

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement  
Filière : Sciences biologiques  
Option : Environnement et Santé Publique



## Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme de

### **MASTER**

## *Thème*

**Contribution au suivi de l'influence du cadre de vie et  
des diverses activités exercées sur la qualité de l'eau  
de mer et l'impact sur la santé humaine dans la wilaya  
de Bejaia.**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> BOUZIT Thileli**

**M<sup>elle</sup> HAMMOUCHE Amel**

Devant le jury composé de :

**M<sup>r</sup> AISSAT L.**

**MAA**

**Président**

**M<sup>lle</sup> RAHMANI A.**

**MAA**

**examinatrice**

**M<sup>me</sup> MANKOU N.**

**MAA**

**Promotrice**

## **Remerciements**

*Nous tenons à remercier vivement Madame MANKOU N. de nous avoir proposé et dirigé ce Mémoire de Master qu'elle trouve ici tous nos remerciements les plus sincères.*

*On tient également à remercier les membres de Jury :*

*Monsieur AISSAT L. d'avoir accepté de présider le jury de soutenance,*

*Madame RAHMANI A. d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à Madame AYAD, responsable du laboratoire microbiologique au niveau de la DSP de Bejaia et la Direction de l'environnement.*

*A tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.*

*Qu'ils retrouvent ici toute notre gratitude et tout notre respect.*

## Dédicaces

C'est avec immense joie que je dédie ce modeste travail à mes précieux parents qui m'ont soutenu et qui ont toujours été là pour moi.

A mes deux très chères sœurs Amina et Léticia.

A mes grands-parents, mes tantes et mes oncles ainsi que cousins et cousines.

A ma très chère binôme Thileli pour sa présence et son travail.

A toute la promotion Environnement et Santé publique et tous mes amis.

Amel.

## Dédicaces

**Je dédie mon travail avant tous à mon cher père, d'avoir  
toujours cru en moi, encouragé et soutenu.**

**A ma chère mère, qui a toujours tous fait afin d'arriver à ce  
que je suis aujourd'hui.**

**A mon frère, mes sœurs et mes chers neveux, Rayane, Sara et  
Aghilass.**

**A mon amie Zahra qui a toujours été à mes cotés.**

**A ma chère binôme Amel pour sa présence et son travail.**

**A tous mes amis et toute la promotion Environnement et Santé  
publique.**

**Thileli.**

# Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction**.....01

## **Chapitre 1 : Généralités sur les eaux de baignade**

1.1. Définition.....03

1.2. Pollution microbiologique des eaux de baignade.....03

1.3. Indicateurs de contamination fécale dans le contrôle de qualité des eaux de baignade  
.....04

1.3.1. Coliformes totaux.....05

1.3.2. Coliformes fécaux.....05

1.3.3. Entérocoques intestinaux.....06

1.3.4. Rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux.....07

1.4. Survie des bactéries dans le milieu marin.....07

1.4.1. Facteurs influençant la survie des microorganismes en milieu marin .....08

1.4.1.1. Facteurs physico-chimiques.....08

1.4.1.2. Facteurs biologiques .....09

1.4.2. Risques sanitaires liés à la baignade dans les eaux polluées.....09

1.4.2.1 Maladies de la sphère O.R.L et oculaire.....10

1.4.2.2. Affections gastro-intestinales.....10

1.5. Cadre réglementaire et classification des eaux de baignade .....11

1.5.1. Classification selon les normes de l’OMS.....11

1.5.2. Classification selon les normes Algériennes .....11

## **Chapitre 2 : Matériels et méthodes**

2.1. Description de la zone d'étude.....	13
2.1.1. Contexte géographique.....	13
2.1.2. Contexte climatique.....	14
2.2. Echantillonnage.....	14
2.3. Méthodes de prélèvement.....	15
2.4. Analyse bactériologique des échantillons.....	16
2.4.1. Recherches des coliformes totaux et fécaux .....	17
2.4.2. Recherche des streptocoques fécaux.....	19

## **Chapitre 3 : Résultats et Discussions**

3.1. Evolution saisonnière des indicateurs de contamination fécale pour l'année 2015.....	21
3.1.1. Coliformes totaux.....	21
3.1.2. Coliformes fécaux.....	22
3.1.3. Streptocoques fécaux.....	22
3.2. Origine de la contamination fécale.....	23
3.3. Qualité des eaux de baignade du littoral de Béjaïa pour l'année 2015.....	24
3.4. Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignade de Boukhelifa.....	26
3.5. Evaluation de la qualité microbiologique de la plage de Boukhelifa pour l'année 2016.....	27
3.6. Comparaison de la qualité bactériologique des plages du littoral de Bejaïa avec celle de quelques plages de la côte algérienne.....	28
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>30</b>

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## Liste des abréviations

<b>ORL</b>	Oto-Rhino-Laryngologie
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>E. Coli</b>	Escherichia Coli
<b>PH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>Na Cl</b>	Chlorure de Sodium
<b>CT</b>	Coliformes Totaux
<b>CF</b>	Coliformes Fécaux
<b>SF</b>	Streptocoques Fécaux
<b>R</b>	Ration
<b>T90</b>	Temps 90
<b>UV</b>	Ultraviolet
<b>MI</b>	Millimètre
<b>UFC</b>	Unité Formant Colonie
<b>Km</b>	Kilomètre
<b>MI</b>	Millimètre
<b>DSP</b>	Direction de la Santé des Populations
<b>T°C</b>	Température (en degré Celsius)
<b>H</b>	Heure
<b>NPP</b>	Nombre le Plus Probable
<b>BCPL</b>	Lactose au Bromocrésol pourpre
<b>D/C</b>	Double Concentration
<b>S/C</b>	Simple Concentration
<b>Et al</b>	Et Collaborateurs
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne
<b>STEP</b>	Station d'Épuration des Eaux Usées
<b>B.Q.B</b>	Bonne Qualité Bactériologique
<b>Q.B.A</b>	Qualité Bactériologique Acceptable
<b>M.Q.B</b>	Mauvaise Qualité Bactériologique

# Liste des figures

<b>Figure 1 - E. Coli</b> .....	06
<b>Figure 2- Les streptocoques fécaux</b> .....	06
<b>Figure 3- Situation géographique du littoral de Bejaïa</b> .....	13
<b>Figure 4- Courbe ombrothermique à la station de Bejaïa (1970-2009)</b> .....	14
<b>Figure 5- Image satellitaire montrant les sites d'échantillonnage sur le littoral de la commune de Boukhelifa (Google Maps, modifiée)</b> .....	15
<b>Figure 6- Protocole de la recherche et du dénombrement des coliformes totaux et fécaux</b> .....	18
<b>Figure 7- Protocole de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux</b> .....	20
<b>Figure 8- Evolution saisonnière des teneurs en coliformes totaux dans les eaux littorales de Bejaïa pour l'année 2015</b> .....	21
<b>Figure 9- Evolution saisonnière des teneurs en coliformes fécaux dans les eaux littorales de Bejaïa pour l'année 2015</b> .....	22
<b>Figure 10- Evolution saisonnière des streptocoques fécaux dans les eaux de baignade de Bejaïa pour l'année 2015</b> .....	23
<b>Figure 11- Evolution saisonnière du rapport CF/SF des eaux de baignade de Bejaïa pour l'année 2015</b> .....	24
<b>Figure 12- Répartition des qualités des eaux de baignade des plages de Bejaïa en 2015</b> .....	25
<b>Figure 13- Répartition spatiale de la qualité des eaux de baignade du littoral de Bejaïa pour l'année 2015</b> .....	25
<b>Figure 14- Evolution annuelle des entérobactéries dans les eaux de baignade de Boukhelifa de l'année 2012 à 2015</b> .....	26



**Figure 15-** Concentrations des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux des plages de Boukhelifa pour l'année 2016.....28

**Figure 16-** Valeurs comparatives des trois indicateurs de contamination fécale à travers les principales villes côtières algériennes.....29

## Liste des tableaux

<b>Tableau I-</b> Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.....	07
<b>Tableau II-</b> Indice de la qualité de l'eau de baignade (germe/ml) (l'OMS).....	11
<b>Tableau III-</b> Qualité requise des eaux de baignades (JORA, 1993).....	12

## Introduction

En investissant de plus en plus le milieu littoral, l'homme contribue au déséquilibre de celui-ci. En effet, la poussée démographique, l'urbanisation, le développement industriel et les activités touristiques produisent une série de nuisances qui finissent par altérer la qualité des eaux littorales.

La pollution des eaux littorales, un des aspects majeurs du déséquilibre des milieux aquatiques peut avoir plusieurs origines (atmosphériques, industrielles, agricoles et domestiques). Une mauvaise qualité de ces eaux peut ainsi avoir des conséquences néfastes sur la santé publique (Brisou et Denis, 1978 ; Gaujous 1995).

En Algérie, l'une des causes majeures de la pollution marine reste la contamination bactérienne par les eaux usées (Hamdi et Ait Kaci, 2008). Ces eaux contiennent une large gamme de bactéries et de virus ainsi que des parasites qui peuvent être à l'origine de graves épidémies. Ces dernières sont liées à la consommation directe des eaux contaminées ou à l'inhalation ou au contact cutané d'eaux contaminées lors de l'utilisation des eaux à des fins récréatives comme la baignade (Gaujous, 1995 ; Festy *et al.*, 2003 ; Rodier, 2009). Ceci est d'autant plus préoccupant que le littoral Algérien est très fréquenté par les touristes en saison estivale qui viennent s'y baigner.

La wilaya de Bejaia est une wilaya côtière, considérée comme l'une des régions les plus visitées d'Algérie, surtout en été. L'un des atouts majeurs qui lui donne sa vocation touristique est le nombre de plages qui constituent son littoral. On dénombre 46 plages à Bejaia dont 33 sont autorisées à la baignade. En effet, la région de Bejaia est dotée d'une grande diversité de belles plages et zones de baignade. Des millions de touristes (6618230) affluent chaque année à Bejaia pour passer leurs vacances à se relaxer au bord de l'eau (Annuaire statistique de Bejaia, 2014).

Afin de protéger la santé des baigneurs et d'éviter de les exposer à une eau contaminée, la qualité des eaux de baignade est donc un paramètre essentiel à surveiller et à contrôler. Les indicateurs microbiologiques et notamment les indicateurs de contamination fécale sont considérés parmi les paramètres les plus importants pour le contrôle de qualité des eaux de baignade (Gaujous, 1995 ; Larpent, 1997).

La réalisation de ce contrôle est confiée à la direction de la santé des populations (DSP) de Bejaia, laquelle effectue des prélèvements et des analyses mensuellement sur toutes les plages autorisées à la baignade.

La présente étude réalisée en collaboration avec la DSP consiste à synthétiser les résultats d'analyse des eaux de baignade pour l'année 2015 et de déterminer la qualité microbiologique des eaux du littoral de Bejaia. Le but de cette étude étant bien évidemment d'évaluer la variabilité spatiale en fonction des plages de cette qualité bactériologique et d'établir un bilan pour l'année 2015. En outre, d'autres données sur les premiers mois de l'année 2016, émanant de notre travail de terrain complètent ce bilan. Notre présent travail s'articule autour de trois axes principaux : le premier chapitre consiste en une synthèse bibliographique concernant les eaux de baignade, en documentant les principales maladies qui en découlent, les paramètres microbiologiques utilisés pour le contrôle de qualité de ces eaux ainsi que le cadre réglementaire régissant ce secteur de loisirs. Le deuxième chapitre quant à lui a pour but de décrire le site d'étude et de présenter le protocole analytique utilisé pour mettre en évidence les indicateurs de contamination fécale. Enfin, dans, le troisième chapitre, nous présenterons les principaux résultats de la qualité microbiologiques des eaux de baignade de Bejaia pour l'année 2015 et les premiers mois de l'année 2016.

## **1. Généralités sur les eaux de baignade**

### **1.1. Définition**

Sur le plan réglementaire, les eaux de baignade sont définies comme étant « les eaux ou parties de celles-ci qui sont 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 » (JORA, 1993). Elles comprennent essentiellement les eaux côtières et les eaux intérieures (rivières et plans d'eau).

Les eaux de baignade en général ou les eaux littorales en particulier procurent beaucoup de plaisir et de bien-être. En effet, le littoral, en plus d'être incontestablement le lieu de baignade par excellence, c'est aussi un lieu de relaxation et de détente, idéal pour pratiquer des activités nautiques tels que la plongée, le ski nautique, le surf...etc. (Peirache, 2012). Cependant, une mauvaise qualité des eaux littorales peut induire des problèmes de santé, essentiellement dus à la pollution microbiologique des eaux. Ces infections s'opèrent par contact cutané ou par ingestion ou inhalation de l'eau et sont généralement bénignes (gastro-entérites, dermatoses et les affections de la sphère ORL).

### **1.2. Pollution microbiologique des eaux de baignade**

La pollution microbiologique des eaux de baignade est essentiellement d'origine fécale. La cause la plus fréquente de ce type de pollution vient des eaux usées rejetées parfois directement dans les milieux côtiers. Ceci est lié aux mauvais raccordements des habitations au réseau d'assainissement ou au ruissellement sur les sols contaminés lors des épisodes de pluies importantes (Elskens, 2010).

A titre d'exemple, en Algérie, l'une des causes majeures de la pollution marine reste la contamination bactérienne par les eaux usées. Il est à noter que 70% des villes côtières Algériennes n'ont pas leurs réseaux d'assainissement raccordés à des stations d'épuration, certaines bien qu'existantes sont inopérantes depuis plusieurs années et les rejets se font exclusivement dans la mer et dans les oueds (sur 53 stations d'épuration existantes, 42 sont à l'arrêt) (Hamdi et Ait Kaci, 2008).

