

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences biologiques

**Spécialité/Option :** biologie moléculaire et cellulaire

**Département :** Biologie

### Thème

**Contribution à l'étude microbiologique de l'eau de baignade de la région de Guelma : cas piscine et de la retenue naturelle (la digue de Rasfa)**

Présenté par :

- TAYOUDJ INTISSAR
- HABBACHE INES
- BOUMAAZA RAYENE
- TRIKI MERIEM

Devant le jury composé de :

Président : AISSAOUI .R	MCB	Université de Guelma
Examineur : BOUTELDJA .M	MAB	Université de Guelma
Encadreur : HADDIDI. I	MAB	Université de Guelma

Juin 2022

# Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant De nos avoir guidés durant toutes ces années et nos a permis de réaliser ce travail en nous Donnant la force, la patience et la volonté.

Nos remerciements s'adressent à notre encadrante :

Melle Haddidi Imane

pour avoir dirigé notre projet de fin d'étude.

La confiance et le Soutien, qu'elle nous a accordé,

nous ont permis de mener à bien ce Travail

Nous remercions sincèrement tous les membres

de jury ; Mr (Aissaoui.R )de nos avoir fait

l'honneur de présider le jury et évaluer ce

modeste travail, Mme (Boutheldja.M) d'avoir

accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants et les responsables de Laboratoire

du Département de Biologie de l'Université

de Guelma. Merci à toutes les personnes qui Nos

ont aidé de près ou de loin dans la réalisation

De ce mémoire.

*Intissar*  
*Rayane*

*Ines*  
*Meriem*



# *Dédicace*

Avant tout , louange à « Allah » tout puissant qu'il m'a guidé tout au long de ma vie , qu'il m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles , qu'il m'a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui .

Je dédis le fruit de 18 ans de mes étude surtout a :

A mes très chères parents , « ma mère souhaila et mon père youcef qui m'ont entouré de tout pour leur amour , leur tendresse , et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie .

A mes chère frères :Mouataz et Mountacir.

A mes grande mère et mon grande père que dieu la garde.

À tous mes tantes et mes oncles

A tous mes amis ( es ) avec lesquels ( les ) j'ai partage des moments exceptionnels de joie et de bonheur.

**Intissar**

# *Dédicace*

*Je dédie cette thèse à...*

*Mes parents, pour leurs Sacrifices et  
encouragements à mon égard, que Dieu  
leur Accorde une longue vie.*

*À mon mari ,pour encouragement  
permanent, et soutien moral.*

*À mes frères Amar et Rami*

*À mes collègues*

*À toutes ma famille de près ou de loin*

*Pour m'avoir constamment soutenu moralement  
et M'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés  
Rencontrées.*

***Ines***

# *Dédicace*

Avec tout amour éternel et avec l'intensité de mes émotions je dédie ce modeste travail premièrement à dieu , le tout puissant ,pour la patience ,la compétence et la courage qu'il m'a donner arriver à ce stade.

A l'âme de mon cher père Boumaaza salim ,qui toujours poussé et motivé dans mes études ,c'est lui à qui je dois la réussite, pour l'éducation qu'il m'a prodiguée;avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'il a consentis à mon égard ,pour le sens du devoir qu'il m'a enseigné depuis mon enfance , j'espère que vous êtes notre soutien et toujours en bonne santé .

A l'âme de ma chère mère Boudjahem nour el houda ,autant de phrase aussi expressives soient-elle ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi ,tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours ,en ce jour mémorable ,pour moi ainsi que pour toi ,reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime, puisse le tout puissant te donne santé ,bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mes chères sœurs rafia,rana,pour leurs encouragements permanents ,et leur soutien moral en témoignage de l'attachement ,de l'amour et de l'affection que je porte pour vous, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur ,santé et de réussite.

Je le dédie à Ma famille mes oncles mes tantes mes cousins...

À ceux que j'aime et je respecte.

Je le dédie également à mes chères amies de toujours :yasmine,nafissa, nafissa, Sabrin...,avec qui,j'ai surmonté les difficultés qu'on a vécu , merci pour votre amitié précieuse et pure ainsi pour votre soutien, et des moments agréables que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail.

Je le dédie à Mes binômes Intissar, Inès,Sara

À ceux que j'aime et je respecte

***Rayane***

# Sommaire

Remerciements

Résumé

Introduction..... [2-3]

Partie I : étude bibliographique..... [6-36]

## Chapitre 01 :L'Eau

1- L'eau dans le monde.....	6
2- Ressources hydriques en Algérie.....	7
3- Les différents utilisation de l'eau : .....	9
3-1- Usage quotidien .....	9
3-2- Usage industriel .....	9
3-3- Usage agricole : .....	10
3-4- L'eau de source L'énergie : .....	10
4- Pollution de l'eau.....	10
4-1- Origine de la pollution de l'eau.....	11
4-1-1- Pollution d'origine anthropique .....	11
4-1-2- Pollution naturel.....	13
4-2- Les principaux polluants	13

## Chapitre 02 :Eau de loisirs

1- Baignades .....	18
2- Piscine .....	18
2-1- Définition de piscine.....	19
2-2- Définitions du terme « piscine » à l'étranger.....	19
2-3- Piscine olympique .....	20
2-4- Piscine semi olympique.....	20
2-5- Les diffèrent type de piscine.....	20

3- Traitement des piscines.....	22
4- Les Risque sanitaire liée au piscine.....	22
4-1- Les Risque sanitaire physicochimique .....	22
4-2- Les Risque sanitaire microbiologique .....	25
5- Mesure d'hygiène pour les baigneurs : .....	26

### Chapitre 03 :Les maladies a transmission hydrique

1- Définition.....	28
2-1- Les maladies d'origine bactérienne.....	29
• Choléra : .....	29
• La Fièvre typhoïde et paratyphoïde : .....	30
• Les diarrhées aiguës et les dysenteries.....	31
• La leptospirose .....	32
2-2- Les maladies d'origine virale.....	33
❖ La poliomyélite.....	33
❖ Les hépatites virales.....	33
2-3-Maladies d'origine fongique.....	34
➤ La candidose.....	34
➤ Les dermatophytose.....	34
2-4- Les maladies d'origine parasitaire.....	35
a- Les amibiases.....	35
b- Le paludisme : .....	35

## Partie II : étude expérimental..... [38-70]

### Chapitre 01 : Matériels et méthodes

1- Présentation de la zone d'étude.....	38
1-1- Localisation géographique.....	38
2- Prélèvement et choix des stations.....	39
2-1- Choix de stations.....	39
2-2- Echantillonnage et mode de prélèvement.....	40
3- Les analyses bactériologiques .....	41

<b>1- Recherche et dénombrement des germes revivifiabiles.....</b>	<b>42</b>
<b>2-Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.....</b>	<b>44</b>
<b>a. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants <i>E. coli</i>...</b>	<b>44</b>
<b>b. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....</b>	<b>46</b>
<b>c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).</b>	<b>48</b>
<b>3- Recherche des germes pathogènes.....</b>	<b>49</b>
<b>a. Recherche des <i>Staphylocoques</i>.....</b>	<b>50</b>
<b>b. Recherche de <i>Shigella</i>.....</b>	<b>50</b>
<b>c. Recherche des Salmonelles.....</b>	<b>51</b>
<b>d-Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>.....</b>	<b>52</b>
<b>e-Recherche de <i>Vibrio cholérique</i>.....</b>	<b>53</b>

## **Chapitre02 : résultats et discussion**

<b>1-Les résultats des analyses microbiologiques.....</b>	<b>57</b>
<b>1-1-résultats et dénombrement des germes revivifiabiles.....</b>	<b>58</b>
<b>1-2-Résultat du dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.....</b>	<b>60</b>
<b>1-3-Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux.....</b>	<b>62</b>
<b>1-4-Résultat du dénombrement des spores des anaérobies sulfito-reducteurs.....</b>	<b>64</b>
<b>1-5-Résultat du dénombrement des germes pathogènes.....</b>	<b>65</b>
<b>A- Evaluation des germes <i>Shigella</i>.....</b>	<b>65</b>
<b>B-Evaluation des germes <i>Pseudomonas aeruginosa</i>.....</b>	<b>67</b>
<b>C-Evaluation des germes selmonella.....</b>	<b>67</b>
<b>D-Evaluation des germes <i>Vibrio cholériques</i>.....</b>	<b>68</b>
<b>E-Evaluation des germes <i>Staphylococcus aureus</i>.....</b>	<b>70</b>

**Conclusion.....** 72

**Références bibliographiques**

**Annexes**

## Liste des abréviations

AEP :Adduction de l'eau potable

Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

ASR :Anérobie sulfitoréducteur

Bcpl : Bouillon lactose au pourpre bromocrésolé

D/C :Double concentration

E. Coli :Esherichia coli

ETEC :Esherichia coli entérotoxinogène

FINA :fédération nationale de natation

INSERM :institut national de la santé et de la recherche médicale

INSP :institut nationale de la santé publique

MTH :les maladie a transmission hydrique

NPP :Nombre le plus probable

OMS :organisation mondiale de la santé

PED :pays en développement

S/C :simple concentrationSS :Salmonella-Shigella

TGEA : Géllose numération : Gélostryptone-glucose extrait de levure

VF :viande de fois

VHA :virus hépatiteA

VHE :virus hépatiteE

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Répartition en volume et en pourcentage des différentes sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur terre	<b>7</b>
<b>Tableau 2 :</b> Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie	<b>8</b>
<b>Tableau 03 :</b> Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique	<b>13</b>
<b>Tableau 04 :</b> résumé des fréquences de prélèvement	<b>41</b>
<b>Tableau 05:</b> Qualité requise des eaux de baignade	<b>57</b>
<b>Tableau 06 :</b> Origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF)	<b>64</b>
<b>Tableau 07 :</b> Evaluations du nombre des spores des ASR dans les sites de prélèvement	<b>64</b>
<b>Tableau 08 :</b> Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu Hektoen	<b>67</b>
<b>Tableau 09 :</b> Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu (SS)	<b>69</b>
<b>Tableau 10 :</b> Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu GNAB	<b>70</b>
<b>Tableau 11 :</b> Recommandations pour les concentrations d'indicateurs de matières fécales dans les eaux douces à vocation récréative définies par d'autres pays ou d'autres organisations	<b>anex</b>
<b>Tableau 12 :</b> Norme fixé pour les eaux de piscine	<b>anex</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : L'indice de choléra dans le monde	<b>29</b>
<b>Figure 2</b> : Pays touchés du choléra, 2010-2015	<b>30</b>
<b>Figure 3</b> : Distribution géographique de l'incidence des cas de fièvre typhoïde	<b>31</b>
<b>Figure 4</b> : Localisation de zone d'étude	<b>38</b>
<b>Figure 5</b> : la digue de Rasfa	<b>39</b>
<b>Figure 6</b> : Piscine de l'OPOW	<b>40</b>
<b>Figure 7</b> : Dénombrement des micro-organismes révivifiables à 22°C et à 37°C dans les eaux	<b>43</b>
<b>Figure 8</b> : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes	<b>46</b>
<b>Figure 9</b> : Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (Labres et Mouffok, 2008).	<b>47</b>
<b>Figure 10</b> : Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs	<b>49</b>
<b>Figure 11</b> : Recherche et identification du staphylocoque pathogène ( <i>S. aureus</i> )	<b>50</b>
<b>Figure 12</b> : La recherche et identification des <i>Shigella</i> dans les eaux	<b>51</b>
<b>Figure 13</b> : Recherche des salmonella dans les eaux	<b>52</b>
<b>Figure 14</b> variation du nombre des germes revivifiables à 22°C dans les sites de prélèvement	<b>58</b>
<b>Figure 15</b> variation du nombre des germes revivifiables à 37°C dans les sites de prélèvement	<b>59</b>
<b>Figure 16</b> : Variation du nombre des coliformes totaux /100 ml dans les sites de prélèvement.	<b>60</b>
<b>Figure 17</b> : Variation du nombre des coliformes fécaux/100 ml dans les sites de prélèvement.	<b>61</b>
<b>Figure 18</b> : Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes fécaux dans le milieu Schubert	<b>62</b>
<b>Figure 19</b> : La variation du nombre des streptocoques fécaux/100 ml dans les différentes stations de prélèvement	<b>63</b>
<b>Figure 20</b> : Présence (A= digue de Rasfa), et absence (B= piscine) des anaérobies sulfite-réducteurs sur milieu Viande foie.	<b>64</b>
<b>figure 21</b> : La variation du nombre des <i>Vibrio cholériques</i> dans les différentes stations de prélèvement	<b>65</b>
<b>Figure 22</b> : La variation du nombre des salmonelles dans les différentes stations de prélèvement	<b>66</b>
<b>Figure 23</b> : La variation du nombre des <i>Vibrio cholériques</i> dans les différentes stations de prélèvement	<b>68</b>

## Résumé

Les eaux de baignade constituent une part importante des loisirs actifs au monde. La qualité hygiénique de ces eaux est d'une importance capitale. Le risque sanitaire lié à la pollution des eaux de baignade est avant tout microbiologique. La transmission des microorganismes peut se faire par ingestion d'eau ou par contact direct avec la peau et les muqueuses. Principalement amenés par les rejets des eaux usées, les bactéries et les virus d'origine fécale sont les principaux microorganismes qui altèrent la qualité sanitaire des eaux de baignade. L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité microbiologique des eaux de baignades pour protéger la santé humaine.

