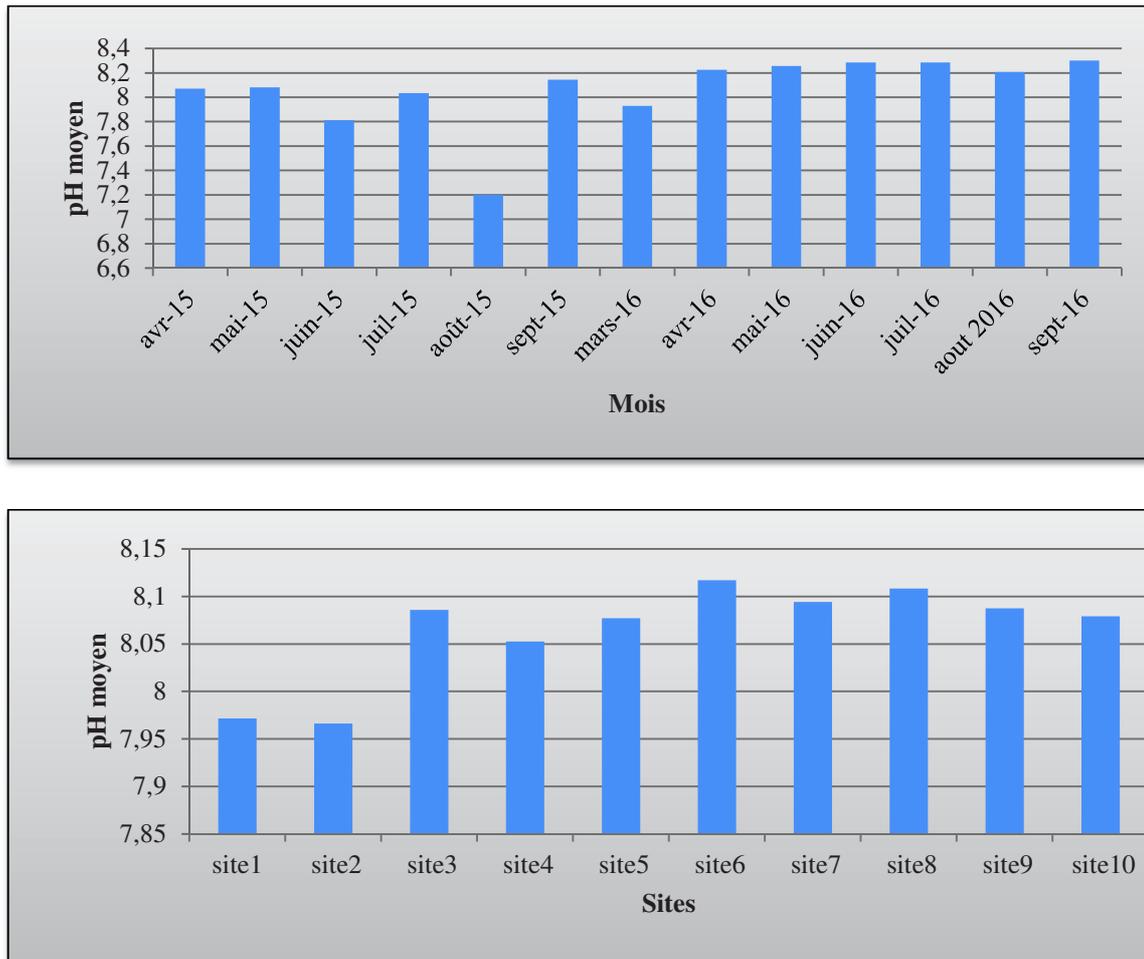


Figure 28 : Variations moyennes du pH des eaux de baignade au cours de l'étude.

La variation spatio-temporelle du pH des eaux de baignade est fonction de la période d'étude, en moyenne celui-ci varie de 7,2 (août 2015) et 8,3 (septembre 2016), une valeur moyenne minimale de 7,97 est enregistrée pour les sites 1 et 2 (respectivement les plages « la jetée » et « château-vert ») et une valeur maximale de 8,12 pour le site 6 (plage « poste 2 »). Selon Barnabe (1991), les eaux côtières méditerranéennes ont un pH qui varie entre 7,9 et 8,3 (figure 28).

Les valeurs les plus basses bien que dans les normes reflètent la présence d'un apport en eau douce, or nous avons constaté la présence d'émissaire urbain au niveau de ces 2 sites, ce qui explique les résultats obtenus.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

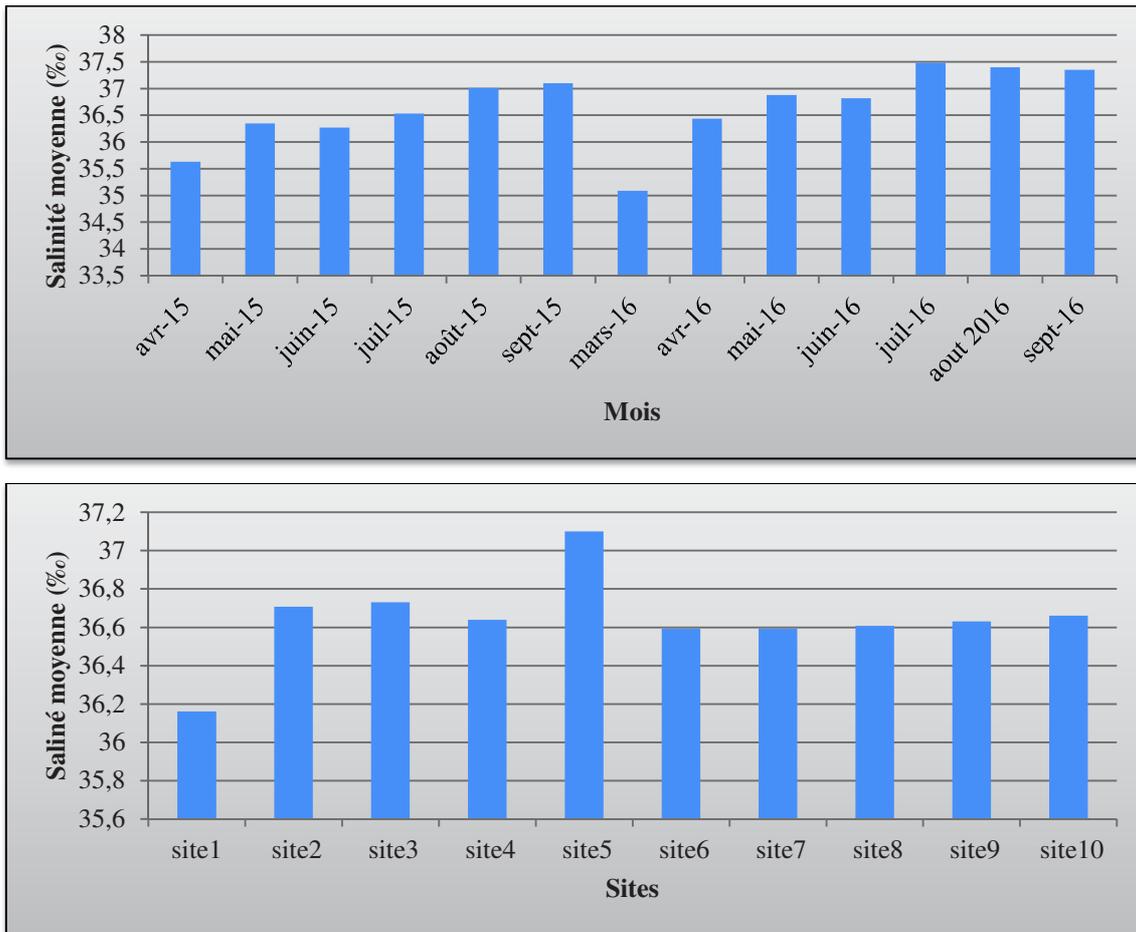


Figure 29 : Variations moyennes de la salinité des eaux de baignade au cours de l'étude.

La salinité ne connaît pas une grande variation spatio-temporelle pour les eaux de baignade étudiées (figure 29), avec une moyenne de 36,64 et des valeurs moyennes oscillant entre 35,09 (mars 2016) et 37,48 (juillet 2016). La valeur moyenne minimale enregistrée (36,16) au niveau site 1, « la jetée », peut être expliquée par l'apport d'eau douce du a la présence d'un rejet urbain au niveau de ce site.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

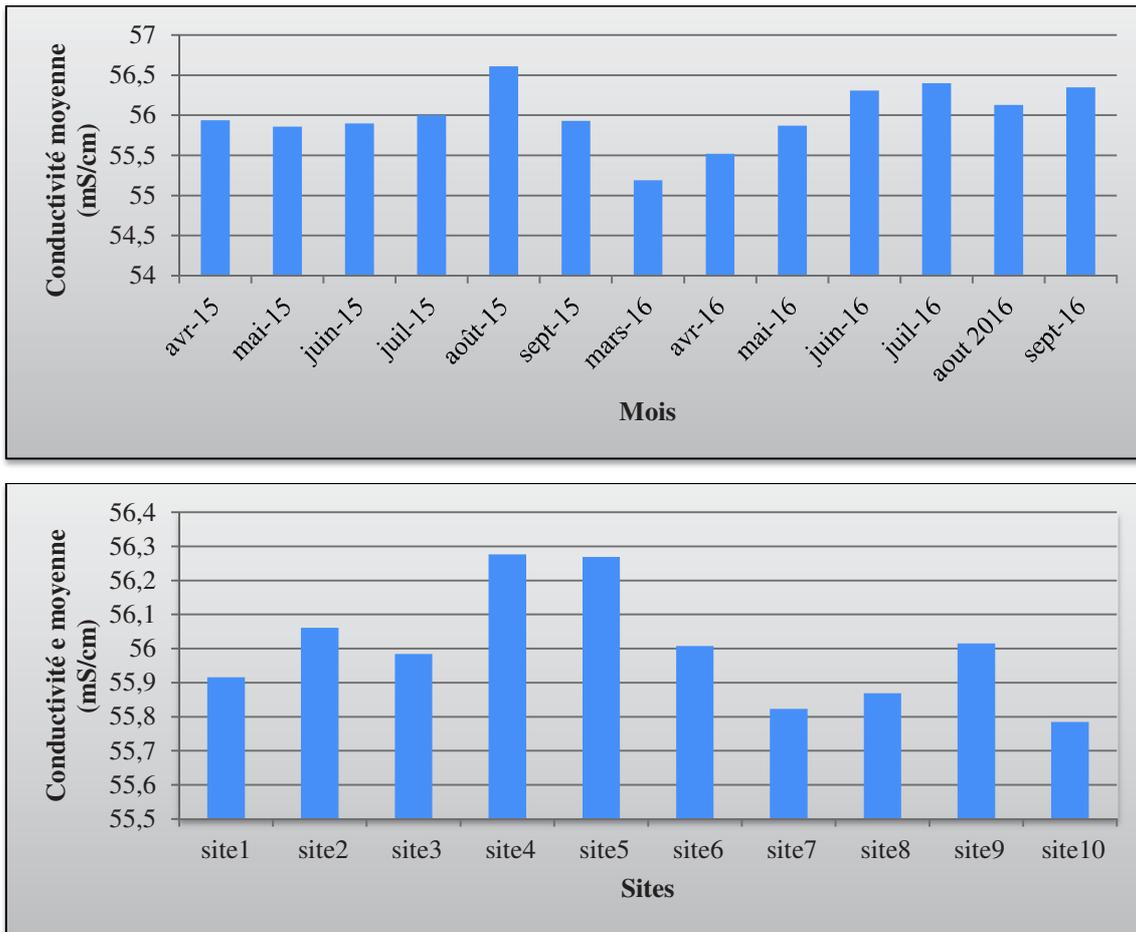


Figure 30 : Variations moyennes de la conductivité des eaux de baignade au cours de l'étude.

La conductivité est caractérisée par une variation spatio-temporelle oscillant entre une moyenne minimale de 55,19 mS/cm (mars 2016) et une moyenne maximale de 56,61 mS/cm (août 2015), ainsi qu'une valeur moyenne minimale de 57,78 mS/cm pour le site 10 (poste 7) et une valeur moyenne maximale de 56,28 mS/cm pour le 4^{ème} site (plage « Bikini »). Le mois de février enregistre la moyenne la plus basse et celui d'avril la plus élevée (figure 30). Ces valeurs dépassent celles de la conductivité normale de l'eau de mer qui doit être comprise entre 10 à 30 mS/cm (Rodier, 2009), cependant ces valeurs sont habituellement retrouvées pour les eaux de baignade de Skikda dont la conductivité varie entre 54-55 mS/cm. Les valeurs minimales enregistrées correspondent aux sites où la présence d'émissaires urbains a été observée et peut ainsi justifier les résultats obtenus au niveau de ces sites.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

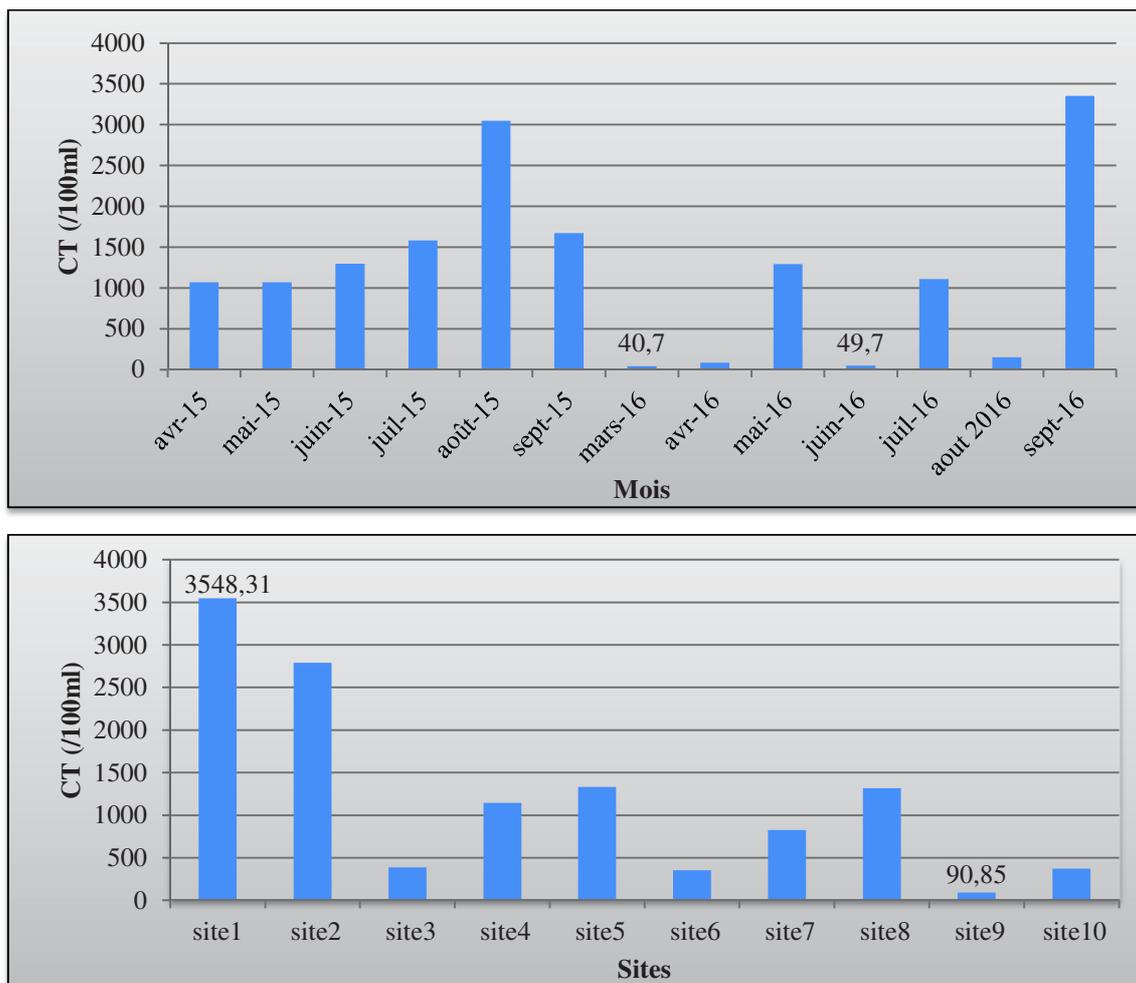


Figure 31 : Variations moyennes du taux de coliformes totaux des eaux de baignade au cours de l'étude.

En ce qui concerne la variation spatio-temporelle du taux des coliformes totaux, on remarque que la moyenne la plus élevée est enregistrée au mois de septembre 2016 (3 354,1 CT/100ml) et la plus basse au mois mars 2016 (40,7 CT/100ml). Le taux moyen varie entre 90,85 CT/ 100 ml pour le 9^{ème} site (poste 6) et 3 548,31 CT/ 100 ml pour le 1^{er} site (« la jetée ») avec une moyenne de 1 216,54 CT/100 ml (figure 31). La forte concentration enregistrée durant le mois de septembre pourrait s'expliquer par les mauvaises conditions climatiques (Mazieres, 1963), ainsi que par la fréquentation par les estivants qui s'est poursuivie jusqu'en septembre.

Les valeurs moyennes maximales bien qu'élevées ne dépassent pas la valeur limite de 10 000 CT/ 100 ml. Cependant, l'analyse des coliformes totaux ne permet d'apprécier la qualité d'une eau que moyennement, elle est indicative, du fait de la grande hétérogénéité des espèces regroupées sous ce terme. En effet, celles-ci ont des origines diverses, certaines sont d'origine

Chapitre 3 : Résultats et discussion

fécale et peuvent refléter une pollution fécale de l'eau, mais d'autres se retrouvent naturellement dans le sol ou la végétation (Rodier, 2009).

De plus, on sait aussi que des microorganismes pathogènes (virus, parasites et bactéries) peuvent être présents dans l'eau en l'absence de coliformes totaux (Seidler *et al.*, 1981). Il existe cependant des cas où on a mis en évidence une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique (Barwick *et al.*, 2000), bien qu'une eau sans coliformes puisse aussi être à l'origine de problèmes de nature gastroentérique (Payment *et al.*, 1997). Cette dernière situation a d'ailleurs été mise en évidence par Craun *et al.*, (1997) qui ont démontré que, pour l'ensemble des épidémies dues à des protozoaires (*Cryptosporidium* sp. et *Giardia* sp.) entre 1975 et 1989 aux États-Unis, les coliformes totaux n'avaient pas été des indicateurs fiables. Les coliformes totaux ne sont donc pas, sauf exception, de bons indicateurs de la présence d'agents pathogènes dans l'eau, ils sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, ainsi que comme indicateurs de la reprise de la croissance bactérienne après traitement (Groupe scientifique sur l'eau, 2003). Ces dernières années, les coliformes fécaux, l'*E. coli* et les entérocoques sont des indicateurs de risques plus fiables (Edberg *et al.*, 2000 ; Groupe scientifique sur l'eau, 2003).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

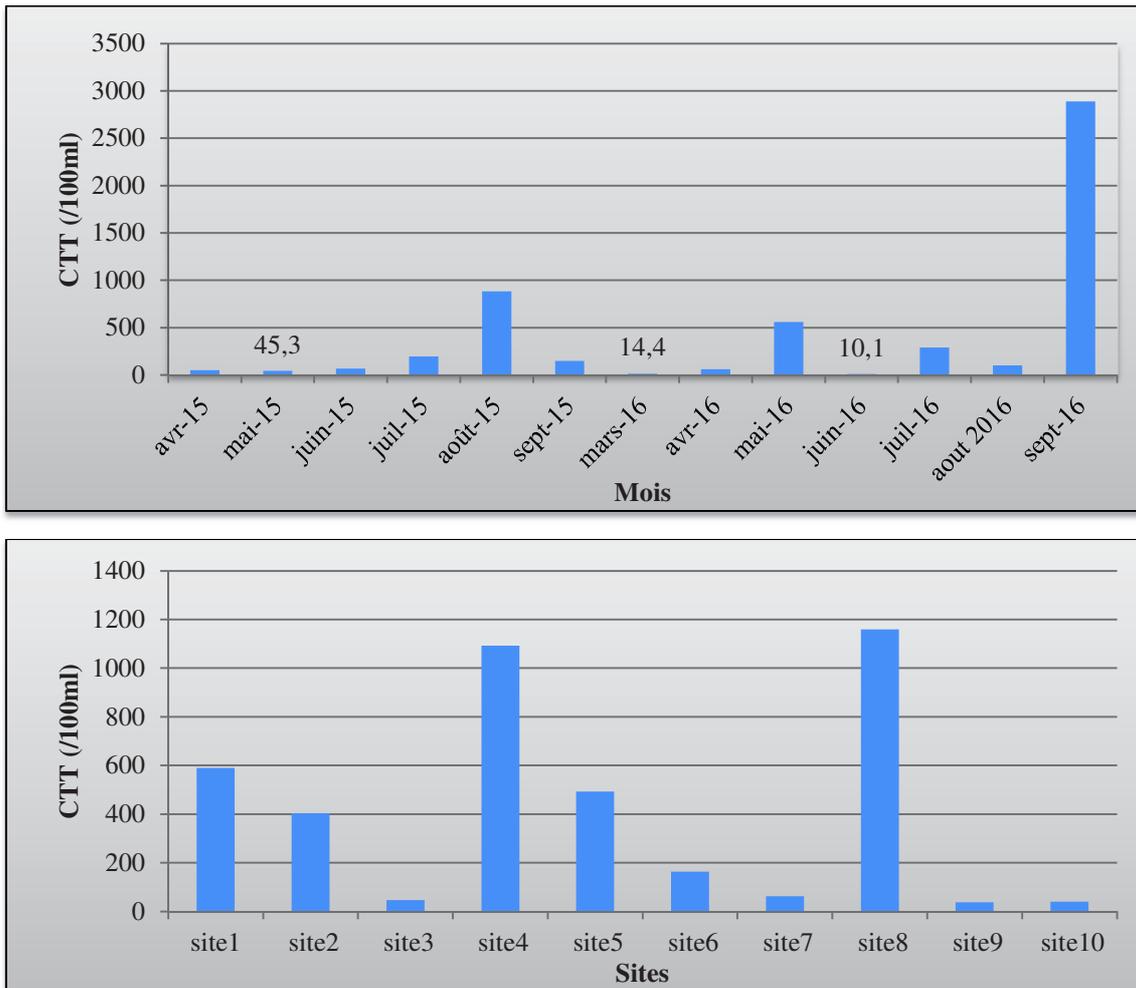


Figure 32 : Variations moyennes du taux de coliformes thermotolérants des eaux de baignade au cours de l'étude.

Une concentration moyenne en coliformes thermotolérants de 408,85 CTT/ 100 ml est enregistrée (figure 32), avec un taux moyen maximum au mois de septembre 2016 (soit 2890,1 CTT/ 100 ml) et un taux moyen minimum au mois de juin 2016 (soit 10,1 CTT/ 100 ml), ces valeurs sont relativement bonnes puisqu'en moyenne, elles ne dépassent pas les valeurs limites de 2 000 CTT/ 100 ml. Les taux du mois de septembre sont dus au fait que les eaux de baignade sont plus chargées en germes fécaux pendant la période orageuse (lessivage des sols) (Rodier, 2009), ainsi qu'à la fréquentation prolongée des plages par les estivants. Les faibles taux enregistrés en juin et juillet peuvent être expliqués par la faible fréquentation à cause de mois du ramadan.

Lorsqu'on examine la variation spatiale des coliformes thermotolérants, on remarque qu'en moyenne, le site 8 (poste 5) enregistre le taux le plus élevé (1 158,92 CTT/100 ml), ceci peut être justifié par sa forte fréquentation en période estivale.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

La pollution fécale est confirmée par la présence d'*E.coli*. En effet, la détection de coliformes thermotolérants et plus particulièrement d'*E.coli* dans une eau doit sérieusement laisser soupçonner une contamination d'origine fécale, puisque celle-ci est l'indicateur d'agents entéro-pathogènes le plus fiable, et donc le meilleur moyen de détecter une contamination fécale récente. (Payment et Hartemann, 1998 ; Groupe scientifique sur l'eau, 2003).