La pollution par les eaux usées se traduit par une forte contamination du milieu aquatique par de nombreux agents pathogènes, bactéries et virus. Parfois, elle est à l'origine de sérieux problèmes d'hygiène et de santé publique (Gaujous, 1995). En effet, un des problèmes liés aux rejets d'eaux usées reste les maladies qui en résultent. Selon

l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées en partie à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales.

Les eaux usées domestiques contiennent une charge bactérienne très importante, soit  $10^9$  à  $10^{10}$  germes/litre (Gauthier et Pietri, 1989 ; Pourcher, 1991). Elles constituent la principale source de micro-organismes pathogènes pour l'homme en milieu marin. Les bactéries pathogènes à transmission hydrique sont réparties en 04 genres (Brisou et Denis, 1978 ; Gauthier et Pietri, 1989 ; Eberlin, 1997).

- **Les salmonelles** dont *Salmonella typhi* et *paratyphi*, responsables des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes qui atteignent 17 millions de personnes/an dans le monde, dont 600 000 décès (OMS, 2015).

- **Les shigelles** responsables de troubles digestifs (diarrhées, dysenteries) qui touchent près de 25 millions de personnes par an, dont 650 000 décès.

- **Les vibrio** dont *Vibrio cholerae* responsables du choléra qui touche environ 1,4 à 4,2 millions de personnes dont 28000 à 142000 décès par an.

- **Escherichia Coli**, qui est responsable de plusieurs pathologies (Diarrhée, Dysenterie) dont les agents sont responsables de près de 775000 décès par an.

### **1.3. Indicateurs de contamination fécale dans le contrôle de qualité des eaux de baignade**

En raison de la faible quantité de pathogènes, de la difficulté de leur mise en évidence dans les milieux aquatiques, les contrôles de la salubrité de l'eau sont axés sur la recherche et le dénombrement des témoins nommés « germes indicateurs de contamination fécale » pour apprécier le risque de contamination microbiologique des eaux. Ces indicateurs de contamination fécale doivent répondre à certaines exigences (Larpen, 1997) :

- Indiquer la présence de pathogènes (être présents quand les pathogènes le sont).
- Etre toujours présents en plus grand nombre que les germes pathogènes à surveiller.
- Etre incapable de se multiplier dans le milieu marin.
- Etre aussi résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique.
- Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide de techniques simples.

Les micro-organismes fécaux qui répondent à toutes ces exigences sont peu nombreux ; c'est ainsi que plusieurs témoins ont été choisis, il s'agit généralement des coliformes et des streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield (OMS, 1977).

### **1.3.1. Les coliformes totaux**

Le terme « *coliforme* » correspond à des bactéries en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

Les coliformes comprennent entre autres les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (Rodier, 2009). Le dénombrement de ces organismes à 35-37 °C est souvent désigné sous l'expression de « dénombrement des coliformes totaux ». Ainsi, leur étude est traditionnelle et les renseignements donnés par cet examen sont d'une certaine utilité dans le domaine de la santé publique. (Rodier, 2009). La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

### **1.3.2. Les coliformes fécaux**

Le terme de « *coliformes fécaux* » ou de « *coliformes thermo-tolérants* » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (Rodier, 2009).

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermo-tolérants détectés (El Attiffi, 2011).



**Figure 1 : E. Coli (www.wikipedia.com)**

–Le terme « *E. coli* » (figure 1) correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane, à 44 °C (Rodier, 2009). *Escherichia coli* (colibacille) est très présent dans la flore intestinale de l'homme et des animaux ; il est considéré comme le meilleur indice de contamination fécale récente. Il peut être pathogène (colibacillose : gastroentérite infantile) (Gaujous, 1995).

### 1.3.3. Les Entérocoques intestinaux

Sous cette dénomination générale « streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus* (Rodier, 2009).

Ces streptocoques du groupe D sont des bactéries Gram positives, catalases négatives, en forme de cocci (figure 2), commensaux du tube digestif. Ils peuvent être définis comme des microorganismes capables de se développer entre 10 et 45 °C à pH 9,6 et dans 6.5% de NaCl. Elles sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (car tous ont un habitat fécal) sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important (Gaujous, 1995 ; Rodier, 2009).



**Figure 2 : Les streptocoques fécaux (www.wikipedia.com)**

Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo-tolérants présumés. Les méthodes



sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. (Rodier, 2009).

### 1.3.4. Le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux

Le rapport coliformes fécaux/entérocoques est un élément informatif de premier ordre pour déterminer la source de la contamination fécale (Tableau I) (Borrego, 1982) :

Tableau I : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF

Rapport CF/SF	Source de contamination
$R > 4$	origine exclusivement humaine
$4 > R > 2$	origine mixte à prédominance humaine
$2 > R > 1$	origine incertaine
$1 > R > 0.7$	origine mixte à prédominance humaine
$0.7 > R$	origine principalement animale

### 1.4. La survie des bactéries dans le milieu marin

Les bactéries et virus, faisant partie de la flore intestinale de l'homme et des animaux à sang chaud, qui arrivent dans le milieu marin, se retrouvent dans un milieu hostile peu propice à leur croissance. Incapables de se multiplier dans cet environnement, ces microorganismes vont y survivre plus ou moins longtemps en fonction des paramètres physiques, chimiques et biologiques du milieu. Les microorganismes sont soit libres dans la masse d'eau, soit associés à des particules organiques ou minérales. Suivant le poids de ces particules, les microorganismes vont être soumis à une dilution tout au long de l'estuaire ou à une sédimentation favorable à leur concentration. Ainsi, on estime que les sédiments sont plus contaminés que l'eau environnante et vont constituer un réservoir potentiel pour une recontamination ultérieure des eaux à la faveur de la remise en suspension des microorganismes lors des phénomènes naturels (crues, tempête) ou d'activités humaines (dragages). Le temps de survie des microorganismes est défini par le temps nécessaire à la disparition de 90% de la population initiale, exprimé par le T90. De

quelques heures à quelques jours pour les bactéries, cette survie est prolongée, pour les virus, de plusieurs semaines à plusieurs mois (El Attiffi, 2011).

#### **1.4.1. Les facteurs influençant la survie des microorganismes en milieu marin :**

##### **1.4.1.1. Facteurs physico-chimiques**

- **La dilution** : elle intervient immédiatement après le rejet. Elle est favorisée par le mélange des eaux : courants, turbulence et action des marées. On estime que 90 à 99% des bactéries d'égout sont détruites après 48 heures de suspension dans l'eau de mer et que leur nombre décroît avec la distance beaucoup plus rapidement que l'on pourrait s'y attendre du fait de la simple dilution (Maurin, 1974).
- **L'adsorption** : c'est la fixation des polluants sur toutes les particules organiques ou minérales en suspension dans le milieu aquatique. C'est un phénomène bien connu par lequel les microbes s'accrochent à des corpuscules dont ils suivent le sort ; l'adsorption contribue donc à un isolement des germes et à une efficace dissociation de la charge polluante, car elle peut atteindre 90 à 95% des bactéries et des virus (Brisou et Denis, 1978).
- **La sédimentation** : directe ou indirecte (après adsorption), elle détermine la disparition momentanée des microbes. Cette disparition peut être provisoire, car il peut y avoir remise en suspension des sédiments et des bactéries. Très efficace en eaux calmes, elle se trouve amoindrie par la turbulence du milieu (Maurin, 1974).
- **La lumière** : Certaines études ont montré que les coliformes fécaux dans l'eau de mer sont très sensibles à la lumière solaire (Chedad *et al.*, 2007). Ceci peut être expliqué par l'effet bactéricide de la fraction UV des radiations solaires sur la cellule. Une turbidité élevée de l'eau limite la pénétration des rayons UV dans l'eau et contribue également à réduire l'efficacité des rayons UV vis-à-vis des cellules microbiennes.
- **La température de l'eau** : la décroissance des bactéries augmente avec la température de l'eau. Ainsi, en période estivale, celle-ci est un des facteurs majeurs de l'épuration microbienne (Mancini, 1978 ; Flint, 1987).
- **Les variations de pH** : Des travaux ont montré que la survie des coliformes fécaux(CF) a été influencée par le pH du milieu d'incubation. En effet, les pH basiques entraînent une nette diminution de la survie des CF (Chedad *et al.*, 2007).

- **La salinité :** La salinité est aussi un facteur de stress très important que subissent les bactéries de pollution fécale en arrivant au milieu marin (Hughes, 2003), les fortes variations de salinité d'un milieu à l'autre, ont tendance à empêcher l'accoutumance des bactéries allochtones à leur nouveau milieu, ce qui conduit à la décroissance de leur nombre (Maurin, 1974). Des auteurs comme Pommepeuy *et al.*, (1991) ont souligné également que la présence de particules organiques permet aux microorganismes de lutter plus efficacement contre le stress salin.

#### 1.4.1.2. Facteurs biologiques

- **Compétition interspécifique :** la présence des microorganismes autochtones, plus aptes à se multiplier dans leur milieu naturel, implique la décroissance des bactéries allochtones (Flint, 1987).
- **Prédation :** On peut citer les :
  - **Bactéries prédatrices :** comme les *Bdeiovibrio* (groupe de bactéries de petite taille qui se fixent sur d'autres bactéries pour les « dévorer » ; ce sont des vibrios très mobiles qui n'attaquent que les bactéries Gram négatif) (Pelmont, 1993 ; Brisou et Denis, 1978) ; et les *Myxobactéries* (germes à Gram négatif ayant pour singularité d'hydrolyser les molécules insolubles, de lyser les cellules bactériennes et de les utiliser comme substrat) (Brisou et Denis, 1978).
  - **Les bactériophages :** extrêmement répandus dans la nature ; ils parasitent et détruisent bactéries et Cyanophycées. (Brisou et Denis, 1978).
  - **Les prédateurs microphages :** Ce sont tous les organismes qui se nourrissent de microbes. Ils sont représentés par les amibes, les flagellés, les ciliés ou des êtres plus évolués tels que les mollusques filtrants qui absorbent une grande quantité de bactéries et de virus avec leur nourriture. Il faut souligner que pour ces deux derniers, les germes absorbés ne sont pas nécessairement détruits (Brisou et Denis, 1978).

#### 1.4.2. Les risques sanitaires liés à la baignade dans les eaux polluées

La baignade dans les eaux naturelles peut entraîner un contact plus ou moins intense avec des germes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau en plus ou moins grande quantité (Festy *et al.*, 2003). Les pathologies associées à ces germes concernent (Brisou et Denis, 1978) :

#### 1.4.2.1. Les affections cutano-muqueuses

- **Les maladies de la sphère O.R.L et oculaire**

Les conjonctivites sont les maladies les plus rencontrées chez les baigneurs. Les responsables de ces affections oculaires appartiennent au groupe de Chlamydozoons, notamment à *chl. Oculogenitale*, dont l'homme représente le réservoir.

- **Les dermatoses**

Les incidents cutanés sont fréquents chez les baigneurs et les sujets fréquentant les plages, pratiquant la pêche sous-marine et les sports nautiques. Elles reconnaissent des origines diverses. Les bactéries banales telles que les staphylocoques, les streptocoques, les microcoques (*Micrococcus epidermis*) sont à l'origine des furonculoses, abcès et des panaris auxquelles il faut ajouter les affections génito-urinaires provoquées par les «chlamydies » généralement.

#### 1.4.2.2. Les affections gastro-intestinales

Ces syndromes très fréquents peuvent avoir des origines différentes où bactéries et peut être virus se partagent la responsabilité. Il reste entendu que la majorité de ces syndromes ont une origine bactérienne. Les *Salmonella*, *chigella*, coliformes, *E. coli* entérotoxigènes, plus rarement des staphylocoques entérotoxiques, participent à ces maladies.

Le risque encouru par le baigneur dépend de plusieurs facteurs (Festy *et al.*, 2003 ; Maux et Simonart, 2010) :

- Du niveau de contamination de l'eau : liés au micro-organisme (nature et concentration des germes pathogènes présents dans l'eau) ;
- De l'état de santé du baigneur : c'est-à-dire à la réceptivité de l'hôte (état de santé général des personnes, sensibilité, âge, immunodéficience) ;
- De la voie de transmission (quantité d'eau ingérée, inhalation) ;
- Des modalités de la baignade (durée, immersion de la tête...).

En plus d'engendrer un problème de santé publique majeur, les contaminations fécales des eaux peuvent entraîner des problèmes d'ordre économiques et sociaux. En effet, les contaminations fécales des eaux peuvent avoir comme conséquence :

- Des déclassements ou des fermetures de zones de baignade,
- Une interdiction de vente de coquillages ou la nécessité d'une purification des coquillages avant commercialisation,
- Une image néfaste pour le tourisme du fait de l'interdiction des pêches à pied et du mauvais classement des zones de baignades voire la fermeture,
- Des conflits d'usage entre les différents usagers des eaux : agriculteurs, pêcheurs, conchyliculteurs, touristes, populations urbaines... (Derrien, 2011).

## **1.5. Cadre réglementaire et classification des eaux de baignade**

### **1.5.1. Classification selon les normes de l'OMS**

Afin de prévenir tous les risques énumérés ci-dessus et de garantir la sécurité des usagers des eaux de baignade, L'OMS a fixé des normes et des seuils de salubrité qui sont fondés sur des limites ou seuils réputés tolérables (tableaux II).

Tableau II : Indice de la qualité de l'eau de baignade (germe/ml) (Selon l'OMS).