Le contrôle des eaux de baignade repose essentiellement sur la détection et l'énumération de bactéries indicatrices de risque fécale (les coliformes thermotolérants, *E. coli*, Streptocoques), et de certaines bactéries pathogènes (Shigelles, salmonelles, *pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholériques*, et *staphylococcus aureus*). Ce contrôle est réalisé selon des méthodes classiques d'énumération après mise en culture sur milieu spécifique.

Par ailleurs, l'analyse montre la présence de pollution bactériologique dans tous les échantillons étudiés de la digue de Rasfa. Cette pollution constitue un danger non négligeable pour la santé des populations qui fréquentent ce lieu. Aussi, les résultats des analyses effectuées sur l'eau de piscine ont fait ressortir que ces eaux sont de qualité bactériologique excellente du moment qu'elles ne contiennent pas un taux de germes totaux considérable et l'absence des germes pathogènes, on peut conclure que les systèmes de filtration d'eau de piscine et les désinfectants utilisés (chlore) jouent un rôle important dans l'élimination des germes, donc indiquer l'efficacité du traitement.

**Mots clés :** Eaux de baignade, Pollution, Risques sanitaires

## **Abstract**

Bathing waters are an important part in active leisure in the world. The hygienic quality of these waters is of paramount importance. The health risk associated with pollution of bathing water is above all microbiological. The transmission of microorganisms can be achieved by ingestion of water or by direct contact with skin and mucous membranes. Mainly brought about by discharges of sewage, bacteria and viruses of fecal origin are the main microorganisms that affect the sanitary quality of bathing water. The objective of our work is to assess the bacteriological quality of bathing water, in order to protect human health

Monitoring of bathing water is mainly based on the detection and enumeration of fecal indicator bacteria risk (thermotolerant coliforms, *E. coli*, Streptocoques), and certain pathogenic bacteria (*Salmonella*, *pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholera*, and *staphylococcus aureus*). This control is performed according to standard methods of enumeration after culturing in specific medium.

In addition, the analysis shows the presence of bacteriological pollution in all the samples studied from the Rasfa dyke. This pollution constitutes a considerable danger for the health of the populations which frequent this place. Also, the results of the analyzes carried out on the swimming pool water have shown that these waters are of excellent bacteriological quality as long as they do not contain a considerable total germ rate and the absence of pathogenic germs. In addition, the analysis shows the presence of bacteriological pollution in all the samples studied from the Rasfa dyke. This pollution constitutes a considerable danger for the health of the populations which frequent this place. Also, the results of the analyzes carried out on the swimming pool water have shown that these waters are of excellent bacteriological quality as long as they do not contain a considerable total germ rate and the absence of pathogenic germs.

**Keywords:** Bathing Water, Pollution, Health Hazards

## الملخص

تعتبر مياه الاستحمام جزءًا مهمًا من الأنشطة الترفيهية النشطة في جميع أنحاء العالم. الجودة الصحية لهذه المياه لها أهمية قصوى. المخاطر الصحية المرتبطة بتلوث مياه الاستحمام هي قبل كل شيء ميكروبيولوجية. يمكن أن يحدث انتقال الكائنات الحية الدقيقة عن طريق تناول الماء أو عن طريق التلامس المباشر مع الجلد والأغشية المخاطية. تُعد البكتيريا والفيروسات المتأتية من البراز، الناتجة بشكل أساسي عن تصريف مياه الصرف الصحي، الكائنات الحية الدقيقة الرئيسية التي تؤثر على الجودة الصحية لمياه الاستحمام. الهدف من عملنا هو تقييم الجودة الميكروبيولوجية لمياه الاستحمام لحماية صحة الإنسان.

يعتمد التحكم في مياه الاستحمام أساسًا على اكتشاف وتعداد بكتيريا مؤشر مخاطر البراز (القولونيات المقاومة للحرارة، الإشريكية القولونية، العقدية (، وبعض البكتيريا المسببة للأمراض) الشغيلة، السالمونيلا، الزائفة الزنجارية، الضمة الكوليرية، المكورات العنقودية الذهبية). (يتم إجراء هذا الفحص باستخدام طرق التعداد القياسية بعد الزراعة على وسط معين.

بالإضافة إلى ذلك، أظهر التحليل وجود تلوث جرثومي في جميع العينات المدروسة من سد الرصفة. يشكل هذا التلوث خطرًا كبيرًا على صحة السكان الذين يترددون على هذا المكان. كما أظهرت نتائج التحليلات التي أجريت على مياه حمام السباحة أن هذه المياه ذات جودة بكتريولوجية ممتازة طالما أنها لا تحتوي على نسبة جرثومية إجمالية كبيرة وغياب الجراثيم المسببة للأمراض، يمكننا أن نستنتج أن حمام السباحة تلعب أنظمة تنقية المياه والمطهرات المستخدمة (الكور) دورًا مهمًا في القضاء على الجراثيم، مما يشير إلى فعالية العلاج.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الاستحمام، تلوث، مخاطر صحية



# **INTRODUCTION**

## Introduction

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment ; éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole. Ses usages sont donc multiples mais, s'agissant de santé humaine.

Notre civilisation moderne et surtout dans la période estivale utilise de plus en plus le milieu aquatique pour les loisirs, les vacances et diverses activités nautiques et ludiques, pour lesquels la gestion des risques sanitaires suscite une attention particulière.

Si la baignade constitue une activité de loisirs qui permet détente et exercices physiques bénéfiques pour la santé, elle peut néanmoins présenter certains risques. Ceux-ci sont liés, soit à la qualité de l'eau, soit à des activités associées à la baignade et souvent à des comportements.

Les eaux de baignades peuvent être contaminés, que ce soit par des polluants d'origine hydrique provenant de sources externes environnementale comme les eaux usées urbaines, issues de l'assainissement collectif ou individuel, par des eaux de ruissellement ou par des sources ponctuelles ou temporaires de pollution comme les excréments d'animaux domestiques ou sauvages, mais sa principale source provient des baigneurs, lesquels libèrent naturellement dans l'eau de nombreux germes, parfois pathogènes, par l'intermédiaire de la peau, des phanères ou des sécrétions (fèces, urine, sueur, etc.). Les voies d'exposition concernent principalement l'ingestion d'eau, le contact cutané et, dans une moindre mesure, la voie respiratoire.

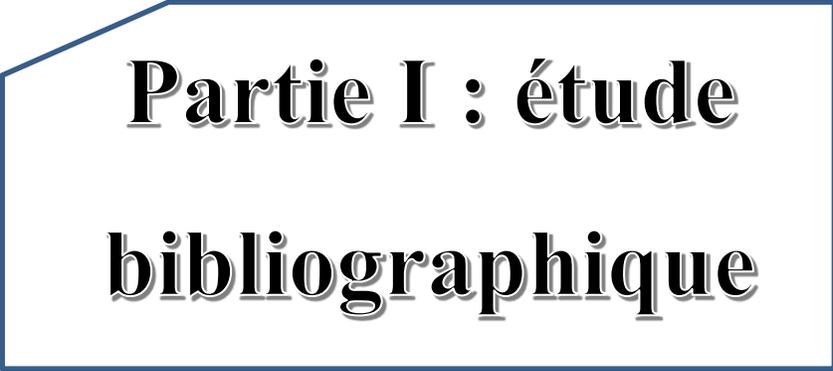
La plupart des micro-organismes généralement liés aux piscines comprennent *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium* spp., *Staphylococcus aureus*, Legionellae, *Cryptosporidium parvum*, Giardia, Microsporidia, Dermatophytes et champignons kératinophiles et *Molluscum contagiosum*, hépatite A et E. Cela signifie que le risque lié à ces pollutions est principalement microbiologique (bactéries, virus, protozoaires et champignons microscopiques), qui peuvent provoquer des infections des oreilles et des yeux, des infections du système digestif, des maladies de la peau, des infections des voies respiratoires supérieures chez les nageurs et des infections systémiques, en particulier chez ceux qui sont des individus immunodéprimés.

S'il n'y a pas de contrôle sur les normes sanitaires des eaux de baignades, elles peuvent être une source sérieuse de contamination microbienne car un large éventail de personnes avec différents niveaux de statut économique, social et de santé utilisent les eaux baignades.

A cet égard, l'objectif de la présente étude est de déterminer la qualité microbiologique des eaux des baignades dans la région de Guelma. Plus spécifiquement nous avons essayé d'expliquer la variation de la qualité microbiologique des eaux de baignades non contrôlés (baignade en eau libre) et l'eau de piscine (baignade en eau renouvelée, recyclée et traitée), ainsi, pour sensibiliser les gens des risques sanitaire lié à la qualité microbiologique des eaux de baignade

Afin de présenter l'étude menée en ce sens, nous avons scindé notre travail en deux parties : Dans la première partie, qui englobe trois chapitres, dont le premier chapitre portera une généralité sur l'eau, dans le deuxième chapitre nous présenterons l'eau de loisirs, le dernier chapitre est réservé aux maladies à transmission hydrique. Dans la deuxième partie composée de deux chapitres, nous avons effectué une étude expérimentale où nous avons décrit le matériel et les méthodes utilisées pour l'appréciation de la qualité microbiologique des eaux de baignade puis nous avons exposé les résultats obtenus et nous les avons discutés.

Pour finir, nous avons reporté nos conclusions et nos recommandations quant à l'étude effectuée.



**Partie I : étude  
bibliographique**

# **Chapitre 01 : Généralités sur l'eau**

## 1-L'eau dans le monde

L'eau est un élément biologique important en tant que support de vie et facteur du développement des pays. Près de 72% de la surface de la terre est recouverte d'eau (97% d'eau salée et 3% d'eau douce dans différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans mais l'eau est aussi présente sous forme gazeuse, liquide et solide. Le volume approximatif de l'eau de la Terre (tous les réserves d'eau du monde) est de 1,4 milliards de km<sup>3</sup> ou 1,4 billions de m<sup>3</sup> (1,4.10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>). Dans ce volume, la répartition est la suivante : 1 320 000 000 km<sup>3</sup> (96,5%) se trouve dans les océans, 25 000 000 km<sup>3</sup> (1,8%) se trouve dans les glaciers et les calottes glaciaires, 13 000 000 km<sup>3</sup> (0,76%) sont des eaux souterraines, 250 000 km<sup>3</sup> (0,02%) sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers intérieures, et les fleuves, 13000km<sup>3</sup> (0,001%) sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné.

A l'heure actuelle, l'utilisation globale de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, représente le chiffre impressionnant de 250 m<sup>3</sup> par an et par habitant (**OMS, 2014**). L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des êtres humains, des animaux et des plantes (**Avocetien, 2012**). Selon (**l'OMS 2014**), qu'environ 2,5 % de l'eau présente sur terre est de l'eau douce, en bonne partie inaccessible car elle est la plus importante des ressources naturelles qui rendent la vie possible, soutient les écosystèmes et les entreprises de l'homme. L'eau est donc à la fois une ressource stratégique et l'élément de base fondamental nécessaire à une économie saine (**Ayéna, 2009**). La qualité de l'eau utilisée pour satisfaire ces différents besoins varie d'un usage à un autre (**Tchaba, 2012**). En revanche, la qualité de l'eau de distribution, est l'enjeu d'une compétition économique, que se livrent à de grands groupes industriels, pour ce que certains nomment « l'or bleu » (**Babadjidé, 2011**). L'eau constitue une source de vie, mais elle est également source de maladie de part sa dégradation et sa mauvaise gestion.

**Tableau 1** : Répartition en volume et en pourcentage des différentes sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur terre (Source : Peter *et al.* 2010).

	<b>Volume (10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>)</b>	<b>Pourcentage de l'eau totale(%)</b>	<b>Pourcentage de l'eau douce(%)</b>
<b>Eau totale</b>	1.386 millions	100	-
<b>Eau douce totale</b>	35 000	2.53	100
<b>Océans mondiaux</b>	1.340 millions	96.5	-
<b>Eau salée souterraine</b>	13 000	1	-
<b>Eau douce souterraine</b>	10 500	0.76	30
<b>Glaciers du Groenland</b>	21 600	1.56	61.7
<b>Glaciers antarctiques</b>	2 340	0.17	6.7
<b>Iles arctiques</b>	84	0.006	0.24
<b>Glaciers montagneux</b>	40.6	0.003	0.12
<b>Pergélisol et glace souterraine</b>	300	0.022	0.86
<b>Lacs salins</b>	85.4	0.006	-
<b>Lacs d'eau douce</b>	91	0.007	0.26
<b>Humidité du sol</b>	16.5	0.0012	0.047
<b>Tourbières</b>	11.5	0.0008	0.03
<b>Rivières (flux moyen)</b>	2.12	0.0002	0.006
<b>Dans la matière biologique</b>	1.12	0.0001	0.0003
<b>Dans l'atmosphère (en moyenne)</b>	12.9	0.0001	0.04

## 2-Ressources hydriques en Algérie

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure dans tous les pays du monde. L'Algérie est l'un des pays de la méditerranée touchés par le stress hydrique. Elle est classée

dans la catégorie des pays pauvres en cette matière, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé à 1000 m<sup>3</sup>/hab. /an (OMS, 1989).