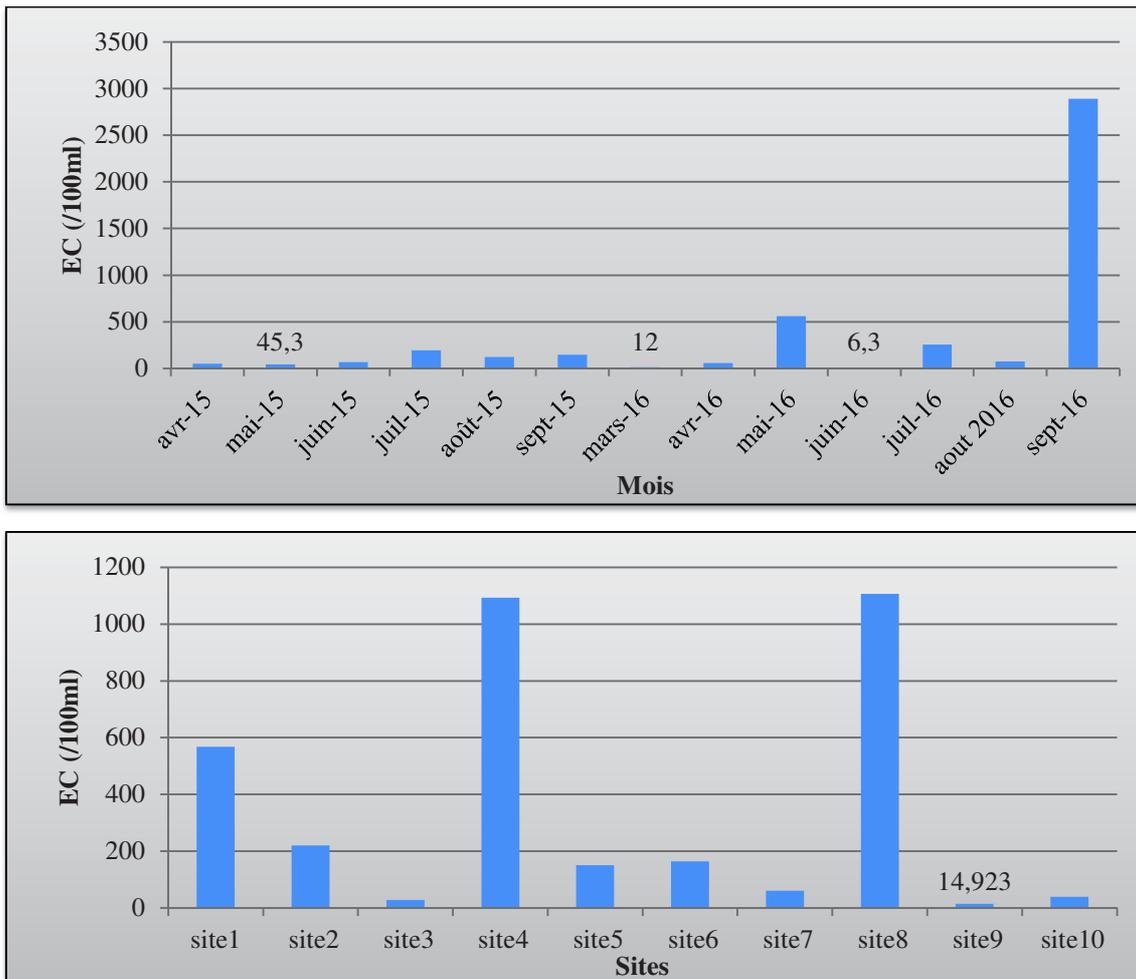


Figure 33 : Variations moyennes du taux d'*E.coli* des eaux de baignade au cours de l'étude.

La concentration moyenne d'*E.coli* enregistrée est de l'ordre de 344,65 EC/ 100 ml (figure 33), avec un taux moyen maximum au mois de septembre 2016 (soit 2 890,1 E.C/ 100 ml) et un taux moyen minimum au mois de juin 2016 (soit 6,3 E.C/ 100 ml), ces valeurs sont relativement bonnes puisqu'en moyenne, elles ne dépassent pas les valeurs limites de la directive européenne 2006/7/CE de 1 000 E.C/ 100 ml que l'Algérie a ratifié.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Les taux du mois de septembre sont dus au fait que les eaux de baignade sont plus chargées en germes fécaux pendant la période orageuse (lessivage des sols) (Rodier, 2009), ainsi qu'à la fréquentation prolongée des plages par les estivants. Les faibles taux enregistrés en juin et juillet peuvent être expliqués par la faible fréquentation à cause de mois du ramadan.

Lorsqu'on examine la variation spatiale d'*E.coli*, on remarque qu'en moyenne, le site 8 (poste 5) enregistre le taux le plus élevé (1 106,92 E.C/100 ml), ceci peut être justifié par sa forte fréquentation en période estivale (figure 33).

Il est aussi rapporté qu'*Escherichia coli* a une bonne croissance à un pH proche de la neutralité (compris entre 6 et 8) et elle est capable de résister à des températures extrêmes allant de 8 à 48°C (Neidhardt *et al.*, 1994). De ce fait les eaux du golfe de Skikda, semble offrir un milieu propice au développement de cette bactérie fécale, les valeurs des paramètres mesurés (température, salinité, pH) ne constituent pas un frein à leur développement et leur croissance durant la période d'étude.

Cependant, un test positif pour *E. coli* ne confirme pas que l'eau est contaminée par des agents pathogènes (Payment et Hartemann, 1998), les systèmes de dosage d'*E. coli* détectent les indicateurs de pollution fécale, mais ne ciblent pas la souche O157:H7 d'*E.coli* et peuvent ou non enregistrer d'autres souches pathogènes d'*E.coli*. L'identification des agents pathogènes hydriques nécessite des méthodes et systèmes de dosage spécialisés (Groupe scientifique sur l'eau, 2003). Par conséquent, un résultat positif pour *E. coli* n'indique pas nécessairement que l'eau contient un agent pathogène. C'est pour cela qu'il est important de comprendre que la présence d'indicateurs (*E.coli* ou coliformes thermotolérants) ne confirme pas une contamination de l'eau. Les résultats des analyses microbiennes, qu'ils soient positifs ou négatifs, doivent être interprétés dans le contexte d'une évaluation globale.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

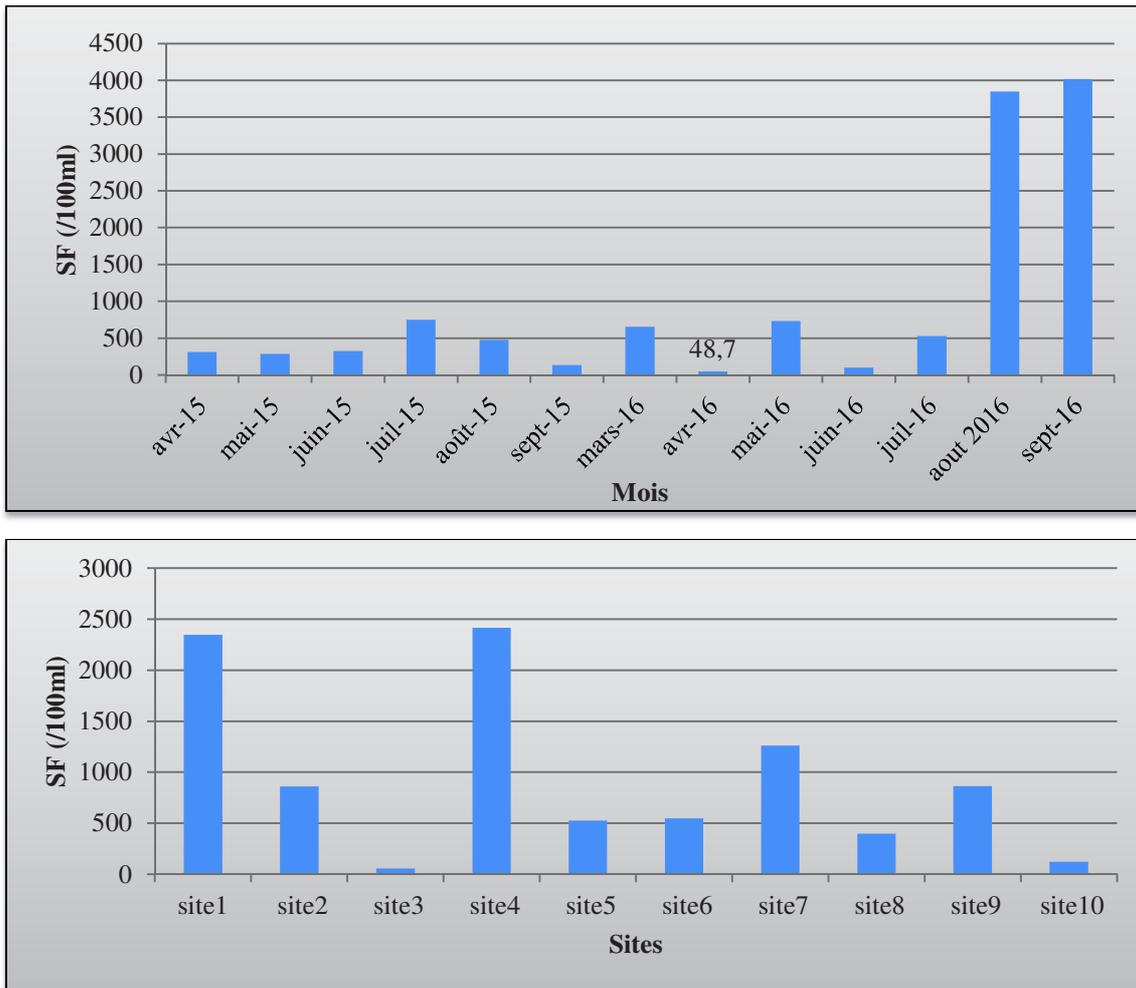


Figure 34 : Variations moyennes du taux de streptocoques fécaux des eaux de baignade au cours de l'étude.

L'analyse des résultats obtenus pour les streptocoques fécaux, nous permet de mettre en évidence un taux moyen maximum pour le mois de septembre 2016 (soit 4 015,9 SF/ 100 ml) et une moyenne de 939,38 SF/ 100 ml, ce qui est relativement élevé au vu de la valeur guide de 100 SF/ 100 ml.

Le site 4 enregistre la valeur moyenne la plus élevée, à savoir 2 414,0 SF/ 100 ml (figure 34), ce qui démontre sa mauvaise qualité bactériologique. Pour tous les autres sites, la valeur limite est très largement dépassée sauf pour le 3^e site (plage « Paradis »).

La détection de streptocoques fécaux dans une eau doit sérieusement laisser penser à une contamination d'origine fécale et à la présence de micro-organismes entéro-pathogènes. Simmons *et al.* (2001) font ainsi état d'une certaine corrélation ($r = 0,59$, $p = 0,001$) entre la présence de streptocoques fécaux et celle de coliformes thermotolérants dans une eau de consommation non traitée. De manière plus probante, Charrière *et al.* (1994) ont clairement

Chapitre 3 : Résultats et discussion

démontré que la détection de streptocoques fécaux était fortement associée à la présence d'*E.coli*. (Groupe scientifique sur l'eau, 2002).

De plus, il est nécessaire de mentionner que, pendant plusieurs décennies, le rapport coliformes thermotolérants / streptocoques fécaux était utilisé comme un élément informatif de premier ordre pour déterminer si une pollution fécale était d'origine animale ou humaine. On considérait qu'un ratio égal ou supérieur à 4 était indicatif d'une contamination d'origine humaine, et qu'un ratio plus bas traduisait une contamination d'origine animale. Toutefois, étant donné les différences du temps de survie reconnues depuis entre ces deux groupes de bactéries dans l'environnement et la variabilité des méthodes de numération employées, la validité de ce rapport a cependant été sérieusement remise en question et il n'est maintenant plus utilisé. (Brisou, 1968 ; Oger *et al.*, 1983 ; Groupe scientifique sur l'eau, 2002).

De plus, une étude menée par Zmirou *et al.* (1987), a mis en évidence un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml). (Groupe scientifique sur l'eau, 2002).

De plus, nous pouvons constater que les concentrations des différents germes recherchés fluctuent de la même manière : des taux moyens maximum en septembre, ceci peut être justifié par plusieurs phénomènes.

En effet, le devenir des bactéries entériques dans l'eau de mer est conditionné par un certain nombre de paramètres propre au milieu, à savoir :

- l'adsorption et la sédimentation : de nombreux auteurs (Russel, Zobell, ainsi que plus récemment Carlucci et Pramer en 1959) ont démontré que les bactéries ont tendance à être adsorbées sur des particules en suspension organiques ou non, et à se déposer et s'accumuler dans le sédiment du fond marin. Ce phénomène est d'une importance majeure (Baross *et al.*, 1975), puisque l'adsorption des entérovirus peut atteindre 99%. (Brisou, 1968) Ces premiers facteurs physiques ne sont pas microbicides ou virulicides, ils ne sont que réductionnels dans la mesure où les micro-organismes ne sont pas définitivement et durablement éliminés, ils sont à l'état de survie et que des remous ou des courants de mer peuvent contribuer à leur remise en suspension (PNUE/OMS, 1983) ;

- la dispersion et la dilution : ces deux phénomènes se produisant lors du déversement d'un rejet urbain dans la mer, sont influencés par de nombreux facteurs ; tels que la salinité, les courants (superficiels, profonds, verticaux et horizontaux), les vents, l'évaporation, les

Chapitre 3 : Résultats et discussion

précipitations pluviales, les marées ; qui régissent la dynamique des eaux marines. Ainsi, la distance parcourue et la durée d'immersion des germes sont influencées par la vitesse du courant, de nombreux auteurs dont Zobell (1946) estiment que les bactéries fécales et surtout les coliformes disparaissent assez rapidement du milieu marin et que ce phénomène s'accroît avec la distance du point d'émission. Il montre que la quasi-totalité des bactéries d'égout sont détruites après deux heures de suspension dans l'eau de mer.

Il s'agit là aussi de facteurs réductionnels, n'ayant aucune action bactéricide ;

- les conditions climatiques (pluie, ensoleillement, vent) : celles-ci et particulièrement la lumière, jouent un rôle essentiel dans la disparition des germes fécaux. En effet, de nombreuses études dont celles de Pommepuy *et al.*, en 1991 et de Gourmelon en 1995 et bien d'autres avant, ont démontrés le pouvoir bactéricide de la lumière sur les bactéries entériques, qui n'agit toutefois qu'à de très faibles profondeurs (quelques centimètres pour la lumière solaire). On a répertorié comme ondes nocives, celles dont le spectre se trouve entre 2 100 et 2 960 Å et les plus actives entre 2 500 et 2 800 Å (Brisou, 1968) ce qui correspond à des rayonnements ultra-violets vite arrêtés ou atténués par l'eau de mer ; et celles dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400 et 500 nm, ce qui correspond à la lumière visible. (Gourmelon, 1995).

Ces nombreuses études ont abouti aux résultats suivants : (AESN, 2009)

T 90 -heures- à 25°C (5°C)	Beau temps	Pluie, ciel couvert
<i>E.coli</i>	5 (50)	35
Entérocoques intestinaux	15 (100)	70 (300)

Comme nous pouvons le remarquer, la T 90 ; qui correspond à la durée nécessaire pour que le taux de mortalité des bactéries atteigne 90% ; augmente lorsque l'intensité lumineuse diminue,

- la température de l'eau : celle-ci affecte la croissance bactérienne. En effet, une température élevée de l'eau a pour effet de limiter le temps de survie des bactéries entériques. Cependant, la température n'a pas un effet microbicide puisqu'elle ne fait que ralentir, retarder voire inhiber certaines réactions biochimiques. (Gourmelon, 1995).

Au cours de notre étude, les températures les plus basses sont enregistrées pour les mois de mars et avril (18,18-20,3 °C) et les plus élevées en juillet. On a constaté que l'élévation de la

Chapitre 3 : Résultats et discussion

température était accompagnée d'une baisse des concentrations des différents germes recherchés, ce qui peut être justifié par la prédation (Gourmelon, 1995) ;

- la salinité : plusieurs auteurs ont montré que la salinité avait un effet nocif sur la survie des bactéries entériques, son augmentation ayant pour effet de diminuer leur taux de survie en créant un choc osmotique qui modifie la structure de la membrane et les capacités de transport. Cependant, la salinité n'est pas un facteur bactéricide, mais elle joue un rôle sélectif. (Burke et Baird, 1931 ; Carlucci et Pramer, 1959 ; Brisou, 1968).

Durant notre étude, nous n'avons pas observé de grandes variations, cependant on sait qu'à leur arrivée en milieu marin salé un grand nombre de bactéries entériques disparaissent ceci est dû au choc osmotique provoqué par le passage dans des milieux où les conditions biologiques sont différentes ;

- le pH : dans les eaux marines, le pH ne présentant pas de grandes variations, son rôle dans la survie des bactéries semble être moins efficace par rapport aux autres facteurs physicochimiques. Il semble exister un pH optimum de survie (5 pour la persistance d'*E. coli* dans l'eau de mer selon les études menées par Carlucci et Pramer en 1960 ; Solic et Krstulovic en 1992, l'ont fixé autour de 6-7). (Gourmelon, 1995).

Lors de notre étude, nous avons constaté un pH légèrement alcalin, ne dépassant pas 8,3 ; ce paramètre ne semble pas influencer directement sur la survie des germes fécaux, néanmoins, il nous renseigne sur la qualité de l'eau de mer, puisque les pH bas indiquent un apport d'eau douce.

De plus, il faut rajouter à ces facteurs physico-chimiques, des facteurs biologiques qui peuvent influencer sur le temps de survie des entérobactéries dans l'eau de mer :

- les prédateurs : il s'agit essentiellement de ciliés, flagellés et de crustacés. De nombreuses études ont montré que les bactéries entériques étaient des proies pour de nombreux organismes, de tailles diverses (Gourmelon, 1995), et vivant à des profondeurs différentes. En effet, les entérobactéries sont consommées par les animaux benthiques (mollusques, microphages ou limivores, ...) ainsi que par les espèces pélagiques essentiellement le plancton (le phytoplancton surtout mort adsorbe les bactéries et le zooplancton les absorbe) ; de plus, le plancton, se déplaçant au gré des courants, favorise la dispersion de ces bactéries. (Brisou, 1968) ;

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- la compétition (vitale) entre les différentes espèces microbiennes : il est reconnu qu'il existe une concurrence vitale entre les nombreuses populations microbiennes se trouvant dans l'eau de mer, qui rappelons-le est un milieu salé, dilué, pauvre et dépourvu de qualités nutritives, sauf dans certaines zones. Les espèces marines autochtones ou celles qui se sont adaptées à la vie marine sont majoritaires, les espèces allochtones (les bactéries entériques) soumises aux conditions défavorables mais non bactéricides du milieu (salinité, température, rayonnement solaire, pH, carences nutritives et en vitamines) ont tendance à disparaître spontanément aux dépens des espèces les plus résistantes. (Brisou, 1968 ; Gourmelon, 1995). Il ne faut pas négliger, dans certaines conditions, le rôle des bactériophages dans la sélection microbienne, l'apparition de mutants et l'éradication de certaines espèces par lyse phagique. (Brisou, 1968 ; Oger *et al.*, 1983).

Tous ces facteurs agissent conjointement (figure 35) ; soit simultanément, soit par étapes successives dans le temps et dans l'espace, pour réduire le nombre de bactéries voire les éliminer, bien que cela semble impossible du fait que certaines espèces arrivent à s'adapter et survivent en prenant une autre forme (spores, forme L) plus difficile à identifier.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

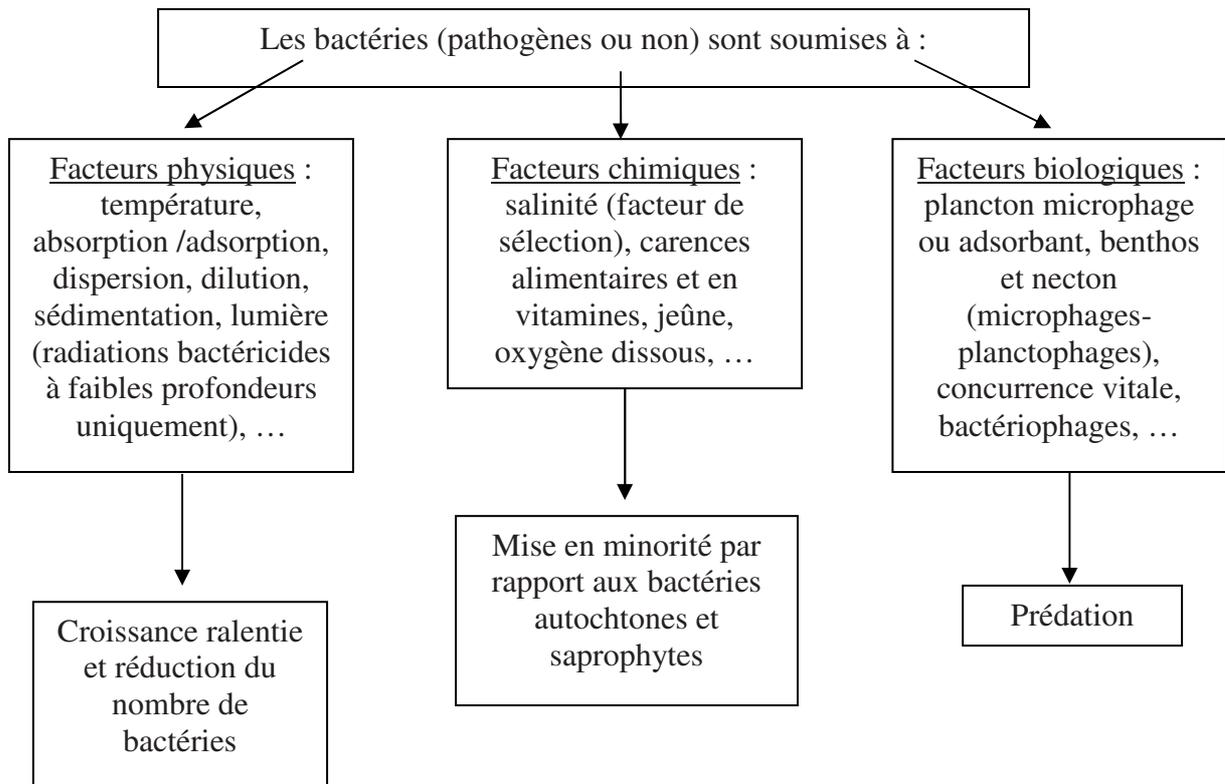


Figure 35 : Schéma résumant le processus de l'autoépuration en eau de mer. (Brisou, 1968)

Nous avons aussi constaté au cours de notre étude l'existence de séries à numérations anormalement faibles ou au contraire anormalement élevées, et des variations importantes observées dans la colimétrie pour des points ou des conditions de prélèvements identiques, celles-ci sont à priori déroutantes et peuvent même conduire à de graves erreurs dans l'étude sanitaire. Qu'il s'agisse de la disparition des micro-organismes ou des variations de la colimétrie, ceci démontre bien la complexité du milieu marin et des différents facteurs intervenant dans la salubrité des masses d'eaux, qui influent sur la répartition des germes, leur survie ou leur disparition (ensoleillement, oxygène, ...).

De plus, une baisse du nombre de micro-organismes ne signifie pas obligatoirement leur disparition ou une diminution des apports urbains, mais peut aussi s'expliquer par la sédimentation ou par le fait que les bactéries soient entrées en dormance, état viable mais non cultivable, donc non détectable par les méthodes habituelles de culture. (Gourmelon, 1995)

Nous avons aussi constaté au cours de notre étude l'existence de séries à numérations anormalement faibles ou au contraire anormalement élevées, et des variations importantes observées dans la colimétrie pour des points ou des conditions de prélèvements identiques,

Chapitre 3 : Résultats et discussion

celles-ci sont à priori déroutantes et peuvent même conduire à de graves erreurs dans l'étude sanitaire. Qu'il s'agisse de la disparition des micro-organismes ou des variations de la colimétrie, ceci démontre bien la complexité du milieu marin et des différents facteurs intervenant dans la salubrité des masses d'eaux, qui influent sur la répartition des germes, leur survie ou leur disparition (ensoleillement, oxygène, ...).

De plus, une baisse du nombre de micro-organismes ne signifie pas obligatoirement leur disparition ou une diminution des apports urbains, mais peut aussi s'expliquer par la sédimentation ou par le fait que les bactéries soient entrées en dormance, état viable mais non cultivable, donc non détectable par les méthodes habituelles de culture. (Gourmelon, 1995)

Chapitre 3 : Résultats et discussion

4. Analyse de la variance univariée ANOVA : résultats statistiques.

Nous avons tout d'abord comparé l'égalité des moyennes de chacun des paramètres mesurés entre les deux années d'étude, ensuite dans un deuxième temps, nous avons comparés l'égalité des moyennes de chacun des paramètres entre les différentes stations choisies.

4.1. Comparaison de l'égalité des moyennes de chacun des paramètres mesurés entre les deux années d'étude :

L'examen des résultats obtenus (Tableau 21), pour le test de l'analyse de la variance univariée modèle fixe (année), pour les différents paramètres mesurés au cours des deux années d'étude, montre l'existence de différences très hautement significatives entre les deux années d'étude pour la variable : pH, des différences hautement significatives entre les deux années pour la variable : T, et l'absence de différences significatives pour les six variables suivantes : S, C, CT, CTT, E.C et SF. Cette différence peut être justifiée par les conditions climatiques durant la période d'étude.