<b>INDICE DE LA QUALITE DE L'EAU DE BAIGNADE</b>				
<b>PARAMETRES</b>	<b>CLASSES</b>			
	<b>A</b> <b>Excellente</b>	<b>B</b> <b>Bonne</b>	<b>C</b> <b>Acceptable</b>	<b>D</b> <b>Mauvaise</b>
<b>Coliformes totaux</b>	0 à 100	101 à 500	501 à 1000	1000 et +
<b>Coliformes fécaux</b>	0 à 20	21 à 100	101 à 199	200 et +
<b>Streptocoques fécaux</b>	0 à 10	11 à 50	51 à 100	100 et +

### 1.5.2. Classification selon les normes Algériennes

En Algérie, c'est le Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 du journal officiel de la République Algérienne qui régleme les normes de qualité des eaux de baignade (tableau III).

Tableau III : Qualité requise des eaux de baignades (Journal officiel de la république algérienne, 1993).

PARAMETRES	UNITES	VALEURS GUIDES	VALEURS LIMITES
<b>MICROBIOLOGIQUES</b>			
<b>1. Coliformes totaux</b>	/ 100 ml	500	10.000
<b>2. Coliformes fécaux</b>	/ 100 ml	100	2.000
<b>3. Streptocoques fécaux</b>	/ 100 ml	100	—

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.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Description de la zone d'étude

#### 2.1.1. Contexte géographique

Le littoral de Bejaia, objet de notre travail se situe dans la wilaya de Bejaïa, au Nord-Est de l'Algérie, à environ 265 km d'Alger, sur la façade méditerranéenne. La wilaya de Bejaïa occupe une superficie de 3 223,5 km<sup>2</sup>, elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Jijel à l'Est, les Wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'Ouest et les Wilayas de Bordj Bou Arreridj et Sétif au Sud (Figure 3).

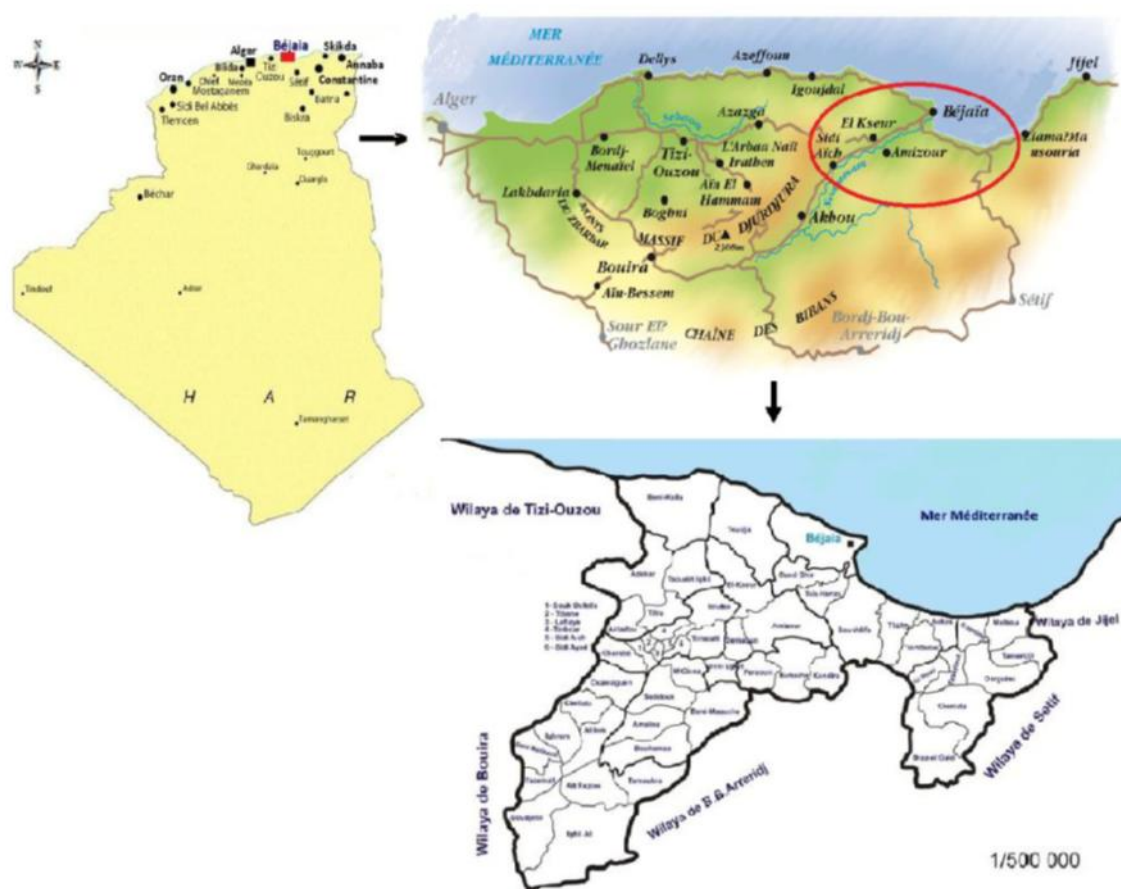


Figure 3 : Situation géographique du littoral de Bejaïa (Google, 2016).

Le domaine littoral de la wilaya de Bejaïa s'étend sur une superficie de 532.02Km<sup>2</sup>. Il est composé de 14 communes dont huit sont côtières : Béni Ksila, Toudja, Bejaia, Boukhlifa, Tichy, Aokas et Souk El Tenine. La côte s'étend d'ouest en est sur une longueur de 84.84 km et compte quarante-six (46) plages dont 33 sont autorisées à la baignade. Ce sont ces dernières qui font l'objet de notre étude.

### 2.1.2. Contexte climatique

Le climat de la région de Bejaia est de type méditerranéen, avec deux saisons principales : une saison fraîche, humide et pluvieuse qui correspond à l'hiver et une autre saison sèche, avec un minimum de précipitation en été.

Les précipitations moyennes sur notre zone d'étude se situent autour de 790 mm par an, avec un maximum en décembre (130 mm) et un minimum en Juillet (4 mm). En ce qui concerne les températures, la région de Bejaia affiche des températures moyennes de 16°C, avec des minimas de 7°C pendant le mois le plus froid (Janvier) et des maximas au mois d'Aout (29,8°C) (Figure 4).

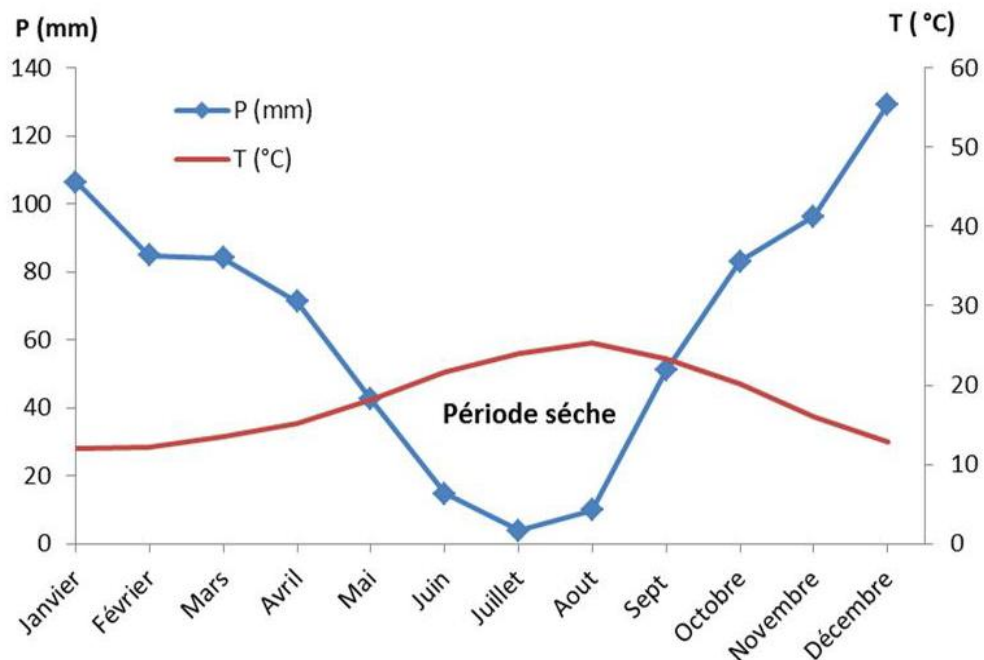


Figure 4 : Courbe ombrothermique à la station de Bejaia (1970-2009).

### 2.2. Echantillonnage

Les données microbiologiques traitées dans notre présent travail correspondent aux résultats d'échantillonnages mensuels effectués par la direction de santé publique de Bejaia (DSP). Ces données représentent quatre ans d'échantillonnage (2012-2015) sur les 5 plages de la commune de Boukhelifa, et une année d'échantillonnage (2015) sur les 33 plages autorisées à la baignade de la Wilaya de Bejaia. Cependant, afin de nous assurer une initiation au travail de terrain et d'intégrer les différentes phases d'acquisition de données scientifiques, nous avons effectué un échantillonnage au mois de Mars 2016 sur littoral de la commune de Boukhelifa,



situé à 10 km à l'Est de Bejaïa 10km de son chef-lieu, elle est délimitée au nord par le plateau continental, à l'ouest par Ighzer N'Themelaht, à l'est par l'Oued Oufalou, et au sud par la limite de la forêt de Beni Mimoun.

Elle occupe une superficie de 116,38 Km<sup>2</sup> et une population de 9154 habitants. C'est une zone montagneuse, elle représente 98% de la superficie totale. Nous avons effectué des échantillonnages d'eau pour chacune des 5 plages composant le littoral de cette commune, à savoir, El Maghra, Acherchour, Oued Affalou, El Djabia, Oeud Djoua (Figure 5).



**Figure 5 : Image satellitaire montrant les sites d'échantillonnage sur le littoral de la commune de Boukhelifa (Google Maps, modifiée).**

### 2.3. Méthodes de prélèvement

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination.

Selon Rodier (2009), L'eau destinée à l'analyse microbiologique est prélevée dans des flacons en verre d' 1litre, soumis au préalable a un nettoyage rigoureux (un rinçage à l'eau potable puis 3 rinçages à l'eau distillée) séchés, bouchés, enveloppés séparément dans un morceau de papier filtre, puis stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes. Et pour éviter toute contamination, les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau. Une fois remplis,

ils sont refermés sous l'eau pour éviter la formation de bulles d'air et tout risque de contamination lors du transport. Les échantillons sont ensuite étiquetés et transportés dans une glacière isotherme (4°C), car la teneur en germes des eaux risque de subir des modifications dans les flacons. L'analyse se fait le même jour en aucun cas au-delà de 24h, aussi il est préférable de le raccourcir lorsque l'eau est présumée être très polluée.

En ce qui concerne, la surveillance des eaux côtières, l'analyse au laboratoire débute dans un délai maximum de 8 heures après le prélèvement de l'échantillon selon les recommandations de Rodier (2009). Tout prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle on note :

- ✓ Lieu de prélèvement.
- ✓ Date et heure de prélèvement.
- ✓ L'état de la mer.
- ✓ Le vent (la direction).

#### **2.4. Analyse bactériologique des échantillons**

Les germes recherchés sont les bactéries indicatrices de contamination fécale, à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Pour leur recherche, nous avons utilisé la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation des tubes en milieu liquide.

### 2.4.1. Recherches des coliformes totaux et fécaux

Le dénombrement des coliformes par la méthode NPP fait appel à deux tests consécutifs :

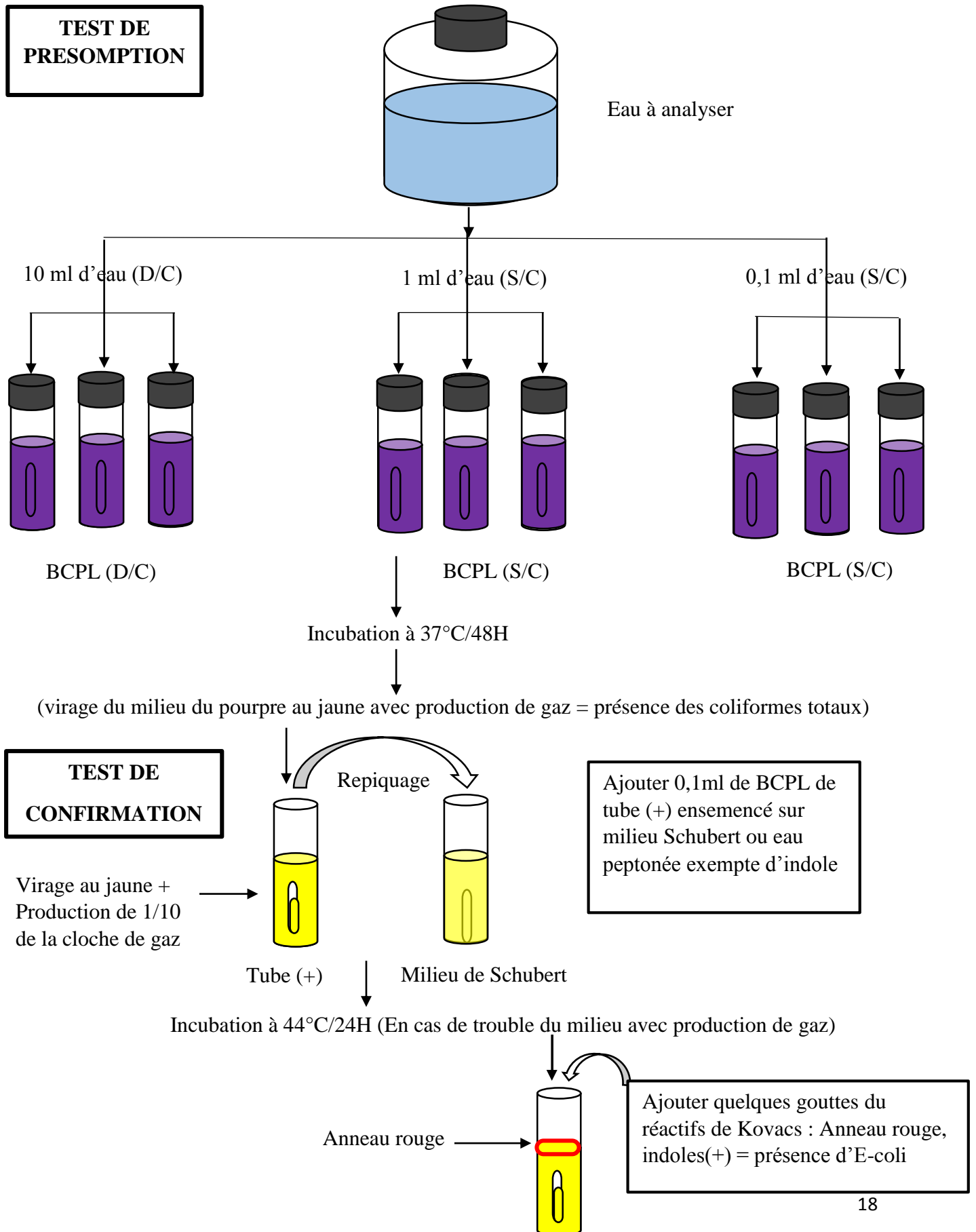
- **Un test présomptif** réservé aux coliformes totaux en procédant comme suit (Figure 6) :
  - On ensemence trois tubes de BCPL (D/C=10ml) contenant une cloche de durham avec 10ml de la solution mère (eau à analyser).
  - On ensemence trois tubes de BCPL(S/C=10ml) contenant une cloche de durham avec 1ml de la solution mère.
  - On ensemence trois tubes de BCPL (S/C=10ml) contenant une cloche de durham avec 0,1ml de la solution mère.
  - On incube le tube à 37° pendant 48h.