L'Algérie est un pays dont le climat a une dominance aride en été et tempéré humide en hiver. La tranche pluviométrique varie entre 200 à 400 mm/an selon les régions. C'est le Nord du pays qui dispose de la presque totalité des ressources en eaux superficielles et souterraines renouvelables (Taleb, 2006).

Les résultats recueillis par l'enquête à partir des rapports de la commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement du ministère des ressources en eaux ; ont permis de constater une répartition spatiale inégale des eaux de surface et souterraine en d'une région hydrographique à l'autre. Cependant, les eaux de surfaces sont concentrées principalement dans le nord du pays, avec 3,7 milliard de m<sup>3</sup> dans le constantinois-seybose-Mellegue, et 3,4 milliard de m<sup>3</sup> dans l'Algérois-Hodna-soummam. Les eaux souterraines sont concentrées principalement dans le Sahara, avec 5 milliard de m<sup>3</sup> (Tableau 2).

**Tableau 2 : Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie (Bouchedja A., 2012)**

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux souterraines	Total de la ressource
<b>Oraine, chott chergui</b>	1 milliard de m <sup>3</sup>	0.6 milliard de m <sup>3</sup>	1.6 milliard de m <sup>3</sup>
<b>Cheliff, zahrez</b>	1.5 milliard de m <sup>3</sup>	0.33 milliard de m <sup>3</sup>	1.83 milliard de m <sup>3</sup>
<b>Algérois, hodna, Soummam</b>	3.4 milliard de m <sup>3</sup>	0.74 milliard de m <sup>3</sup>	4.14 milliard de m <sup>3</sup>
<b>Constantinois,seybose,mellgue</b>	3.7 milliard de m <sup>3</sup>	0.43 milliard de m <sup>3</sup>	4.43 milliard de m <sup>3</sup>
<b>sahara</b>	0.2 milliard de m <sup>3</sup> .	5 milliard de m <sup>3</sup>	Nappe albienne

Les nappes phréatiques sont alimentées par les précipitations grâce à la perméabilité des sols. Dans le nord du pays, les eaux souterraines sont estimées à 1,9 milliard de m<sup>3</sup>. Ces ressources qui sont faciles à mobiliser, sont aujourd'hui exploitées à plus de 90 %, beaucoup de nappes connaissent même une surexploitation critique tels qu'au Mitidja et autres périmètres urbains industriels et touristiques.

Actuellement, il est estimé à plus de 12000 forages, 9000 sources et 100000 puits qui sollicitent les nappes pour les besoins de l'agriculture, l'alimentation en eau potable et industriel (AEPI) (Terra M, 2013).

Dans le nord du pays, les réservoirs sont renouvelables. Ils sont estimés à 126 nappes principales. Dans le sud, quelques nappes phréatiques souvent saumâtres existent, dans les lits des oueds tels que les oueds Ghir, M'Zab, Saoura etc. Mais, l'essentiel du potentiel hydrique se trouve dans les nappes du Sahara septentrional. Le renouvellement de ces nappes fossiles ou semi fossiles n'est assuré qu'à hauteur de 80 millions de m<sup>3</sup>.

### **3-Les différents utilisations de l'eau :**

L'eau est nécessaire pour de nombreux usages qui dépendent de sa quantité et sa qualité.

#### **3-1- Usage quotidien**

L'eau potable à domicile est une conquête du XXe siècle dans les pays les plus développés. D'abord considérée comme un luxe, elle se banalise après la seconde guerre mondiale avec le développement des réseaux d'alimentation en eau dans les villes, puis dans les campagnes. Elle contribue à plus de propreté et de salubrité. On la retrouve ainsi dans toutes les activités qui rythment notre quotidien : toilette, lavages divers évacuation des déchets. La consommation domestique d'eau représente aujourd'hui 10% de la consommation d'eau mondiale, avec de fortes variations selon le niveau et le mode de vie des pays. Aujourd'hui en France, environ 6 milliards de m<sup>3</sup> d'eau sont prélevés tous les ans pour l'eau potable. (Cf. fiches "Eau et santé" et "Eau dans le monde")

#### **3-2-Usage industriel**

La présence d'une ressource en eau abondante et de bonne qualité est souvent un facteur d'implantation d'industries près des cours d'eau. L'eau peut ainsi être utilisée pour réaliser de nombreuses opérations :

- le lavage d'objets, de récipients, de canalisations, de sols d'ateliers,
- le chauffage ou le refroidissement d'objets,
- la réalisation de réactions chimiques en milieu aqueux,
- le transport d'objets par canalisation.

La consommation industrielle d'eau représente environ 20 % de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays et les secteurs d'activité : toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas forcément consommée, elle peut parfois être rejetée dans le milieu après avoir servi (**cf. fiche « l'eau et la santé » et « littorale »**).

### 3-3-Usage agricole :

Agriculture est un activité humain la plus consommatrice d'eau, elle représente au moyenne 70% de la consommation mondiale, elle varie selon les pays, les climats, les types de cultures, les technique d'irrigation, etc, avec l'intensification de la production agricole, l'usage de l'irrigation se répand et engendre des consommation d'eau croissantes également un approvisionnement abondant en eau dans la région délavage (**cf. fiche « l'eau et la santé » et « littorale »**).

### 3-4-L'eau de source L'énergie :

L'énergie hydraulique désigne l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chute, cours d'eau, courant marin, marée, vagues. Historiquement, elle était directement utilisée sous forme d'énergie mécanique (moulins à eau, etc.). Elle peut aussi servir à produire de l'électricité :

- Une centrale hydroélectrique utilise l'énergie de la hauteur de chute et du débit d'un cours d'eau
- Une centrale marémotrice utilise l'énergie des marées
- Une hydrolienne utilise celle des courants marins
- L'énergie des vagues peut aussi être exploitée (**cf. fiche « l'eau et la santé » et « littorale »**)

## 4-Pollution de l'eau

Le terme pollution informe la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des conséquences négatives sont susceptibles de se produire. Elle comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique (**Hélène. R., 2000**). Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. (**Ayed, W. 2016**).

La pollution de l'eau est l'introduction de n'importe quelle substance dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de cet environnement. Il s'agit parfois d'objets fabriqués par l'homme comme des sacs en plastique, des capsules de limonade, du fil de pêche, des balles ou mêmes des chaussures. Mais le plus souvent, la pollution de l'eau n'est pas visible. Des produits agricoles fertilisants ou des produits chimiques industriels sont des sources de pollution de l'eau difficile à voir. Nos activités quotidiennes comme la chasse des toilettes, le lavage des aliments, le nettoyage des voitures sont aussi une cause de pollution de l'eau (**Abdessamad 2005**).

La pollution a donc de nombreuses origines qui sont reliées au cycle de l'eau. Elle peut provenir directement des activités humaines comme le déversement de déchets ou de substances chimiques dans l'eau, qui peut s'introduire n'importe où dans le cycle de l'eau. Il suffit par exemple d'imaginer le chemin parcouru par une goutte de pluie depuis le moment où elle atteint le sol jusqu'à ce qu'elle rejoigne une rivière, une nappe souterraine ou la mer. Quand l'eau ruisselle sur le sol, elle peut se charger de polluants provenant par exemple des routes, des fermes, des pelouses. Quand elle s'infiltre dans le sol, elle peut entrer en contact avec des polluants qui s'échapperaient de décharges de déchets, de dépôts illicites d'ordures ou de produits chimiques. Elle peut être contaminée par des polluants rejetés en rivière par des installations industrielles. Dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense dans un air pollué par les rejets des automobiles, des cheminées d'usines ou d'autres sources de pollution atmosphérique (**Abdessamad., 2005**).

#### **4-1-Origine de la pollution de l'eau**

##### **4-1-1 Pollution d'origine anthropique**

###### **❖ Pollution domestique**

Elle est généralement liée aux rejets d'eaux usées. Les eaux usées issues de l'utilisation d'eau quotidien (toilettes, cuisine, douche...) contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale. Les habitations mal ou non raccordées au réseau d'assainissement collectif peuvent ainsi engendrer une pollution bactériologique de l'eau (**Feyrouz., 2020**).

Les produits ménagers que nous utilisons sont chargés des polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Mélangé à l'eau, ils terminent dans nos canalisations ou dans la nature et engendrent une pollution chimique. Difficilement traités par les réseaux d'assainissement. Les résidus de ces produits viennent enrichir les cours d'eau en substances chimiques (**Feyrouz., 2020**).

### ❖ Pollution industrielle

Elle est caractérisée par une très grande diversité. Suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution, etc) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc) (**Benchabane et Merzoug, 2015**). Selon le type d'industrie on distingue diverses matières polluantes :

- Matière organique et graisse (industrie agroalimentaire, abattoirs et équarrissage)
- Hydrocarbures(raffineries)
- Acide, basé, produit chimique divers (industrie chimique et pharmaceutique, tanneries)
- Eaux chaudes (centrale thermique)
- Matière radioactive (centrale nucléaire, centre de recherche, hôpitaux) (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

L'impact des rejets industriels sur la qualité de l'eau est fonction de leur affinité avec l'oxygène, de la quantité de solides en suspension, et de leurs teneurs en substances organiques et inorganiques. Dans le meilleur des cas, une première étape d'épuration se fait sur le site même de production, le reste des eaux usées étant ensuite dirigé vers les systèmes de traitement municipaux. Malheureusement, pour de nombreuses unités de production, les eaux usées retournent dans un cours d'eau sans traitement préalable, on insuffisamment assainies (**Benchabane et Merzoug, 2015**).

### ❖ Pollution agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub> et Cl) vers la nappe phréatique (**Boucherit et hakimi, 2016**). L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont des activités responsables de rejets de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain (**Bouras et Sekfali, 2013, Feyrouz., 2020**).

Le caractère rural de la population est derrière le nombre élevé des éleveurs, ce qui provoque une forte utilisation des engrais et des produits phytosanitaires et un taux élevé des excréments d'animaux, augmentant ainsi le taux de la pollution dans les ressources hydriques que ce soit souterraines ou superficielles (**Bouchaala, 2010, Feyrouz., 2020**).

**4-1-2- Pollution naturel**

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution ; exemple, une irruption volcanique, un épanchement sous-marins d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux, arsenic), une source thermo minérale etc (**Gaujous., 1995**).

**4-2- Les principaux polluants**

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion des polluants dans les milieux naturels. Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct des déchets (**Chibani, 2009, Feyrouz., 2020**). Trois grandes familles de pollution peuvent être distinguées, la pollution physique, chimique et biologique (**Tableau 03**)

**Tableau 03** : Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (**Source : Hartmann, 2004**).

Type de pollution	Nature	Origine.
<b>physique</b>	Rejet d'eau chaud.	Centrales thermique, nucléaire.
	M.E.S (matière en suspension).	Rejet bains, érosion des sols.
<b>chimique</b>	Matière organique.	Effluents domestique, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants (nitrate, phosphate).	Agriculture, lessivage.
	Métaux (cadmium, plomb, aluminium, arsenic).	Industries, agriculture.
	Organochlorés (PCB, solvants).	Industries.
	Composés organiques de synthèse.	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques.
	Hydrocarbures	Industries pétrolière ,transports.
<b>Biologique</b>	Bactérie ,virus ,parasites ,champignons.	Effluents urbains ,agricoles.

### **a- Les polluants physiques**

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluant ayant un caractère physique : les polluants thermiques et les polluants radioactifs (**Arouya, 2011**)

- **Les polluants thermiques**

La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes, provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaire et électrique ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux. Cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de la densité et créent de graves perturbation sur les biocénoses (**Arouya, 2011 ; Mazzuoli, 2012**).

- **Les polluants radioactifs**

La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique (**Lefèvre et Andréassian.,2016**).

### **b- Les polluants chimiques**

Est probablement là plus fréquente, très largement répandue et très diverse (**Hartemann, 2013**), Elle est due principalement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique (**Arouya, 2011**). On distingue selon la nature des polluants :

- **Les éléments chimiques minéraux**

De très nombreux minéraux sont rejetés dans les continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques). Parmi les polluants inorganiques rejetés en grands quantités par l'industrie, on trouve : les résidus de traitements de minerais, traitement électrolytiques, traitements de surface, beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds, sodium, nitrate, phosphate...etc. et sont donc très toxiques (**Arouya, 2011**).

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (**Boucherit et Hakimi, 2016 ; Chibani, 2009, Feyrouz., 2020**).

- **Les éléments chimiques organiques**

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse. Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine (**Boucherit et hakimi, 2016 ; Chibani, 2009, Feyrouz., 2020**). Les polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques les plus importants et les plus dangereux sont : les pesticides, les hydrocarbures et les détergents (**Arouya, 2011**).