Tableau 21 : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre années, des moyennes de chacune des 8 variables pour 2015-2016.

Variables	Sources de variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
T (°C)	Année	1	67,104	67,104	7,52	0,007 **
pH	Année	1	3,365	3,365	41,76	0,000 ***
S	Année	1	2,8755	2,8755	3,80	0,054 ns
Conductivité (mS/cm)	Année	1	0,1715	0,1715	0,39	0,534 ns
CT (/100 ml)	Année	1	18320258	18320258	2,19	0,142 ns
CTT (/100 ml)	Année	1	3506235	3506235	1,03	0,313 ns
E.coli (/100 ml)	Année	1	6420755	6420755	1,98	0,162 ns
SF (/100 ml)	Année	1	34761359	34761359	6,16	0,015 ns

$p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

$p \leq \alpha = 0,05$: (*) différences juste significatives

$p \leq \alpha = 0,01$: (**) différences hautement significatives

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

ddl : degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

4.2. Comparaison de l'égalité des moyennes de chacun des paramètres mesurés entre les dix stations durant les deux années d'étude :

L'étude des résultats obtenus (Tableau 22), pour le test de l'analyse de la variance univariée modèle fixe (station), pour les différents paramètres mesurés pour les dix sites étudiés, montre l'existence de différences hautement significatives entre les sites pour la variable : CT ; et l'absence de différences significatives pour les autres variables (T, pH, S, C, CTT, E.C et SF). Ceci qui confirme nos précédentes observations concernant les résultats obtenus pour les paramètres physicochimiques, ainsi que ceux des percentiles 90 et 95 pour les streptocoques fécaux.

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations (années), des moyennes de chacune des 8 variables pour 2015-2016. (Stations dans années, le facteur « années » étant hiérarchisé ou stratifié par rapport au facteur « station »)

Variables	Sources de variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
T (°C)	Stations	18	13,033	0,724	0,08	1,000 ns
pH	Stations	18	0,52174	0,02899	0,36	0,992 ns
S	Stations	18	10,3073	0,5726	0,76	0,744 ns
Conductivité (mS/cm)	Stations	18	5,1770	0,2876	0,65	0,848 ns
CT (/100 ml)	Stations	18	316189609	17566089	2,10	0,010 **
CTT (/100 ml)	Stations	18	47524480	2640249	0,77	0,726 ns
E.coli (/100 ml)	Stations	18	42153638	2341869	0,72	0,782 ns
SF (/100 ml)	Stations	18	128111367	7117298	1,26	0,228 ns

$p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

$p \leq \alpha = 0,05$: (*) différences juste significatives

$p \leq \alpha = 0,01$: (**) différences hautement significatives

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Ainsi, en examinant ces résultats, nous constatons qu'en général les eaux des différents sites étudiés sont de qualité équivalente au cours de la période d'étude pour les variables mesurées, ce qui est en adéquation avec nos précédentes observations ; ainsi qu'avec les résultats obtenus lors d'une précédente étude réalisée par Ouamane *et al.* en 2013-2014.

4.3. Comparaison multiple des moyennes : le test de Tukey :

Comme le test de Newman-Keuls, le test de Tukey nous permet de regrouper les moyennes des stations en fonction des différents paramètres étudiés, en groupes homogènes (tableau 23).

Ainsi, le test de Tukey confirme les résultats obtenus lors de l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA). A savoir, l'absence de différences significatives entre les sites étudiés au cours des deux années d'étude pour les paramètres : température, pH, salinité, conductivité, coliformes totaux, coliformes thermotolérants, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux ; ainsi que l'existence de différences significatives entre les deux années d'étude pour tous les sites sauf les paramètres : salinité, conductivité, coliformes totaux et thermotolérants et *E.coli*.

Tableau 23 : Les groupes de stations homogènes par variables selon le test de Tukey.

Variabes	Groupe 1	Groupe 2
T (°C)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
pH	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
S	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
Conductivité (mS/cm)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
CT (/100 ml)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
CTT (/100 ml)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
E.coli (/100 ml)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
SF (/100 ml)	J,CV,P,B,M,P2,P3,P5, P6,P7	/
Année	pH2, T1, S, C, CT, CTT, EC, SF2	pH1, T2, SF1

pH2 : pH moyen année 2

T2 : T moyenne année 2

SF2 : taux moyen de SF année 2

Chapitre 3 : Résultats et discussion

5. Analyse statistique bivariée : résultats statistiques :

Les corrélations linéaires obtenues pour les 8 variables prises deux à deux ainsi que les valeurs des probabilités p correspondantes figurent dans le tableau ci-dessous.

L'examen de la matrice de corrélation (tableau 24) montre qu'il existe des corrélations positives et négatives. Parmi ces corrélations on rencontre des corrélations significatives, hautement significatives et très hautement significatives, qui sont résumées dans le tableau 25.

Tableau 24 : Matrice des corrélations linéaires des 8 variables prises deux à deux.

	T	pH	S	C	CT	CTT	E.C
pH	-0,113 0,199 ns						
S	0,467 0,000 ***	0,181 0,040 *					
C	0,316 0,000***	-0,125 0,158 ns	0,473 0,000 ***				
CT	0,112 0,205 ns	-0,248 0,004 **	0,046 0,602 ns	0,165 0,061 ns			
CTT	0,034 0,700 ns	-0,043 0,628 ns	0,113 0,201 ns	0,063 0,474 ns	0,698 0,000 ***		
EC	0,012 0,892 ns	0,051 0,565 ns	0,090 0,308 ns	0,025 0,780 ns	0,613 0,000 ***	0,970 0,000 ***	
SF	-0,004 0,964 ns	0,082 0,353 ns	0,167 0,058 ns	0,112 0,205 ns	0,262 0,003 **	0,343 0,000 ***	0,351 0,000 ***

NB : les valeurs en gras correspondent à la valeur de la probabilité p.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 25 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives.

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
pH et S	CT et SF	T et pH T et C S et C CT et CTT CT et E.C CTT et E.C CTT et SF E.C et SF		pH et CT	

Ainsi, nous constatons, l'existence de corrélations positives significatives entre le pH et la salinité ; hautement significatives entre les coliformes totaux et les streptocoques fécaux, et enfin très hautement significatives entre la température et le pH, la température et la conductivité, la salinité et la conductivité, les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants, les coliformes totaux et *E.Coli*, les coliformes thermotolérants et *E.Coli*, les coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux et enfin *E.Coli* et les streptocoques fécaux. Pour les corrélations négatives, elles sont de type hautement significatif pour le pH et les coliformes totaux.

6. Analyse hiérarchique : résultats statistiques.

Le regroupement des 10 sites ou stations d'échantillonnage en fonction de la qualité physico-chimique et bactériologique de leurs eaux, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson et pour un niveau de similarité minimale de 90 %, permet de distinguer six groupes homogènes distincts (Figure 36).

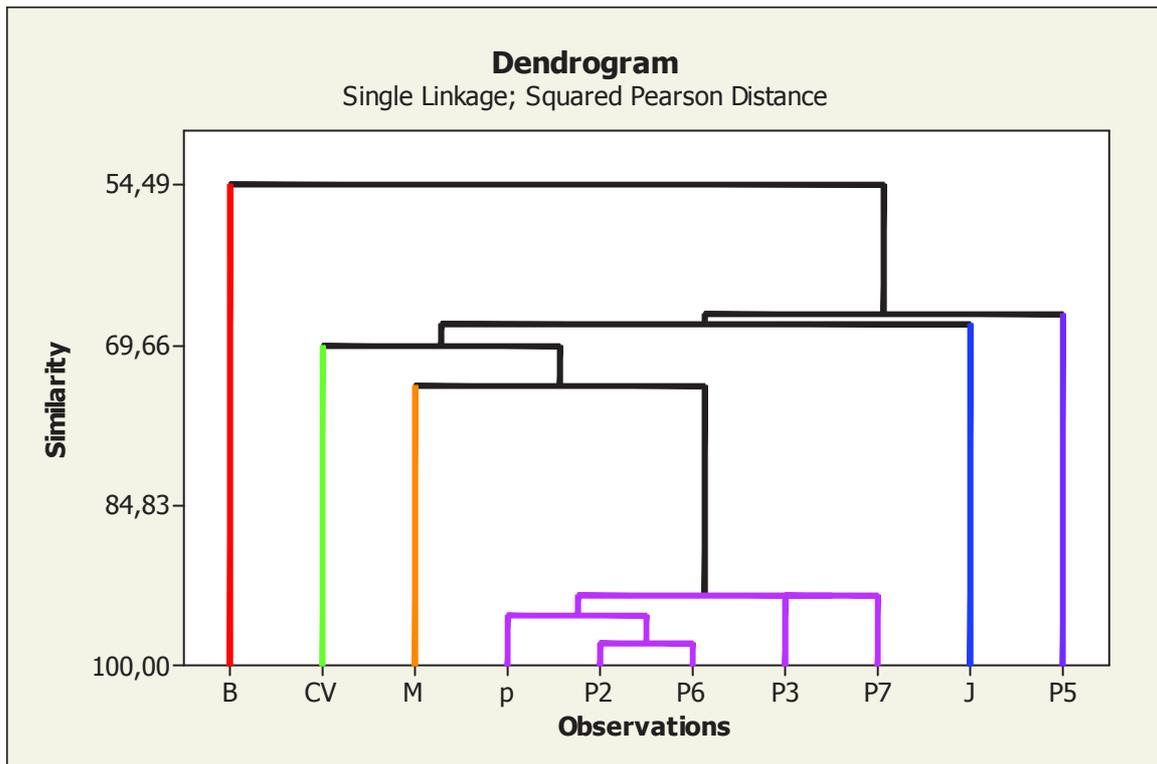


Figure 36 : Dendrogramme du regroupement des 10 sites de prélèvement, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson

- Le premier groupe est composé par la plage « Bikini » (B), une plage très fréquentée à proximité du port de Stora, ce qui peut expliquer la moyenne voire mauvaise qualité bactériologique de ce site. En effet, le taux moyen des streptocoques fécaux est très largement supérieur aux valeurs préconisées par la réglementation en vigueur (<100/100ml).
- Le second groupe est composé par la plage « poste 5 » (P5), la dernière plage de Larbi Ben M'Hidi une zone très fréquentée durant la saison estivale et accueillant un nombre important d'estivant durant la saison estivale, les résultats enregistrés démontrent une mauvaise qualité pour bactériologique avec des taux importants en *E.coli* et

Chapitre 3 : Résultats et discussion

streptocoques fécaux, représentatifs d'une pollution récente (*E.coli*) et ancienne (streptocoques fécaux).

- Le 3^{ème} groupe comprend la plage « la jetée » (J), il s'agit d'une plage interdite à la baignade pour sa proximité avec le port de Skikda ainsi que pour la présence d'un émissaire urbain, ce qui explique et justifie la mauvaise qualité de son eau.
- Le 4^{ème} groupe, représenté par la plage « châteu-vert » (CV), cette plage fait suite à la plage « la jetée », elle est très fréquentée du fait de sa proximité avec le centre-ville de Skikda, on y trouve de nombreux restaurants et hôtels qui déversent directement leurs rejets en mer, d'où la mauvaise qualité bactériologique de cette eau.
- Le 5^{ème} groupe comprend la plage « Molo » (M), petite plage désormais interdite à la baignade pour cause d'érosion et de sa proximité avec le port de Stora, elle reste néanmoins très fréquentée, ses eaux de baignade sont de qualité moyenne voire mauvaise du fait d'un taux moyen élevé de streptocoques fécaux qui dépasse les valeurs limites en vigueur (<100/100ml) ; représentatif d'une contamination ancienne de l'eau.
- Et enfin le dernier groupe avec plus de 90% de similarités, regroupe cinq plages « poste 3 » (P3), « poste 7 » (P7), « paradis » (P), « poste 2 » (P2), et « poste 6 » (P6). Les eaux de baignade de ces sites sont de qualité acceptable (P, P6 et P7) à moyenne (P2 et P3) selon la réglementation algérienne.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

De plus, le regroupement des années au moyen du lien simple et de la distance basée sur le coefficient de corrélation, donne deux groupes homogènes, pour un taux de similarité de 0,0% (Figure 37).

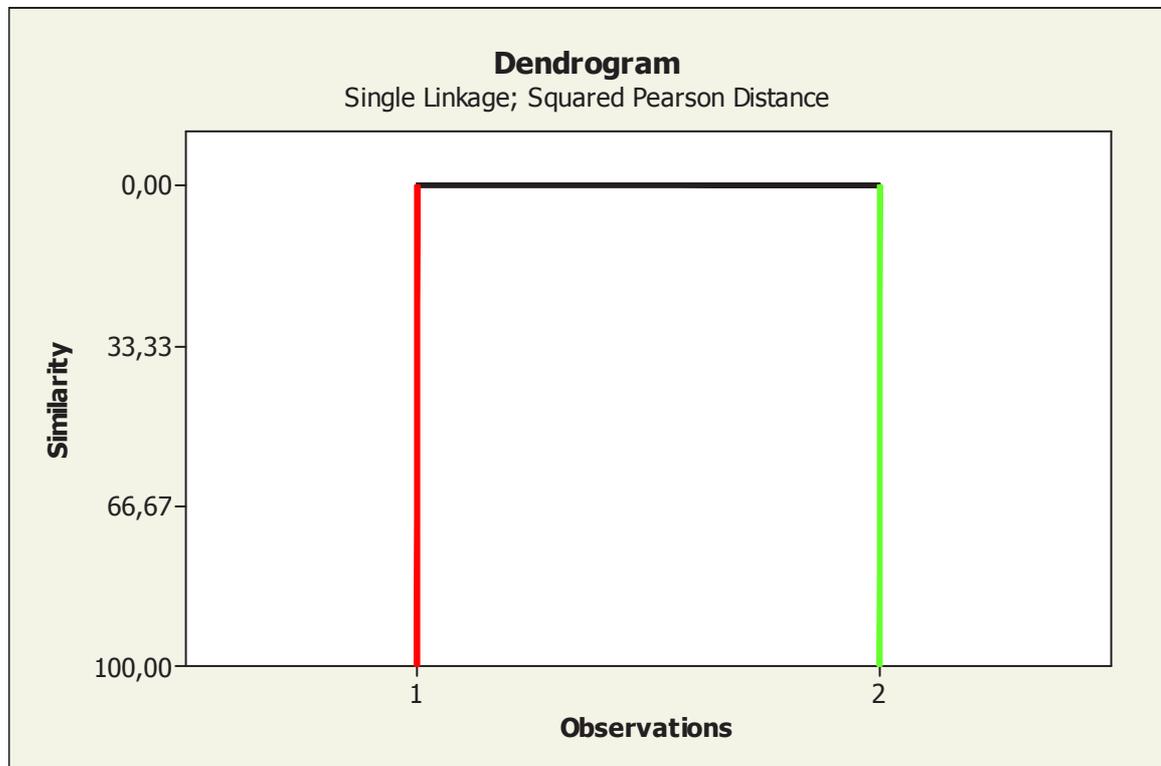


Figure 37 : Dendrogramme du regroupement des 2 années de prélèvement, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson

Ainsi, ce dendrogramme montre qu'il n'existe pas de similarité entre les 2 années d'étude.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

7. Conclusion :

Ainsi, l'examen des résultats des analyses physico-chimiques des eaux de baignades des différents sites étudiés montre que celles-ci sont de bonne qualité au vu de la réglementation algérienne, cependant lorsque l'on considère les analyses bactériologiques ces eaux sont majoritairement de moyenne voire mauvaise qualité. Ceci, nous amène à nous poser la question sur la réelle utilité de tester les paramètres physico-chimiques (pH, salinité, conductivité électrique), dans l'évaluation du risque sanitaire des eaux de baignade.

La réponse à cette question semble avoir été tranchée par l'Union Européenne, qui dans la nouvelle directive 2006/7/CE prévoit la surveillance de la qualité des eaux de baignade à travers l'évaluation de deux paramètres microbiologiques (*Escherichia coli* et *Entérocoques intestinaux*) au lieu des 19 paramètres physiques, chimique et microbiologiques de la précédente directive 76/160/CEE. Le nombre de paramètres a été certes réduit mais, les valeurs seuils sont plus contraignantes, par exemple les teneurs acceptables en *E. coli* ont été divisées par 4 (passant de 2 000 à 500 *Escherichia coli*/ 100 ml).

Les catégories de qualité des eaux de baignade sont ainsi définies et les sites classés en quatre catégories : les eaux de bonne qualité, les eaux de qualité moyenne, les eaux pouvant être polluées momentanément et enfin les eaux de mauvaise qualité. Le classement se fait sur une période de 4 ans et non plus sur les résultats d'une année.

Ceci afin de déterminer des profils d'eaux de baignade qui devraient permettre une amélioration de la qualité des eaux de baignade et une prévention des risques sanitaires, et qui consistent :

- à identifier les sources précises de pollution susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des eaux de baignade et sur la santé des baigneurs,
- et à définir des mesures de gestion à mettre en œuvre pour prévenir les pollutions à court terme et par conséquent, améliorer la qualité de l'eau (Observatoire national de la mer et du littoral).

Enfin, l'appréciation de la qualité des eaux de baignade dépend d'une surveillance continue, chose qui pour des raisons techniques et surtout financières est souvent négligée. Ce qui peut représenter une grave erreur au vu des différents risques engendrés par des eaux de baignade contaminées.

Plusieurs études épidémiologiques ont été réalisées en eau marine (Cheung *et al.*, 1990 ; Alexander *et al.*, 1992 ; Von Schirnding *et al.*, 1992 ; Corbett *et al.*, 1993; Harrington *et*

Chapitre 3 : Résultats et discussion

al., 1993 ; Kay *et al.*, 1994 ; Kueh *et al.*, 1995 ; Marino *et al.*, 1995 ; Fleisher *et al.*, 1996 ; Van Dijk *et al.*, 1996 ; McBride *et al.*, 1998 ; Haile *et al.*, 1999 ; Prieto *et al.*, 2001). Toutes ont confirmé l'existence d'un rapport entre l'exposition aux milieux aquatiques marins de qualité variable et la manifestation des symptômes de maladies d'origine hydrique chez les baigneurs. Les résultats les plus importants viennent d'un programme d'études épidémiologiques randomisées et contrôlées réalisées sur des plages côtières du Royaume-Uni (Kay *et al.*, 1994 ; Fleisher *et al.*, 1996). Ces études ont été conçues pour combler certaines des lacunes perçues du protocole classique d'étude des plages retenu pour nombre d'études antérieures. Le schéma expérimental contrôlé randomisé a pour caractéristique principale d'assurer une distribution plus aléatoire des sujets entre les groupes qui pratiquent ou non la baignade, et d'assurer une surveillance plus restreinte de la qualité de l'eau à laquelle s'exposent les baigneurs. On a constaté que de tous les indicateurs fécaux contrôlés, seules les concentrations de streptocoques fécaux mesurées à hauteur de poitrine laissaient constater un rapport significatif avec l'incidence des maladies gastro-intestinales et celle des maladies respiratoires chez les baigneurs. Les auteurs ont également signalé l'existence de seuils possibles d'un risque accru de gastro-entérite à une concentration de 32 streptocoques fécaux/100 ml et d'un risque accru de maladies respiratoires à une concentration de 60 streptocoques fécaux/100 ml.

Dans le cadre d'autres études, McBride *et al.* (1998) ont fait état d'un risque accru de maladies respiratoires, correspondant à une hausse des concentrations d'entérocoques, chez les baigneurs sur des plages de Nouvelle-Zélande. Cheung *et al.* (1990) ont établi une corrélation modérée ($r = 0,63$) entre les concentrations d'entérocoques et les taux de maladies gastro-intestinales hautement crédibles (HCGI) et de symptômes cutanés combinés sur des plages côtières à Hong Kong ; cette corrélation était toutefois moins forte que celle observée avec *E. coli* ($r = 0,73$). (Santé Canada, 2012).

De plus, en 1998, l'OMS a publié un examen complet des résultats de l'ensemble des études épidémiologiques réalisées de 1953 à 1996. Cet examen a permis de conclure que les symptômes gastro-intestinaux étaient ceux qui étaient le plus fréquemment signalés, parmi les problèmes de santé pour lequel on fait état de rapports dose-réponse, et que les indicateurs qui laissaient constater la meilleure corrélation avec ce type de problème étaient les entérocoques dans le cas des eaux marines, et *E. coli* et les entérocoques pour l'eau douce. (Santé Canada, 2012).

Conclusion générale et perspectives

Les eaux de baignades constituent un milieu privilégié pour les activités de loisir, leur qualité est étroitement liée au milieu environnant. Des phénomènes tels que les surcharges des réseaux d'assainissement, le déversement d'émissaires d'eaux usées ou les défauts de fonctionnement des stations de relevage, ont des conséquences néfastes sur la qualité des eaux de baignade.

La qualité des eaux de baignade étant un atout déterminant pour l'essor du tourisme balnéaire, une surveillance et une évaluation de celle-ci s'avèrent essentielles.

Le golfe de Skikda, à l'image des autres régions du bassin méditerranéen à forte densité urbaine, subit des agressions permanentes résultant d'une importante défaillance du système d'assainissement actuel (rejets d'eaux usées urbaines et industrielles directement en mer sans traitement préalable).

Cette étude a eu pour but d'évaluer l'état sanitaire des eaux de baignade dans le golfe de Skikda au moyen de paramètres physicochimiques et bactériologiques.

Les analyses physicochimiques montrent des eaux de bonnes qualités, les résultats de l'analyse de la variance univariée effectuée mettent en évidence des eaux de qualité équivalente, dans les limites des valeurs guides établies pour les eaux de baignade.

Les résultats bactériologiques obtenus nous permettent de constater l'existence d'une pollution récente et ancienne, l'analyse des percentiles 90 et 95 pour les paramètres *E.coli* et streptocoques fécaux démontre en effet des eaux de qualité insuffisante pour une grande majorité des sites étudiés. Cette pollution ayant diverses origines (rejets urbains, eaux de ruissellement pluvial, se déversant dans la mer, sans traitements), est observée au niveau de tous les sites, de façon plus ou moins flagrante.

De plus, les corrélations entre les 8 variables prises deux à deux donnent 8 corrélations positives très hautement significatives, montrant ainsi l'importance de l'évolution simultanée des variables étudiées.

Enfin, l'analyse hiérarchique, nous a permis de mettre en évidence 6 groupes de stations homogènes avec un niveau de similarité minimale de 90 %.

Conclusion générale et Perspectives

Cette étude nous apporte quelques informations sur la qualité des eaux de baignade du golfe de Skikda mais il ne faut cependant pas oublier que la qualité des eaux d'une plage est étroitement liée à celle de son sable, pouvant constituer une source de transmission de certains agents pathogènes essentiellement par voie digestive. Cependant, les risques sanitaires liés aux eaux de baignade sont souvent négligés voire ignorés dans notre pays, le risque le plus important étant la noyade, il n'en demeure pas moins qu'ils existent, dans la majorité des cas ils correspondent à des pathologies bénignes par rapport aux autres problématiques sanitaires.

Enfin en perspective, la qualité des eaux de baignade, représentant un atout économique majeur, elle doit être une préoccupation pour les autorités concernées. Ainsi, un certain nombre de points doivent être améliorés, voire mis en place :

- l'amélioration du réseau d'assainissement et une meilleure gestion des eaux pluviales ;
- le nettoyage des plages ;
- la mise en place d'infrastructures sanitaires (douches, ...) ;
- maintenir, en permanence, l'efficacité du fonctionnement des stations d'épuration ;
- utiliser d'autres méthodes d'analyse, plus rapides et plus précises ;
- une surveillance continue de la qualité des eaux de baignade ;
- la mise en place de mesures visant à réduire ou éliminer les sources de pollutions ;
- empêcher l'apparition de nouvelles sources de pollution ;
- la mise au point d'outils actifs et prédictifs d'évolution de la qualité des eaux ;
- l'élaboration, tel que le prévoit la nouvelle directive européenne en matière de gestion de la qualité des eaux de baignade (2006/7/CE), de profils des eaux de baignade comprenant : une description des caractéristiques physiques, géographiques et hydrogéologiques ; une identification et une évaluation des sources de pollution susceptibles d'impacter sur la qualité des eaux.

Ces profils de baignade vont du simple inventaire (profil de type 1) à une modélisation mathématique de la courantologie pour mieux connaître les phénomènes de dispersion de la pollution le long du linéaire côtier (profil de type 3);

- la publication des résultats des contrôles, l'information et la participation du public à l'effort de lutte contre la pollution.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

AESN, (2009), Agence de l'Eau Seine Normandie. Guide profils de baignade, fiches conseil, 23p.