Les tubes positifs (présence de coliformes) se manifestent par un virage du violet au jaune avec un dégagement d'air dans la cloche de Durham.

- **Un test confirmatif** réservé à la recherche des coliformes fécaux (CF) dits Coliformes thermo- tolérants en procédant au repiquage de 1 à 2 gouttes des tubes positifs du test présomptif sur le milieu Schubert + cloche de durham et on incube à 44°C pendant 24h. Après 24h, on ajoute 2 à 3 gouttes du réactif de KOVACS aux tubes. La confirmation de présence de coliformes fécaux se manifeste par l'apparition d'un anneau rouge à la surface de la solution et production du gaz dans la cloche.

La détermination du nombre caractéristique de coliformes (le nombre de tubes positifs) permettra l'établissement du nombre le plus probable par la consultation de la table de Mc Grady (Annexe I).

**Figure 6 : Protocole de la recherche et du dénombrement des coliformes totaux et fécaux**



### **2.4.2. Recherche des streptocoques fécaux**

La recherche des streptocoques fécaux du groupe D est indiquée dans la (figure 7) et nécessite tout comme les coliformes deux tests consécutifs.

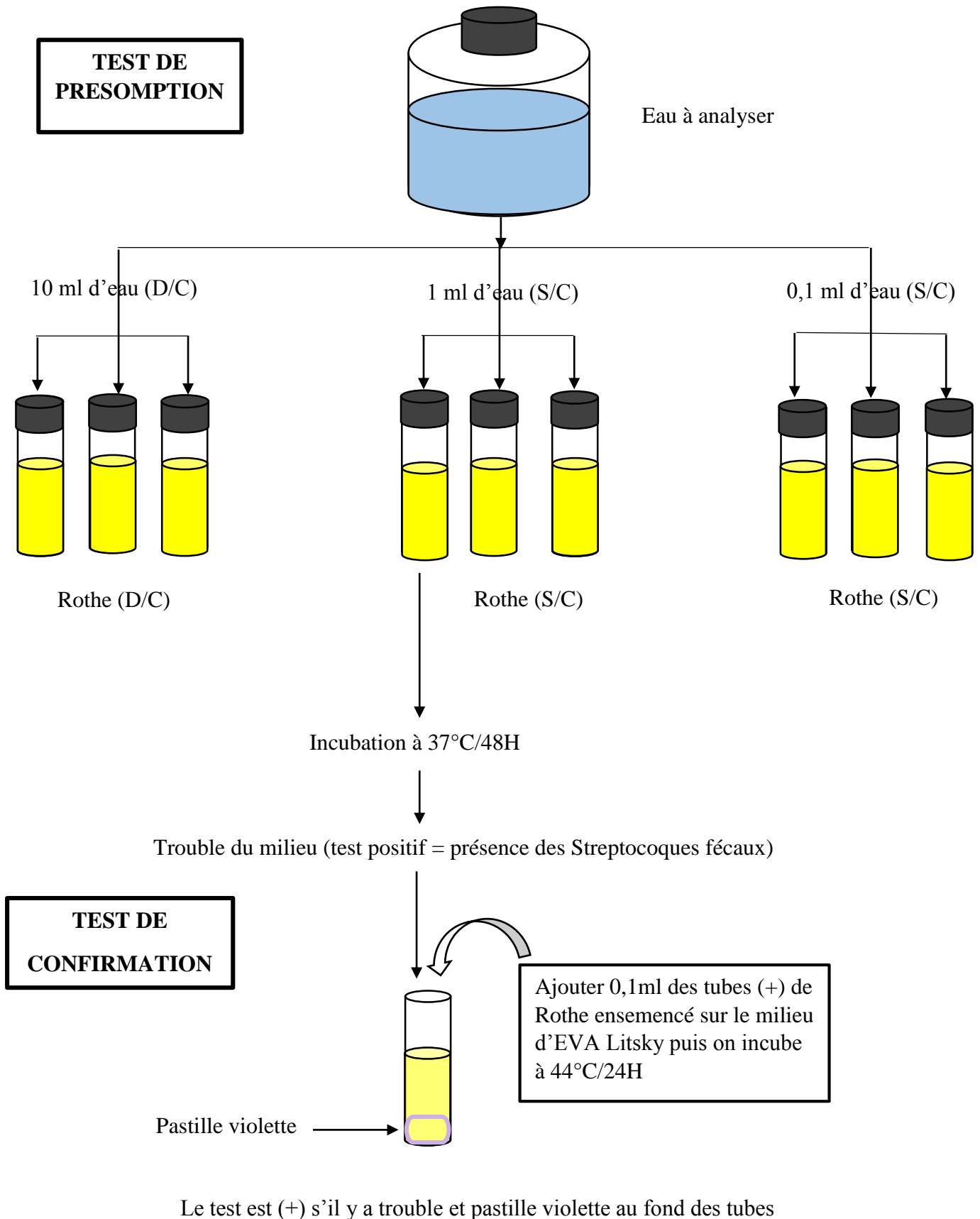
- **Un test présomptif** : réalisé sur le milieu de Rothe :
  - On ensemence trois tubes de milieu Roth (D/C, 10ml) avec 10ml de la solution mère,
  - On ensemence trois tubes de milieu Roth (S/C, 10ml) avec 1ml de la solution mère,
  - On ensemence trois tubes de milieu de Roth (S/C, 10ml) avec 0,1 ml de la solution mère.
  - On incube à 37°C pendant 48h

**Lecture** : Les tubes présentant un trouble au milieu sont considérés comme (+) dont le nombre caractéristique de streptocoques fécaux est obtenu en se référant à la table Mac Grady.

- **Un test confirmatif** : qui consiste à repiquer les tubes positifs sur le milieu d'EVA Litsky.

**Lecture** : La présence des streptocoques fécaux se traduit par le jaunissement du milieu avec formation d'un dépôt (une pastille violette) au fond des tubes. On note le nombre des tubes (+) et on se réfère à la table de Mac Grady pour connaître le nombre des streptocoques fécaux présents dans l'eau (Annexe I).

**Figure 7 : Protocole de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux**

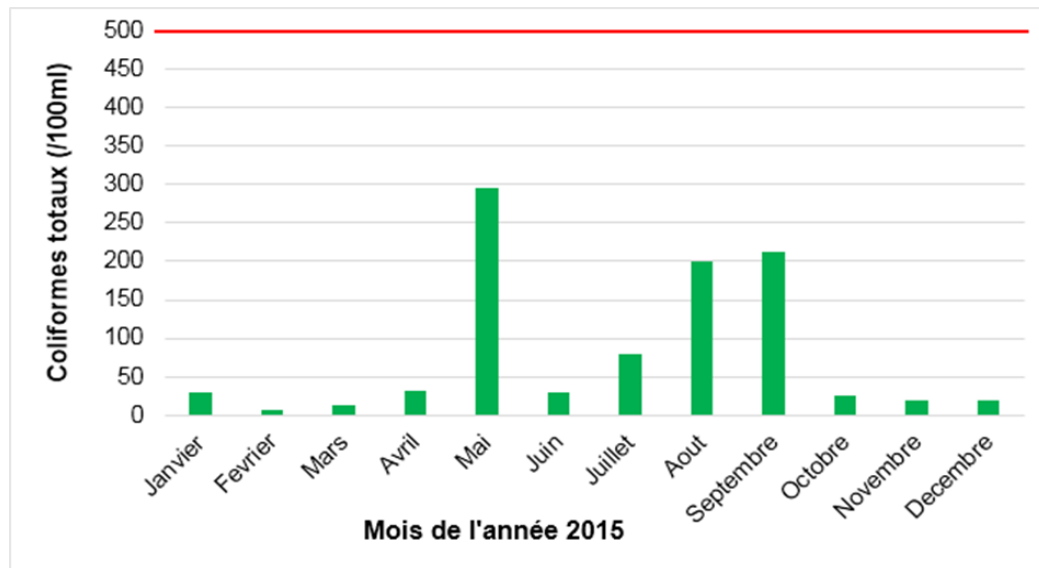


### 3. Résultats et Discussions

#### 3.1. Evolution saisonnière des indicateurs de contamination fécale pour l'année 2015

##### 3.1.1. Les coliformes totaux

Les teneurs moyennes en coliformes totaux pour l'année 2015 sur les 33 plages autorisées à la baignade sont représentées dans la figure 8.



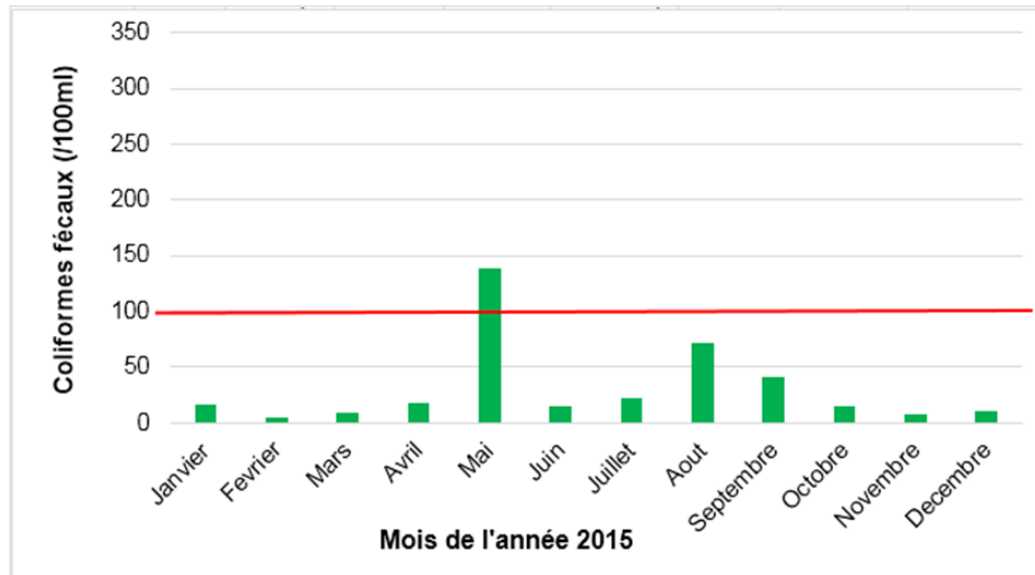
Source : Données internes de la DSP 2015

**Figure 8 : Evolution saisonnière des teneurs en coliformes totaux dans les eaux littorales de Bejaia pour l'année 2015. La barre rouge indique la norme guide.**

Cette figure indique une augmentation des teneurs en coliformes à la fin de la période printanière et pendant la fin de la saison estivale, avec un pic au mois de Mai, avoisinant les 300 germes /100 ml. Ce maximum pourrait s'expliquer par la forte fréquentation des plages du littoral de Bejaia en début de la saison estivale, conduisant à des pressions anthropiques importantes et par conséquent à une pollution microbiologique qui augmente sensiblement. Ce niveau de contamination observé au mois de Mai est suivi par une baisse sensible des teneurs en coliformes au mois de juin et Juillet. Cette baisse pourrait être liée au fait que les plages de Bejaia sont moins fréquentées pendant le mois de ramadhan. L'afflux de touristes sur littoral après le Ramadhan pourrait être à l'origine de l'augmentation à nouveau des teneurs en coliformes aux mois d'Aout et Septembre. Cependant, les teneurs restent inférieures à la norme guide fixée à 500 germes/100ml et sont par conséquent de bonne qualité.

### 3.1.2. Les coliformes fécaux

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux (figure 9), montrent des évolutions saisonnières similaires à celles observées chez les coliformes totaux, avec des différences qui résident uniquement dans leurs proportions.