- c- **Les polluants biologiques**

La pollution microbienne et parasitaire des eaux est très importante. De nombreux microorganismes pathogènes peuvent être présents dans l'eau :( bactéries, virus, protozoaires...etc.) Ces germes pathogènes sont dus aux rejets des matières fécales humaines et animales. Cette pollution se retrouve donc au niveau des stations d'épuration, les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agroalimentaires (**Feachem et al., 1983 ; Mazzuoli, 2012 ; Hartemann, 2013**).

Ils constituent les organismes libres et des agents pathogènes :

- **Les organismes libres**

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, le plancton et les macros invertébrés.

(**Chibani, 2009, Feyrouz., 2020**).

- **Les agents pathogènes**

Ils comprennent : les virus, les bactéries et les parasites. Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (**Chibani, 2009 ; Boucherit et Hakimi, 2016, Feyrouz., 2020**).

# **Chapitre 02 : Eau de loisirs**

L'eau est utilisée depuis des millénaires à des fins récréatives notamment pour des activités sportives et ludiques. C'est en ce sens que la baignade est beaucoup répandue. Au-delà de sa fonction récréative, elle joue un rôle social important. L'eau est aussi le terrain de véritables activités sportives permettant le développement et l'équilibre physique des pratiquants. Au premier rang de ces sports figure la natation.

Les sites où se pratiquent les activités de loisirs peuvent être classés en deux catégories, les piscines et les baignades.

### 1-Baignades

Les sites naturels, regroupés sous le terme générique de baignades, peuvent faire l'objet d'aménagements particuliers en vue d'accueillir du public, mais l'eau n'y est pas traitée. La qualité de l'eau est assurée par la qualité initiale du milieu naturel et le renouvellement constant de l'eau au niveau des zones de baignades (**Boudenne., 2010**).

Il existe des installations dont le classement dans l'une ou l'autre catégorie est difficile et dont la gestion pose problème. Ils consistent en l'aménagement de bassins artificiels alimentés en continu par un cours d'eau, sans circulation de l'eau et sans traitement de désinfection (**Boudenne., 2010**). Ils se répartissent eux-mêmes en deux sous-groupes :

- Les baignades en eau de mer, qui s'agrémentent souvent de plages très fréquentées ; la qualité de l'eau et des plages dépend, en dehors des rejets de polluants et de la fréquentation, des phénomènes de marée dont l'amplitude varie suivant la région littorale et le moment de l'année ;
- Les baignades en eau douce, qui présentent une grande variété de sites comme les rivières, les torrents, les retenues naturelles (lacs) ou artificielles (étangs, gravières, barrages-réservoirs).

### 2-Piscine

Les premières piscines remontent à l'antiquité avec les bains grecs puis les bains romains. Ces bassins étaient à l'origine principalement utilisés pour la natation, mais la nation de pratique sportive a progressivement disparu et l'usage en a fait des lieux de bien-être et d'hygiène. En France, le terme "natation" apparaît pour la première fois en 1785. Barthélemy turquin ouvre la première école de nage sur un bassin flottant sur la Seine près du pont de la Tournelle dans le 5<sup>e</sup> arrondissement de Paris, la piscine redevient donc ainsi un lieu de la pratique du sport et du jeu. (**Boudenne., 2010**).

## 2-1-Définition de piscine

La terminologie retenue par l’**Afsset** pour le terme « piscine » est celle proposée par la commission P91L de l’AFNOR, selon laquelle : « une piscine est un bassin artificiel, étanche, dans lequel se pratiquent des activités aquatiques et dont l’eau est filtrée, désinfectée et désinfectante, renouvelée et recyclée, ainsi que tous les équipements strictement nécessaires à son fonctionnement ».

## 2-2-Définitions du terme « piscine » à l’étranger

Selon les pays considérés, la réglementation porte sur des piscines, des bassins de natation, des bassins ou des environnements à usage récréatif.

**Italie** : une piscine est définie comme : « un établissement pour les bains comportant un ou plusieurs bassins artificiels utilisés pour les activités récréatives, d’apprentissage, sportives et thérapeutiques » (**Ministero della Salute, 2003**).

**Allemagne** : une piscine ou un bain est « un bassin avec un flux d’eau continu dans lequel plusieurs personnes sont présentes simultanément ou consécutivement » (**DIN, 1997**).

**Belgique** : un bassin de natation est « un bassin artificiel essentiellement conçu pour la pratique de la natation et de toute autre activité thérapeutique. Les bassins concernés peuvent être couverts et ouverts, utilisés à un titre autre que purement privatif dans le cadre du cercle familial si la surface est supérieure à 100 m<sup>2</sup> et la profondeur supérieure à 40 cm » (**Gouvernement wallon, 2003**).

**Canada (Québec)** : la réglementation englobe « les piscines et autres bassins artificiels dont les pataugeoires et les spas » (**Gouvernement du Québec, 2007**).

**Suisse** : un établissement pour la natation est décrit comme « l’ensemble des bassins, de leur équipements, des bâtiments et des installations techniques pour la préparation de l’eau des bassins » (**SIA, 2000**).

## 2-3-Piscine olympique

Une piscine olympique est une piscine de 50m qui hémologué par la Fédération internationale de natation (FINA) et qui peut accueillir des compétitions officielles telles que les jeux olympiques ou les championnats du monde de natation. Les nageurs qui souhaitent établir un record dans une nage doivent obligatoirement nager dans un bassin olympique

Selon le FINA une piscine olympique répond aux critères suivants :

- Longueur de 50m
  - Largeur de 25 m
  - Nombre de couloirs 8 + 2
  - Largeur des couloirs de 2,50 m
  - Profondeur de 2 m minimum et de 3 m recommandés
  - Volume de 2500 m<sup>3</sup> pour une profondeur de 2 m et de 3750 m<sup>3</sup> pour une profondeur de 3m.
- (Guide piscine)**

#### **2-4- Piscine semi olympique**

Des types de piscine dont les dimensions conviennent aux compétitions organisées dans des grands bassins (50 mètres de longueur), en particulier l'épreuve de natation des jeux olympiques, mais aussi les championnats du monde de natation, par opposition aux petits bassins de 25 mètres (**Katie Sullivan,2006**)

Selon le FINA une piscine semi olympique répond aux critères suivants :

- Largeur : 15mètres ;
- Nombre de couloirs : 6 ;
- Largeur des couloirs : 2,5m ;
- Profondeur : 2 minimum ,3 recommandés ;
- Volume : 2500 m<sup>3</sup>minimum ,3750m<sup>3</sup> pour 3 mètres
- Longueur : 25 mètres. (**Guide piscine**)

#### **2-5-Les différents types de piscine**

Le terme de piscine recouvre des équipements très variés, dans leur conception comme dans leur taille ; on distingue :

**a) Piscines en plein air (ou découvertes)**

L'ensemble des bassins sont en plein air, les annexes sont en général couvertes (EDF France ,2003)

**b) Piscine couverte**

Établissement dont les bassins et annexes sont placés dans un bâtiment fermé (EDF France, 2003).

**c) Piscines mixtes**

Ces équipements comportent des bassins couverts et des bassins de plein air (EDF France, 2003).

**d) Piscines transformables**

Les bassins peuvent être découverts en quelques minutes grâce à une couverture comportant des éléments mobiles, rigides, monoblocs ou télescopiques, se déplaçant par translation ou rotation et venant généralement recouvrir les annexes (EDF France, 2003).

**e) Piscines à couverture saisonnière**

En toile, la couverture est maintenue en forme par une légère surpression intérieure (structure gonflable) ou par une ossature fixe ; ces équipements tendent aujourd'hui à disparaître compte tenu des contraintes dues à ce genre d'équipement et de leurs performances médiocres (thermique, acoustique, etc.) (EDF France ,2003)

**f) Piscines en plein air, utilisables en mi- saison**

Ces équipements peuvent être utilisés l'hiver grâce à un sas, ou canal, permettant d'accéder aux bassins, à partir des annexes, sans avoir à sortir à l'air libre (il est conseillé dans cette formule, de disposer d'une couverture isothermique permettant de limiter les pertes d'énergie en période d'inoccupation).(EDF France ;2003)

**g) Piscines “sport-loisirs”**

Cet établissement intègre les fonctions sportives et des fonctions ludiques ; il peut être constitué de plusieurs éléments : des bassins couverts, des bassins de plein air ou transformables, etc (EDF France, 2003)

### **3-Traitement des piscines**

Le traitement de l'eau recyclée comporte des étapes successives de préfiltration et de désinfection. La première, rigoureusement indispensable, est ou non associée à une floculation (sulfate d'alumine) selon la nature du support utilisé (sable, diatomite).

C'est une opération qui facilite la dépollution de l'eau et la filtration. La préfiltration est indispensable à la sécurité sanitaire, car elle améliore la limpidité de l'eau et la désinfection ultérieure, tout en limitant l'utilisation de désinfectant et la formation de sous- produits de désinfection. La désinfection recourt à divers procédés agréés par l'autorité sanitaire. Le désinfectant le plus utilisé est le chlore sous diverses formes (chlore gazeux, eau de Javel surtout, hypochlorite de calcium, chloro-cyanurates). On utilise moins souvent le brome (brome liquide, bromo-cyanurates), l'ozone (dénué d'effet rémanent, donc associé à une désinfection d'appoint) et des désinfectants rémanents telles des guanidines (Baquacil). Le procédé cuivre-argent a été aussi préconisé, mais avec un moindre succès.

Ces désinfectants doivent être utilisés dans des conditions bien précises, notamment de concentration et de pH. Le chlore présente bien des avantages techniques et économiques, mais a l'inconvénient de produire, surtout si le traitement est mal géré, des sousproduits minéraux (chloramines) et organiques (haloformes) peu ou pas désinfectants, volatils et irritants, qui affectent la qualité de l'air de la piscine et le confort des usagers. Enfin, le renouvellement partiel de l'eau se fait au jour le jour par un volume d'eau indexé au nombre d'usagers du bassin (30 L/baigneur/ jour, en France) ; une vidange totale de l'eau du bassin, avec nettoyage complet, doit intervenir au moins deux fois par an (Festy et al., 2003).

### **4-Les Risque sanitaire liée au piscine**

#### **4-1-Les Risque sanitaire physicochimique**

L'accumulation de certaines substances comme les métaux lourds, et leur ingestion peuvent être provoquer des maladies graves, même si leur quantité dans l'eau est très faible.

#### **A- Plomb**

Le plomb est un métal utilisé par l'homme depuis des millénaires. La production et l'utilisation du plomb ont augmenté de façon spectaculaire durant la révolution industrielle entraînant une libération intense de ce métal indestructible et son accumulation massive dans l'environnement.

Le plomb pénètre essentiellement dans l'organisme par voie digestive et pulmonaire. La voie pulmonaire est surtout importante pour les personnes exposées en milieu professionnel, qui inhalent le plomb sous forme particulaire. En population générale, le plomb peut être ingéré avec les aliments contaminés et l'eau de boisson émanant de canalisation contenant du plomb.

Le plomb est d'abord transporté par le sang ou l'on peut le doser facilement (dosage de la plombémie). Il se fixe ensuite dans les différents tissus et en particulier au niveau de l'os où il est majoritairement stocké (80 à 90% du plomb totale présent dans l'organisme). La demi-vie du plomb dans les tissus osseux est longue, de 10 à 20 ans. Ce toxique ainsi accumulée pourra par exemple être mobilisé à partir du squelette chez la femme enceinte, passer la barrière placentaire et venir contaminer le fœtus.

Le plomb modifie la biologie de la cellule en perturbant de nombreuses voies métaboliques et différents processus physiologiques. Il inhibe les enzymes de la biosynthèse de l'hème, catalyse des réactions de peroxydation des lipides et interfère avec les processus médiés par le calcium au niveau membranaire et cytosolique. Le plomb peut ainsi altérer certain mécanisme neurologique jouant un rôle essentiel dans le développement cérébral. **(Olivier Chanel et al, 1999)**

## **B- Nitrate**

Les nitrates sont des composés chimiques naturellement présents dans l'environnement, notamment dans les eaux et dans les sols. Ces dernières décennies, des concentrations croissantes de nitrates ont été observées dans les eaux suite à des pollutions anthropiques, principalement d'origine agricole par des pratiques intensives, grandes cultures et d'élevage avec épandage massif d'effluents d'engrais.

L'homme est exposé par ingestion d'aliments (~80 %) et d'eau (~20 %). Le danger sanitaire concerne plus spécifiquement les nourrissons et les femmes enceintes pour des valeurs au-delà de la limite réglementaire. Des hypothèses d'excès de cancer (estomac, œsophage) associés à des doses élevées de composés nitrosés sont encore à confirmer. Des risques indirects liés à la consommation de crustacés ou à la baignade sont montrés.

La gestion des risques repose sur une modification généralisée des pratiques agricoles et sur la surveillance des teneurs des aliments, des eaux potables et des eaux de baignades, notamment pour les populations sensibles (**observatoire régional de la santé Rhône-Alpes, 2007**).

### **C- Chlore**

L'impact du chlore sur la santé est d'autant plus inquiétant qu'il est de nos jours régulièrement utilisé dans l'industrie. Ses propriétés antiseptiques sont prisées des usines de traitement d'eaux et notamment d'eaux usées et aussi comme désinfectant des piscines, pour réduire la quantité de bactéries pouvant propager des maladies chez les consommateurs et les baigneurs.