AFNOR, (1979), Recueil de normes françaises. Eaux, méthodes d'essais.

AFSSET, (2007), Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, « Classement de la qualité des eaux de baignade à l'échelon national par la méthode de la nouvelle directive européenne 2006/7/CE.Méthode et résultats généraux ». Synthèse de résultats N°965, 15p.

BARNABE G, (1991). Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Techniques et Documentation (Lavoisier), Paris, 500p.

BAROSS. J, HANUS. F, et MORITA. R., (1975), Survival of human enteric and other sewage microorganisms under simulated deep-sea conditions, *Appl. Microbiol*, 30(2): 309-318.

BARWICK. RS., LEVY. DA., CRAUN. GF., BEACH. MJ., et CALDERON. RL., (2000), Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 1997-1998. *Mortality and Morbidity Weekly Review Surveillance Summaries*, 49 (SS04): 1-35.

BIZZOZERO. L., (2010), Les nouveaux risques biologiques des eaux de baignades sur le littoral méditerranéen : analyse prospective. Mémoire d'ingénieur en génie sanitaire. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP), Rennes, 80p.

BOUHAYENE. S., (2015), Evaluation bactériologique des zones de baignade de la baie de Skikda (N-E Algérien), Thèse de doctorat ès sciences de la Mer, université Badji Mokhtar, Annaba, 101p.

BOUSSEBOUA. H., (2002), *Eléments de microbiologie générale*, Ed. Université Mentouri, Constantine, 288 p.

BRISOU. J., (1968), La pollution microbienne, virale et parasitaire des eaux littorales et ses conséquences pour la santé publique. *Bull.org.mond.santé*, 38: 79-118.

Références bibliographiques

- BURKE. V. et BAIRD. L., (1931), Fate of fresh water bacteria in the sea, *J. Bacteriol.* 21(4): 287-298.
- CARLUCCI. A. F et PRAMER. D., (1959), Factors affecting the survival of bacteria in sea water, *Appl. Microbiol.*, 6(7): 388-392.
- CRAUN. GF., BERGER. PS., et CALDERON. RL., (1997), Coliform bacteria and water borne disease outbreaks. *Journal of the American Water Works Association*, 89(3): 96-104.
- DAGNELIE. P., (2006), *Statistique théorique et appliquée*. Tome 2 : Inférences à une et à deux dimensions. Bruxelles-université DE BOECK et LARCIER : 659p.
- DALE. K., WOLFE. R., SINCLAIR. M., HELLARD. M., et LEDER. K., (2009), Sporadic gastroenteritis and recreational swimming in longitudinal community cohort study in Melbourne, Australia, *American journal of epidemiology*, Vol. 170, (No. 12): 1469-1477.
- DJABALI. F., (1988), Prospection et chalutage en baies de Skikda et de Jijel. *Rapp. ISMAL*: 18p.
- DOGLIOLI. A.M., (2011), *Notes sur la Circulation Générale en Méditerranée pour le cours d'Océanographie Générale*, Centre d'Océanologie de Marseille, Université de la Méditerranée, Marseille, 62p.
- DPSB, (2012), Direction de la planification et de suivi du budget de la wilaya de Skikda (ex DPAT : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Skikda). Monographie de la wilaya de Skikda.
- DRE, (2013), Direction des ressources en eau.
- EDBERG. SC., RICE. EW., KARLIN. RJ. et ALLEN.MJ., (2000), *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S.
- FESTY. B., HARTEMANN. P., LEDRANS. M., LEVALLOIS. P., PAYMENT. P., et TRICARD. D., (2003), Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, pp.333-368.

Références bibliographiques

- FLEISHER. J., KAY. D., SALMON. R., JONES. F., WYER. M., et GODFREE. A., (1996), Marine Waters Contaminated with Domestic Sewage: Nonenteric Illnesses Associated with Bather Exposure in the United Kingdom, *American Journal of Public Health*, Vol 86, No 9: 1228-1234.
- GARCIA-ARMISEN. T., (2006), Etude de la dynamique des *Escherichia coli* dans les rivières du bassin de la Seine. Thèse de doctorat en Sciences, Ecologie des Systèmes Aquatiques, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 167p.
- GOURMELON. M., (1995), Etude de la lumière visible comme facteur limitant de la survie de *Escherichia coli* en milieu marin. Thèse de doctorat en sciences biologiques et santé, université de Rennes 1, Rennes, 145p.
- Groupe scientifique sur l'eau, (2002), *Entérocoques et streptocoques fécaux*, Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
- Groupe scientifique sur l'eau, (2003a), *Coliformes totaux*, Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- Groupe scientifique sur l'eau, (2003b), *Coliformes fécaux*, Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- Groupe scientifique sur l'eau, (2003c), *Escherichia coli*, Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- HADEF. R., (2008), Quel projet urbain pour un retour de la ville à la mer ? Cas d'étude : Skikda. Mémoire de magistère en architecture et urbanisme. Université Mentouri, Constantine, 341p.
- HART. T., et SHEARS. P., (1997), *Atlas de poche de microbiologie*, traduit de l'anglais par GAILLOT. O, Ed. Médecine-sciences Flammarion, Paris, 314 p.
- HASSOUN. A R., (2014), Analyse et modélisation de l'acidification en mer Méditerranée, Thèse de doctorat en océanologie, Université de Perpignan Via Domitia, 197p.

Références bibliographiques

- HEANEY. C., SAMS. E., WING. S., MARSHALL. S., BRENNER. K., DUFOUR. A., et WADE. T., (2009), contact with beach sand among beagoers and risk of illness, *American journal of epidemiology*, Vol 170, No 2: 146-172.
- IFEN, (2008), Institut français de l'environnement. Indicateur : Evolution de la qualité des eaux de baignade en mer de 1992 à 2006, 2^e version. Fiche du Ministère français de la Santé, direction générale de la Santé, Observatoire du Littoral, 5p.
- I.S.T.P.M., (1982), Rapport de mission sur l'évaluation des ressources halieutiques de la marge continentale algérienne, stocks pélagiques, stocks démersaux exploitables au chalut. *Rapp. Campagne Thalassa. Ichty.*, Joamy : 101 p.
- JORA., (1993), Journal officiel de la République Algérienne. Décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade, n°46, 17p.
- KACEMI. M., (2013), Protection et valorisation du littoral en Algérie : législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran », *Études caribéennes* [En ligne], mis en ligne le 01 juillet 2013. URL : <http://etudescaribeennes.revues.org/5959>
- KADRI. S E., (2015), Qualité bactériologique des eaux du littoral Nord Est Algérien. Thèse de doctorat ès sciences de la Mer, université Badji Mokhtar, Annaba, 170p.
- KERDOUSSI. A., (2010), Moule *Perna perna* peuplant le golfe d'Annaba : croissance, reproduction et qualité bactériologique, Mémoire de magistère en Sciences de la Mer, université Badji Mokhtar, Annaba, 183p.
- LAPLACE. D., GARRO. Y., ROVERA. A., JIANNETTI. S., et GUIVARCH. J Y., (2007), Gestion de l'assainissement et qualité des eaux de baignade à Marseille, *Novatech 2007*, Ed. Graie, Lyon, p 1681-1688.
- LARBAIGT. G., (1989), une meilleure connaissance des risques sanitaires liés à la baignade incidence sur la réglementation et la prévention, *revue des sciences de l'eau/journal of water science*, Vol 2, No 2 : 295-306.
- LARPENT. J P., (1997), *Microbiologie alimentaire, techniques de laboratoire*. Ed. Technique & Documentation, Lavoisier, Paris, 1073 p.

Références bibliographiques

- LEM., (1996), Laboratoire d'Etudes Maritime. Etude d'extension du port de Stora. Avant-projet sommaire. *Rapp. Juillet*, 1996 : 31p.
- Le ROUX. P., (1969), Les vacances se concentrent dans les régions côtières. In : *Economie et statistique*, 4: 19-26.
- MATE, (2010), ministère algérien de l'aménagement du territoire et de l'environnement, sous-direction de la préservation des zones marines du littoral et des zones humides, (2010), Description détaillée du programme de surveillance du littoral MED POL Phase III.
- MAZIERES. J., (1963), Les coliformes dans les eaux marines et les huitres : application à l'hygiène ostréicole, *revue des travaux de l'institut des pêches maritimes*, 27(1) : 5-110.
- MAZIERES. J., (1981), Méthodes usuelles d'analyse bactériologique pour le contrôle sanitaire courant des eaux de mer et coquillages. Rapport archimer/ifremer. Ouistreham, 59p.
- MERABATINE. H., MERZOUG. A., BOUALI. B., MOUKAHEL. S., REFES. N., CHAAB. H., (1998), Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer de la plage Ouest de Sidi-Fredj (Algérie), *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 35: 356-357.
- MERZOUG. S-E., (2009), Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Tahar (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de magistère en biologie, Université 8 mai 1945, Guelma, 119p.
- MEZEDJRI. L., (2008), Modélisation de l'Impact de la Pollution Industrielle Hydrique dans le Golfe de Skikda (Littoral Est algérien). Thèse de doctorat en sciences de la Mer, université Badji Mokhtar, Annaba, 148p.
- MEYER. A, DEIANA. A., BERNARD. A., (2004), *Cours de microbiologie générale avec problèmes et exercices corrigés*. Ed.Doin, collection Biosciences et techniques, 2^e édition, Paris, 430 p.
- MILLOT. C., (1987), The circulation of Levantine intermediate water in the Algerian basin. *J. Geophys. Resear.*, 92(C8): 5265-8276.

Références bibliographiques

- MILLOT. C., (1993), La circulation générale en méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11, Novembre 1992. *Doc.* : 29-30.
- MILLOT. C., et TAUPIER-LETAGE. I., (2005), circulation in the Mediterranean Sea, *handbook of environmental chemistry*, Vol 5, (part k): 29-66.
- Ministère français de la Santé et des Sports, (2009), Etat sanitaire des eaux de baignade en eau de mer et en eau douce. Bilan de la saison balnéaire 2008, Paris, 165p.
- NEIDHARDT. F C., INGRAHAM. J L., et SCHAECHTER. M., (1994), *Physiologie de la cellule bactérienne, une approche moléculaire*, Ed. Elsevier Masson, 487p.
- Office de tourisme de la wilaya de Skikda, (2017), Bulletin d'information, 4p.
- OGER. C., HERNANDEZ. J F., OUDART. E., et DELATTRE. J M., (1983), Baignades et risques infectieux, données épidémiologiques, fondements du contrôle des eaux. Etudes bibliographiques, service des eaux, institut Pasteur de Lille, 101p.
- OMS, (1985), Organisation mondiale de la Santé. Programme à long terme de surveillance et de recherche sur la pollution dans la Méditerranée (MED POL Phase II), les méthodes microbiologiques de surveillance de la qualité des eaux côtières. 3^e rapport sur une réunion OMS/PNUE, 22p.
- OMS, (2000), *Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui*. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p.
- OMS, (2004), *Directives pour la sécurité des eaux de baignade -Volume 1. Eaux côtières et eaux douces*, Genève, 15p.
- OMS, (2005), *Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality*, IWA Publishing, London, UK, 20p.
- ONM, (2012), Office national de météorologie, Bulletin d'information.
- OUAMANE. S., (2014), Qualité des eaux de baignade dans le golfe de Skikda. Mémoire de magistère en biologie et environnement marin, université 20 aout 1955, Skikda, 149p.

Références bibliographiques

- PAYMENT. P., SIEMIATYCKI. J., RICHARDSON. L., RENAUD. G., FRANCO. E. et PREVOST. M., (1997), A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research*, 7: 5-31.
- PAYMENT. P., et HARTEMANN. P., (1998), Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé, *Rev. Sci. Eau* n° spécial, pp 199-210.
- PNUE/OMS, (1983), Evaluation de l'état actuel de la pollution microbienne en mer Méditerranée et mesures de contrôle proposées. Rapport sur le programme à long terme de surveillance continue et de recherche (MED POL Phase II), Genève, 50p.
- PNUE., (2006), Programme des Nations Unies pour l'environnement. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen. Rapport de l'Agence Européenne pour l'Environnement, n° 4/2006. Ed. Office des publications officielles des Communautés européennes. AEE, Copenhague, 89p.
- PNUE., (2008), Le plan bleu. Dossier de Presse, 11p.
- PNUE/PAM., (2012), La conférence des parties contractantes à la convention de Barcelone sur la protection du milieu marin de la Méditerranée. Compte rendu n° 57, Paris, 2p.
- POGGI. R., (1975), Etude critique des techniques d'analyses utilisées pour la mesure des pollutions en milieu marin, Techniques de numération des microorganismes tests de la salubrité de l'eau de mer. Rapport. Ed. Institut scientifique et technique des pêches maritimes, Nantes., 41p
- POMMEPUY. M., (1995), Devenir des bactéries entériques en milieu littoral. Effet du stress sur leur survie. Thèse de doctorat en sciences biologiques et santé, Université de Rennes 1, Rennes, 147p.
- PRESCOTT. L M, HARLEY. J P, et KLEIN. D., (2003), *Microbiologie, 2^e édition française*, Ed. De Boeck université, Bruxelles, 1137 p.
- RAILLARD. O., GANDOUIN. C., BOURGEOIS. H., et VIGIER. L., (2010), gestion active de la qualité des eaux de baignade, *Novatech 2010*, session 3-9, Ed. Graie, Lyon, 9p.

Références bibliographiques

- REJSEK. F., (2002), *Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques*, collection biologie technique et technique de l'environnement, Ed. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 360 p.
- ROBERTSON. W., (1995), Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans : *Air intérieur et Eau potable*, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, pp 179-193.
- RODIER. J. , (2009), *L'analyse de l'eau*. 9^e édition. Ed. DUNOD, Paris, 1526p.
- ROSE. J, FARRAH. S, HARWOOD. V, LEVINE. A, LUKASIK. J, MENENDEZ. P, et SCOTT. T, (2004), Reduction of pathogens, indicator bacteria, and alternative indicators by wastewater treatment and reclamation processes, *Water Environment Research Foundation (WERF) final report*. IWA publishing. London, 60p.
- Santé Canada, (2012), Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada. Rapport du Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, 3^e édition, Ottawa, 171p.
- SEIDLER. RJ., EVANS. TM., KAUFMAN. JR., WARWICK. CE, et LECCHEVALLIER. MW., (1981), Limitations of standard coliform enumeration techniques. *Journal AWWA*, 73: 538-542.
- SERVAIS. P, CASTIGNOLLES. N, PETIT. F, GEORGE. I, BUFFET-JANVRESSE. C, et FICHT. A., (1999), Contaminations bactérienne et virale. Fascicule de l'Agence de l'Eau Seine Normandie. Ed. Ifremer, 28p.
- SERVAIS. P., BILLEN. G., GARCIA-ARMISEN. T., GEORGE. I., GONCALVES. A. et THIBERT. S., (2009), La contamination microbienne du bassin de la Seine. Comprendre comment l'eau est contaminée pour déterminer les risques et les moyens à mettre en œuvre pour restaurer sa qualité. Programme Piren-Seine. Fascicule de l'Agence de l'Eau Seine Normandie, 51p.

Références bibliographiques

SEYFRIED. P., TOBIN. R., BROWN. N., et NESS.P., (1985), A Prospective Study of Swimming-Related Illness, 1. Swimming-Associated Health Risk, *American journal of public health*, 75(9): 1068-1070.

SEYFRIED. P., TOBIN. R., BROWN. N., NESS.P., (1985), A Prospective Study of Swimming-Related Illness, 2.Morbidity and the Microbiological Quality of Water, *American journal of public health*, 75(9): 1071-1075.

SINIGALLINO. C., FLEISHER. J., GIDLEY. M., SOLO-GABRIELE. H., SHIBATA. T., PLANO. L., ELMIR. S., WANLESS. D., BARTKOWIAK. J., BOITEAU. R., WITHUM. K., ABDELZAHER. A., HE. G., ORTEGA. C., ZHU. X., WRIGHT. M., KISH. J., HOLLENBECK. J., SCOTT. T., BACKER. L., et FLEMING. L., (2010), Traditional and molecular analyses for fecal indicator bacteria in non-point source subtropical recreational marine waters, *Water Research*; 44 (13): 3763-3772.

SOeS, (2011), service de l'observation et des statistiques, Commissariat général au développement durable, Environnement littoral et marin. Rapport de synthèse, 164p.

UNEP/MAP-Plan Bleu, (2009), State of the Environment and development in the Mediterranean. Rapport UNEP/MAP- Plan Bleu, Athens, 200p.

X., [2003]. Minitab software statistique, version 14.1 pour windows.

ZOBELL. C., OPPENHEIMEER. C., (1950), Some effects of hydrostatic pressure on the multiplication and morphology of marine bacteria, *J.Bacteriol.*, 60(6): 771-781.

Autres supports :

- <http://www.skikda-port.com/skikda/situation.htm>
- <http://baignades,santé.gouv.fr/editorial/fr/controle/organisation.html>
- <http://baignades.sante.gouv.fr/>
- <http://www.observatoire national de la mer et du littoral.fr>

Annexes

Liste des annexes

Annexe 1 : Répartition de la population dans la daïra de Skikda

Annexe 2 : Qualité requise des eaux de baignade

Annexe 3 : Composition microbiologique de la flore fécale humaine

Annexe 4 : Fiche d'échantillonnage

Annexe 5 : Schémas récapitulatifs des méthodes utilisées

Annexe 6 : Mode de lecture des résultats bactériologiques

Annexe 7 : Table NPP

Annexe 8 : Tableaux regroupant les moyennes des résultats

Annexe 9 : Les résultats obtenus durant l'étude

Annexe 10 : Résultats statistiques

Annexe 11 : Composition des différents milieux de culture utilisés

Annexes

Annexe 1 : Répartition de la population dans la daïra de Skikda. (DPSB, 2012)

Daïras	Commune	Population	Superficie (Km ²)	Densité (hab. /km ²)	Pop. De la commune/ Pop. Totale de la wilaya (%)
Skikda	Skikda	175 625	52	3 377	18,16
	Filfila	32 631	31	1 053	3,37
	Hamadi Krouma	31 125	65	479	3,33
Total daïra		239 381	148	1 617	24,75
Total wilaya		967 045	4 118	235	100

Annexes

Annexe 2 : Qualité requise des eaux de baignade (extrait de l'annexe du décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993) :

Paramètres	Unités	Valeurs guides (VG)	Valeurs limites obligatoires (VL)	Méthodes d'analyse ou d'inspection
Microbiologiques				
Les germes indicateurs				
1. Coliformes totaux	/ 100 ml	500	10000	<p>Norme NF EN ISO 9308-2 ou NF T 90-413.</p> <p>- Filtration sur membrane et culture sur milieu approprié (gélose lactosée au tergitol, gélose d'endo, bouillon au teepol 0,4%,....) ; repiquage et identification des colonies suspectes.</p> <p style="text-align: center;">Ou</p> <p>- Fermentation en tubes multiples. Repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation. Dénombrement selon NPP (nombre le plus probable).</p> <p>Température d'incubation adaptée à la recherche des CT.</p>
2. Coliformes thermotolérants	/ 100 ml	100	2000	<p>Norme Afnor T 90-433. NF EN ISO 9308-2.</p> <p>- Filtration sur membrane et culture sur milieu approprié (gélose lactosée au tergitol, gélose endo, bouillon,....) ; repiquage et identification des colonies suspectes.</p> <p style="text-align: center;">Ou</p> <p>- Fermentation en tubes multiples. Repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation. Dénombrement selon NPP (nombre le plus probable).</p> <p>Température d'incubation adaptée à la recherche des CF.</p>
3. Streptocoques	/ 100 ml	100	-	<p>Norme Afnor T 90-411. NF EN ISO 7899-1.</p> <p>- Méthode de Litsky.</p>

Annexes

				Dénombrement selon NPP Ou - Filtration sur membrane. Culture sur milieu approprié.
Les germes pathogènes				
4. Salmonelles (*)	1 L	-	0	N ISO 6340. Concentration par filtration sur membrane ; inoculation sur milieu type ; enrichissement, repiquage sur gélose d'isolement et identification.
5. Entérovirus (*)	PFU/ 10 L	-	0	concentration par filtration sur membrane, par floculation ou par centrifugation et confirmation.
6. Vibrion cholérique (*)	/ 450 ml	-	0	Filtration sur membrane, puis culture sur gélose TCBS et milieu de confirmation (milieu Kligler sale)
Physico-chimiques				
7. Coloration	mg/l	—	Pas de changement anormal de couleur	Inspection visuelle. Photométrie aux étalons de l'échelle Pt/Co.
8. huiles minérales	mg/l	—	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur	Inspection visuelle et olfactive. Extraction sur un volume suffisant et pesée du résidu sec.
9. Substances tensio-actives réagissant au bleu de méthylène	mg/l, lauryl-sulfate	> 0,3	Pas de mousse persistante	Inspection visuelle. Spectrophotométrie d'absorption au bleu de méthylène
10. Phénols	mg/l	> 0,05	0,05 et aucune odeur spécifique	Vérification de l'absence d'odeur spécifique due au phénol. Spectrophotométrie d'absorption. Méthode à la 4-aminoantipyrine (4-A.A.P.)
11. Transparence	m	2	1	Inspection visuelle. Disque de Secchi
12. Résidus goudronneux et matières flottantes (bois, plastique, bouteille et toute autre matière et débris ou éclats)	—	—	Absence	Inspection visuelle.

Annexes

13. pH	—	—	6 - 8	Electrométrie avec calibrage aux pH 7 et 9
14. Oxygène dissous	% Saturation en oxygène	—	80 - 120	Méthode de Winkler ou méthode électrométrique (oxygénomètre)
15. Autres substances	—	—	Ne doit pas contenir de substances susceptibles de nuire à la santé des baigneurs.	

Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

(*)Les germes pathogènes ne sont recherchés que dans le cas où les valeurs guides de l'OMS sont très largement dépassées, et aussi dans le d'une épidémie ou une suspicion d'épidémie.

En fonction des résultats obtenus durant toute la saison estivale, les eaux sont classées en :

- Eau de bonne qualité pour la baignade, classe A :

- ❖ 80% des résultats des analyses sont inférieurs ou égaux aux valeurs guides relatives aux coliformes totaux (500/100 ml) et aux coliformes thermotolérants (100/100 ml) ;
- ❖ 95% des résultats des analyses sont inférieurs ou égaux aux valeurs impératives relatives aux coliformes totaux (10 000/100 ml) et aux coliformes thermotolérants (2 000/100 ml) ;
- ❖ 90% des résultats des analyses sont inférieurs ou égaux aux valeurs guides relatives aux streptocoques totaux (100/100 ml).

- Eau de qualité moyenne pour la baignade, classe B :

- ❖ 95% des résultats des analyses sont conformes aux valeurs impératives relatives aux coliformes totaux (10 000/100 ml) et aux coliformes thermotolérants (2 000/100 ml).

Annexes

- Eau pouvant être momentanément polluée, classe C :

- ❖ Entre 5 et 33% des résultats des analyses dépassent les valeurs impératives relatives aux coliformes totaux (10 000/100 ml) et aux coliformes thermotolérants (2 000/100 ml).

- Eau de mauvaise qualité, classe D :

- ❖ Plus de 33% des résultats des analyses dépassent les valeurs impératives relatives aux coliformes totaux (10 000/100 ml) et aux coliformes thermotolérants (2 000/100 ml).

Les causes de pollution des eaux classées C et D peuvent être :

- l'état d'assainissement des communes à l'amont immédiat du lieu de baignade : vétusté, mauvais fonctionnement chronique, absence totale ou insuffisance de l'assainissement, notamment pour traiter la pollution résultant des fortes précipitations ;
- des pannes ou incidents sur les réseaux d'assainissements ou sur les stations d'épuration ;
- la pollution liée à la fréquentation de la baignade ou des équipements touristiques installés dans la zone ;

Annexes

Annexe 3 : Composition microbiologique de la flore fécale humaine. (Données de Rosebury revues par Geldreich, 1978) (Oger *et al.*, 1983)

Espèces ou groupe	Occurrence (%)	Densité (gramme)
Bactérie aérobie		
Cocci (gram +)		
<i>Staphylococcus</i> , coagulase (-)	31-59	10 ² -10 ⁴
<i>Staphylococcus</i> , coagulase (+)	10-93	-
<i>Streptococcus faecalis</i> var. <i>liquifaciens</i>	26	10 ⁴ -10 ⁵
Enterococcus	74-76	10 ⁵ -10 ⁶
Streptocoques fécaux	100	10 ⁵ -10 ⁶
Bacilles (gram -)		
Coliformes totaux	87-100	10 ⁷ -10 ⁹
<i>Escherichia coli</i>	87-100	10 ⁷ -10 ⁹
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	26-30	10 ⁶ -10 ⁸
Coliformes thermotolérants	96-100	10 ⁶ -10 ⁹
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3-15	10 ³ -10 ⁵
Bactérie anaérobie		
Bacilles (gram +)		
<i>Clostridium perfringens</i>	13-35	10 ⁶ -10 ⁷
<i>lactobacilli</i>	66	10 ⁷ -10 ¹⁰
Enterovirus		
Poliovirus 1,3	0-70	0-10 ⁷ (PFU)
Coxsackievirus	0-88	-
Echovirus	0-43	0-10 ⁸ (PFU)
Adenovirus	0-77	-
Fungi		
<i>Candida albicans</i>	14-31	< 1-10 ⁴
Protozoaires		
<i>Entamoeba coli</i>	3-32	-
<i>Giardia lamblia</i>	3-15	-

Annexes

Annexe 4 : Fiche d'échantillonnage :

Tableau : description de l'état des lieux le jour du prélèvement.