Source : Données internes de la DSP 2015

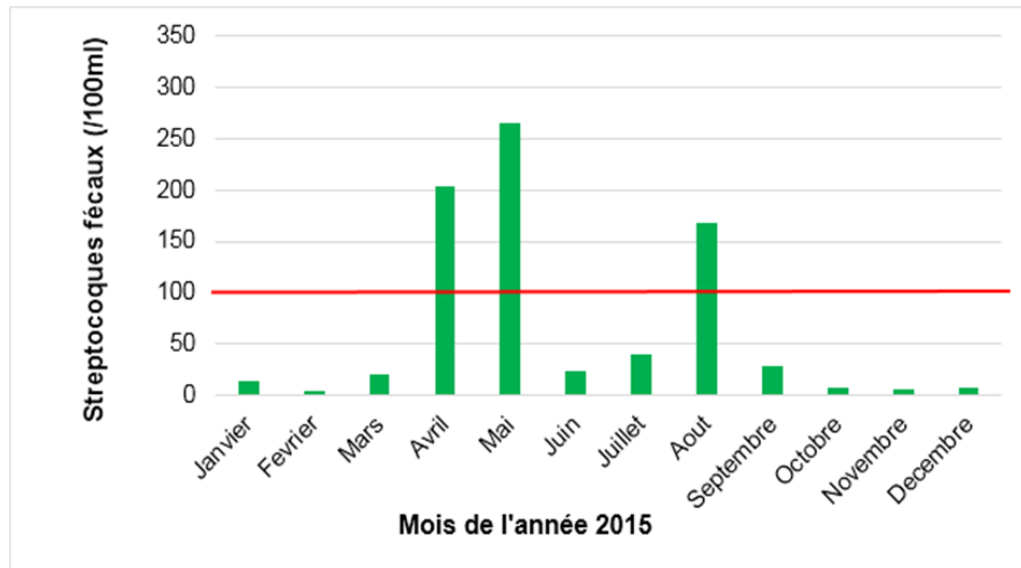
**Figure 9 : Evolution saisonnière des teneurs en coliformes fécaux dans les eaux littorales de Bejaia pour l'année 2015. La barre rouge indique la norme guide.**

En général, les concentrations en coliformes fécaux dans les 33 plages de la côte de Bejaia durant l'année 2015 sont faibles, avec cependant une maximale au mois de Mai dépassant légèrement la norme guide fixée à 100 coliformes/100ml, mais qui reste néanmoins de qualité acceptable. Leurs présences sont dues à une contamination récente (Rodier, 2009). D'après Gaujous (1995), la présence de coliformes fécaux est d'origine humaine.

### 3.1.3. Les streptocoques fécaux

L'évolution des teneurs en streptocoques fécaux en fonction des mois de l'année suit la même évolution que les autres germes mais avec toutefois une augmentation des concentrations dès le mois d'Avril (figure 10).





Source : Données internes de la DSP 2015

**Figure 10 : Evolution saisonnière des streptocoques fécaux dans les eaux de baignade de Bejaia pour l'année 2015. La barre rouge indique la norme guide.**

Les valeurs du mois d'Avril, Mai et Aout sont supérieures aux valeurs guides et témoignent ainsi d'une mauvaise qualité des eaux pendant ces mois. Les streptocoques fécaux sont plus résistants aux conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (Gleeson et Gray, 1997). Leur simple présence suffit à confirmer qu'il y'a pollution (Brisou et Denis, 1978).

### 3.2. Origine de la contamination fécale

L'origine de la pollution fécale est calculée par le rapport coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF). Ce rapport varie en fonction des mois (Figure 11). Nos résultats font apparaitre un pic au mois de juillet, signe d'une contamination exclusivement humaine. Pour tous les autres mois de l'année, la contamination semble être d'une origine mixte (humaine et animale) avec une prédominance humaine à l'exception des mois de janvier, février et décembre dont leur l'origine reste incertaine. La prépondérance de la contamination d'origine humaine est essentiellement due aux rejets domestiques sans traitement dans les milieux côtiers.

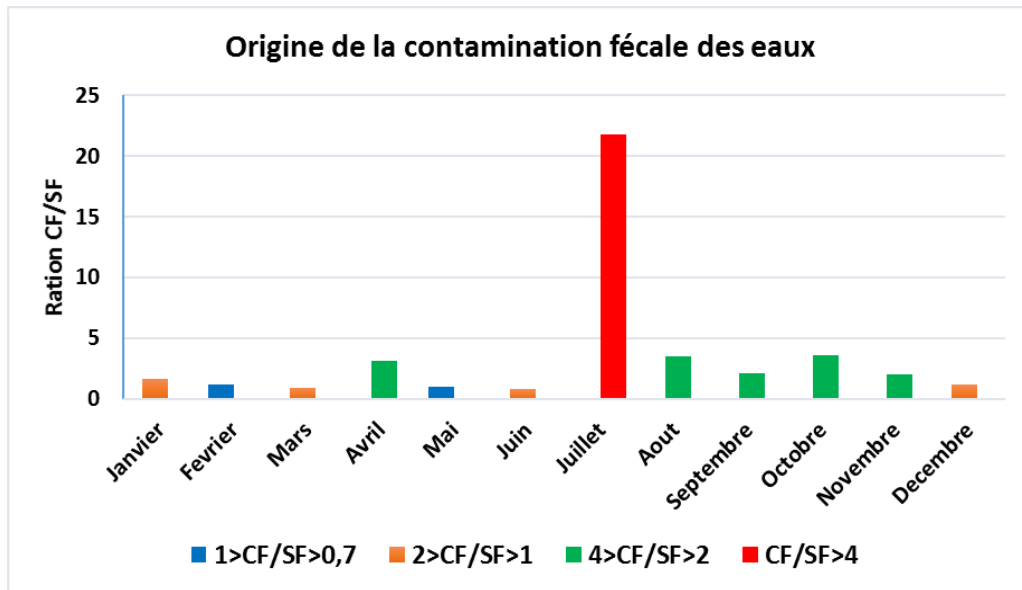


Figure 11 : Evolution saisonnière du rapport CF/SF des eaux de baignade de Bejaia pour l'année 2015.

### 3.3. Qualité des eaux de baignade du littoral de Bejaia pour l'année 2015

En 2015, 61% des 33 plages autorisées à la baignade sur le littoral de Bejaia étaient conformes aux normes de qualité bactériologique minimales établies par les directives nationales et internationales (Figure 12). 6% d'entre elles sont de qualité acceptable et enfin 33% des plages sont de mauvaise qualité.

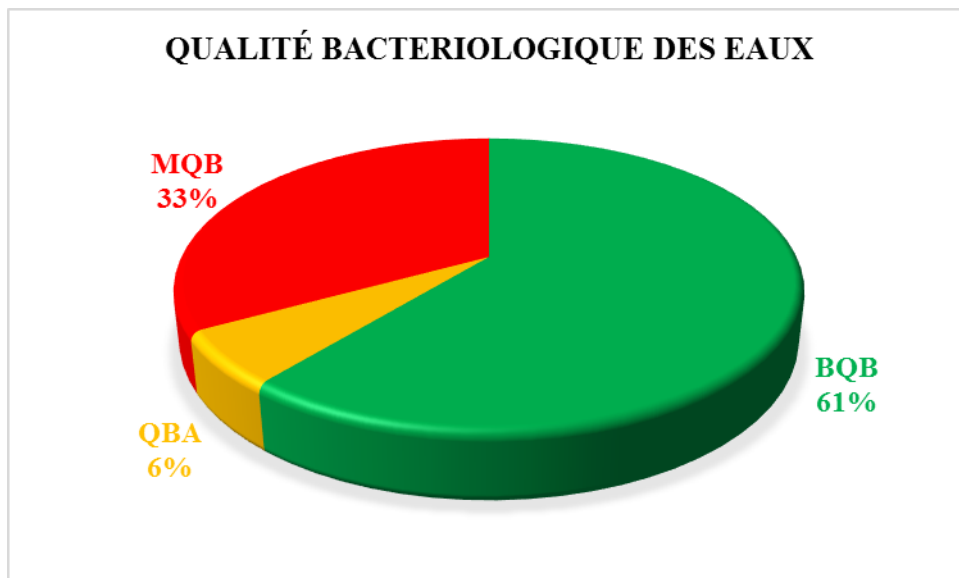


Figure 12 : Répartition des qualités des eaux de baignade des plages de Bejaia en 2015.

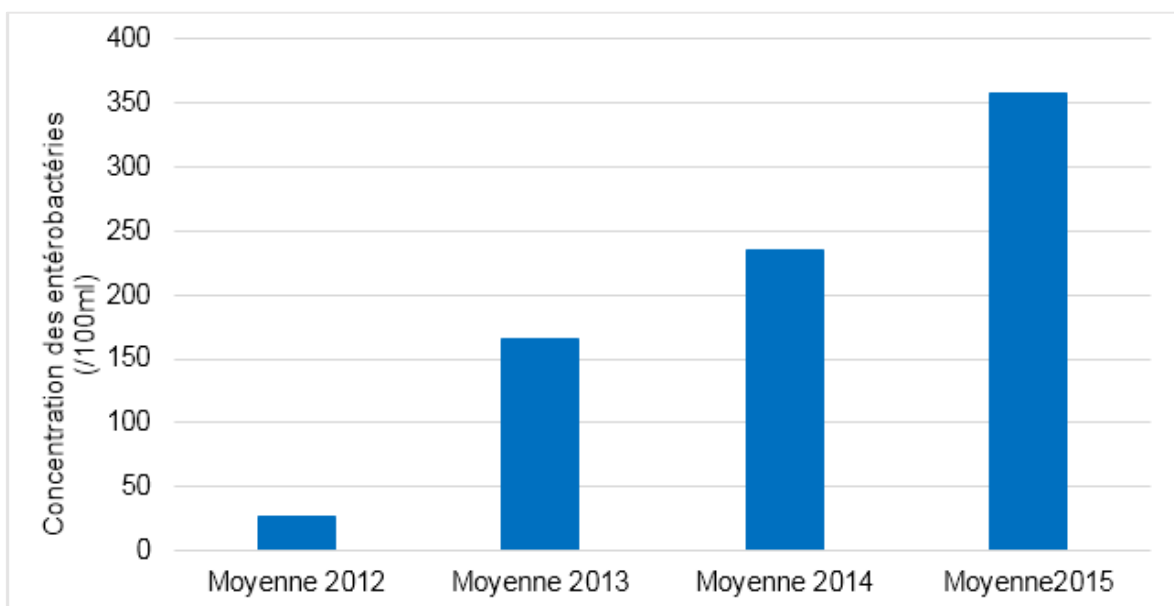


le littoral de Tichy subit aussi une forte pression due aux rejets des eaux usées de la ville qui se déverse directement en mer (STEP à l'arrêt). Concernant **la commune de Souk El Tenine**, elle compte 3 plages autorisées et un seul hôtel (Safsaf). Cet hôtel déverse en moyenne un volume d'eau usée de 7.2 m<sup>3</sup>/j directement en mer sans aucun traitement.

Enfin, sur les plages Ouest, la seule zone d'expansion touristique existante est celle d'Oued Dass. Cette commune compte un seul hôtel (Thaïs) qui est balnéaire. Cet hôtel rejette un volume journalier d'eaux usées estimé à 5.4 m<sup>3</sup>/j, qui se déverse directement sur la plage de Tighremt, ce qui pourrait expliquer la dégradation de cette plage (Annuaire statistique de la wilaya de Béjaia, 2014).

### **3.4. Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignade de Boukhelifa**

Les teneurs moyennes des entérobactéries sur les 5 plages de BOUKHLIFA de l'année 2012 à 2015 sont représentées dans la figure 14.



Source : Données internes de la DSP

**Figure 14 : Evolution spatio- temporelle des entérobactéries dans les eaux de baignade de la commune Boukhelifa.**

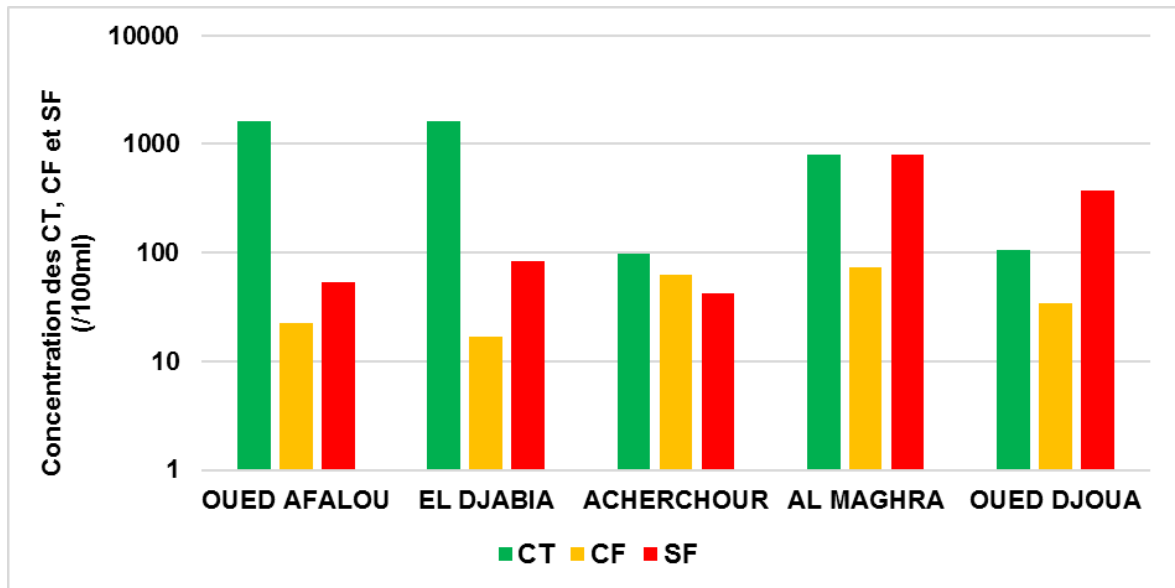
D'après la figure ci-dessus les teneurs des entérobactéries augmentent considérablement au fil des années, dépassant les normes de qualité requise fixées à 100 germes/100ml successivement pour les années 2013, 2014 et 2015. Cette augmentation pourrait s'expliquer par les dysfonctionnements des ouvrages de traitements existants toute au long de la côte pour des raisons techniques ou financières, tel que les 02 stations

d'épuration de Tichy située à proximité qui sont à l'arrêt et déversent leur rejets directement à la mer. Les eaux usées émanant des unités industrielles situées à proximité sont eux aussi incluent, Car ils déversent tous soit directement en mer ou bien en passant par le réseau d'assainissement de la ville ou au niveau des embouchures de l'Oued Soummam (cas de l'unité LA BELLE :  $V=950 \text{ m}^3/\text{j}$ ), et de l'Oued Seghir (cas de la raffinerie d'huile CEVITAL :  $V=216 \text{ m}^3/\text{j}$ ). Le secteur du tourisme participe aussi dans cette augmentation, puisque les plages de Boukhlifa sont très fréquentées, surtout durant la saison estivale, et par sa dense population qui est estimée à 9154 habitants, par conséquent les plages reçoivent tous les rejets d'eaux usées sans aucun traitement au préalable, conduisant à des pressions anthropiques importante, ainsi tous les complexes touristiques de la cote voisine de Tichy déversent leurs rejets directement à la mer sans aucun prétraitement, tel que le complexe des hammadites car le bassin de décantation est à l'arrêt, le même cas pour le complexe Capritour (Annuaire statistique de Bejaia, 2014).