Les effets du chlore sur la santé dépendent de la quantité de chlore aspiré ou ingéré et de la fréquence des expositions. Mais ils dépendent également de la santé de la personne exposée et/ou des conditions environnementales de cette exposition.

En quantité suffisante, le chlore irrite la peau et les yeux et provoque un dysfonctionnement du système respiratoire. Les problèmes peuvent aller de la simple difficulté respiratoire à des douleurs dans la poitrine en passant par une toux aiguë. Le chlore peut donc endommager le système respiratoire et pulmonaire de manière profonde en entraînant de la rétention d'eau dans les poumons, des bronchites ou des pneumonies, ou même des œdèmes pulmonaires. Il peut aussi causer de l'asthme sur les personnes les plus fragilisées.

Ainsi, les oxydants tels que les dérivés du chlore, du brome ou l'ozone, peuvent réagir dans l'eau avec les composés organiques azotés libérés par les baigneurs et former de nombreux sous-produits plus ou moins bien identifiés parmi eux, seuls les sous-produits dérivés du chlore sont relativement bien connus :

- ❖ Le chloroforme, le bromodichlorométhane, l'acide dichloroacétique, la N nitrosodiméthylamine et les ions bromates sont classés cancérigènes (2A ou 2B) par le centre international de recherche sur le cancer (Circ).
- ❖ Certains acides halo-acétiques, et trihalométhanes (THM) ainsi que la N nitrosodiméthylamine, l'hydrate de chloral et les bromates présentent une toxicité pour la reproduction.

- ❖ Des études chez les travailleurs et les enfants montrent que les chloramines, en particulier la trichloramine, peuvent être la cause de pathologies respiratoires irritatives et allergique.

Concernant le chloroforme, bien que les calculs ne mettent pas en évidence d'effet cancérigène, ces résultats sont à prendre avec précaution pour la voie respiratoire. En effet, la concentration moyenne de chloroforme dans l'air retenue dans les calculs est vraisemblablement sous-estimée par rapport à la réalité. En effet les valeurs considérées résultent de mesures réalisées à 1.5m alors que le nageur respire dans les 20cm situés au-dessus du niveau de l'eau.

Concernant l'acide dichloro-acétique, selon le scénario moyen, la probabilité de survenue d'un cancer du foie chez les nageur adultes sportifs et les nageurs de haut niveau apparaît légèrement supérieure à 1/100 0005, ce qui justifie des études complémentaires pour préciser les taux d'exposition et confirmer ces résultats.

Concernant la trichloramine, son exposition augmenterait la fréquence et majorerait la gravité des maladie respiratoires (asthme, bronchites) et de l'eczéma chez les professionnels et les enfants (en particulier avant l'âge de deux ans) régulièrement les piscines chlorées justifiant la mise en place de mesures particulières pour ces deux populations (**Afsset, 2010**).

#### **4-2-Les Risque sanitaire microbiologique**

Les risques microbiologiques sont liés à la présence de microorganismes pathogènes dans l'eau, sur les surfaces et dans l'air. Ces microorganismes peuvent être des bactéries, des virus, des parasites ou des champignons. Les maladies qu'ils transmettent sont surtout des dermatites, des otites et des gastro-entérites. Dans la grande majorité des cas, ce sont les baigneurs eux-mêmes qui sont responsables de la présence de ces microorganismes dans l'eau des bassins.

Certaines infections ne sont pas directement associées à l'immersion dans l'eau, mais plutôt à l'environnement des baigneurs. Elles sont transmises par contact avec le sol ou avec d'autres surfaces malpropres (douches, vestiaires, promenades, etc.). Ces infections cutanées sont causées par des mycobactéries, des virus ou des champignons. D'autres infections sont transmises par inhalation et causent des pneumonies, notamment la Légionellose. Ce risque est associé à la présence de Légionelles dans l'eau qui se pulvérise dans l'air des établissements destinés à la baignade. Ce risque est également présent lorsqu'une personne prend une douche et que le circuit d'eau chaude est contaminé par cette bactérie.

Les infections associées à l'immersion dans l'eau sont diverses et n'ont pas toutes la même gravité. Les infections qui suivent peuvent être évitées lorsque l'entretien et l'exploitation des lieux ainsi que la teneur en désinfectant résiduel dans l'eau sont adéquats. En règle générale, les infections cutanées sont les plus fréquentes. Elles peuvent être causées par divers microorganismes, par exemple des bactéries (notamment *Pseudomonas aeruginosa*), pouvant être transportés par la clientèle et causer des dermatites ou des otites. Elles peuvent aussi être causées par des staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*) et se traduire par des otites et des conjonctivites. Des virus peuvent aussi provoquer des conjonctivites (Adénovirus) ou des éruptions cutanées. Les gastroentérites constituent aussi une infection importante dont la cause est essentiellement associée à des microorganismes d'origine fécale provenant des baigneurs, notamment des bactéries, telles que *Salmonella*, *Shigella*, *E. coli* O157 :H7, et des virus, tels que Norwalk, Echovirus et Adénovirus. D'autres virus peuvent aussi provoquer certaines maladies, telles que des hépatites (Hépatite A).

Il faut également tenir compte des accidents fécaux pouvant survenir dans l'eau des bassins et qui peuvent contaminer le milieu de façon très soudaine, malgré la présence préventive de désinfectant résiduel dans l'eau. En effet, des parasites, tels que Giardia et Cryptosporidium, très résistants à la chloration, peuvent alors être libérés dans l'eau du bassin et provoquer des infections gastro-intestinales .(Dozzo ousmane vaeomana.2017 , Afsset.2010).

### **5-Mesure d'hygiène pour les baigneurs :**

Pour améliorer l'hygiène générale et la qualité de l'eau, il convient de sensibiliser les usage (par voie d'affichage par exemple) aux règles d'hygiène corporelle :

- > le respect des zones de déchaussage,
- > l'utilisation d'un maillot de bain propre,
- > l'absence de maquillage et autres produits cosmétiques,
- > l'obligation de prendre une douche savonnée avant la baignade.
- > le passage obligatoire dans un pédiluve chloré avant l'accès au bassin (**ARS, provence-Alpes Côte, d'Azur**) .

**Chapitre 03 :**  
**Les maladies à transmission**  
**hydrique**

L'eau est une ressource indispensable à la vie. D'autre part, elle représente la première cause de mortalité et de maladie dans le monde. De nombreux germes infectieux sont ainsi transmis et provoquant des épidémies graves connues sous le nom de maladies à transmission hydriques (MTH).

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte ; dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, ressource, eau de loisirs ou de boisson) ; dans le second cas, il survient par l'intermédiaire d'aliments ou d'air contaminés par une eau de qualité impropre, végétaux consommés crus, glaces ou poisson, aérosols d'eau chaude sanitaire ou de station de traitement des eaux.

### **1-Définition**

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne, fongique, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau.

Ce sont des maladies du péril fécal à allure épidémique, dont les voies d'exposition sont la voie digestive, la voie cutanée, ou l'inhalation. La symptomatologie est la plus souvent digestive (diarrhée, vomissements etc....) qui restent encore très répandues et constituent toujours une menace dans les pays pauvres et dont la mortalité est très élevée surtout pour les enfants en bas âge (**Ashbolt, 2004**).

Les MTH ont connus une véritable évolution liée à la situation climatique du pays aggravée par une sous exploitation des réserves. Véritable problème de santé publique, elles représentent en terme de morbidité les premières maladies notifiées à l'INSP en 1980 l'épidémie de choléra a coûté la vie de 482 personnes en Algérie, En 1990 près de 5 millions d'enfants sont morts des MTH dans le monde selon l'OMS. Le taux d'incidence global moyen des maladies hydriques est de 35 cas par 100 000 habitants (**OMS, 2005**).

L'eau sale est à l'origine de 9,1% des maladies et de 6% des décès enregistrés chaque année dans le monde. L'eau est à l'origine de moins de 1% de la morbidité dans les pays développés, cette proportion atteint 10% dans les pays en développement. Le chiffre des décès varie de 0,5% pour les pays développés à 8% pour les pays en voie de développement (**OMS,2014**).

Les principaux facteurs générateurs de MTH sont (**Ashbolt, 2004**) :

- Une urbanisation rapide, un contexte démographique et géographique favorable ;

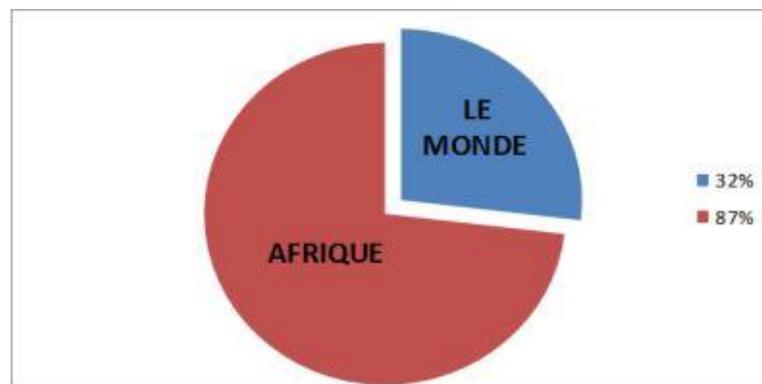
- Une absence de conformité du réseau d'AEP favorisée par l'insuffisance des contrôles techniques des services de l'hydrauliques ;
- Approvisionnement en eau potable insuffisant ;
- un traitement et une surveillance de l'eau destinée à la consommation humaine peu ou mal connus.

## **2-1-Les maladies d'origine bactérienne**

- **Choléra :**

Le choléra est une infection bactérienne diarrhéique aiguë provoquée par le bacille *Vibrio cholerae* qui se transmet par contact ou par ingestion d'eau ou d'aliment contaminés par des matières fécales. Le choléra classique est caractérisé par l'apparition d'une diarrhée aqueuse abondante, à début brutal. Si le cas n'est pas traité rapidement, l'évolution peut mener à une déshydratation aiguë, un collapsus circulatoire, une insuffisance rénale et au décès. Le choléra est une maladie très contagieuse et la période d'incubation étant très courte, les cas peuvent se multiplier très rapidement. Cette maladie sévit toujours dans de nombreux pays en développement de façon endémique ou épidémique.

L'organisation mondiale de la santé OMS estime dans l'année 2000 près de 140.000 cas causent approximativement 5000 morts, l'Afrique comptait 87% de ces cas (Figure 1) (N'diaye, 2008 ; Baziz, 2008).



**Figure 1 : L'indice de choléra dans le monde (Baziz, 2008)**

Le nombre de cas de choléra notifiés à l'OMS est resté élevé au cours des dernières années. En 2016, 38 pays ont déclaré un total de 132 121 cas, dont 2420 mortels. Le choléra est grandement lié à la gestion de l'environnement. Il touche donc surtout les pays pauvres où les services d'assainissement et l'approvisionnement en eau potable sont insuffisants, ainsi que les pays en guerre dont les

infrastructures peuvent être détruites. De nombreux pays en voie de développement sont touchés, notamment en Afrique et en Asie, mais aussi en Amérique centrale et australe (Fig. 2) (OMS, 2017).



**Figure 2 :** Pays touchés du choléra, 2010-2015 (OMS, 2017).

En Algérie, ce pire est revenu. Le choléra, introduit en 1971 et constater 1332 cas et 110 décès, le pic choléra peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique national en 1986 (8000 cas clinique de choléra et 450 décès), le nombre de cas de cette maladie est à diminué sensiblement depuis le début des années 1990 (N'diaye, 2008 ; Baziz, 2008).

- **La Fièvre typhoïde et paratyphoïde :**

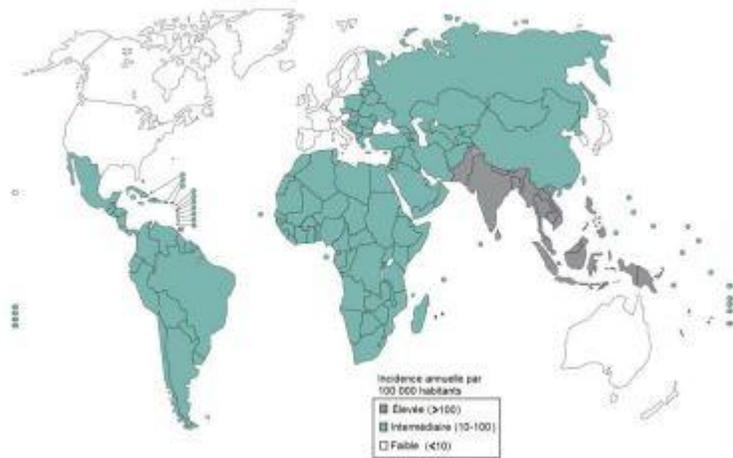
Les fièvres typhoïde et paratyphoïdes sont des infections bactériennes systémiques à point de départ digestif. Elle est causée par une entérobactérie strictement humaine : *Salmonella enterica*, sérotype Typhi et Paratyphi A, B et C.