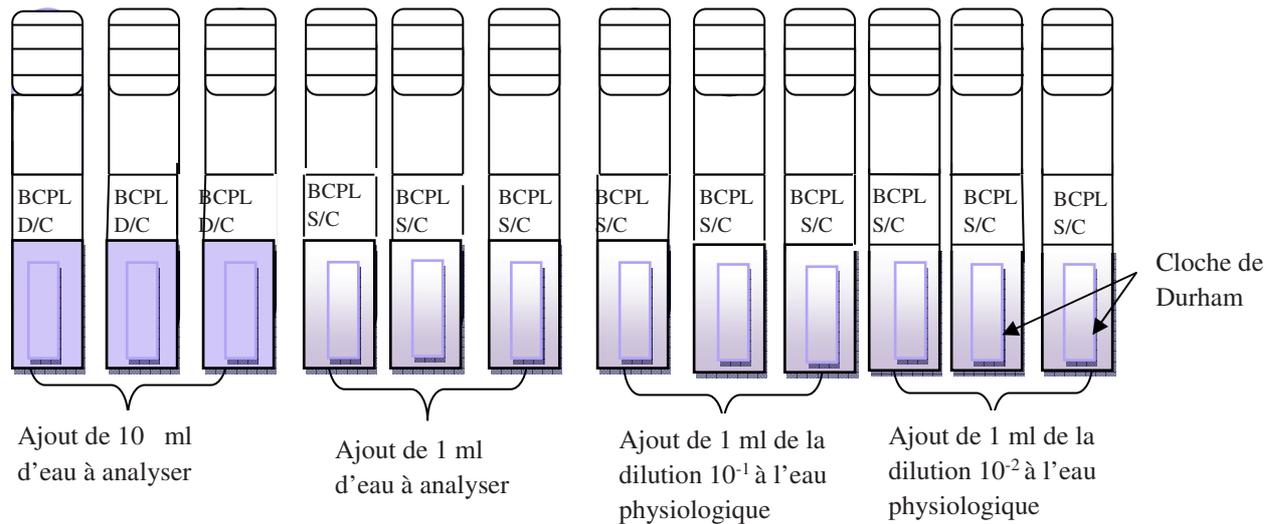
date	Heure	Numéro de flacon	site	Nom du point et localisation précise	Aspect particulier (couleur, débris, odeur,...)	Température de l'eau	Conditions météorologiques (vent, pluie,...)	Causes de souillures permanentes ou accidentelles (industrie, rejet urbain,...)
		1	Skikda : « la jetée »	En face des escaliers				Rejet urbain et restaurants
		2	Skikda : château-vert	En face des escaliers				Restaurants
		3	Skikda : plage paradis	En face des escaliers				Restaurants et station de relevage de l'ONA
		4	Skikda : plage bikini	Sur le premier rocher après descente sur la plage				Rejet urbain et restaurants
		6	Skikda : plage molo	En face des escaliers				Port, restaurants
		5	ben M'hidi : poste 2	Près des rochers				Restaurants
		7	ben M'hidi : poste 3	En face des escaliers				Restaurants
		8	Ben M'Hidi : poste 5	En face des escaliers				Rejet de Oued l'ksab
		9	Filfila : poste 6	En face des escaliers				
		10	Filfila : poste 7	En face des escaliers				Présence d'un oued

Annexe 5 : Schémas récapitulatifs des méthodes utilisées :

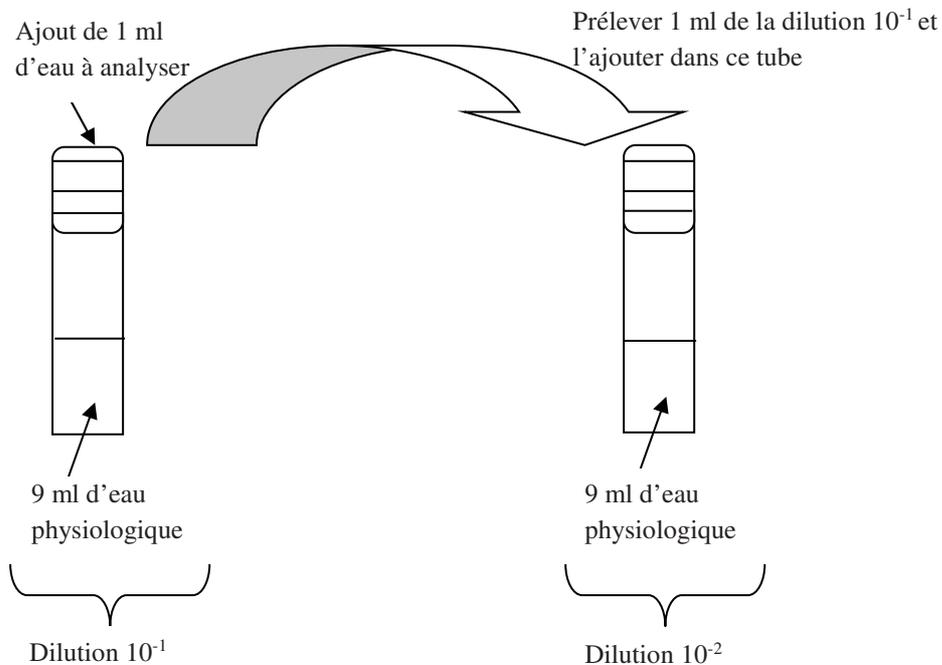
1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux dans les eaux de baignade en milieu liquide (BCPL et cloche de Durham):

Test de présomption

- ❖ Ensemencer les tubes avec l'eau à analyser :



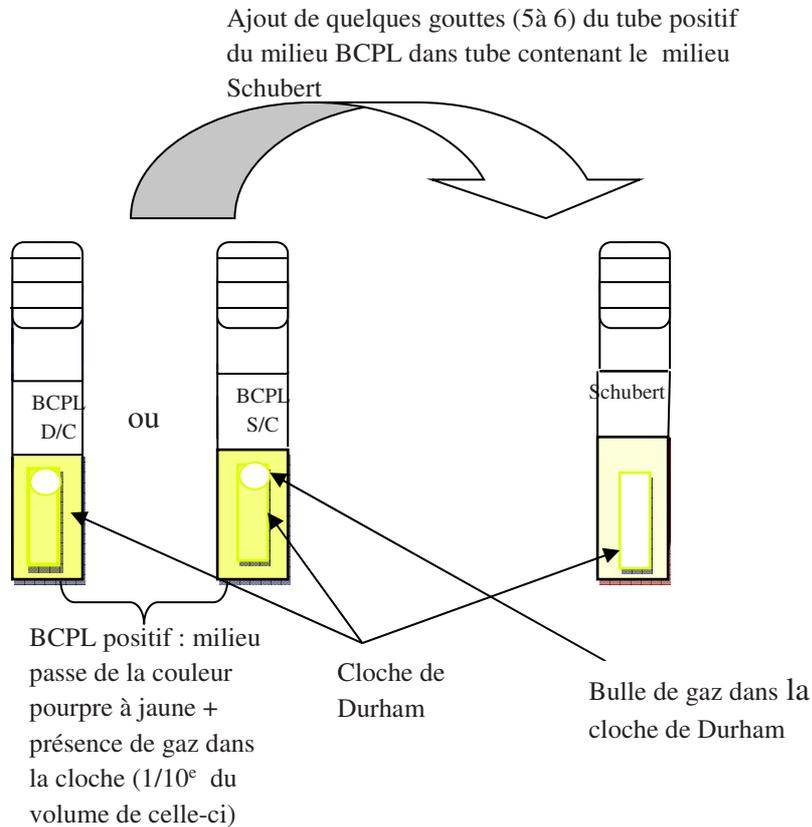
- ❖ Dilutions à l'eau physiologique :



- ❖ Chasser le gaz présent dans les cloches de Durham avant l'incubation
- ❖ Incubation dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures.

2. Test de confirmation ou de recherche et de dénombrement des coliformes thermotolérants dans les eaux de baignade en milieu liquide (Schubert et cloche de Durham) :

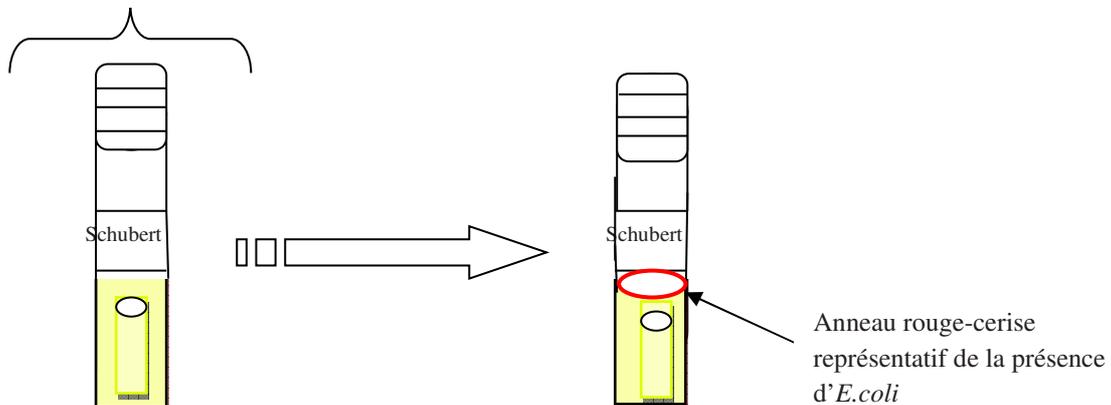
- ❖ Repiquer chaque tube positif du milieu BCPL dans un tube de milieu Schubert:



- ❖ Chasser le gaz présent dans la cloche avant l'incubation,
- ❖ Incuber 24 heures à 44°C

Confirmation de la présence d'*Escherichia coli*

Ajout de quelques gouttes du réactif de Kovacs dans le tube Schubert positif



Schubert positif : milieu trouble + présence de gaz dans la cloche (1/10° du volume)

Annexes

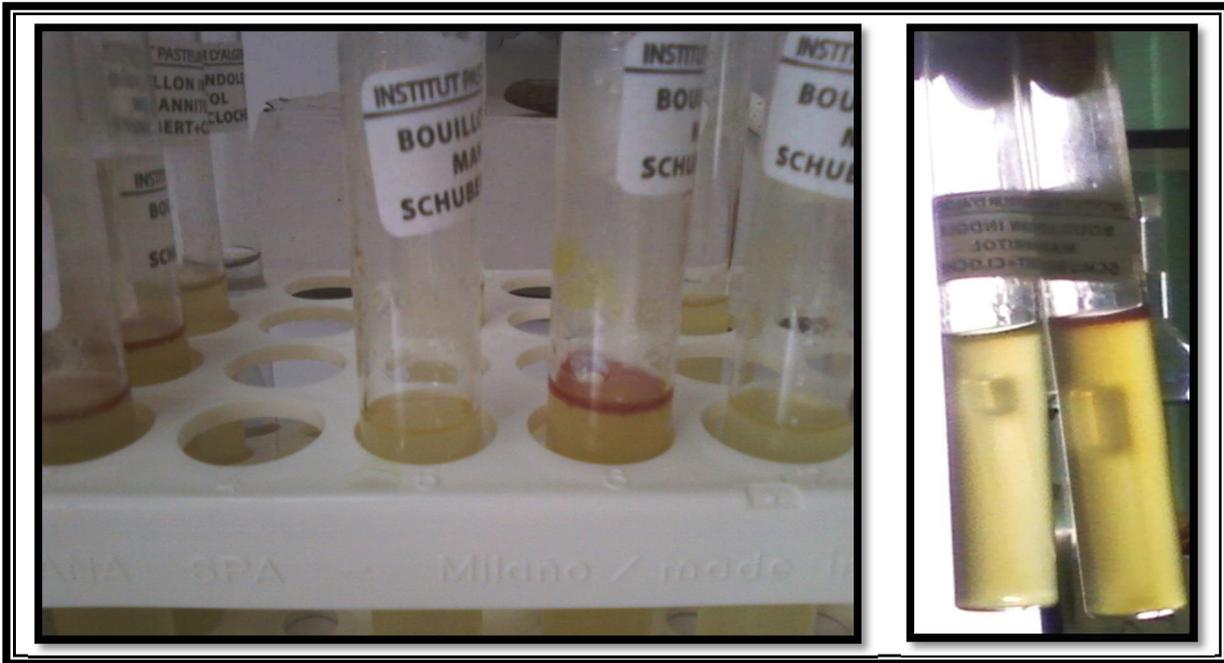


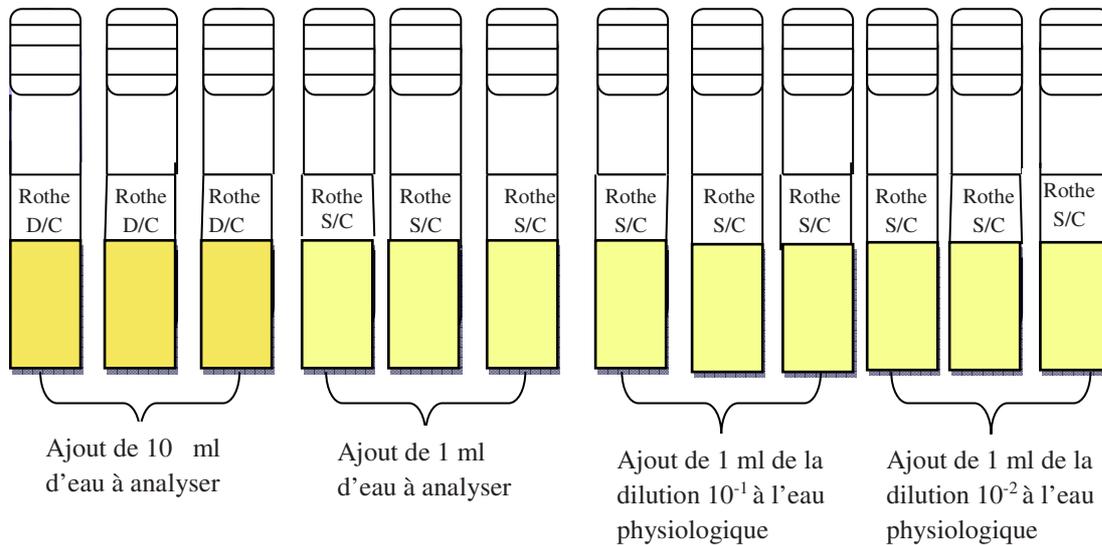
Figure : Test de confirmation de la présence ou de l'absence d'*E.coli*. A gauche résultat négatif, et à droite résultat positif avec la présence de l'anneau rouge cerise confirmant la présence d'*E.coli*.

Remarque : C'est la réaction d'indole en tube. Certaines bactéries hydrolysent le tryptophane en indole, qui réagit avec le réactif de Kovacs en donnant une coloration rouge. *E. coli* est indole positive (droite) (Prescott *et al.*, 2003)

3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux de baignade en milieu liquide (Rothe) :

Test de présomption

- ❖ Ensemencer les tubes avec l'eau à analyser :



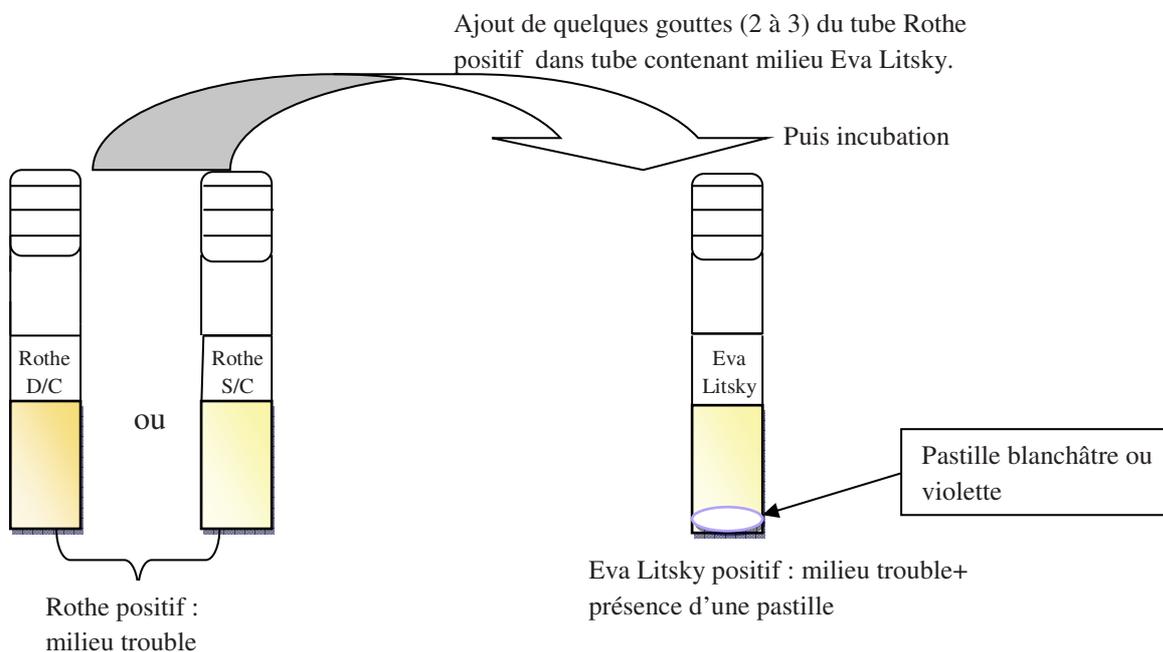
- ❖ Dilutions à l'eau physiologique :

Mêmes procédés que précédemment (voir recherche et dénombrement des coliformes totaux)

- ❖ Homogénéiser le milieu avant l'incubation
- ❖ Incubation dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures.

Test de confirmation en milieu Eva Litsky

- ❖ Repiquer quelques gouttes (2 à 3) de chaque tube positif du milieu Rothe sur le milieu Eva Litsky puis incubation à 37°C pendant 24 heures.

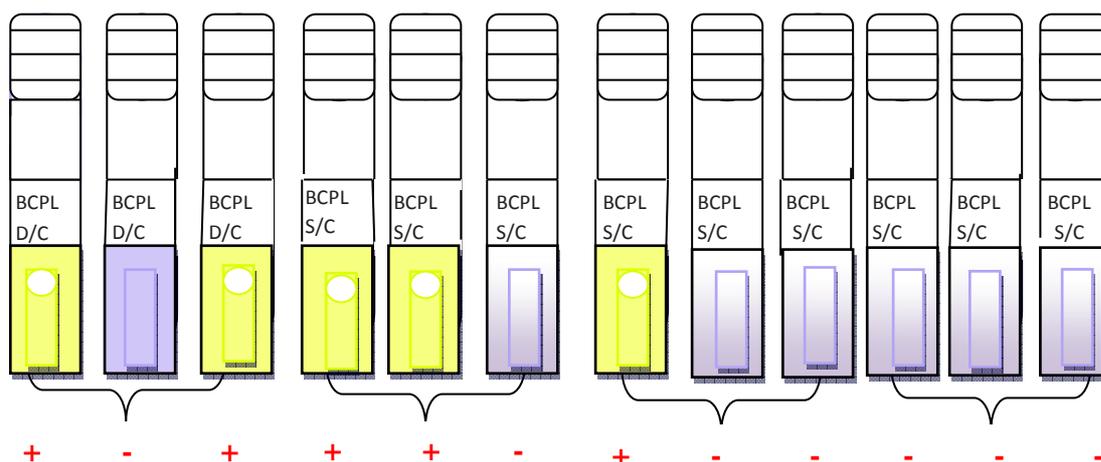


Annexes

Annexe 6 : Mode de lecture des résultats :

- ❖ Pour le dénombrement des CT, noter le nombre de tubes positifs à 37°C puis se référer à la table de NPP.

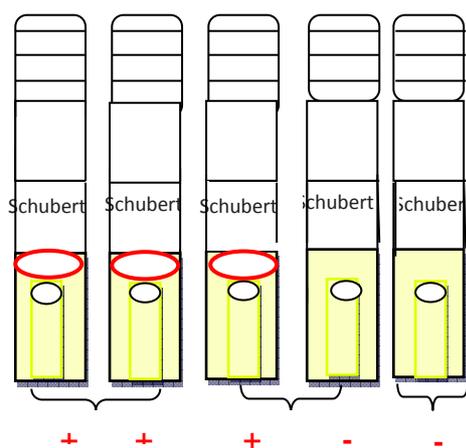
Exemple :



Donc, ici : 2, 2, 1 tubes positifs → 28 CT/100 ml d'eau de mer analysée.

- ❖ Pour le dénombrement des CF, noter le nombre de tubes positifs pour chaque série de dilutions puis se référer à la table de NPP.

En prenant l'exemple précédent,

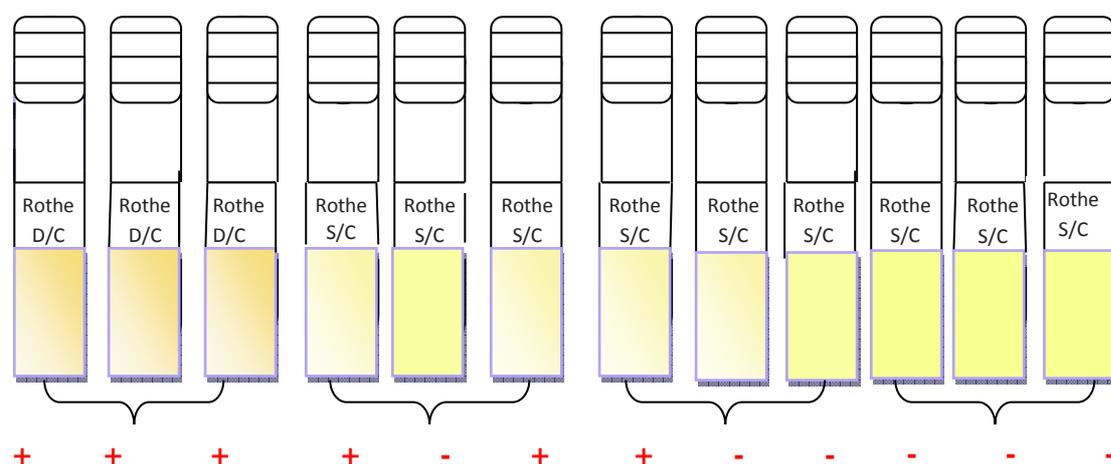


On a donc 2, 1, 0 tubes positifs au Milieu Schubert et au réactif de Kovacs → 15 *E.coli*/ 100 ml d'eau de mer analysée.

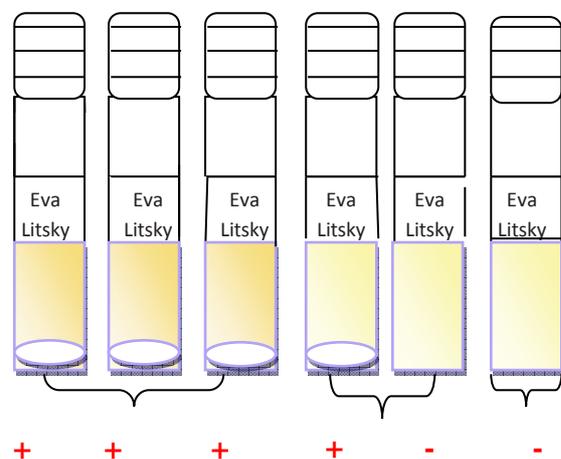
Annexes

- ❖ Pour le dénombrement des SF, observer le nombre de tubes présentant un trouble microbien pour le milieu Rothe, et les repiquer sur le milieu Eva Litsky. Puis noter le nombre de tubes positifs pour chaque série de dilutions et se référer à la table de NPP.