Le littoral de la commune de Boukhlifa est considéré comme saturé principalement sur la côte puisque l'occupation de l'espace y est dense et continue, conduisant par conséquent à une pollution microbiologique qui augmente sensiblement en fonction des années. Cependant, à partir de l'année 2012 les teneurs restent supérieurs à la norme guide fixée et sont par conséquent de mauvaise qualité bactériologique.

### **3.5. Evaluation de la qualité microbiologique de la plage de Boukhlifa pour l'année 2016**

Les premiers résultats d'analyse des paramètres microbiologiques de la saison 2016 de la plage de Boukhlifa (Mars, Avril et Mai) sont représentés dans la figure 15. Des pics en coliformes totaux sont enregistrés au niveau des plages d'EL MAGHRA, OUED AFFALOU et EL DJABIA. Ils affichent des valeurs autour de de 807, 1609 et 1640 germes/100ml respectivement, dépassant ainsi les valeurs guides fixées à 500 germes/100ml. Pour ce qui est des streptocoques fécaux, des teneurs qui dépassent les valeurs guides qui sont fixées à 100 germes /100ml sont notées au niveau des plages AL MEGHRA et OUED DJOUA, elles sont respectivement de 802 et 373 germes/100ml.



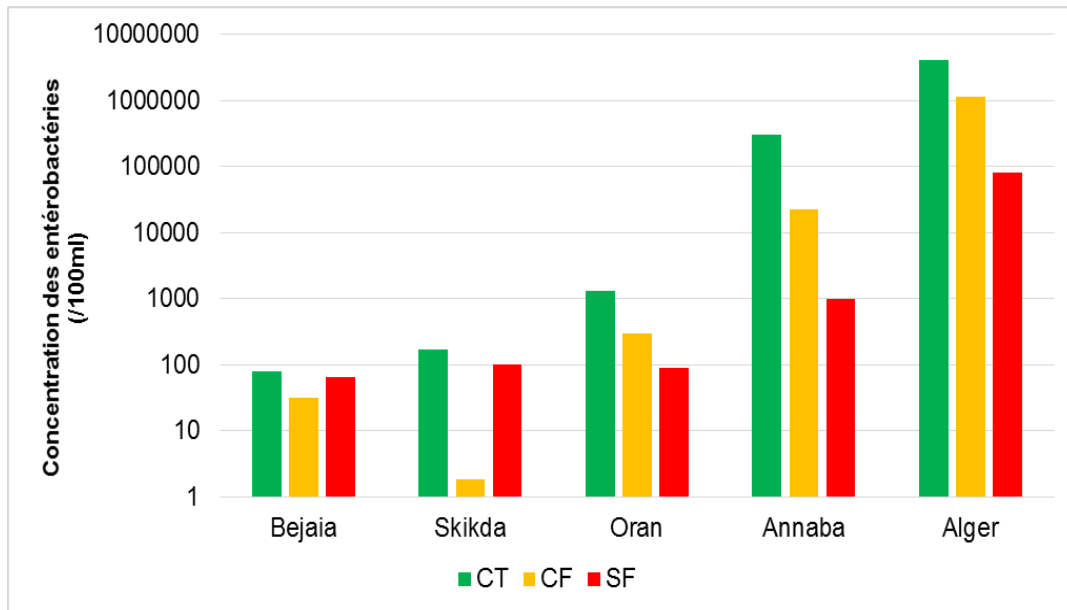
Source : Données internes de la DSP 2016

**Figure 15 : Concentrations des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux des plages de Boukhelifa pour l'année 2016.**

Les plages de BOUKHLIFA reçoivent deux rejets urbains déversés directement en mer (STEP à l'arrêt) au niveau de OUED DJOUA, et des rejets domestiques et urbains non traités au niveau d'AFFALOU et EL DJABIA cela pourrai expliquer les teneurs élevées qui dépassent les valeurs guides fixées dans le décret exécutif n° 93-164 du 10/07/1993 JORA n°46 (Canevas caractérisant les plages ouvertes à la baignade de la wilaya de Bejaia, 2014).

### **3.6. Comparaison de la qualité bactériologique des plages du littoral de Bejaïa avec quelques plages de la côte Algérienne**

Afin de situer la qualité des eaux de baignade du littoral de Bejaia par rapport aux autres régions côtières Algériennes, nous avons établi un bilan comparatif avec quelques grandes villes côtières algériennes dont les données sur les indicateurs de contamination fécale sont disponibles (Figure 16).



**Figure 16 : Valeurs comparatives des trois indicateurs de contamination fécale à travers les principales villes côtières Algériennes :** Bejaia (Données internes de la DSP, 2015), Skikda (Bouhayene, 2015), Oran (Hebbar, 2005), Annaba (Boudraa *et al.*, 2014), Alger (Hamdi et Ait Kaci, 2008).

Les données microbiologiques moyennes annuelles de la région de Bejaia qui sont inscrites sur la figure 3.9 ne représentent pas forcément la même période de l'année que les autres régions côtières, ce qui peut biaiser un peu l'inter-comparabilité des données.

Cependant, nos valeurs sont suffisamment basses, même en période de forte affluence touristique par rapport aux autres régions d'Algérie. En effet, La qualité microbiologique des eaux de baignade de Bejaia s'apparente à celle des autres villes côtières Algériennes peu polluées comme Skikda et à une moindre mesure Oran. Par contre, les plages de Bejaia restent très largement de meilleure qualité que celles de certaines grandes villes comme Alger ou Annaba, qui présentent des eaux de baignade de qualité très médiocre, dépassant largement tous les seuils de salubrité des eaux de baignade (Figure 16).

## **Conclusion et perspectives**

Dans cette étude, nous avons abordé la problématique liée à la pollution microbiologique des eaux de baignade de la cote de Bejaia. A l'aide des analyses bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux), nous avons pu établir un diagnostic préliminaire de la qualité des eaux de baignade du littoral de Bejaia côtiers. Les résultats obtenus nous ont permis de constater que 61% des plages de Bejaia sont de bonne qualité et 33% présentent des qualités insuffisantes, voire mauvaises et concernent les plages de Boukhlifa, Tichy et Souk el Thenine. Les 6% restant concernent les plages de qualité acceptable.

Il ressort de notre étude que la principale source de contamination microbiologique des eaux côtières de Bougie est d'origine urbaine et touristique, liée sans doute à la contamination fécale par les eaux usées déversées directement dans les milieux naturels. Les eaux usées émanant des unités industrielles sont eux aussi incluent, car ils déversent leurs rejets à l'état brut directement à la mer sans aucun traitement. Etant donné que le littoral de Bejaia est parmi les plus fréquentés d'Algérie, il serait préjudiciable de laisser le déversement d'eaux usées sans traitement se poursuivre. La mise en œuvre d'une stratégie de développement des stations d'épurations et de traitement des eaux pourrait représenter une solution pour éviter les pollutions ponctuelles du milieu côtier.

Notre présent travail effectué dans le golfe de Bejaia est partiel et il serait donc nécessaire de compléter cette étude par une large analyse microbiologique (recherche des germes pathogène) pour une meilleure estimation du risque sanitaire et une prévention adéquate.

Il faudrait dans un second temps s'intéresser aux plages interdites à la baignade afin de cerner les causes de leur pollution et proposer des solutions pour leurs réhabilitations.

Le contrôle de qualité des eaux de baignade est une discipline qui s'apparente à de l'océanographie médicale. L'apparente bonne qualité des plages de Bejaia peut être rompue à tout moment à cause de la négligence des questions environnementales et la montée de la précarité. Cependant, ceci pourrait être pris pour un gage positif dans la mesure où il inciterait à revoir certaines règles d'hygiène ainsi que des mesures de prévention, ce qui doit s'avérer bénéfique pour l'avenir de Bejaia et sa région.



## Références bibliographiques :

**Anonyme. (2014).** Annuaire statistique de Bejaia.

**Anonyme. (2014).** Canevas caractérisant les plages ouvertes à la baignade de la wilaya de Bejaia.

**Benhamiche N., Sahi L., Tahar S., Bir H., Madani K., Laignel B. (2014).** Spatial and temporal variability of groundwater quality of an Algerian aquifer: The case of Soummam Wadi., Hydrological Sciences Journal, Doi: 10.1080/02626667.2014.966723.

**Borrego A.F. and Romero P. (1982).** Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. VI<sup>ème</sup> journée Etud. Pollutions, Cannes, France.545-50.

**Boudraa *et al.*, (2014).** Qualité bactériologique et physicochimique de l'eau des plages d'Annaba. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 1-12p.

**Bouhayene S. (2015).** Evaluation bactériologique des eaux de baignade de la baie de Skikda (N. E. Algérien). Thèse de doctorat en Science de la Mer, Université Badji Mokhtar, Annaba.

**Brisou J.F. et Denis F.A. (1978).** Hygiène de l'Environnement Maritime. Edition : Masson, Paris.

**Chedad K., Assobhei O. (2007).** Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, Maroc ; 29 :71-9.

**Delolme H., Boutin J.P., Andre L.J. (1992).** Eau douce et pathologie. Medecine d'Afrique Noire, 39(3) : 165-170.

**Derrien M. (2011).** Validation de l'utilisation des stéroïdes en tant qu'outil de traçage de l'origine des contaminations fécales des eaux de surface. Thèse de doctorat en Science de la Terre, Université de Renne 1, Renne. 33p.

**Dupoiron B. (2005).** Méthodologie d'élaboration des profils de baignade prévus par la future directive européenne : faisabilité de la construction d'un index de fragilité vis-à-vis des contaminations microbiologiques. Mémoire de fin d'études – Formation des ingénieurs du génie sanitaire, Ecole National de la Santé Publique.

**Eberlin T. (1997).** Les infections microbiennes. Edition : Masson, Paris.

**El attiffi E. (2011).** La qualité microbiologie des eaux de baignade. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Mohammad V-SOUISSI, Maroc. 51p.

**Elskens M. (2010).** Analyse des eaux résiduaires- Mesure de la pollution. Technique de l'ingénieur, 1-29p.

**Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D. (2003).** Qualité de l'eau. In : Environnement et Santé Publique. Edition : Technique et Documentation, Paris, 1024p.

**Flint K.P., (1987).** The long-term survival of *Escherichia coli* in river water. Journal of applied bacteriology Vol 63, p261 - 270.

**Gaujous D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2<sup>ème</sup> Edition : Technique et documentation, Lavoisier, Paris.

**Gauthier M. et Pietri C. (1989).** Devenir des bactéries et virus entériques en mer. Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edition : Masson, Paris.

**Hamdi M. et Ait Kaci M. (2008).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued Béni-Messous. Mémoire en Science de la Mer, ISMAL-DEUA sciences de la mer, Alger.

**Hebbar C. (2005).** Surveillance de la qualité bactériologique des eaux de baignade : cas des plages d'Aïn Franin et de Kristel. Magister en Science de l'Environnement et Climatologie, Université d'Oran Es-Senia, Oran.

**Hughes KA. (2003).** Influence of seasonal environmental variables on the distribution of presumptive fecal coliforms around an antarctic research station. Appl Environ Microbial ; 69: 4884-91.

**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.

**Larpent J.P. (1997).** Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire. Edition: Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

**Maane-Messai S., Laignel B., Motelay-Massei A., Madani K., Chibane M. (2010).** Spatial and temporal variability of water quality of an urbanized river in Algeria: The case of Soummam Wadi. *Water Environ Res* 82(8):742-749.

**Mancini J.L., (1978); Flint K.P., (1987).** Numerical estimates of coliform mortality rates under various conditions. *Water pollution control board journal*. p2477 - 2484.

**Maurin C. (1974).** La conchyliculture française : le milieu naturel et ses variations (première partie). Institut scientifique et technique des pêches maritimes. Nantes.

**Maux M. et Simonart T. (2010).** Surveillance microbiologique de l'eau. *Techniques de l'ingénieur*, 1-20p.

**Mouni L., Merabet D., Arkou B.H., Moussaceb K. (2009).** Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Sécheresse*, 20: 360-366.