La fièvre typhoïde est, par excellence, la maladie du péril fécal. La transmission peut être directe interhumaine, mais le plus souvent indirecte à partir d'aliments (ou d'eau) contaminés. La contamination directe joue un rôle restreint dans la propagation de la maladie (environ 5%). La contamination est très souvent indirecte. En effet, quoique relativement fragiles, les bacilles typho-paratyphiques survivent quelques temps dans le milieu extérieur et diffusent avec facilité. L'eau est le vecteur fondamental des salmonelles émises par les porteurs. Les aliments (Coquillages, lait cru, fruits et légumes) sont le plus souvent infectés et peuvent également provoquer la fièvre typhoïde. Les mouches par leur rôle de vecteur, transportent les germes des matières fécales humaines aux aliments (Morand et Stahl, 1992).

La maladie aiguë est caractérisée par une fièvre prolongée, des maux de tête, de la fatigue, et des signes digestifs (nausées, constipation ou diarrhée). Il existe des formes plus graves avec

complications intestinales, cardiaques ou neurologiques qui peuvent être mortelles sans traitement (létalité de 10 à 20%). Suite aux meilleures conditions de vie et à l'introduction des antibiotiques à la fin des années 1940, la morbidité et la mortalité liées aux *S. Typhi* ont chuté dans les pays industrialisés et la maladie touche principalement des voyageurs (**sciensano, décembre, 2018**), alors que les pays en développement à faible niveau d'hygiène comme l'Afrique, Amérique du Sud, le sud de l'Asie et les Philippines sont les régions endémiques les plus touchées.

Le risque de contracter une fièvre typhoïde ou paratyphoïde semble varier en fonction de la région géographique visitée. Actuellement, le sous-continent indien est la région à plus fort risque de contamination. Le risque global pour un voyageur y est 18 fois plus élevé que dans n'importe quelle autre région géographique (**Connor and Schwartz, 2005**).



**Figure 3:** Distribution géographique de l'incidence des cas de fièvre typhoïde (**Crump et al., 2004**).

- **Les diarrhées aiguës et les dysenteries**

Elles représentent la première cause de mortalité infantile dans les PED. La mortalité survient dans les 2 premières années de la vie dans 80% des cas. On estime que chaque année, plus de 829 000 personnes meurent de diarrhée à cause de l'insalubrité de l'eau de boisson et du manque d'assainissement et d'hygiène. La prévention de la diarrhée est cependant possible et l'on pourrait éviter chaque année la mort de de 297 000 enfants de moins de 5 ans si on luttait contre les facteurs de risque (**OMS, 2019**)

Ce sont des maladies transmissibles dues à un ou plusieurs agents pathogènes : bactéries, virus ou parasites qui sont cause de diarrhées aiguës infectieuses. Deux syndromes correspondent à des mécanismes physiopathologiques différents et leur traitement doit être adapté à chaque mécanisme.

Le principal facteur de gravité de la diarrhée aiguë hydrique est la déshydratation, surtout chez les jeunes enfants et les personnes âgées. Elle est habituellement due à des germes non invasifs : *Escherichia coli* entérotoxigènes (ETEC), *Vibrio cholerae* O1, rotavirus, *Cryptosporidium parvum*... Les ETEC sont la cause la plus commune de maladie diarrhéique dans les PED tant chez l'enfant que chez l'adulte.

Le syndrome dysentérique représente environ 10% des maladies diarrhéiques aiguës d'origine infectieuse. Les agents en cause sont des bactéries entéro-invasives : *Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Yersinia entérocolitica*... ou des parasites : *Entameba histolytica*, *Balantidium coli*... Ces maladies diarrhéiques se manifestent sous forme de flambées épidémiques en cas d'inondations.

- **La leptospirose**

La leptospirose est une infection potentiellement mortelle due à une bactérie du genre *Leptospira*. La plus fréquente est *Leptospira icterohaemorrhagiae*. Cette maladie est également connue sous le nom de « Jaunisse des Cultivateurs de riz », « fièvre des sept jours », « fièvre d'automne », « maladie des coupeurs de canne à sucre », et parfois à tort, comme la « maladie du rat ». Il s'agit d'une maladie professionnelle mais elle n'est pas à déclaration obligatoire (**Batjom et al., 2005**).

La transmission de la leptospirose se fait par contact de la peau et des muqueuses avec de l'eau, de la terre ou des plantes humides (canne à sucre par exemple) ou de la boue contaminée par l'urine des rongeurs. Les crues consécutives à de fortes pluies facilitent la propagation de la bactérie liée à la prolifération. (**centre René labusquière**)

La leptospirose est endémique dans les régions tropicales (Asie, Inde, Amériques Centrale et Latine) à forte pluviosité avec un sol neutre ou alcalin. En Europe, la France est l'un des pays les plus touchés avec environ 700 personnes chaque année dont 300 cas en métropole soit une incidence annuelle de 0,50 cas pour 100 000 habitants métropolitains (**WHO, 2003**).

En 2008, 342 cas ont été diagnostiqués, la répartition annuelle confirme le caractère saisonnier de la leptospirose avec un pic estivo-automnal (60% des cas de leptospirose se répartissent sur les mois de juillet à novembre).

En 2009, 197 cas ont été recensés en France métropolitaine (séro groupe *Icterohaemorrhagiae* 35 %, *Sejroe* 18 %, *Grippotyphosa* 15 %, *Australis* 8 % et *Canicola* 7 %, pour les plus fréquents).

### 2-2- Les maladies d'origine virale

#### ❖ La poliomyélite

La poliomyélite (du Grec : polios « gris », myelos « moelle » et ite « inflammation ») est une maladie infectieuse virale strictement humaine, provoquée par trois Poliovirus, sérotypes 1, 2 et 3, et caractérisée par une atteinte des neurones moteurs de la moelle épinière et parfois du bulbe rachidien. La lyse de ces neurones entraîne des paralysies flasques atteignant de façon asymétrique et apparemment aléatoire des muscles moteurs des membres et du tronc. La paralysie des muscles respiratoires peut entraîner le décès (**De Jesus, 2007**).

La transmission de la poliomyélite se fait dans les PED par voie féco-orale, exclusivement interhumaine, de manière directe (mains sales) ou indirecte (ingestion d'eau contaminée ou d'aliments souillés par les selles de personnes infectées). L'Homme est donc le seul réservoir naturel du virus. La survenue des cas de poliomyélite est directement liée aux conditions d'hygiène.

Dans les régions tempérées, la poliomyélite avait une incidence estivale avec un pic épidémique entre août et septembre dans l'hémisphère Nord. Dans les zones tropicales et semi-tropicales, la circulation du Poliovirus avait lieu toute l'année avec des pics à la saison des pluies. Actuellement, les régions où la poliomyélite est encore présente sont celles socio économiquement défavorisées et où la couverture vaccinale est limitée (**Skern, 2010**).

#### ❖ Les hépatites virales

Les deux principaux virus responsables d'hépatites virales aiguës sont le virus de l'hépatite A (VHA) et le virus de l'hépatite E (VHE). Tous deux sont transmis par voie féco-orale et peuvent provoquer de grandes épidémies. L'eau joue un rôle majeur dans leur transmission.

Toutefois, ils correspondent à deux modèles épidémiologiques différents. Le VHA est éliminé par les sujets infectés pendant une courte période, mais en quantités importantes. Sa grande résistance aux agents physico-chimiques lui assure une survie durable dans l'environnement. Les progrès de

l'hygiène ont pratiquement supprimé la circulation du VHA dans les pays industrialisés, entraînant une diminution de l'immunité acquise dans la population et augmentant le risque d'épidémie.

Les règles d'hygiène conventionnelles ne sont pas toujours suffisantes pour prévenir l'infection. La seule prophylaxie efficace est la vaccination. Une épidémie d'hépatite à virus A chez des touristes allemands après un séjour en Egypte sur la Mer Rouge en 2004 rappelle la nécessité de la vaccination chez les sujets des pays développés ayant moins de 50 ans.

Le VHE est aussi éliminé dans les selles des malades mais en très faibles quantités. Il est extrêmement fragile in vitro. Les épidémies ne s'observent que dans les pays à niveau d'hygiène insuffisant et sont généralement liées à une contamination massive de l'eau. Elles se caractérisent par un taux de létalité élevée, notamment chez les femmes enceintes. **(Benhalima.2019)**

## **2-3-Maladies d'origine fongique**

### **➤ La candidose**

La candidose est une infection fongique provoquée par un champignon (mycose) des muqueuses et de la peau. Ce champignon appartient au genre *Candida*. *Candida albicans* est la souche la plus fréquente, mais d'autres espèces existent : *Candida tropicalis*, *Candida parapsilosis*, *Candida pseudotropicalis*, *Candida glabrata* sont de plus en plus impliquées dans les septicémies fongiques. *Candida albicans* se manifeste différemment selon le site d'infection. Il entraîne de façon générale une fatigue de l'organisme, fatigue physique mais aussi psychique avec un manque d'envie, des ballonnements, des céphalées de fin de journée avec l'impression d'avoir la tête enserrée dans un étau, une envie constante de manger du sucre. **(Hadji, Bouceredj.2020)**

### **➤ Les dermatophytose**

La dermatophytose est une infection fongique, causée par des champignons filamenteux microscopiques qui ont une affinité pour la kératine (épiderme, ongles, poils ou cheveux). Ce dernier comprend de nombreuses espèces réparties à l'intérieur de trois genres : *Trichophyton*, *Microsporum* et *Epidermophyton*. Ce sont les "teignes", des lésions de la peau ou du cuir chevelu. Elle se manifeste aussi bien chez l'homme que chez l'animal, et est contagieuse. **(Hadji, Bouceredj.2020)**

## **2-4 Les maladies d'origine parasitaire**

### **❖ Les amibiases :**

L'amibiase occupe le troisième rang des maladies parasitaires les plus meurtrières au monde. Elle est contractée par voie fécale-orale. Environ 10% de la population mondiale serait infectée par des amibes parasites du genre *Entamoeba* dont la plus pathogène est *Entamoeba histolytica*, l'agent de l'amibiase, c'est la seule qui possède en effet la capacité de traverser la muqueuse de l'intestin et d'en détruire la paroi où nourrit exclusivement d'hématies où il provoque une nécrose locale et des ulcères. Ce parasite est présent sous sa forme enkystée dans l'eau ou les aliments souillés qui sont très résistants. L'infection est généralement asymptomatique et les signes cliniques vont d'une diarrhée discrète à une dysenterie aiguë qui peut survenir (**Lassoued et Touhami, 2008**).

### **❖ Le paludisme :**

Le paludisme (ou malaria) constitue la première endémie parasitaire dans le monde. Près de 40% de la population mondiale vit en zone à risque et on enregistre entre 300 et 500 millions de cas cliniques chaque année avec plus d'un million de décès, principalement des enfants de moins de cinq ans. Le paludisme est causé par un protozoaire du genre *Plasmodium*, infecté alternativement les hôtes humains et de moustique du genre Anophèles. Parmi les quatre espèces à l'origine d'infection chez l'homme (*Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malaria*, *P. ovale*) *P. falciparum* provoque les infections les plus graves, souvent mortelles. (**Wein, S, et al., 2005**.)

# **Partie II : étude expérimental**

# **Chapitre 1 : Matériel et méthodes**

## 1 Présentation de la zone d'étude

### 1-1-Localisation géographique

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est de l'Algérie à 290 m d'altitude. Elle s'étend de 39° au 40° de latitude de Nord et du 5° au 6° de longitude Est. Elle occupe une position géographique stratégique entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda), les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa) et de proximité du territoire tunisien à l'Est. Elle s'étend sur une superficie de 4101 km<sup>2</sup> et elle est limitée par :

- La wilaya d'Annaba, au Nord.
- La wilaya de Skikda, au Nord-Ouest.
- La wilaya de Constantine, à l'Ouest.
- La wilaya d'Oum El Bouaghi, au Sud.
- La wilaya de Souk Ahras, à l'Est.
- La wilaya d'El Taref, au Nord-Est.

Elle englobe 34 communes totalisant une population de 482430 habitants (au dernier recensement de 2008)



Figure 4: Localisation de zone d'étude [1]

## **2-Prélèvement et choix des stations**

### **2-1- Choix de stations**

- **Station (1) Rasfa :**

C'est une digue de collecte des eaux d'Oued Seybouse pour le pompage aux différents ouvrages périmètres d'irrigation de Boumahra ahmed. Elle est alimentée par le barrage de Hammam Debagh à travers Oued Sybouse par le mécanisme du lâchés. Mais les rejets fécaux de boumahra ahmed et Belkhir restent toujours comme source de contamination.



**Figure 5 :** la digue de Rasfa.  
(Photo prise par Hebbache.I)

- **Station (2) piscine de l'OPOW :**

Il situé dans le complexe sportif de la wilaya de Guelma, pré de stade Suidani Boudjmaa sous la responsabilité de la direction de la jeunesse de sport. C'est une piscine semi olympique couverte à température contrôlée.



**Figure 6 :** Piscine de l'OPOW.  
(Photo prise par Hebbache.I)

## 2-2-Echantillonnage et mode 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 dans des conditions d'asepsie rigoureuse, pour éviter les sources possibles de contamination.