Exemple :



Test de confirmation pour les tubes Rothe positifs



Donc, on a ici : 3, 1, 0 tubes positifs →
43 SF/100 ml d'eau de mer analysée

Annexes

Annexe 7 : Table indiquant les valeurs statistiques du nombre le plus probable (tables de Mac Crady) : (Mazières, 1981 ; Rodier, 2005)

Nombre de tubes donnant une réponse positive			Indice NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0			
0	0	1	3	< 0,5	9
0	0	2	6		
0	0	3	9		
0	1	0	3	< 0,5	13
0	1	1	6		
0	1	2	9		
0	1	3	12		
0	2	0	6		
0	2	1	9		
0	2	2	12		
0	2	3	16		
0	3	0	9		
0	3	1	13		
0	3	2	16		
0	3	3	19		
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	0	2	11		
1	0	3	15		
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	1	2	15		
1	1	3	19		
1	2	0	11	3	36

Annexes

1	2	1	15		
1	2	2	20		
1	2	3	24		
1	3	0	16		
1	3	1	20		
1	3	2	24		
1	3	3	29		
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	0	2	20		
2	0	3	26		
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	1	2	27		
2	1	3	34		
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
2	2	2	35		
2	2	3	42		
2	3	0	29		
2	3	1	36		
2	3	2	44		
2	3	3	53		
3	0	0	29	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	0	3	95		
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	1	3	160		

Annexes

3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	2	3	290		
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	1400		

Remarque : dans le cas où la lecture se fait jusqu'à la dilution 10^{-2} , on multiplie le NPP indiqué dans ce tableau par 10, car on prend en considération l'ensemencement fait avec 1 ml - 0,1 ml - 0,01 ml.

Exemples :

Tubes positifs ensemencé à 10 ml	Tubes positifs ensemencé à 1 ml (dilution 10^0)	Dilution 10^{-1}	Dilution 10^{-2}
3	1	0	0
3	3	3	0
3	3	3	3

- dans le cas : $\underline{3,1,0},0$; on lira le NPP correspondant à 3,1,0 ;

- dans le cas : $3,\underline{3,3},0$; on lira le NPP correspondant à 3,3,0 et on le multipliera par 10 ;

- dans le cas : $3,\underline{3,3,3}$; on lira le NPP correspondant à 3,3,3 et on le multipliera par 10.

Annexes

Annexe 8 : Tableaux regroupant les moyennes des résultats :

	Température (°C)	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/100ml)	CTT (/100ml)	EC (/100 ml)	SF (/100 ml)
Site 1	23,107	7,971	36,161	55,915	3548,308	589,538	568,154	2346,154
Site 2	22,931	7,966	36,708	56,061	2790,0	403,154	220,615	860,615
Site 3	23,269	8,086	36,731	55,984	387,077	47,154	28,538	55,692
Site 4	23,069	8,052	36,638	56,277	1145,615	1092,461	1092,461	2414,0
Site 5	22,923	8,077	37,1	56,269	1332,462	492,692	150,385	526,615
Site 6	23,446	8,117	36,592	55,008	355,538	163,923	163,923	547,923
Site 7	23,615	8,094	36,592	55,823	826,538	62,846	61,154	1262,231
Site 8	23,561	8,108	36,608	55,869	1317,923	1158,923	1106,923	396,154
Site 9	23,461	8,088	36,631	56,015	90,846	37,154	14,923	864,461
Site 10	23,538	8,079	36,661	55,785	371,077	40,692	39,385	120,0
Moyennes	23,292	8,064	36,642	56,0008	1216,538	408,854	344,646	939,385

	Température (°C)	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/100ml)	CTT (/100 ml)	EC (/100 ml)	SF (/100 ml)
avr-15	20,3	8,07	35,63	55,94	1069,5	50,0	50,0	313,5
mai-15	20,07	8,082	36,35	55,86	1068,6	45,3	45,3	287,6
juin-15	23,75	7,812	36,27	55,9	1294,7	67,3	67,3	324,2
juil-15	29,57	8,034	36,53	56,0	1581,7	195,2	195,2	747,8
aout 2015	25,52	7,2	37,01	56,61	3047,4	883,1	121,9	477,1
sept-15	25,2	8,143	37,1	55,93	1670,2	147,9	147,9	134,9
mars-16	18,18	7,930	35,09	55,19	40,7	14,4	12,0	652,3
avr-16	21,36	8,226	36,44	55,52	83,6	61,5	56,9	48,7
mai-16	23,68	8,257	36,88	55,87	1291,9	559,0	559,0	733,3
juin-16	24,59	8,286	36,82	56,31	49,7	10,1	6,3	100,7
juil-16	24,65	8,285	37,48	56,4	1110,7	289,3	254,2	528,0
aout 2016	23,34	8,206	37,4	56,13	152,2	101,9	74,3	3848,0
sept-16	22,59	8,3	37,35	56,35	3354,1	2890,1	2890,1	4015,9
Moyennes	23,292	8,064	36,642	56,0008	1216,538	408,854	344,646	939,385

Annexes

Annexe 9 : Les résultats obtenus durant l'étude :

❖ Site 1 : plage « la jetée »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/100 ml)	CTT (/100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/100 ml)
	avr-15	19,1	8,09	33	55,9	4600	70	70
mai-15	19	8,08	36	55,9	4600	70	70	2400
juin-15	24,3	7,13	35	57	11000	70	70	460
juil-15	29,8	8,02	36,3	55	150	150	150	390
aout 2015	25	7,08	36,6	56,2	2400	930	930	2400
sept-15	25	7,97	36,7	56,3	11000	930	930	930
mars-16	18,1	7,8	33	53,1	28	11	4	150
avr-16	21,4	8,26	36,6	55,9	210	75	29	290
mai-16	23,2	8,23	37,3	56	11000	4600	4600	4600
juin-16	24,6	8,29	37	56,3	210	28	3	40
juil-16	25,1	8,21	37,4	56,3	430	290	90	40
aout 2016	22,8	8,12	37,4	56,2	210	150	150	2400
sept-16	23	8,35	37,8	56,8	290	290	290	14000
Moyenne	23,10 8	7,97 1	36,161	55,915	3548,30 8	589,538	568,154	2346,1 54
Ecart-type	3,045 9	0,39 56	1,5143	0,9338	4366,20 10	1196,34 08	1204,037 5	3615,9 977

❖ Site 2 : plage «château-vert »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/100 ml)	CTT (/100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/100 ml)
	avr-15	18,8	8,08	35	53,5	430	70	70
mai-15	19,5	8,08	36	56,8	430	70	70	150
juin-15	24,3	6,97	36,8	56	930	150	150	28
juil-15	29,2	8	36,7	56,4	14000	1500	1500	4600
aout 2015	25	7,15	37,3	56,6	14000	2400	40	1500
sept-15	25	8	37,5	56,2	4600	280	280	290
mars-16	18	7,8	34	55,3	3	0	0	750
avr-16	21,4	8,27	37	56,1	7	4	4	30
mai-16	23,2	8,23	37,3	56,3	430	430	430	200

Annexes

juin-16	24,3	8,29	37	56,2	210	28	15	70
juil-16	24,8	8,22	37,5	56,4	930	150	150	90
aout 2016	22,2	8,12	37,5	56,3	150	150	150	930
sept-16	22,4	8,35	37,6	56,7	150	9	9	2400
Moyenne	22,93 1	7,96 6	36,708	56,061	2790	403,154	220,615	860,61 5
Ecart-type	2,928 5	0,41 29	1,0491	0,8214	4917,31 91	667,540 9	388,2700	1275,5 879

❖ Site 3 : plage « paradis »

Mois	Paramètres							
	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
avr-15	19,4	8,07	35	56,4	7	0	0	0
mai-15	19,5	8,09	36,1	55,3	3	0	0	4
juin-15	23,9	8,03	36,5	55,3	3	0	0	3
juil-15	29,5	8,07	36,7	54,5	3	0	0	4
aout 2015	25	7,27	36,6	57,2	150	93	9	9
sept-15	25,1	8,1	37,2	56,2	15	4	4	3
mars-16	18	7,94 6	35,8	55,3	3	0	0	120
avr-16	21,4	8,23	37	56,1	39	39	39	4
mai-16	23,5	8,26	37,2	56,1	11	11	11	9
juin-16	26,6	8,26	37,1	56,5	3	0	0	40
juil-16	25,3	8,26	37,6	56,5	4600	430	290	210
aout 2016	22,1	8,21	37,6	56,4	120	21	3	290
sept-16	23,2	8,32	37,1	56	75	15	15	28
Moyenne	23,26 9	8,08 6	36,731	55,985	387,077	47,154	28,538	55,692
Ecart-type	3,071 5	0,25 88	0,7140	0,6814	1217,08 08	113,329 9	76,2008	89,8249

Annexes

❖ Site 4 : plage « bikini »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
	avr-15	18,7	8	34	56,3	7	0	0
mai-15	19,7	8,1	36,2	56,2	3	0	0	11
juin-15	23,2	8,01	36,5	56,9	28	7	7	290
juil-15	29,4	8,05	36,6	56,2	43	43	43	2400
aout 2015	25,1	7,25	37,3	56,7	43	43	43	9
sept-15	25,2	8,24	37,5	56,3	430	40	40	7
mars-16	18,2	7,92 2	35,1	56,2	15	7	7	290
avr-16	21,4	8,21	36,9	55,9	3	0	0	21
mai-16	23,5	8,28	37,2	56	93	43	43	15
juin-16	24,3	8,27	37	56,1	11	3	3	40
juil-16	25,1	8,2	37,5	56,3	210	9	9	290
aout 2016	22,9	8,12	37,4	56,2	7	7	7	14000
sept-16	23,2	8,03	37,1	56,3	14000	14000	14000	14000
Moyenne	23,06 9	8,05 2	36,638	56,277	1145,61 5	1092,46 1	1092,461	2414
Ecart-type	2,929 5	0,25 63	0,9911	0,2547	3712,56 64	3726,12 65	3726,126 5	4978,868 8

❖ Site 5 : plage « molo »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
	avr-15	19,3	8,05	38	56,3	4	0	0
mai-15	19,7	8,07	36,8	56,2	3	3	3	93
juin-15	23,4	8,03	36,6	55,7	930	430	430	2400
juil-15	29,6	8,04	36,7	56,6	1500	210	210	20
aout 2015	25,1	7,15	37,3	56,9	11000	4600	150	750
sept-15	25,2	8,13	37,7	56,2	290	90	90	11
mars-16	18,2	8,02 2	35,6	55,6	3	0	0	9
avr-16	21,3	8,2	37	56	430	430	430	40
mai-16	23,5	8,27	37,1	56,2	39	29	29	20
juin-16	24,3	8,29	37	56,5	3	3	3	430

Annexes

juil-16	24	8,25	37,6	56,6	2400	430	430	150
août 2016	22,8	8,16	37,3	56	430	90	90	430
sept-16	21,6	8,34	37,6	56,7	290	90	90	2400
Moyenne	22,92 3	8,07 7	37,1	56,269	1332,46 2	492,692	150,385	526,615
Ecart-type	2,886 9	0,28 73	0,5896	0,3708	2873,40 01	1197,05 62	164,6575	826,9262

❖ Site 6 : plage « poste 2 »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
	avr-15	21,5	8,08	36	56,4	750	200	200
mai-15	20,5	8,08	36,4	56	750	200	200	93
juin-15	22,9	8,02	36,1	56,3	3	0	0	3
juil-15	29,9	8,05	36,2	56,1	4	0	0	11
août 2015	26,2	7,44	36,9	56,3	21	15	15	0
sept-15	25,3	8,16	36,9	55,6	290	90	90	7
mars-16	18,3	8,14	35,4	55,5	290	90	90	290
avr-16	21,3	8,2	35,9	54,6	4	4	4	15
mai-16	24	8,27	36,5	56,1	28	11	11	21
juin-16	24,4	8,27	37	56,2	28	11	11	290
juil-16	24,2	8,29	37,4	56,3	2100	1200	1200	2400
août 2016	24	8,25	37,4	56,1	290	290	290	1500
sept-16	22,3	8,27	37,6	56,6	64	20	20	2400
Moyenne	23,44 6	8,11 7	36,592	55,008	355,538	163,923	163,923	547,923
Ecart-type	2,772 6	0,21 52	0,6427	0,4984	565,015 1	312,786 8	312,7868	879,4004

❖ Site 7 : plage « poste 3 »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
	avr-15	21,6	8,08	36,5	56	4600	70	70
mai-15	20,9	8,07	36,8	55,1	4600	70	70	90
juin-15	24	8,04	36,2	54,2	28	7	7	4

Annexes

juil-15	29,7	8,03	36,3	56	29	9	9	7
août 2015	26,3	7,3	37,3	57,3	9	9	4	70
sept-15	25,4	8,13	36,8	55,5	28	21	21	9
mars-16	18,3	7,85 3	35,2	55,1	28	28	11	4600
avr-16	21,2	8,24	36	56,4	93	43	43	29
mai-16	24	8,25	36,4	55,3	1200	430	430	2400
juin-16	24,6	8,29	36,3	56,3	9	9	9	7
juil-16	24,3	8,35	37,5	56,4	75	75	75	2100
août 2016	24,8	8,26	37,4	56,1	3	3	3	2400
sept-16	21,9	8,33	37	56	43	43	43	4600
Moyenne	23,61 5	8,09 4	36,592	55,823	826,538	62,846	61,154	1262,231
Ecart-type	2,759 8	0,26 75	0,6133	0,7495	1638,44 04	108,912 0	109,6160	1699,790 5

❖ Site 8 : plage « poste 5 »

Paramètres Mois	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
	avr-15	21,2	8,09	36	56,5	4	0	0
mai-15	20,7	8,09	36	55,9	4	0	0	28
juin-15	23	7,97	36,5	55,1	15	9	9	7
juil-15	29,5	8,01	36,6	56,4	9	4	4	9
août 2015	26,2	7,16	36,8	56,7	2400	430	4	29
sept-15	25,3	8,23	36,7	55,6	28	15	15	40
mars-16	18,3	7,9	36,4	55,3	15	4	4	9
avr-16	21,4	8,2	36	54,8	7	7	7	9
mai-16	24,1	8,27	36,6	55,6	64	14	14	11
juin-16	24,2	8,31	36,6	56,3	7	3	3	90
juil-16	24,6	8,55	37,4	56,3	290	290	290	0
août 2016	24,9	8,3	37,3	56	290	290	40	4600
sept-16	22,9	8,33	37	55,8	14000	14000	14000	28
Moyenne	23,56 1	8,10 8	36,608	55,869	1317,92 3	1158,92 3	1106,923	396,154
Ecart-type	2,713 1	0,32 14	0,4358	0,5524	3714,35 64	3709,58 59	3722,671 5	1215,807 1

Annexes

❖ Site 9 : plage « poste 6 »

Paramètres Mois	Paramètres							
	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
avr-15	21,5	8,09	36,3	56,1	290	90	90	4
mai-15	20,6	8,09	36,4	56,1	290	40	40	4
juin-15	24	7,99	36	56,5	3	0	0	4
juil-15	29,5	8,02	36,7	56,5	15	7	7	28
aout 2015	25,7	7,09	37	56	430	290	9	4
sept-15	25,2	8,24	37	55,8	21	9	9	43
mars-16	18,2	7,95 9	35,2	55,5	7	0	0	15
avr-16	21,4	8,24	36	54,7	4	4	4	29
mai-16	23,9	8,26	36,6	55,5	43	15	15	14
juin-16	24,1	8,29	36,6	56,4	9	9	9	0
juil-16	24,6	8,27	37,5	56,5	29	4	4	0
aout 2016	23,9	8,27	37,3	56	11	11	3	11000
sept-16	22,4	8,33	37,6	56,6	29	4	4	93
Moyenne	23,46 1	8,08 8	36,631	56,015	90,846	37,154	14,923	864,461
Ecart-type	2,659 8	0,31 24	0,6462	0,5201	138,753 7	76,6910	23,8246	2925,981 6

❖ Site 10 : plage « poste 7 »

Paramètres Mois	Paramètres							
	T°C	pH	Salinité (‰)	Conductivité (mS/cm)	CT (/ 100 ml)	CTT (/ 100 ml)	E.coli (/100 ml)	SF (/ 100 ml)
avr-15	21,9	8,07	36,5	56	3	0	0	3
mai-15	20,6	8,07	36,8	55,1	3	0	0	3
juin-15	24,5	7,93	36,5	56	7	0	0	43
juil-15	29,6	8,05	36,5	56,3	64	29	29	9
aout 2015	25,6	7,11	37	56,2	21	21	15	0
sept-15	25,3	8,23	37	55,6	0	0	0	9
mars-16	18,2	7,96	35,2	55	15	4	4	290
avr-16	21,4	8,21	36	54,7	39	9	9	20
mai-16	23,9	8,25	36,6	55,6	11	7	7	43
juin-16	24,5	8,3	36,6	56,3	7	7	7	0
juil-16	24,5	8,25	37,4	56,4	43	15	4	0

Annexes

aout 2016	23	8,25	37,4	56	11	7	7	930
sept-16	23	8,35	37,1	56	4600	430	430	210
Moyenne	23,53 8	8,07 9	36,661	55,785	371,077	40,692	39,385	120
Ecart-type	2,659 8	0,30 71	0,5678	0,5260	1220,92 07	112,702 7	113,0218	249,6425

Annexes

Annexe 10 : Résultats statistiques

Descriptive Statistics: T; pH; S; C; CT; CTT; EC; SF

Results for Stations = B

Variable	année	Total						
		Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum	
T	1	6	23,55	3,94	15,56	18,70	29,40	
	2	7	22,657	2,280	5,196	18,200	25,100	
pH	1	6	7,942	0,350	0,122	7,250	8,240	
	2	7	8,1474	0,1321	0,0174	7,9220	8,2800	
S	1	6	36,350	1,253	1,571	34,000	37,500	
	2	7	36,886	0,815	0,665	35,100	37,500	
C	1	6	56,433	0,294	0,087	56,200	56,900	
	2	7	56,143	0,151	0,0229	55,900	56,300	
CT	1	6	92,3	166,3	27657,5	3,0	430,0	
	2	7	2048	5271	27780123	3	14000	
CTT	1	6	22,17	21,90	479,77	0,00	43,00	
	2	7	2010	5287	27954226	0	14000	
EC	1	6	22,17	21,90	479,77	0,00	43,00	
	2	7	2010	5287	27954226	0	14000	
SF	1	6	454	960	921184	7	2400	
	2	7	4094	6768	45810165	15	14000	

Results for Stations = CV

Variable	année	Total						
		Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum	
T	1	6	23,63	3,89	15,12	18,80	29,20	
	2	7	22,329	2,250	5,062	18,000	24,800	
pH	1	6	7,713	0,511	0,261	6,970	8,080	
	2	7	8,1829	0,1831	0,0335	7,8000	8,3500	
S	1	6	36,550	0,922	0,851	35,000	37,500	
	2	7	36,843	1,277	1,630	34,000	37,600	
C	1	6	55,917	1,217	1,482	53,500	56,800	
	2	7	56,186	0,434	0,188	55,300	56,700	
CT	1	6	5732	6592	43456537	430	14000	
	2	7	269	325	105674	3	930	
CTT	1	6	745	979	958110	70	2400	
	2	7	110,1	155,9	24310,1	0,0	430,0	
EC	1	6	352	569	324057	40	1500	
	2	7	108,3	157,1	24690,2	0,0	430,0	
SF	1	6	1120	1790	3203593	28	4600	

Annexes

2 7 639 855 731148 30 2400

Results for Stations = J

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	23,70	4,10	16,84	19,00	29,80
	2	7	22,600	2,327	5,417	18,100	25,100
pH	1	6	7,728	0,485	0,235	7,080	8,090
	2	7	8,1800	0,1820	0,0331	7,8000	8,3500
S	1	6	35,600	1,413	1,996	33,000	36,700
	2	7	36,643	1,649	2,720	33,000	37,800
C	1	6	56,050	0,653	0,427	55,000	57,000
	2	7	55,800	1,225	1,500	53,100	56,800
CT	1	6	5625	4478	20051750	150	11000
	2	7	1768	4073	16585707	28	11000
CTT	1	6	370	435	189120	70	930
	2	7	778	1689	2853892	11	4600
EC	1	6	370	435	189120	70	930
	2	7	738	1706	2910510	3	4600
SF	1	6	1497	1007	1013707	390	2400
	2	7	3074	5113	26145195	40	14000

Results for Stations = M

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	23,72	3,86	14,89	19,30	29,60
	2	7	22,243	2,116	4,476	18,200	24,300
pH	1	6	7,912	0,375	0,140	7,150	8,130
	2	7	8,2189	0,1048	0,0110	8,0220	8,3400
S	1	6	37,183	0,578	0,334	36,600	38,000
	2	7	37,029	0,680	0,462	35,600	37,600
C	1	6	56,317	0,407	0,166	55,700	56,900
	2	7	56,229	0,395	0,156	55,600	56,700
CT	1	6	2288	4308	18558787	3	11000
	2	7	514	853	728192	3	2400
CTT	1	6	889	1825	3331392	0	4600
	2	7	153,1	192,6	37113,5	0,0	430,0
EC	1	6	147,2	161,0	25932,2	0,0	430,0
	2	7	153,1	192,6	37113,5	0,0	430,0
SF	1	6	561	943	890174	11	2400
	2	7	497	859	737553	9	2400

Annexes

Results for Stations = P

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	23,73	3,83	14,69	19,40	29,50
	2	7	22,87	2,79	7,80	18,00	26,60
pH	1	6	7,938	0,328	0,108	7,270	8,100
	2	7	8,2123	0,1222	0,0149	7,9460	8,3200
S	1	6	36,350	0,750	0,563	35,000	37,200
	2	7	37,057	0,605	0,366	35,800	37,600
C	1	6	55,817	0,966	0,934	54,500	57,200
	2	7	56,129	0,419	0,176	55,300	56,500
CT	1	6	30,2	58,9	3468,2	3,0	150,0
	2	7	693	1723	2969990	3	4600
CTT	1	6	16,2	37,7	1419,4	0,0	93,0
	2	7	73,7	157,7	24861,9	0,0	430,0
EC	1	6	2,17	3,71	13,77	0,00	9,00
	2	7	51,1	106,2	11277,8	0,0	290,0
SF	1	6	3,83	2,93	8,57	0,00	9,00
	2	7	100,1	111,7	12480,1	4,0	290,0

Results for Stations = P2

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	24,38	3,47	12,03	20,50	29,90
	2	7	22,643	2,235	4,996	18,300	24,400
pH	1	6	7,972	0,265	0,070	7,440	8,160
	2	7	8,2414	0,0530	0,0028	8,1400	8,2900
S	1	6	36,417	0,397	0,158	36,000	36,900
	2	7	36,743	0,840	0,706	35,400	37,600
C	1	6	56,117	0,293	0,086	55,600	56,400
	2	7	55,914	0,667	0,445	54,600	56,600
CT	1	6	303	363	131742	3	750
	2	7	401	759	576780	4	2100
CTT	1	6	84,2	95,7	9164,2	0,0	200,0
	2	7	232	439	192527	4	1200
EC	1	6	84,2	95,7	9164,2	0,0	200,0
	2	7	232	439	192527	4	1200
SF	1	6	34,5	45,5	2067,1	0,0	93,0
	2	7	988	1088	1184310	15	2400

Annexes

Results for Stations = P3

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	24,65	3,24	10,51	20,90	29,70
	2	7	22,729	2,398	5,752	18,300	24,800
pH	1	6	7,942	0,316	0,100	7,300	8,130
	2	7	8,2247	0,1690	0,0286	7,8530	8,3500
S	1	6	36,650	0,404	0,163	36,200	37,300
	2	7	36,543	0,820	0,673	35,200	37,500
C	1	6	55,683	1,038	1,078	54,200	57,300
	2	7	55,943	0,532	0,283	55,100	56,400
CT	1	6	1549	2363	5585217	9	4600
	2	7	207	439	192704	3	1200
CTT	1	6	31,0	30,6	937,2	7,0	70,0
	2	7	90,1	151,8	23036,1	3,0	430,0
EC	1	6	30,2	31,4	985,4	4,0	70,0
	2	7	87,7	153,1	23429,6	3,0	430,0
SF	1	6	45,5	43,3	1874,7	4,0	93,0
	2	7	2305	1873	3509184	7	4600

Results for Stations = P5

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	24,32	3,34	11,18	20,70	29,50
	2	7	22,914	2,360	5,571	18,300	24,900
pH	1	6	7,925	0,385	0,148	7,160	8,230
	2	7	8,2657	0,1942	0,0377	7,9000	8,5500
S	1	6	36,433	0,350	0,123	36,000	36,800
	2	7	36,757	0,503	0,253	36,000	37,400
C	1	6	56,033	0,612	0,375	55,100	56,700
	2	7	55,729	0,547	0,299	54,800	56,300
CT	1	6	410	975	950504	4	2400
	2	7	2096	5251	27569319	7	14000
CTT	1	6	76,3	173,4	30052,3	0,0	430,0
	2	7	2087	5255	27613943	3	14000
EC	1	6	5,33	5,79	33,47	0,00	15,00
	2	7	2051	5270	27772610	3	14000
SF	1	6	67,2	109,9	12077,4	7,0	290,0
	2	7	678	1730	2991670	0	4600