**Peirache M. (2012).** Qualité des eaux de baignade Vers une analyse rapide des entérocoques intestinaux. Thèse de doctorat en Sciences de l'Environnement, Université du Sud Toulon Var, Toulon.

**Pelmont J. (1993).** Bactéries et environnement : adaptations physiologiques. Edition : Presses Universitaires de Grenoble, Paris.

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

**Pommeuy M., Dupray E., Guillaud JF., Derrien A., L'Yavanc J., Cormier M. (1991).** Rejets urbains et contamination fécale. *Oceanologica acta. Proceedings of the international colloquium on the environment of epicontinental seas*; 11: 321 – 7.

**Pourcher A.M. (1991).** Contribution à l'étude de l'origine de la contamination fécale des eaux de surface. Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois. p. 125.

**Rodier J., Bernard L, Nicole M et coll. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> Edition : Dunod, Paris.

**Stablo C. (1998).** Conséquence sur la santé de la consommation des coquillages de pêche à pied dans le bassin d'Arcachon en période estivale. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux* 137: 91-107.

## **Annexe I : Table de Mac grady et intervalle de confiance des eaux marines**

COMBINAISON DE TUBES POSITIFS	NPP/ 100ML	LIMITE DE CONFIANCE	
		<	>
000	03	0.5	09
001	03	0.5	15
010	03	0.5	13
100	04	0.5	20
101	07	01	21
110	07	01	23
111	11	03	36
120	11	03	36
200	09	01	36
201	14	03	37
210	15	03	44
211	20	07	89
220	21	04	47
221	28	10	150
300	23	04	120
301	39	07	130
302	64	15	380
310	43	07	210
311	75	14	230
312	120	30	380
320	93	15	380
321	150	30	440
322	210	35	470
330	240	36	1300
331	460	71	2400
332	1100	150	4800
333	2400	150	2800

### **NORMES :**

- CTx : 10000      —————→      **Mauvaise Qualité.**
- 500-10000      —————→      **Qualité Acceptable.**
- 100-500      —————→      **Bonne Qualité.**
  
- CFx : 2000      —————→      **Mauvaise Qualité.**
- 100-2000      —————→      **Qualité Acceptable.**
- 100      —————→      **Bonne Qualité.**
  
- SFx : ≤ 100      —————→      **Bonne Qualité.**

## **Annexe II : Milieux de culture et réactifs**

### ➤ **Milieu lactose au bromocrésol pourpre (BCPL)**

<b>Composition</b>	<b>S/C (g/l)</b>	<b>D/C (g/l)</b>
Extrait de viande de bœuf	3	6
Peptone	5	10
Lactose	5	10
Eau distillé	1000 ml	1000 ml

**S/C** et **D/C** : simple et double concentration respectivement.

PH final : 6.7, autoclaver à 120C° pendant 20minutes.

### ➤ **Eau peptonée exempte d'indole (EPI) :**

<b>Composition</b>	<b>g/l</b>
Peptone tryptique de caséine	10
NaCl	5
Eau permutée	1000 ml

### ➤ **Milieu de Rothe :**

<b>Composition</b>	<b>S/C g/l</b>	<b>D/C g/l</b>
Peptone	20	40
Glucose	5	10
NaCl	5	10
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Dihydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4
Eau distillé	1000 ml	1000 ml

**S/C** et **D/C** : simple et double concentration respectivement.

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

➤ **Milieu d'Eva Litsky :**

<b>Composition</b>	<b>g/l</b>
Peptone	20
Glucose	5
NaCl	5
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7
Dihydrogenophospahte de potassium	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyl violet	0.0005
Eau distillé	1000 ml

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

➤ **Réactif d'ERILITH-KOVACS :**

<b>Composition</b>	<b>g/l</b>
Paraméthylamine- benzoaldihyde	3 à 5
Alcool isoamylique	75 ml

### **Annexe III : Caractéristiques des plages de Boukhelifa.**

<b>Nom de la plage</b>	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>Longueur de la plage</b>	<b>Largeur de la plage</b>	<b>Nature géomorphologique de la plage</b>	<b>Niveau de fréquentation de la plage</b>
Oued Djoua	-latitude : 36° 41' 20'' N -longitude : 5° 06' 46'' E	1150 m	30 – 80 m	Sableuse	/
Acherchour	-latitude : 36° 41' N -longitude : 5° 07' 30'' E	2500 m	50 -70 m	Sableuse	Forte fréquentation
El Maghra	-latitude : 36° 40' 55'' N -longitude : 5° 07' 48'' E	1100 m	30 -60 m	Sableuse	Forte fréquentation
El Djabia	-latitude : 36° 40' 46'' N -longitude : 5° 08' 05'' E	900 m	40 - 70 m	/	/
Oued Affalou	-latitude : 36° 40' 34'' N -longitude : 5° 08' 35'' E	2000 m	50 -70 m	Sableuse	Forte fréquentation

**Source :** Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia.

**Annexe IV : Division des plages par secteurs sanitaires de la Wilaya de Bejaia :**

EPSP	Commune	Plages
BEJAIA	BEJAIA	AIGUADES BOULIMAT SAKET
	TOUDJA	OUED DASS TARDEMT TIMRIDJINE
AOKAS	AOKAS	SIDI RIHANE OUED TABELLOUT AOKAS CENTRE OUED ZITOUNA OUED DJEMAA
	TICHY	TAGHZOUYTH CITE BENSaid TICHY CENTRE TICHY STADE HAMMADITES
	BOUKHLIFA	OUED AFFALOU EL DJABIA ACHERCHOUR AL MEGHRA OUED DJOUA
	MELBOU	TASSIFTEL MARSA EL DJORF DAHABI 08 MAI 1945 OUED AGRIOUN
	SOUK EL THENIN	TASSABOUT IGHZER LEBLAT SOUK EL TENINE LOTA PLAGES ENNOUAR IGHIL H'SSAIN
ADEKAR	BENI k'SILA	AIT MENDIL AZAGHAR



## **Annexe V : Canevas caractérisant les plages ouvertes à la baignade de la commune de Boukhlifa**

Wilaya : BEJAIA  
Daïra : TICHY  
Commune : Boukhelifa  
Nom de la plage : Oued Djoua

Coordonnées géographiques : -latitude : **36° 41' 20'' N**  
-longitude : **5° 06' 46'' E**

Langueur de la plage (m) : 1150 m  
Largeur de la plage (m) : 30 – 80 m  
Surveillance de la plage : -Plage surveillée :  oui /  non  
Aménagement de la plage : -Présence d'accès :  oui /  non  
-Présence de parking aménagé : Oui (superficie 500 m<sup>2</sup>)  
-Présence de sanitaire : Oui  
-Autres commodités (à préciser) :.....  
.....

Distance séparant la plage des Agglomérations adjacentes : .....

Nature géomorphologique de la Plage  Sableuse  
 Grève  
 Mixte (mélange de sable et de galets)

Espaces à caractères écologique Présentes au niveau de la plage - Présence d'un cordon dunaire  Oui /  Non  
- Présence d'un lido  Oui /  Non  
- Présence d'un massif forestier  Oui /  Non  
- Présence d'une zone humide  Oui /  Non  
(Si Oui préciser le type de zone humide :.....  
.....)

-Autres (à préciser) :.....  
.....

Evaluation du niveau de Fréquentation de la plage Durant la saison touristique :  Faible fréquentation  
 Fréquentation moyenne  
 Forte fréquentation

Autres observations : Deux Rejets urbains déversés directement en mer (Step à l'arrêt), ainsi des rejets domestiques et des déchets solides et ménagers.

Wilaya : BEJAIA  
Daïra : TICHY  
Commune : Boukhelifa  
Nom de la plage : Acherchour

Coordonnées géographiques : -latitude : **36° 41' N**  
-longitude : **5° 07' 30'' E**

Langueur de la plage (m) : 2500 m  
Largeur de la plage (m) : 50 -70 m  
Surveillance de la plage : -Plage surveillée :  oui /  non  
Aménagement de la plage : -Présence d'accès :  oui /  non (Etat : Carrossable, L= 200 m)  
-Présence de parking aménagé : Oui (superficie 500 m<sup>2</sup>)  
-Présence de sanitaire : NON  
-Autres commodités (à préciser) : Absence de poste de sécurité  
Poste de secours doit être réhabilité ;

Distance séparant la plage des

Agglomérations adjacentes : Zone côtière balnéaire isolée ;  
Nature géomorphologique de la Plage  Sableuse  
 Grève  
 Mixte (mélange de sable et de galets)

Espaces à caractères écologique

Présentes au niveau de la plage - Présence d'un cordon dunaire  Oui /  Non  
- Présence d'un lido  Oui /  Non  
- Présence d'un massif forestier  Oui /  Non  
- Présence d'une zone humide  Oui /  Non  
(Si Oui préciser le type de zone humide :.....  
.....)

-Autres (à préciser) : Le cordon dunaire est dégradé ;  
.....

Evaluation du niveau de Fréquentation de la plage  
Durant la saison touristique :  Faible fréquentation  
 Fréquentation moyenne  
 Forte fréquentation

Autres observations : Parking aménagé au niveau des dunes.  
.....

Wilaya : BEJAIA  
Daïra : TICHY  
Commune : Boukhelifa  
Nom de la plage : El Maghra

Coordonnées géographiques : -latitude : **36° 40' 55'' N**  
-longitude : **5° 07' 48'' E**

Langueur de la plage (m) : 1100 m  
Largeur de la plage (m) : 30 -60 m  
Surveillance de la plage : -Plage surveillée :  oui /  non  
Aménagement de la plage : -Présence d'accès :  oui /  non (Etat : Carrossable, L= 200 m)  
-Présence de parking aménagé : Oui (superficie 500 m<sup>2</sup>)  
-Présence de sanitaire : NON  
-Autres commodités (à préciser) : Absence de poste de sécurité  
Poste de secours doit être réhabilité ;

Distance séparant la plage des

Agglomérations adjacentes : Zone côtière balnéaire isolée ;  
Nature géomorphologique de la Plage  Sableuse  
 Grève  
 Mixte (mélange de sable et de galets)

Espaces à caractères écologique

Présentes au niveau de la plage - Présence d'un cordon dunaire  Oui /  Non  
- Présence d'un lido  Oui /  Non  
- Présence d'un massif forestier  Oui /  Non  
- Présence d'une zone humide  Oui /  Non  
(Si Oui préciser le type de zone humide :.....  
.....)

-Autres (à préciser) : Le cordon dunaire est dégradé ;  
.....

Evaluation du niveau de Fréquentation de la plage  
Durant la saison touristique :  Faible fréquentation  
 Fréquentation moyenne  
 Forte fréquentation

Autres observations : Parking aménagé au niveau des dunes.  
.....

Wilaya : BEJAIA  
Daïra : TICHY  
Commune : Boukhelifa  
Nom de la plage : El Djabia

Coordonnées géographiques : -latitude : **36° 40' 46'' N**  
-longitude : **5° 08' 05'' E**

Langueur de la plage (m) : 900 m  
Largeur de la plage (m) : 40 - 70 m  
Surveillance de la plage : -Plage surveillée :  oui /  non  
Aménagement de la plage : -Présence d'accès :  oui /  non  
-Présence de parking aménagé :  
-Présence de sanitaire  
-Autres commodités (à préciser) Absence de poste de sécurité  
Poste de secours doit être réhabilité ;

Distance séparant la plage des Agglomérations adjacentes : .....

Nature géomorphologique de la Plage  Sableuse  
 Grève  
 Mixte (mélange de sable et de galets)

Espaces à caractères écologique  
Présentes au niveau de la plage - Présence d'un cordon dunaire  Oui /  Non  
- Présence d'un lido  Oui /  Non  
- Présence d'un massif forestier  Oui /  Non  
- Présence d'une zone humide  Oui /  Non  
(Si Oui préciser le type de zone humide :.....  
.....)

-Autres (à préciser) :  
.....

Evaluation du niveau de Fréquentation de la plage  
Durant la saison touristique :  Faible fréquentation  
 Fréquentation moyenne  
 Forte fréquentation

Autres observations : Constructions balnéaire sur les dunes, rejets directement en mer sans traitement  
La collecte des déchets se fait rarement.

Wilaya : BEJAIA  
Daïra : TICHY  
Commune : Boukhelifa  
Nom de la plage : Oued Affalou

Coordonnées géographiques : -latitude : 36° 40'34'' N  
-longitude : 5° 08' 35'' E

Langueur de la plage (m) : 2000 m  
Largeur de la plage (m) : 50 -70 m  
Surveillance de la plage : -Plage surveillée :  oui /  non  
Aménagement de la plage : -Présence d'accès :  oui /  non  
-Présence de parking aménagement : Oui (superficie 600 m<sup>2</sup>)  
-Présence de sanitaire : Non  
-Autres commodités (à préciser) : Absence de poste de sécurité ;  
Poste de secours doit être réhabilité ;

Distance séparant la plage des

Agglomérations adjacentes : 800 m

Nature géomorphologique de la Plage  Sableuse  
 Grève  
 Mixte (mélange de sable et de galets)

Espaces à caractères écologique

Présentes au niveau de la plage - Présence d'un cordon dunaire  Oui /  Non  
- Présence d'un lido  Oui /  Non  
- Présence d'un massif forestier  Oui /  Non  
- Présence d'une zone humide  Oui /  Non  
(Si Oui préciser le type de zone humide :.....  
.....)

-Autres (à préciser) :.....  
.....

Evaluation du niveau de Fréquentation de la plage  
Durant la saison touristique :  Faible fréquentation  
 Fréquentation moyenne  
 Forte fréquentation

Autres observations : Station Balnéaire le long des servitudes des 100 m, rejets domestique et urbains non traités.