Le mode de prélèvement varie selon l'origine de l'eau ainsi que la nature des analyses à effectuer (physico-chimiques ou bactériologiques) (**Rodier et al., 2009**).

Les prélèvements pour l'analyse bactériologique sont étalés sur une période de deux mois (Février, Mars), le rythme d'échantillonnage était d'un prélèvement par mois.

Les échantillons d'eau sont prélevés soigneusement dans des flacons stériles de 500 ml en verre à bouchon rodé. Les flacons stériles sont prolongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon et également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. (**Rodier et al., 2009**).

Une fois le prélèvement terminé, inscrire sur l'étiquette les indicateurs nécessaires à l'identification du prélèvement comme : la date, heure de prélèvement, et le nom de station ...etc.

Tableau (04) : résumé des fréquences de prélèvement

		Date de prélèvement		Heure de prélèvement
Station 1		Prélèvement 1	26.02.2022	17 : 00 h
		Prélèvement 2	20.03.2022	17 : 40 h
Station 2	Avant baignade (AV)	Prélèvement 1	26.02.2022	08 : 00 h
	Après baignade (AP)	Prélèvement 1	26.02.2022	21 : 00 h
	Avant baignade (AV)	Prélèvement 2	20.03.2022	08 : 00 h
	Après baignade (AP)	Prélèvement 2	20.03.2022	21 : 00 h

Les prélèvements sont acheminés au laboratoire dans une glacière à une température  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  menue des poches de glace, afin d'effectuer des analyses bactériologiques (**Rodier, 2009**).

### 3-Les analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser (des bactéries d'origine fécale et/ou des bactéries pathogènes). Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 2005**). Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivantes :

- Les germes revivifiables ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Les bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASR)
- Salmonella ;

- *Staphylococcus aureus* ;
- *Vibrio cholérique* ;

### **3-1-Recherche et dénombrement des germes revivifiables**

Le dénombrement des germes revivifiables, nommé également mésophiles aérobies en fonction de leur condition de développement. La recherche et le dénombrement des germes revivifiable se Réalisent par la méthode d'incorporation qui vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture. Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37°C (Rejsek, 2002).

- Germes totaux à 22 °C : Ce sont les bactéries autochtones qui sont adaptées à la température de l'eau, le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 22 °C durant 68 ± 4h.
- Germes totaux à 37 °C : Ce sont les bactéries potentiellement pathogènes car elles se développent à la température du corps humain. Le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 37 °C durant 44 ± 4h (Carbonnelle et al., 1988).

#### **• Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser ou ces dilutions, porter aseptiquement deux fois 1 ml dans deux boîtes Pétri vides préparées et numérotées à l'avance pour cet usage. En outre compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie et maintenue à 45 °C. et faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sans faire de bulle d'air et sans mouiller les bords de la boîte. Laisser solidifier sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose (TGEA). Retourner les boîtes et incuber le premier lot à 37 °C pendant 48 heures et le second à 22 °C pendant 72 heures (Lebres et al., 2006 ; Bouchaala, 2009 ; Merzoug. 2009).

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

- **Dénombrement**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de la remarque suivante : dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies. Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C.

Calculer ensuite la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à 22 ± 2 °C à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à 36 ± 2°C à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

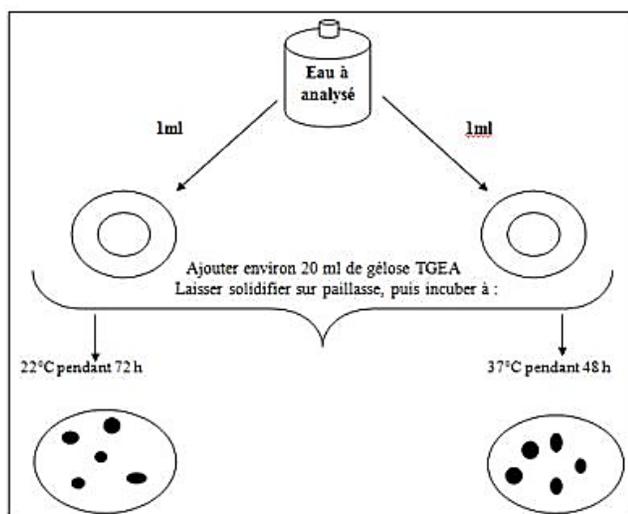
$$N = \frac{\sum c}{1.1 \times d}$$

Où :

$\sum c$  : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule. Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22 °C et à 37 °C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10x où x est la puissance appropriée de 10. Exprimer les résultats en unité formant colonie (UFC) (**Rodier, 2009 ; Lebres et al., 2008**).



**Figure 7** : Dénombrement des micro-organismes révivifiables à 22°C et à 37°C dans les eaux (**Lebres et moffok., 2008**)

### 3-2-Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

#### a. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants *E. coli*

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification de *E. coli* ont été effectués par la méthode (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique de nombre de micro-organismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire.

- **Mode opératoire (colimétrie sur milieu liquide)**

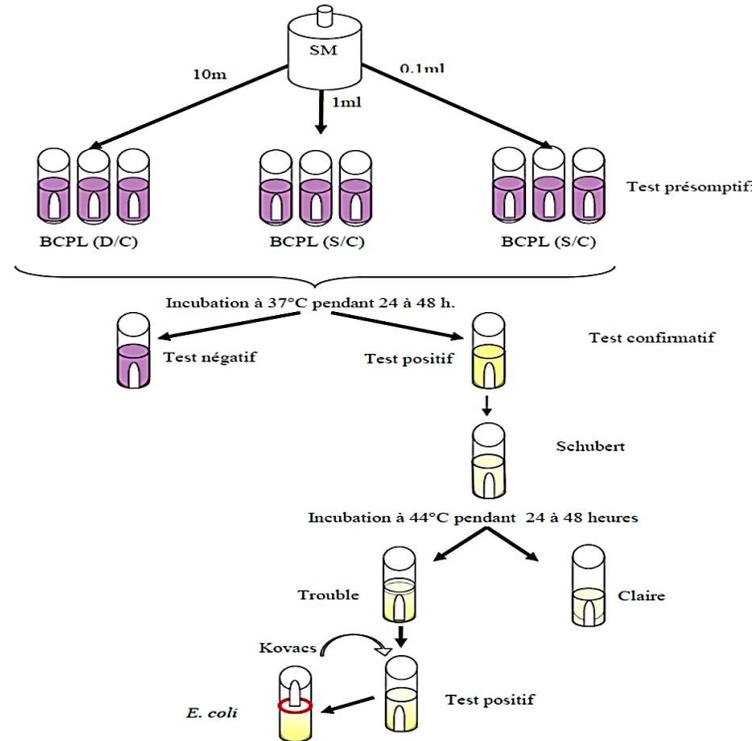
**1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif :** Réservé à la recherche des coliformes.

- ✚ Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche pour éviter de fausser les résultats (**Joffin et Joffin, 1999**)
- ✚ L'ensemencement est réalisé après agitation de l'échantillon :
  - 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
  - 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
  - 3 fois 0,1ml dans 3 tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- ✚ Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- ✚ Après incubation, seront considérés comme positifs les tubes qui présentent à la fois :
  - Un dégagement de gaz (1/10 de la hauteur de la cloche).
  - Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune qui est dû à la fermentation du lactose présent dans le milieu.
- ✚ Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre de tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

**2<sup>ème</sup> étape : Test confirmatif (Mac Kenzie)** réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E.coli* (**Labres , 2002 ; Chaouch , 2007 ; Labres et Mouffok , 2008** ) .

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo - tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

- ✚ Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois - ci à 44 °C pendant 24 heures (**Labres et Mouffok, 2008**).
- ✚ Considérer comme positifs les tubes dans lesquels on observe à la fois :
  - Un trouble et un dégagement de gaz (1/10 de la cloche Durham).
  - La production d'indole par les coliformes thermo-tolérants peut nous orienter vers *Escherichia coli*, qui se manifestera par l'apparition d'un anneau rouge ou rose qui se rassemblera à la surface du tube après l'ajout du réactif de Kovacs.
- ✚ Le dénombrement d'*Escherichia coli* est obtenu de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady (NPP).
- ✚ Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau à analyser (**Labres et Mouffok , 2008** ) .



**Figure 8 :** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes (Lebres et Mouffok, 2008)

### b. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide par la méthode du NPP à l'aide de deux bouillons de culture, milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky. Cette méthode fait appelé à deux tests consécutifs test de présomption suivi d'un test de confirmation (Chaouche, 2007 ; Lebres et Mouffok, 2008)

- **Mode opératoire (streptométrie sur milieu liquide)**

**1ère étape : Test présumptif :** Réservé à la recherche des streptocoques

✚ A partir de l'eau à analyser, on ensemence :

- ❖ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- ❖ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- ❖ 3 fois 0,1 ml dans 3 tube contenant 10ml de milieu ROTHE S/C.

✚ Incuber les tubes après leurs mélanges à 37 °C pendant 24-48 heures.

- ✚ Les tubes positifs se manifestent par la présence d'un trouble bactérien accompagné d'un virage de milieu dans lequel on présume contenir un Streptocoque et sont soumis au test de confirmation.

**2ème étape : Test confirmatif :** réservé à la confirmation des streptocoques fécaux dans les tubes positifs du test de présomption (**Chaouche, 2007**)

- ✚ Après agitation des tubes positifs : prélever quelques gouttes par une pipette Pasteur, les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky.
- ✚ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- ✚ Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés positifs les tubes présentant :

- Un trouble dû au développement bactérien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube.

Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et forme une pastille violette (**Rodier et al.,2009**).

- ✚ La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

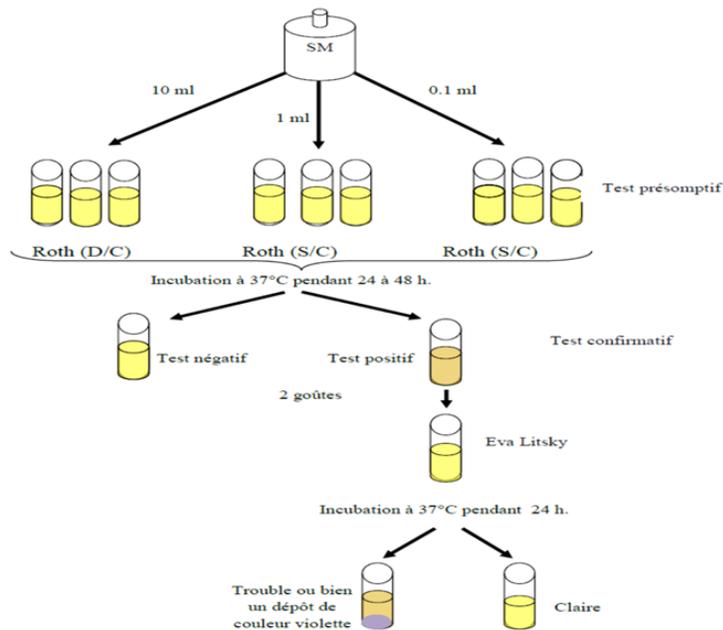


Figure 9 : Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (**Labres et Mouffok, 2008**).

### c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolée ou en chaînette, mobile réduisent le sulfite de sodium en sulfure (Bourgeois et Leveau, 1980). Ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement ; se développent à une température de 37°C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire (Lebres, 2002 ; Pechere et al., 1982). Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (Rejsek, 2002).

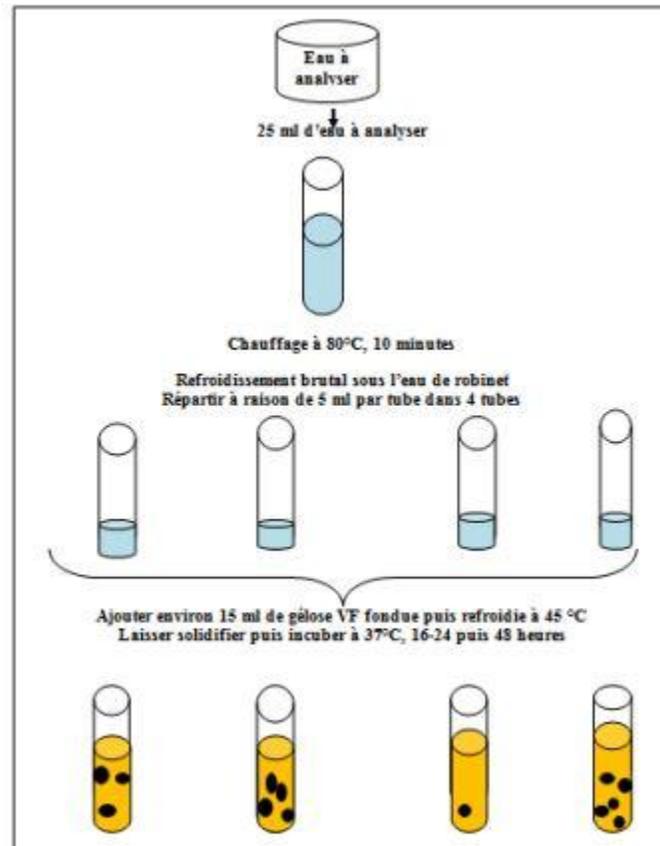
- **Mode opératoire**

La recherche et dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose sur tube profonds :

- ✚ Prendre environ 25 ml de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- ✚ Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- ✚ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents préalablement stérilisés, à raison de 5 ml par tube.
- ✚ Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- ✚ L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- ✚ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- ✚ Laisser solidifier sur pailleuse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37 °C, pendant 24 à 48 heures (Labres et Mouffok, 2008).