Annexes

Results for Stations = P6

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	24,42	3,20	10,27	20,60	29,50
	2	7	22,643	2,253	5,076	18,200	24,600
pH	1	6	7,920	0,416	0,173	7,090	8,240
	2	7	8,2313	0,1233	0,0152	7,9590	8,3300
S	1	6	36,567	0,403	0,163	36,000	37,000
	2	7	36,686	0,873	0,761	35,200	37,600
C	1	6	56,167	0,280	0,079	55,800	56,500
	2	7	55,886	0,691	0,478	54,700	56,600
CT	1	6	174,8	184,6	34075,0	3,0	430,0
	2	7	18,86	14,77	218,14	4,00	43,00
CTT	1	6	72,7	111,6	12449,5	0,0	290,0
	2	7	6,71	5,15	26,57	0,00	15,00
EC	1	6	25,8	34,4	1181,4	0,0	90,0
	2	7	5,57	4,93	24,29	0,00	15,00
SF	1	6	14,50	16,94	287,10	4,00	43,00
	2	7	1593	4148	17207728	0	11000

Results for Stations = P7

Variable	année	Total Count	Mean	StDev	Variance	Minimum	Maximum
T	1	6	24,58	3,16	9,96	20,60	29,60
	2	7	22,643	2,237	5,003	18,200	24,500
pH	1	6	7,910	0,403	0,163	7,110	8,230
	2	7	8,2243	0,1249	0,0156	7,9600	8,3500
S	1	6	36,717	0,248	0,062	36,500	37,000
	2	7	36,614	0,801	0,641	35,200	37,400
C	1	6	55,867	0,446	0,199	55,100	56,300
	2	7	55,714	0,649	0,421	54,700	56,400
CT	1	6	16,3	24,5	600,7	0,0	64,0
	2	7	675	1731	2995527	7	4600
CTT	1	6	8,33	13,16	173,07	0,00	29,00
	2	7	68,4	159,5	25432,0	4,0	430,0
EC	1	6	7,33	12,19	148,67	0,00	29,00
	2	7	66,9	160,1	25645,1	4,0	430,0
SF	1	6	11,17	16,01	256,17	0,00	43,00
	2	7	213	336	112819	0	930

Annexes

Correlations: T; pH; S; C; CT; CF; EC; SF

	T	pH	S	C	CT	CF	EC
pH	-0,113 0,199						
S	0,467 0,000	0,181 0,040					
C	0,316 0,000	-0,125 0,158	0,473 0,000				
CT	0,112 0,205	-0,248 0,004	0,046 0,602	0,165 0,061			
CTT	0,034 0,700	-0,043 0,628	0,113 0,201	0,063 0,474	0,698 0,000		
EC	0,012 0,892	0,051 0,565	0,090 0,308	0,025 0,780	0,613 0,000	0,970 0,000	
SF	-0,004 0,964	0,082 0,353	0,167 0,058	0,112 0,205	0,262 0,003	0,343 0,000	0,351 0,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

General Linear Model: T; pH; S; C; CT; CTT; EC; SF versus année; Stations

Factor	Type	Levels	Values
année	fixed	2	1; 2
Stations(année)	fixed	20	B; CV; J; M; p; P2; P3; P5; P6; P7; B; CV; J; M; p; P2; P3; P5; P6; P7

Analysis of Variance for T, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	67,104	67,104	67,104	7,52	0,007**
Stations(année)	18	13,033	13,033	0,724	0,08	1,000 ns
Error	110	981,435	981,435	8,922		
Total	129	1061,572				

S = 2,98700 R-Sq = 7,55% R-Sq(adj) = 0,00%

Analysis of Variance for pH, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	3,36477	3,36477	3,36477	41,76	0,000***
Stations(année)	18	0,52174	0,52174	0,02899	0,36	0,992 ns
Error	110	8,86231	8,86231	0,08057		
Total	129	12,74882				

Annexes

S = 0,283842 R-Sq = 30,49% R-Sq(adj) = 18,48%

Analysis of Variance for S, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	2,8755	2,8755	2,8755	3,80	0,054 ns
Stations(année)	18	10,3073	10,3073	0,5726	0,76	0,744 ns
Error	110	83,1745	83,1745	0,7561		
Total	129	96,3573				

S = 0,869559 R-Sq = 13,68% R-Sq(adj) = 0,00%

Analysis of Variance for C, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	0,1715	0,1715	0,1715	0,39	0,534 ns
Stations(année)	18	5,1770	5,1770	0,2876	0,65	0,848 ns
Error	110	48,3614	48,3614	0,4396		
Total	129	53,7099				

S = 0,663061 R-Sq = 9,96% R-Sq(adj) = 0,00%

Analysis of Variance for CT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	18320258	18320258	18320258	2,19	0,142 ns
Stations(année)	18	316189609	316189609	17566089	2,10	0,010**
Error	110	921027097	921027097	8372974		
Total	129	1255536964				

S = 2893,61 R-Sq = 26,64% R-Sq(adj) = 13,97%

Analysis of Variance for CTT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	3506235	3506235	3506235	1,03	0,313 ns
Stations(année)	18	47524480	47524480	2640249	0,77	0,726 ns
Error	110	375162701	375162701	3410570		
Total	129	426193416				

S = 1846,77 R-Sq = 11,97% R-Sq(adj) = 0,00%

Analysis of Variance for EC, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	6420755	6420755	6420755	1,98	0,162 ns
Stations(année)	18	42153638	42153638	2341869	0,72	0,782 ns
Error	110	356467897	356467897	3240617		
Total	129	405042290				

Annexes

S = 1800,17 R-Sq = 11,99% R-Sq(adj) = 0,00%

Analysis of Variance for SF, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
année	1	34761359	34761359	34761359	6,16	0,015*
Stations (année)	18	128111367	128111367	7117298	1,26	0,228 ns
Error	110	620879654	620879654	5644360		
Total	129	783752381				

S = 2375,79 R-Sq = 20,78% R-Sq(adj) = 7,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for T

année	Stations	N	Mean	Grouping
1	P3	6	24,7	A
1	P7	6	24,6	A
1	P6	6	24,4	A
1	P2	6	24,4	A
1	P5	6	24,3	A
1	p	6	23,7	A
1	M	6	23,7	A
1	J	6	23,7	A
1	CV	6	23,6	A
1	B	6	23,6	A
2	P5	7	22,9	A
2	p	7	22,9	A
2	P3	7	22,7	A
2	B	7	22,7	A
2	P7	7	22,6	A
2	P6	7	22,6	A
2	P2	7	22,6	A
2	J	7	22,6	A
2	CV	7	22,3	A
2	M	7	22,2	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for T

année	N	Mean	Grouping
1	60	24,1	A
2	70	22,6	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for pH

année	Stations	N	Mean	Grouping
2	P5	7	8,3	A
2	P2	7	8,2	A
2	P6	7	8,2	A
2	P3	7	8,2	A
2	P7	7	8,2	A
2	M	7	8,2	A
2	p	7	8,2	A

Annexes

2	CV	7	8,2	A
2	J	7	8,2	A
2	B	7	8,1	A
1	P2	6	8,0	A
1	P3	6	7,9	A
1	B	6	7,9	A
1	p	6	7,9	A
1	P5	6	7,9	A
1	P6	6	7,9	A
1	M	6	7,9	A
1	P7	6	7,9	A
1	J	6	7,7	A
1	CV	6	7,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for pH

année	N	Mean	Grouping
2	70	8,2	A
1	60	7,9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for S

année	Stations	N	Mean	Grouping
1	M	6	37,2	A
2	p	7	37,1	A
2	M	7	37,0	A
2	B	7	36,9	A
2	CV	7	36,8	A
2	P5	7	36,8	A
2	P2	7	36,7	A
1	P7	6	36,7	A
2	P6	7	36,7	A
1	P3	6	36,6	A
2	J	7	36,6	A
2	P7	7	36,6	A
1	P6	6	36,6	A
1	CV	6	36,6	A
2	P3	7	36,5	A
1	P5	6	36,4	A
1	P2	6	36,4	A
1	p	6	36,4	A
1	B	6	36,4	A
1	J	6	35,6	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for S

année	N	Mean	Grouping
2	70	36,8	A
1	60	36,5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Annexes

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for C

année	Stations	N	Mean	Grouping
1	B	6	56,4	A
1	M	6	56,3	A
2	M	7	56,2	A
2	CV	7	56,2	A
1	P6	6	56,2	A
2	B	7	56,1	A
2	p	7	56,1	A
1	P2	6	56,1	A
1	J	6	56,0	A
1	P5	6	56,0	A
2	P3	7	55,9	A
1	CV	6	55,9	A
2	P2	7	55,9	A
2	P6	7	55,9	A
1	P7	6	55,9	A
1	p	6	55,8	A
2	J	7	55,8	A
2	P5	7	55,7	A
2	P7	7	55,7	A
1	P3	6	55,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for C

année	N	Mean	Grouping
1	60	56,0	A
2	70	56,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for CT

année	Stations	N	Mean	Grouping
1	CV	6	5731,7	A
1	J	6	5625,0	A
1	M	6	2287,8	A
2	P5	7	2096,1	A
2	B	7	2048,4	A
2	J	7	1768,3	A
1	P3	6	1549,0	A
2	p	7	693,0	A
2	P7	7	675,1	A
2	M	7	513,6	A
1	P5	6	410,0	A
2	P2	7	400,6	A
1	P2	6	303,0	A
2	CV	7	268,6	A
2	P3	7	207,3	A
1	P6	6	174,8	A
1	B	6	92,3	A
1	p	6	30,2	A
2	P6	7	18,9	A
1	P7	6	16,3	A

Annexes

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for CT

année	N	Mean	Grouping
1	60	1622,0	A
2	70	869,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for CTT

année	Stations	N	Mean	Grouping
2	P5	7	2086,9	A
2	B	7	2009,9	A
1	M	6	888,8	A
2	J	7	777,7	A
1	CV	6	745,0	A
1	J	6	370,0	A
2	P2	7	232,3	A
2	M	7	153,1	A
2	CV	7	110,1	A
2	P3	7	90,1	A
1	P2	6	84,2	A
1	P5	6	76,3	A
2	p	7	73,7	A
1	P6	6	72,7	A
2	P7	7	68,4	A
1	P3	6	31,0	A
1	B	6	22,2	A
1	p	6	16,2	A
1	P7	6	8,3	A
2	P6	7	6,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for CTT

année	N	Mean	Grouping
2	70	560,9	A
1	60	231,5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for EC

année	Stations	N	Mean	Grouping
2	P5	7	2051,1	A
2	B	7	2009,9	A
2	J	7	738,0	A
1	J	6	370,0	A
1	CV	6	351,7	A
2	P2	7	232,3	A
2	M	7	153,1	A

Annexes

1	M	6	147,2	A
2	CV	7	108,3	A
2	P3	7	87,7	A
1	P2	6	84,2	A
2	P7	7	66,9	A
2	p	7	51,1	A
1	P3	6	30,2	A
1	P6	6	25,8	A
1	B	6	22,2	A
1	P7	6	7,3	A
2	P6	7	5,6	A
1	P5	6	5,3	A
1	p	6	2,2	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for EC

année	N	Mean	Grouping
2	70	550,4	A
1	60	104,6	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for SF

année	Stations	N	Mean	Grouping
2	B	7	4093,7	A
2	J	7	3074,3	A
2	P3	7	2305,1	A
2	P6	7	1593,0	A
1	J	6	1496,7	A
1	CV	6	1119,7	A
2	P2	7	988,0	A
2	P5	7	678,1	A
2	CV	7	638,6	A
1	M	6	561,2	A
2	M	7	497,0	A
1	B	6	454,3	A
2	P7	7	213,3	A
2	p	7	100,1	A
1	P5	6	67,2	A
1	P3	6	45,5	A
1	P2	6	34,5	A
1	P6	6	14,5	A
1	P7	6	11,2	A
1	p	6	3,8	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence for SF

année	N	Mean	Grouping
2	70	1418,1	A
1	60	380,9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Annexes

Annexe 11 : Composition des différents milieux de culture utilisés :

- **B.C.P. L** : (bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol) permet de la recherche et le dénombrement des coliformes, par la fermentation du lactose et la production de gaz. On distingue :

- le BCPL double concentration :

Composants	Quantité
Peptone ou tryptone	10 g / l
Extrait de viande de boeuf	6 g / l
Lactose	10 g / l
Pourpre de bromocrésol	0,05 g / l
Eau distillée	1000 ml

- le BCPL simple concentration :

Composants	Quantité
Peptone ou tryptone	5 g / l
Extrait de viande de boeuf	3 g / l
Lactose	5 g / l
Pourpre de bromocrésol	0,025 g / l
Eau distillée	1000 ml

- **Shubert**: (milieu indole mannitol) utilisé pour déterminer la présence des coliformes themotolérants (test de confirmation).

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

Annexes

Mannitol	7,5 g
Eau distillée	500 ml
Tampon phosphate (solution tampon (pH 7,6) : mélanger 435 ml d'une solution de Na ₂ HPO ₄ à 9,47 g.L ⁻¹ et 65 ml d'une solution de KH ₂ PO ₄ à 9,07 g.L ⁻¹)	500ml

- **Rothe** : (Bouillon Glucose l'acide de sodium) utilisé pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux. On distingue :

- Rothe double concentration :

Composants	Quantité
Tryptone ou peptone	40 g
Glucose	10 g
Chlorure de sodium (NaCl)	10 g
Azohydrate de sodium	0,4 g
Monohydrogénophosphate de potassium (HK ₂ PO ₄)	5,4 g
Dihydrogénophosphate de potassium (H ₂ KPO ₄)	5,4 g
Eau distillée	1000 ml

- Rothe simple concentration :

Composants	Quantité
Tryptone ou peptone	20 g
Glucose	5 g
Chlorure de sodium (NaCl)	5 g
Azohydrate de sodium	0,2 g
Monohydrogénophosphate de potassium (HK ₂ PO ₄)	2,7 g
Dihydrogénophosphate de potassium (H ₂ KPO ₄)	2,7 g

Annexes

Eau distillée	1000 ml
---------------	---------

- Eva Litsky:

Composants	Quantité
Peptone ou tryptone	20 g
Glucose	5 g
Chlorure de sodium (NaCl)	5 g
Monohydrogénophosphate de potassium(HK_2PO_4)	2,7 g
Dihydrogénophosphate de potassium (H_2KPO_4)	2,7 g
Azoture de sodium (NaN_3)	0,3 g
Solution d'éthyl violet	0,0005 g (5 ml)
Eau distillée	1000 ml

- Réactif de Kovacs (pour la mise en évidence de l'indol) :

Composants	Quantité
Paradiméthyl aminobenzaldéhyde (diméthylamino-4 benzaldéhyde)	5 g
Alcool amylique (pentanol-1)	75 ml
Acide chlorhydrique pur	25 ml

Quality of swimming waters in the Gulf of Skikda (Algeria)

Souheila Ouamane^{1*}, Lyamine Mezedjri² & Ali Tahar¹

¹Department of Biology, Faculty of Science, University Badji Mokhtar, Annaba 23000, Algeria; email: ouamane.pg@gmail.com; pr_tahar_ali@hotmail.com

²SNV Department, Faculty of Science, University August 20th, 55, Skikda 21000, Algeria; email: lyamine_mez@yahoo.it

*Corresponding author

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the bacteriological and physico-chemical quality of swimming waters in the region of Skikda (Algeria), a popular tourist area known for its many beaches, through the water analysis of ten sites. This monitoring program was carried out for a period of five months.

KEY WORDS

swimming waters; bacteriological pollution, physico-chemical parameters; Gulf of Skikda.

Received 20.04.2016; accepted 31.05.2016; printed 30.06.2016

INTRODUCTION

The sea is an essential element of our life, source of food and of leisures; it represents, in most Mediterranean countries, a significant part in the economy, thanks to tourism, it concentrates in fact over 30% of international tourism (UNEP/MAP, 2012); its quality has therefore a major importance. These last years, strong urbanization, tourism and democratization of aquatic activities involved an increase in frequentation of the Mediterranean coastline and therefore a degradation of the quality of coastal waters.

In this study, we will try to determine the micro-biological and physico-chemical quality of the swimming waters of the Gulf of Skikda through the water analysis of a ten station thus covering the entire Gulf.

MATERIAL AND METHODS

The wilaya of Skikda is located in north-eastern Algeria bordering the Mediterranean Sea and has a coastline of over 140 km long. Our study area

gathers two villages and extends over twenty kilometers, it includes, east beaches Filfila and Ben M'hidi about 15 Km and to the west, a road about 3 Km beaches (Fig. 1). In addition the Gulf of Skikda is a discharge point for many wadis: Wadi Safsaf the main one, flowing in the center of the Gulf, and two secondary wadis at Filfila.

The samples, transport and analysis of seawater samples were conducted according to guidelines for the monitoring of the quality of swimming waters. This monitoring program was carried out for a period of five months (December 2013–April 2013). The collected data were measured in each seawater sample taken per month per site. The analysis focuses on the quantification of faecal indicator bacteria (total coliforms, faecal and faecal streptococci) using the method of the enumeration in liquid medium by determining the most probable number (MPN); as well as determining certain physicochemical parameters (electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, ...).

The health status of swimming water is assessed based on the results obtained and compared to thresholds, quality bacteriological and physico-chemical criteria present in the Executive Decree No. 93-164.

Moreover, in order to compare the averages of the different physico-chemical parameters measured between the ten sites, we used the test of the analysis of variance in a criterion of classification (ANOVA), fixed pattern.

RESULTS AND DISCUSSION

Regarding the average results recorded for the various physico-chemical parameters, we note that those are in adequacy with the quality standards required for swimming waters by the standards in force (Table 1). The temporal variation of the concentrations of different germs sought shows that they fluctuate in the same way showing their dominance during the month of December (Fig. 2). This can be justified by climatic conditions recorded during this month which resulted in the discharge of rainwater directly into the sea without treatments, the high flows of urban waste and wadis, the agitation of the water, etc. (Mazières, 1963).

Moreover, presence of enteric bacteria in the sea water can be justified by several phenomena and is conditioned by a number of specific parameters including:

- Physical factors: temperature, absorption / adsorption, dispersion, dilution, sedimentation, light (bactericidal radiation at shallow depths only) (see Carlucci & Pramer, 1959; Brisou, 1968; UNEP / WHO, 1983; Pommepuy et al., 1991; Gourmelon, 1995);

- Chemical factors: salinity (selection factor), and dietary deficiencies in vitamins, fasting, dissolved oxygen (Carlucci & Pramer, 1959; Brisou, 1968);

- Biological factors: microphage plankton or adsorbent, benthos and nekton (macrophage-plankton), vital competition, bacteriophages (Brisou, 1968; Oger et al., 1983; Gourmelon., 1995).

All these factors act together; either simultaneously or in successive steps in time and in space, to reduce the number of bacteria or eliminate them.

The spatial variation of the concentrations of different germs sought allows us to see that as, a whole, the average results recorded are in adequacy with the quality standards for swimming waters except for the fourth site where registered rates are significantly higher than the limit values required for fecal coliforms and fecal streptococci (Fig. 3). The results obtained at the fourth site, namely the "Beach la jetée" shows a fecal contamination and,

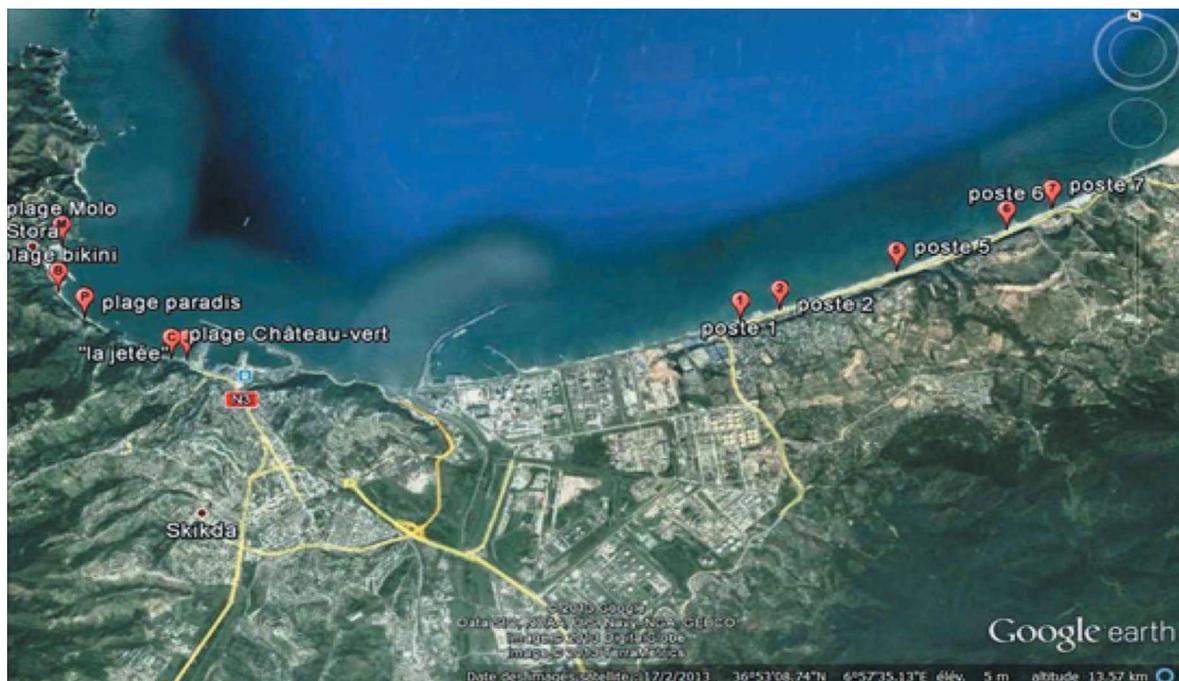


Figure 1. Location of the study area and sampling sites, Gulf of Skikda, Algeria.

therefore, its poor bacteriological quality. The presence of an urban emissary explains these results and justifies its permanent closure for swimming.

Moreover, analysis of total coliforms does not allow to assess the quality of water because a great heterogeneity of species is grouped under this term. In fact, some of them are certainly of fecal origin and may reflect a fecal pollution of water, but others are found naturally in the soil or vegetation (Rodier et al., 2005); Today, only the detection of fecal coliforms, specifically *Escherichia coli* and intestinal enterococci, in water must seriously let suspect fecal contamination, since they are the most reliable enteric pathogens, and therefore the best way to detect recent fecal contaminations (Payment & Hartmann, 1998; Scientific Group on Water, 2003).

The results of the univariate analysis of variance (ANOVA) for the five physicochemical variables measured, allow us to note the lack of significant differences between the waters of the ten sites studied (Table 2), which confirms our previous observations as to the equivalence of swimming waters sites studied from the physico-chemical point of view.

	T (°C)	pH	Salinity	Conductivity (mS/cm)	Saturation dissolved O ₂ (%)
Site 1 «château-vert »	13.82	7.62	36.40	54.72	106.68
Site 2 «paradis »	13.88	7,7	36.42	54.74	106.62
Site 3 « molo »	14.24	7.60	36.46	54.70	104.88
Site 4 «la jetée »	13.76	7.61	36.04	54.22	98.18
Site 5 «poste 1 »	14.76	7.72	36.24	54.82	106.90
Site 6 «bikini »	13.78	7.62	36.32	54.80	104.62
Site 7 «poste 2 »	14.66	7.75	36.24	54.92	108.08
Site 8 «poste 5 »	14.58	7.74	36.22	54.84	107.90
Site 9 «poste 6 »	14.84	7.67	36.16	54.94	108.88
Site 10 «poste 7 »	14.78	7.67	36.34	54.96	108.84

Table 1. Average results of physico-chemical parameters measured.