**Annexe VI : Listes des principales pathologies liées aux micro-organismes présents dans les matières fécales (Delolme *et al.*, 1992; Stablo, 1998 ; Dupouiron, 2005).**

<b>Origine</b>	<b>Pathologie</b>	<b>Micro-organisme</b>
<b>Bactérie</b>	fièvres typhoïdes ou paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> , Paratyphi A, B et C
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro- entérites aiguës et diarrhées	<i>Escherichia coli</i> entérotoxigènes, Yersinia enterocolitica, Camylobacter jejuni, Shigella, Salmonella spp.
	Pneumopathies	<i>Legionella</i>
	Infections cutanées	<i>Staphylococcus aureus</i>
<b>Virus</b>	Hépatites A et C	Entérovirus
	Poliomyélite	Polyovirus
	Gastro-entérites aiguës et diarrhées	Entérovirus, Rotavirus, Adénovirus, Réovirus et Virus de Norwalk
<b>Parasites</b>	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>
	Gastro-entérites	<i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia lamblia</i>
<b>Champignons</b>	Infections de la sphère Oto-RhinoLaryngologique et oculaire	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Alternaria spp.</i> et <i>Candida spp.</i>

## **Annexe VII : Concentration des coliformes totaux des 33 plages de la côte de Béjaia pour l'année 2015.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre	MOYENNE ANNUELLE	Qualité des eaux
AIGUADES		4	3	3	3	4	30	16	18	7		7	9	Bonne qualité
BOULIMAT		7	3	9	3	5	87	13	117	3		15	26	Bonne qualité
SAKET		4	3	7	4	5	14	26	13	3			9	Bonne qualité
OUED DASS		11	4	3	3	14	11	52	48	28		3	18	Bonne qualité
TARDEMT						3		14					9	Bonne qualité
TIMRIDJIN		7	9	20	3	15	43	4	232	20		20	37	Bonne qualité
SIDI RIHANE	14		12		12	15	15	63	93		4	23	33	Bonne qualité
OUED TABELLOUT	20		23		7	39	7	122	150		9	3	50	Bonne qualité
AOKAS CENTRE	28		3		6	20	17	672	460		15	28	172	Bonne qualité
OEUD ZITOUNA	20		21		8	11	54	610	21		21	9	105	Bonne qualité
OUED DJEMAA	28		43		27	12	33	47	210		23	75	64	Bonne qualité
TAGHZOUYTH				43	17	39	185	420					141	Bonne qualité
CITE BENSALD				75	30	42	6	375					106	Bonne qualité
TICHY CENTRE				39	26	32	72	180					70	Bonne qualité
TICHY STADE				21	117	25	9	722					179	Bonne qualité
HEMMADITES				93	26	25	162	629					187	Bonne qualité
OUED AFALOU				39	1207	41	28	23					267	Bonne qualité
EL DJABIA				64	1222	35	79	15					283	Bonne qualité
ACHERCHOUR				21	9	18	19	660					145	Bonne qualité
AL MAGHRA				28	1202	65	133	25					291	Bonne qualité
OUED DJOUA				20	128	35	146	616					189	Bonne qualité
TASSIFTEL MARSA			43	28	9	10	122	438	93	3			93	Bonne qualité
EL DJORF DAHABI			21	15	39	29	48	18	1100	3			159	Bonne qualité
08-mai-45			11	20	14	35	262	13	460	64			110	Bonne qualité
OUED AGRIOUN					6	28	11	11	64	28			25	Bonne qualité
TASSABOUT					1750	54	163	32	39	64			350	Bonne qualité
IGHZER LEBLAT					1214	50	31	161	150	93			283	Bonne qualité
SOUK EL TENINE					2400	22	280	85	210	75			512	Qualité acceptable
LOTA PLAGE					43	39	290	85	64	4			87	Bonne qualité
ENNOUAR					195	88	88	20	240	4			106	Bonne qualité
IGHIL H'SSAIN					9	55	60	369	460	4			159	Bonne qualité
AIT MENDIL	64		3	43	4	9	8	20	210	20	39	9	36	Bonne qualité
AZAGHAR	39		4	39	3	10	11	12	210	11	28	15	35	Bonne qualité

Source : Données internes de la DSP de Béjaia, Année 2015.

## **Annexe VIII : Concentration des coliformes féaux des 33 plages de la côte de Béjaia pour l'année 2015.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre	MOYENNE ANNUELLE	qualité	
AIGUADES			3	3	3	3	3	13	9	3,5	4	4	5	BQ	
BOULIMAT			4	3	3	3	3	11	6	6,5	3	7	5	BQ	
SAKET			3	3	3	3	3	6	16	5,5	3		5	BQ	
OUED DASS			7	4	3	3	6	4	13	6	9	3	6	BQ	
TARDEMT						3			9				6	BQ	
TIMRIDJIN			4	9	4	3	6	6	4	6	9	7	6	BQ	
SIDI RIHANE	9			15		9	11	11	41	43		3	9	20	BQ
OUED TABELLOUT	15			9		4	20	4	63	23		4	3	18	BQ
AOKAS CENTRE	21			3		4	12	11	15	93		9	21	23	BQ
OEUD ZITOUNA	15			15		4	7	22	604	9		15	4	95	BQ
OUED DJEMAA	21			23		25	8	13	33	93		9	43	34	BQ
TAGHZOUYTH					23	8	24	64	185					61	BQ
CITE BENSAID					43	19	20	12	152					49	BQ
TICHY CENTRE					23	15	17	11	64					26	BQ
TICHY STADE					15	9	16	8	180					45	BQ
HEMMADITES					43	15	12	76	69					43	BQ
OUED AFALOU					23	1204	21	8	13					254	QA
EL DJABIA					39	1208	22	34	11					263	QA
ACHERCHOUR					15	7	11	13	69					23	BQ
AL MAGHRA					21	1202	16	28	15					256	QA
OUED DJOUA					15	124	17	19	37					42	BQ
TASSIFTEL MARSA				23	21	6	5	23	25	43	3			19	BQ
EL DJORF DAHABI				15	9	13	17	23	15	75	3			21	BQ
08-mai-54				7	15	6	17	66	9	93	39			32	BQ
OUED AGRIOUN						3	17	7	7	23	21			13	BQ
TASSABOUT						556	33	41	19	23	39			118	QA
IGHZER LEBLAT						16	33	12	56	93	43			42	BQ
SOUK EL TENINE						9	12	34	34	43	39			28	BQ
LOTA PLAGÉ						23	23	49	6	39	4			24	BQ
ENNOUAR						52	37	42	14	93	4			40	BQ
IGHIL H'SSAIN						4	34	38	553	75	4			118	QA
AIT MENDIL	23			3	23	3	3	4	13	3	14	9	4	8	BQ
AZAGHAR	14			3	9	3	5	6	8	3	7	7	9	6	BQ

Source : Données internes de la DSP de Béjaia, Année 2015.



## **Annexe IX : Concentration des streptocoques féaux des 33 plages de la côte de Béjaïa pour l'année 2015.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre	MOYENNE ANNUELLE	QUALITE DES EAUX
AIGUADES		3	3	3	3	3	3	10	107	3	4	4	14	BQ
BOULIMAT		3	4	3	3	3	3	5	3	5	15	7	5	BQ
SAKET		3	7	3	3	3	3	5	3	12	9		5	BQ
OUED DASS		3	3	3	9	8	3	1202	9	28		7	127	mauvaise
TARDEMT					7			7					7	BQ
TIMRIDJIN		11	3	4	7	4	6	77	4	20		3	14	BQ
SIDI RIHANE	7		75		3	36	8	607	23		11	3	108	BQ
OUED TABELLOUT	7		39		9	11	30	142	75		7	7	45	BQ
AOKAS CENTRE	11		11		7	34	5	14	64		7	14	21	BQ
OEUD ZITOUNA	4		28		6	26	19	27	11		4	11	18	BQ
OUED DJEMAA	14		20		552	30	9	142	43		3	23	117	BQ
TAGHZOUYTH				28	7	16	20	54					25	BQ
CITE BENS Aid				2400	12	24	14	41					498	mauvaise
TICHY CENTRE				1100	6	21	33	34					239	mauvaise
TICHY STADE				28	7	38	25	18					23	BQ
HEMMADITES				460	28	38	23	152					140	mauvaise
OUED AFALOU				3	1202	10	3	625					369	mauvaise
EL DJABIA				3	1202	44	14	605					374	mauvaise
ACHERCHOUR				3	1202	44	15	627					378	mauvaise
AL MAGHRA				3	1202	18	30	302					311	mauvaise
OUED DJOUA				3	552	34	34	611					247	mauvaise
TASSIFTEL MARSA			11	3	3	21	49	17	75	3			23	BQ
EL DJORF DAHABI			75	3	3	27	13	6	28	3			20	BQ
08-mai-45			20	11	3	35	37	3	23	3			17	BQ
OUED AGRIOUN					3	26	93	3	39	3			28	BQ
TASSABOUNT					1202	37	17	14	20	21			219	mauvaise
IGHZER LEBLAT					1206	31	620	20	75	3			326	mauvaise
SOUK EL TENINE					119	55	34	8	11	3			38	BQ
LOTA PLAG					28	31	31	7	93	3			32	BQ
ENNOUAR					111	41	28	13	3	3			33	BQ
IGHIL H'SSAIN					15	19	33	14	3	3			14	BQ
AIT MENDIL	43		3	7	3	3	3	12	3	7	3	3	5	BQ
AZAGHAR	15		3	4	3	3	6	7	11	3	3	3	5	BQ

**Source : Données internes de la DSP de Béjaïa, Année 2015.**

**Annexe X : Concentration des coliformes totaux des plages de Boukhlifa pour l'année 2016.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	MOYENNE
OUED AFALOU			2400	28	2400	1609
EL DJABIA			2400	120	2400	1640
ACHERCHOUR			210	43	43	99
AL MAGHRA			2400	11	11	807
OUED DJOUA			210	93	11	105

Source : Données internes de la DSP de Béjaia, Année 2015.

**Annexe XI : Concentration des coliformes fécaux des plages de Boukhlifa pour l'année 2016.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	MOYENNE
OUED AFALOU			28	11	28	22
EL DJABIA			15	7	28	17
ACHERCHOUR			150	23	15	63
AL MAGHRA			210	4	4	73
OUED DJOUA			75	23	4	34

Source : Données internes de la DSP de Béjaia, Année 2015.

**Annexe XII : Concentration des streptocoques fécaux des plages de Boukhlifa pour l'année 2016.**

	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	MOYENNE
OUED AFALOU			150	3	9	54
EL DJABIA			240	3	11	85
ACHERCHOUR			120	3	4	42
AL MAGHRA			2400	3	4	802
OUED DJOUA			1100	14	4	373

Source : Données internes de la DSP de Béjaia, Année 2015.

## Résumé

---

Les plages de Bejaia sont parmi les plus fréquentées d'Algérie pendant la saison estivale. Cependant, ces plages sont soumises à une forte pression anthropique qui se traduit par une contamination bactériologique d'origine fécale liée aux rejets d'eaux usées sans traitement. Afin de prévenir les risques sanitaires de cette contamination, on se propose dans ce mémoire de mener une évaluation de la qualité microbiologique des 33 plages autorisées à la baignade du littoral de Bejaia à partir des analyses mensuelles réalisées par la direction de santé des populations (DSP) pour l'année 2015, pour l'année 2012 à 2015 pour la commune de Boukhlifa et les premiers mois de l'année 2016.

Le contrôle de qualité des eaux de baignade repose essentiellement sur la détection et l'énumération des bactéries indicatrices de contamination fécale, dont les germes recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. L'évolution saisonnière des concentrations bactériennes révèlent des niveaux de contamination légèrement élevés pendant les saisons estivales en raison de la forte fréquentation des plages pendant cette période. Cependant, la qualité microbiologique des plages de Bejaia restent de bonne qualité pour 61% d'entre elles au regard des normes nationales et internationales. Seules 33% des plages présentent une qualité microbiologique médiocre. Ces plages sont essentiellement situées sur la côte Est qui est soumise à de très fortes pressions anthropiques par rapport à la côte Ouest. L'origine de la contamination bactérienne reste majoritairement humaine, sans doute liée aux rejets des eaux usées dans la baie de Bejaia par le biais des émissaires de la ville où charriée par le fleuve de la Soummam.

**Mots clés :** eaux de baignade, contamination fécale, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, littoral de Bejaia.

## Abstract

---

Bejaia's beaches are among the busiest in Algeria during the summer season. However, these beaches are subject to heavy human pressure leading to bacterial contamination related to fecal wastewater discharges without treatment. In order to prevent health risks of this contamination, we propose in this paper to lead a microbiological quality evaluation of the 33 beaches authorized for swimming of the coast of Bejaia from monthly analyzes conducted by the Public Health Department for all of 2015, for the year 2012-2015 for the municipality of Boukhlifa and the first months of 2016. The bathing water quality control is mainly based on the detection and enumeration of bacteria indicative of fecal contamination, which sought germs are total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci. The seasonal changes in bacterial concentrations show slightly elevated levels of contamination during the summer season because of the high traffic beaches during this period. However, the microbiological quality of the beaches of Bejaia are good for 61% of them under national and international standards. Only 33% of the beaches have poor microbiological quality. These beaches are mainly located on the east coast that is subject to strong anthropogenic pressures from the West Coast. The origin of bacterial contamination remains mostly human, probably related to discharges of wastewater into the bay Bejaia through the emissaries of the city carted out by the river of Soummam.

**Keywords:** bathing water, fecal contamination, total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci, coast of Bejaia.