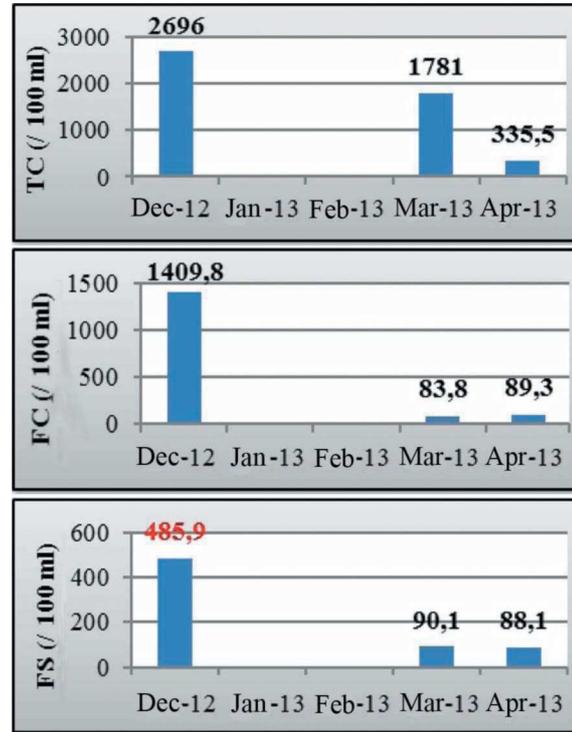


Figure 2. Temporal variation of germs recorded during the study period.

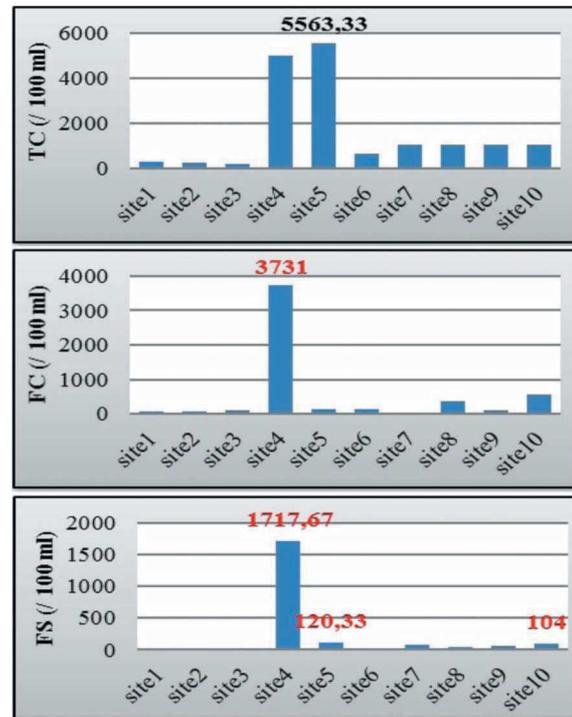


Figure 3. Spatial variation of germs recorded during the study period.

Variables	Sources of variation	ddl	SCE	CM	F _{obs}
T (°C)	Sites	9	9.55	1.062	0.096 ns
pH	Sites	9	0.142	0.016	0.108 ns
S (‰)	Sites	9	0.751	0.083	1.203 ns
Conductivity (mS/cm)	Sites	9	2.032	0.226	0.236 ns
O ₂ (%)	Sites	9	450.074	50.008	1.285 ns

Table 2. Results of the analysis of variance (ANOVA) of fixed patterns in comparisons between the sites; for each of the five physicochemical variables, average values were considered. Abbreviations: ddl = degrees of freedom; SCE = sum of squared deviations; CM = mean square; Fobs = F value Fischer.

CONCLUSION

So, in the light of the results of physico-chemical analysis, the swimming waters of the different study sites are good given the Algerian standards, since results are not above the normal values for swimming waters.

However when considering bacteriological analyses such waters show, depending on the months and the sites, although in the standards, a relatively high rate of coliforms and streptococci, thus allowing us to suggest the existence of a kind of pollution of various origins (mainly urban waste and stormwater runoff flowing into the sea without treatment), observed especially at site 4, but present at all other sites, even if less obvious.

REFERENCES

- Brisou J., 1968. The microbial pollution, viral and parasitic of coastal waters and its consequences for public health. Bulletin of the World Health Organization, 38: 79–118.
- Carlucci A.F. & Pramer D., 1959. Factors affecting the survival of bacteria in sea water. Journal of Applied Microbiology, 6: 388–392.
- Gourmelon M., 1995. Study of the visible light as the factor limiting the survival of *Escherichia coli* in the marine environment, Phd thesis in biological sciences and health, University of Rennes 1, Rennes.
- The Scientific Group on water, 2003. *Escherichia coli*, in fact sheets on the drinking water and human health, National Institute of Public Health of Quebec, 4 pp.
- OJRA., 2006. Official Journal of the Republic of Algeria.
- Mazieres J., 1963. Coliforms in marine waters and oysters: application to the oyster hygiene. Review of work of the Institute of Marine Fisheries, 27: 5–110.
- Oger C., Hernandez J.-F., Oudart E. & Delattre J.-M., 1983. Swimming and infectious risks, epidemiological data bases of the control of water, Pasteur Institute of Lille.
- Payment P. & Hartemann P., 1998. The water contaminants and their health effects. Revue Science Water (special issue), 199–210.
- UNEP/WHO, 1983. Long-term program of monitoring and research (MED POL Phase II), assessment of the current state of the microbial pollution in the Mediterranean Sea and the proposed control measures, Geneva.
- UNEP/MAP, 2012. The Conference of the contracting parties to the Barcelona Convention on the protection of the Marine Environment of the Mediterranean, Paris.
- Pommepuy M., Dupray E., Guillard J.F., Derrien A., L'Yavanc J. & Cormier M., 1991. Urban waste disposal and fecal contamination. Oceanologica Acta. Proceedings of the International Colloquium on the environment of epicontinental seas. Lille, 20–22 March 1990, sp. vol. 11: 321–327.
- Pommepuy M., 1995. Become of enteric bacteria in the littoral environment. The effect of stress on their survival, Phd thesis in biological sciences and health, University of Rennes 1, Rennes.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaour H. & Rodi L., 2005. Water analysis : natural waters, residual waters, sea waters. 8th edition, Dunod, Paris, 1383 pp.



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Evaluation of the quality of swimming water in the Gulf of Skikda (Algeria)

Souheila Ouamane^{*1}, Lyamine Mezedjri^{1,2}, Ali Tahar¹

¹Laboratory of Vegetable Biology and Environment, Department of Biology,
Faculty of Science, University Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

²SNV Department, Faculty of Sciences, University of 20 August 55, Skikda, Algeria

Article published on November 08, 2017

Key words: Gulf of Skikda, Swimming water quality, Bacteriological pollution, Physico-chemical parameters.

Abstract

The aim of this study is to evaluate the bacteriological and physicochemical quality of the swimming waters of the Skikda region, a very touristic area known for its many beaches which are frequented during the summer period, through the water analysis of ten stations. Because the destination "sea" is far ahead of all the others (mountain, desert, museum, etc) in Algeria, where during the summer season, swimming is the most practiced recreational activity; the quality of swimming water is therefore an essential factor for the tourist development of coastal communities. This monitoring program focused on monitoring water quality during two summer seasons. The analyses concern the quantification of fecal contamination bacteria (total and thermo tolerant coliforms, *E. coli* and fecal streptococci), as well as the determination of certain physico-chemical parameters (electrical conductivity, pH, salinity, etc.). In view of the results, we can suppose the existence of a pollution having various origins at the levels of the different sites studied. In fact, for 9 out of 10 sites, we have average fecal streptococcal levels well above current standards (less than 100 FS/100 ml).

*Corresponding Author: Souheila Ouamane ✉ ouamane.pg@gmail.com

Introduction

Water is a factor in the spread of many pathogenic and non-pathogenic micro-organisms, monitoring and control of the microbiological quality of swimming waters is an essential element in the preservation of public health; Although its importance may seem less important than that of feedwater; But also an important element of tourism development.

Euripides said "the sea cures all the evils of mortals"; However, strong urbanization, tourism and the democratization of aquatic activities have resulted in an increase in the number of visitors to the Mediterranean coast and thus a deterioration in the quality of coastal waters.

This study concerns the monitoring of the bacteriological and physicochemical quality of the swimming waters of the Gulf of Skikda through the analysis of the waters of a ten stations.

Materials and methods

Study area

The wilaya of Skikda is located in the north-east of Algeria bordering the Mediterranean Sea and has a coastline of over 140 km long.

Our study area includes two municipalities and extends about twenty kilometers, it includes, to the east, the beaches of Filfila and Ben M'hidi about 15 km and to the West, a road of approximately 3 Km from beaches (Fig. 1).



Fig. 1. Location of the study area and sampling sites, Gulf of Skikda, Algeria.

In addition, the Gulf of Skikda is a point of discharge for many wadis : the main is wadi Safsaf which flows into the center of the gulf but there are also two secondary wadis at Filfila.

Sample Collection

Sampling, transport and analysis of seawater samples

were carried out according with the guidelines for the monitoring of the quality of swimming waters.

This monitoring program was conducted during two summer seasons (April 2015-September 2016). The collected data were measured in each sample of seawater taken per month and per site.

The Experiments

The Analysis include quantification of fecal-indicator bacteria (total and the rmotolerant coliforms, *E. coli* and fecal streptococci) using the method of the enumeration in liquid medium by determining the most probable number (MPN); As well as on the determination of certain physico-chemical parameters (Electrical conductivity, pH, etc.).

The health status of swimming water is assessed based on the results obtained and compared with the threshold values for the quality of the bacteriological and physico-chemical criteria presented in Executive

Decree No. 93-164. Moreover, in order to compare the averages of the different physicochemical parameters measured between the ten sites, we used the test of the analysis of variance in a criterion of classification (ANOVA), fixed pattern.

Results and discussion

Physicochemical parameters

As regards the average results recorded for the various physicochemical parameters, we find that these are in adequacy with the quality standards required for swimming waters by the standards in force (Table 1).

Table 1. Average results of physico-chemical parameters measured.

parameters	T (°C)	pH	Salinity	Conductivity (mS/cm)
Site				
Site 1 «la jetée »	23,108	7,971	36,161	55,915
Site 2 «château-vert »	22,931	7,966	36,708	56,061
Site 3 «paradis »	23,269	8,086	36,731	55,985
Site 4 «bikini»	23,069	8,052	36,638	56,277
Site 5 «molo»	22,923	8,077	37,1	56,269
Site 6 «poste 2 »	23,446	8,117	36,592	56,008
Site 7 «poste 3 »	23,615	8,094	36,592	55,823
Site 8 «poste 5 »	23,561	8,108	36,608	55,869
Site 9 «poste 6 »	23,461	8,088	36,631	56,015
Site 10 «poste 7 »	23,538	8,079	36,661	55,785

Table 2. Results of the analysis of variance (ANOVA) of fixed patterns in comparisons between the sites; for each variables, average values were considered. Abbreviations: ddl = degrees of freedom; SCE = sum of squared deviations; CM = mean square; Fobs = F value Fischer.

Variables	Sources of variation	Ddl	SCE	CM	F _{obs}
T (°C)	Sites	9	8,345	0,927	0,1056 ns
pH	Sites	9	0,33	0,04	0,354 ns
S (%)	Sites	9	5,973	0,664	0,886 ns
Conductivity (mS/cm)	Sites	9	3,32	0,369	0,885 ns
CT (/100ml)	Sites	9	1,504.10 ⁸	1,67.10 ⁷	1,814 ns
CF (/100ml)	Sites	9	2,197.10 ⁷	2,44.10 ⁶	0,72 ns
E.C (/100ml)	Sites	9	2,2.10 ⁷	2,44.10 ⁶	0,76 ns
SF (/100ml)	Sites	9	7,56.10 ⁷	8,4.10 ⁶	1,424 ns

Bacteriological analyses

The temporal variation of the concentrations of the different germs indicates that they fluctuate in the same way, showing their predominance during the

months of August 2015 and September 2016 for total and thermotolerants coliforms; and during July 2015 and September 2016 for *E. coli* and fecal streptococci (Fig. 2).

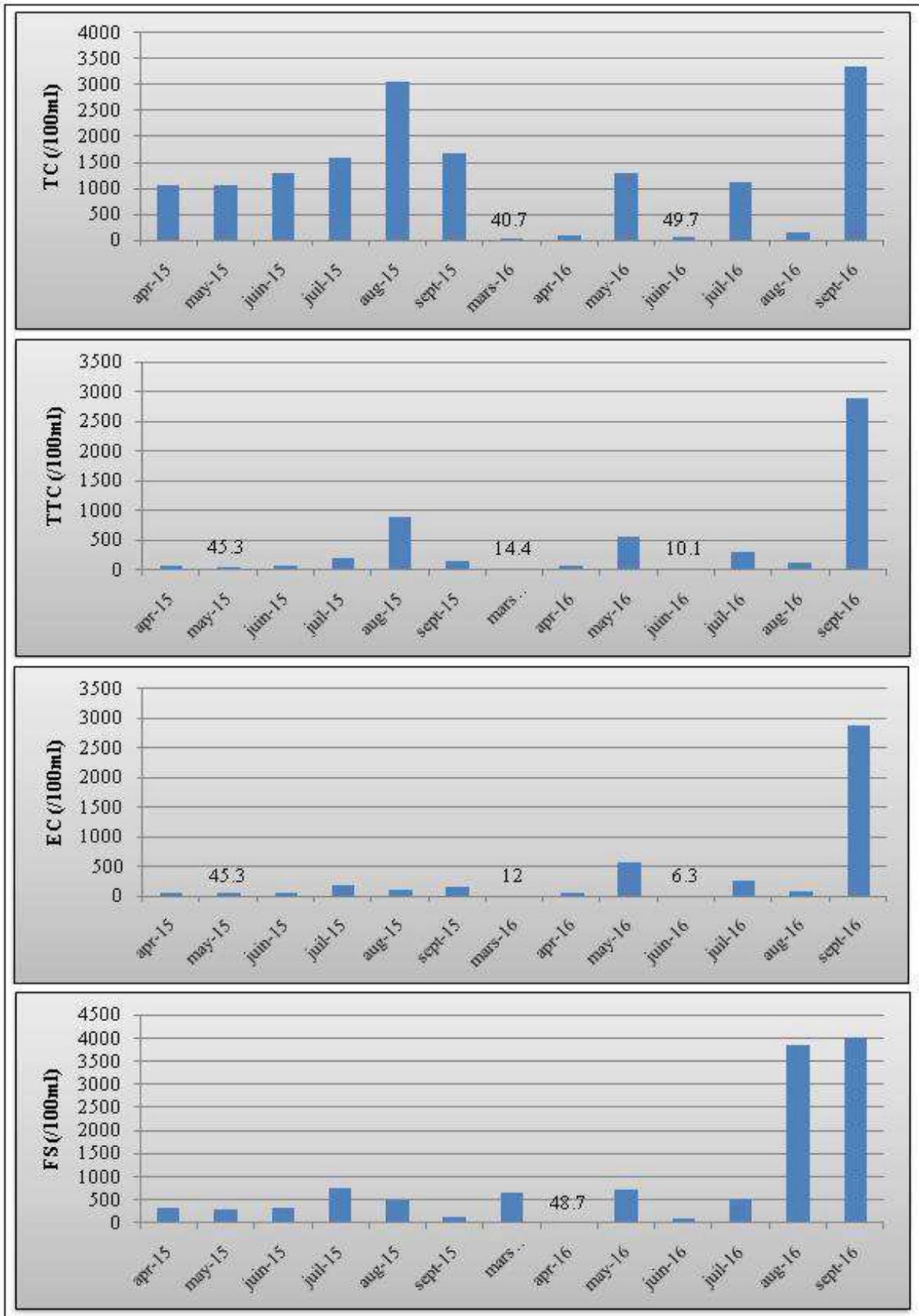


Fig. 2. Temporal variation of germs recorded during the study period.

TC: total coliforms; TTC: thermotolerant coliforms; EC: *E. coli*; FS: fecal streptococci.

This may be justified by the frequentation rates of beaches that were low due to fasting (Ramadan); as well as the climatic conditions recorded during the month of September, which have resulted in an

increase in beach frequencies and the discharge of rainwater directly into the sea without treatment, high flows from urban wastewater and wadis, agitation of water etc. (Mazières, 1963).

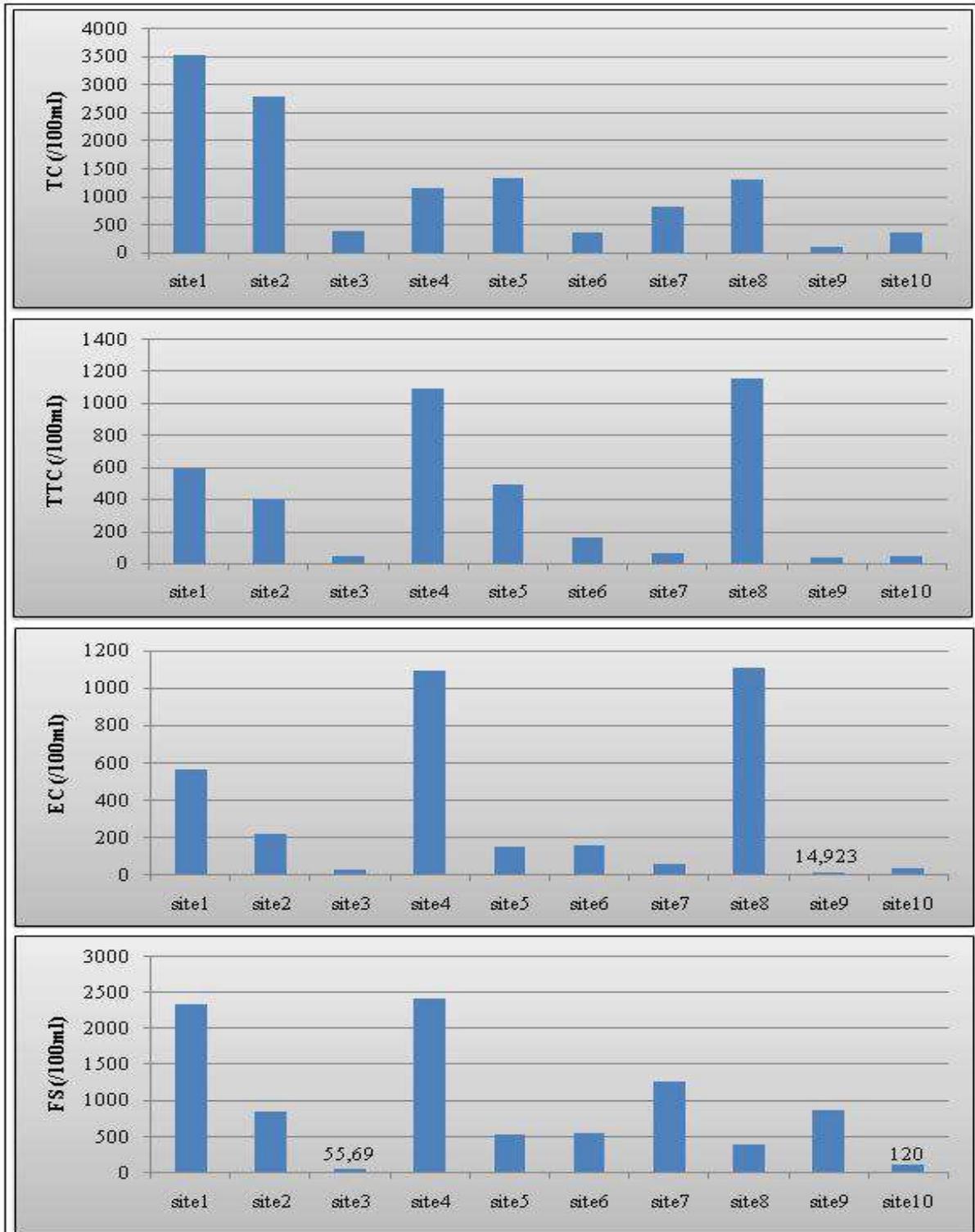


Fig. 3. Spatial variation of germs recorded during the study period.
 TC: total coliforms; TTC: thermotolerant coliforms; EC: *E. coli*; FS: fecal streptococci.

Moreover, this fluctuation can be justified by several phenomena. Indeed, the fate of enteric bacteria in seawater is conditioned by a number of parameters specific to the environment, as physical factors (temperature, absorption/adsorption, dispersion, dilution, sedimentation, light (bactericidal radiation at shallow depths only)) (Carlucci and Pramer, 1959; Brisou, 1968; UNEP / WHO, 1983; Pommepuy *et al.*, 1991, Gourmelon, 1995); or chemical factors (salinity (selection factor), dietary deficiencies in vitamins, fasting, dissolved oxygen, etc) (Carlucci and Pramer, 1959; Brisou, 1968); and biological factors (microphagic plankton or adsorbent, benthos and nekton (macrophage-plankton), vital competition, bacteriophages, etc). (Brisou, 1968) and Oger *et al.*, 1983, Gourmelon, 1995).

All of these factors act together; either simultaneously or in successive steps in time and space, in order to reduce the number of bacteria or even eliminate them.

The spatial variation of the concentrations of the different germs sought allows us to observe that, overall, the average results in total coliforms and thermotolerants recorded are in adequacy with the quality standards required for swimming waters. However, analysis of total coliforms only allows to assess the quality of water only moderately; it is only indicative because of the great heterogeneity of species grouped under this term, some are of fecal origin and may reflect fecal pollution of water, but others are naturally found in soil or vegetation. (Rodier, 2005); Nowadays, only the detection of thermotolerant coliforms and specifically *E. coli* and intestinal enterococci in water must seriously let suspect fecal contamination, since these are considered as the most reliable indicators of enteropathogenic agents, and therefore the best way to detect recent fecal contamination for *E. coli* and old for intestinal enterococci. (Payment and Hartemann, 1998; Scientific Panel on Water, 2003).

For the 4th and 8th sites (beaches "bikini" and "poste 5"), the recorded rates are higher than the limit values for the average concentrations of *E. coli*; moreover, we can note that the average concentrations of fecal streptococci are all above the norms recommended by the Algerian legislation (except for site 3, "paradis beach") (Fig. 3). The results obtained show an old fecal contamination of the water, and therefore a poor bacteriological quality.

ANOVA variance

The results of the analysis of the univariate ANOVA variance for the four measured physico-chemical variables allow us to note the absence of significant differences between the waters of the ten sites studied (Table 2). The same is true for bacteriological parameters.

This confirms our previous observations on the equivalence of the swimming waters of the different sites studied.

Conclusion

Thus, in view of the results of physicochemical analyses, the swimming waters of the different sites studied are good given the Algerian standards, the results are not above the normal values for swimming waters. However, when we consider the bacteriological analyses, these waters show results, depending on the months and the sites; although in standards, a relatively high coliform and streptococcal levels; allowing us to suggest the existence of a kind of pollution, of various origins (mainly urban waste, stormwater runoff flowing into the sea without treatments), present at all sites more or less obvious.

Acknowledgment

The authors wish to thank the many individuals and organizations that helped to facilitate this work.

References

Brisou J. 1968. The microbial pollution, viral and parasitic of coastal waters and its consequences for public health. Bulletin of the World Health Organisation, **38**, 79-118 p.

- Carlucci AF, Pramer D.** 1959. Factors affecting the survival of bacteria in sea water. *Journal of Applied Microbiology*. **6**, 388-392 p.
- Gourmelon M.** 1995. Study of the visible light as the factor limiting the survival of *Escherichia coli* in the marine environment. Phd thesis in biological sciences and health, University of Rennes 1, Rennes.
- Mazieres J.** 1963. Coliforms in marine waters and oysters: application to the oyster hygiene, review of work of the Institute of Marine Fisheries. **27**, 5-110.
- Oger C, Hernandez JF, Oudart E, Delattre JM.** 1983. Swimming and infectious risks, epidemiological data bases of the control of water, Pasteur Institute of Lille.
- OJRA.** 2006. Official Journal of the Republic of Algeria.
- Payment P, Hartemann P.** 1998. The water contaminants and their health effects, *Revue. Science. Water* (special issue), 199-210 p.
- Pommepuy M, Dupray E, Guillaud JF, Derrien A, L'Yavanc J, Cormier M.** 1991. Urban waste disposal and fecal contamination, *Oceanologica Acta.* Proceedings of the International Colloquium on the environment of epicontinental seas. Lille. 20-22 March. 1990. vol. sp. n° **11**, 321-327.
- Pommepuy M.** 1995. Become of enteric bacteria in the littoral environment. The effect of stress on their survival, Phd thesis in biological sciences and health, University of Rennes 1, Rennes.
- Rodier J.** 2005. Analysis of water, natural water, waste water, sea water, chemistry, physical chemistry, microbiology, biology, interpretation of results. 8th edition. Ed. Dunod, Paris. The Scientific Group on water, 2003. *Escherichia coli*, in fact sheets on the drinking water and human health, National Institute of Public Health of Quebec, 4 p.
- UNEP/WHO.** 1983. long-term program of monitoring and research (MED POL Phase II), assessment of the current state of the microbial pollution in the Mediterranean Sea and the proposed control measures, Geneva.
- UNEP/MAP.** 2012. The Conference of the contracting parties to the Barcelona Convention on the protection of the Marine Environment of the Mediterranean, Paris.