❖ Remarque :

Faire une première lecture après 24 heures deuxième après 48 heures. La première est indispensable car en présence de nombreuses colonies la diffusion de la coloration nous rend le tube invisible (Rejsek, 2002).



**Figure 10** : Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR) (Lebreset Mouffok, 2008)

### 3-3- Recherche des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (Rodier et al., 2009).

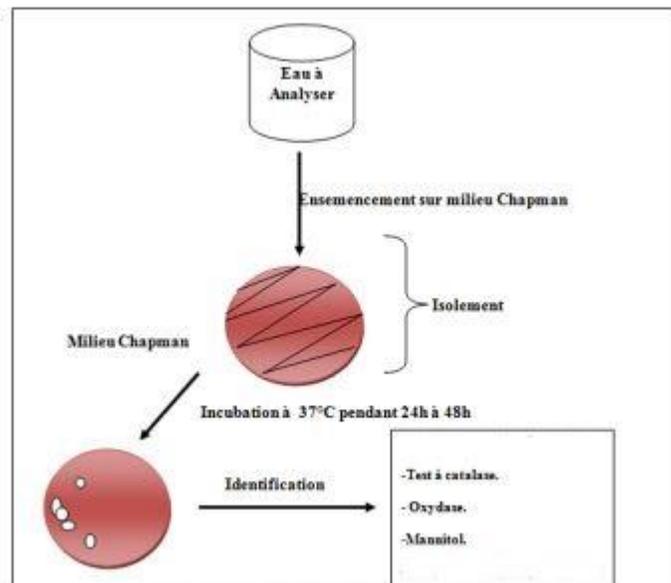
Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont staphylocoques, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* et *Vibrio cholérique*.

### a. Recherche des *Staphylocoques*

Les staphylocoques sont des cocci à Gram positif, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des humains et animaux.

#### ❖ Isolement :

A partir de la solution mère où ces et à l'aide d'une anse de platine stérile, ensemencer une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37°C pendant 24 h.



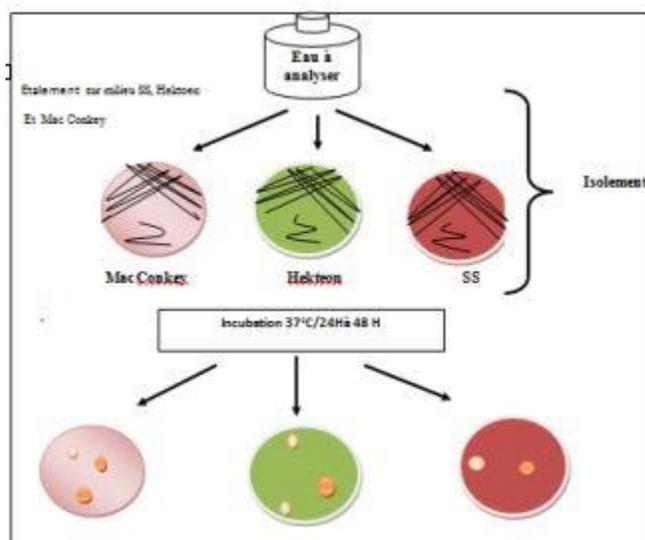
**Figure 11 : Recherche et identification du staphylocoque pathogène (*S. aureus*) (Lebres et Mouffok, 2008)**

### b. Recherche de *Shigella*

Les shigelles (genre *Shigella*) sont des *Enterobacteriaceae* rencontrées exclusivement chez l'homme. Elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif éliminées par les selles et dispersés dans les sols et les eaux ou elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement, ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E. coli* (Berche et al., 1988 ; Pechère et al., Carbonnelle et al., 1988).

❖ **Isolement**

A partir de l'eau à analyser où ces dilutions porter aseptiquement 2 gouttes et ensemercer à la surface de Gélose Mac Conkey, Gélose *salmonella-Shigella* (SS) et Gélose Hektoen, par la méthode des quatre quadrants, puis les incuber a  $36 \pm 2$  °C pendant 18 à 24 h.

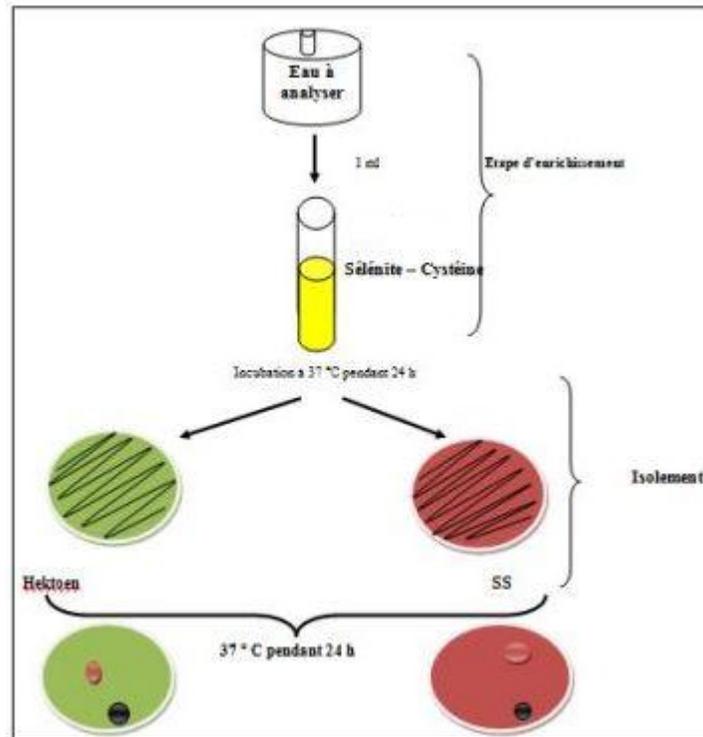


**Figure 12** : La recherche et identification des *Shigella* dans les eaux (Lebres et Mouffok, 2008).

**d. Recherche des Salmonelles**

La méthode de recherche de cette bactérie découle d'une part de leur présence en nombre relativement faible dans les eaux, ainsi que leur difficulté d'y survivre et d'autre part, l'existence habituelle d'un nombre important de germes d'accompagnement d'origine fécale ou non fécale. Ces constatations entraînent l'obligation d'utiliser des milieux d'enrichissement sélectifs dans le but d'inhiber le développement des autres bactéries (Rodier et al., 1996).

Les salmonelles sont recherchées sur différents milieu de culture. Un milieu de pré-enrichissement nécessaire à la préparation de la solution mère. Un milieu d'enrichissement comme le milieu de Sélénite-Cystéine (SFB) en double concentration (Rodier, 2009). A partir du bouillon d'enrichissement, l'isolement s'effectue sur le milieu Héktoèn et ou sur milieu salmonella shigella (SS), l'incubation se fait à 37°C, pendant 24 heures (Rodier et al., 1996). Sur ce dernier milieu les salmonella se présentent sous formes des colonies de couleur gris bleu à centre noir ou bien (transparent centre noir) (Rejesk, 2002 ; Delarras, 2008).



**Figure 13:** Recherche des salmonella dans les eaux (**Rodier, 1996**)

### Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

Le genre *Pseudomonas* est fait de bacilles Gram négative, droit en fins, aux extrémités arrondis, mobiles à ciliature polaire, aérobies stricts, oxydase positive et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide et ne dégrade pas le lactose. *Pseudomonas aeruginosa* est mésophile tandis que la majorité des espèces sont psychrotrophes (**Pechère et al., 1982 ; pilet, 1987 ; Lebres et al., 2008**)

L'isolement des *Pseudomonase* fait directement d'eau à analyser sur la gélose Cétrimide par la méthode de quatre quadrants, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Rejesk, 2002**).

Après l'incubation, l'ensemencement fait sur la surface de milieu de culture King A et King B. L'incubation des milieux à 37°C pendant 24heuts (**Pil et al., 1987 ; Rouaiguia, 2010**) Considéré comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence, du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide. Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* apparaissent souvent de grandes tailles (1-3mm), à bord irréguliers, lisses régulières et bombées.

Sur le milieu king A se fait la recherche de la pyocyanine, pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intence des milieux de culture. Alors que la

recherche de la pyoverdine se fait sur king B. C'est une teinte vert fluorescent se trouve chez *P. fluorescens* (Lebres et Mouffok, 2008).

### **Recherche de Vibrio cholérique**

Les *Vibrio* sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droit, mobiles et aérophiles, Gram négative et oxydase positif, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz. Ils sont plus ou moins basophiles (Ph 8.5 à 9), halophiles ou halotolérantes suivant les espèces (Delarras et Trébaol, 2003).

La recherche des vibrio sp passe par deux étapes :

- ✚ **Phase de prélèvement et du pré-enrichissement :** Mettre 1 ml d'eau à analyser directement dans un tube contenant 10 ml du milieu de culture eau peptonée alcaline (EPA). Incuber pendant 24 h à 37 °C.
- ✚ **Phase d'enrichissement :** A partir du premier enrichissement (EPA1) on effectue un premier isolement sur gélose GNAB1. On réalise un deuxième enrichissement en portant 1ml de flacon d'enrichissement sur eau peptonée (EPA2). On incube pendant 24 h à 37°C. On effectue un deuxième isolement à partir du deuxième enrichissement sur gélose GNAB2 et on incube pendant 24h à 37°C. Les colonies des vibrios ont 1 à 1,5 mm de diamètre et sont transparentes, lisses et d'aspect légèrement bombé.

### ❖ **Identification**

L'identification est basée sur la détermination des caractères morphologiques et biochimiques :

- Etude macroscopique ;
- Etude biochimique.

### **Etude macroscopique**

Cette technique consiste à effectuer une observation à l'œil nu des colonies des souches bactériennes isolées afin de déterminer les caractères suivants :

- |           |           |
|-----------|-----------|
| - Forme   | - Contour |
| - Opacité | - Surface |
| - Couleur | - Relief  |

- Centre

- Consistance

## **Etude biochimique.**

### **Test de l'oxydase**

Ce test a pour rôle la recherche de l'enzyme cytochrome C-oxydase chez les bacilles à Gram négatif qui produisent ou non cette enzyme, telles que *Neisseria* sp et *Pseudomonas* sp.

#### **Principe**

En présence de cytochrome oxydase chez la bactérie, le composé NN-diméthylparaphénylène diamine (incolore) forme un composé coloré en bleu après oxydation en présence d'oxygène ambiant.

#### **Méthode**

A l'aide de pinces un disque d'oxydase est placé sur une lame porte objet. Une colonie bien isolée est prélevée et est déposée sur le disque. L'apparition d'une coloration violette dans un délai ne dépassant pas les 10 secondes indique la positivité du test.

#### **Lecture**

Réaction positive : coloration bleu foncé à violette apparaissant dans un délai de 10 secondes.

Réaction négative : absence de coloration ou coloration au-delà de 10 secondes.

### **Teste de la catalase**

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes, aéro-anaérobies facultatives. La fonction principale de la catalase dans les cellules est de prévenir l'accumulation de niveaux toxiques de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) formé au cours des réactions d'oxydation. Cette enzyme catalyse la conversion du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène qui se dégage selon la réaction (**Singleton, 2005**).

#### **Méthodes**

Sur une lame propre et sèche : une goutte d'eau oxygénée y est déposée. Une colonie bactérienne est ensuite prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée et mise en contact avec l' $H_2O_2$ .

□ **Lecture**

-L'apparition de bulles d'air (dégagement d'oxygène  $O_2$ ) est le résultat de la dégradation de l'eau oxygénée  $H_2O_2$  en eau  $H_2O$ . La bactérie est dite catalase (+) ou possède une catalase.

- L'absence des bulles d'oxygène prouve la non dégradation de l'eau oxygénée  $H_2O_2$  en eau  $H_2O$ , et la bactérie est dite catalase (-), ou ne possède pas de catalase

# **Chapitre 2 : Les résultats et discussion**

## Les résultats des analyses microbiologiques

Le principal danger de la pollution bactériologique auquel est exposé l'eau de baignade est celui d'une contamination récente par le déversement direct des eaux usées riche en matières fécales.

L'analyse bactériologique normale d'une eau de baignade consisterait logiquement à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. On préfère généralement rechercher les germes fécaux. Ces derniers, comme les germes pathogènes, sont éliminés par les matières fécales (eaux usées). De ce fait, leur mise en évidence dans l'eau permet d'estimer la possibilité de la présence de germes pathogènes.

L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques est basée sur une simple comparaison entre les valeurs obtenues et les normes microbiologiques canadienne concernant les eaux de loisirs, aussi par les valeurs guides requises pour les eaux de baignade et proposées par la réglementation algérienne en vigueur. Ces exigences réglementaires sont formulées dans le décret exécutif n°93-164 du 10 Juille'1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade (**Tableau 05**).

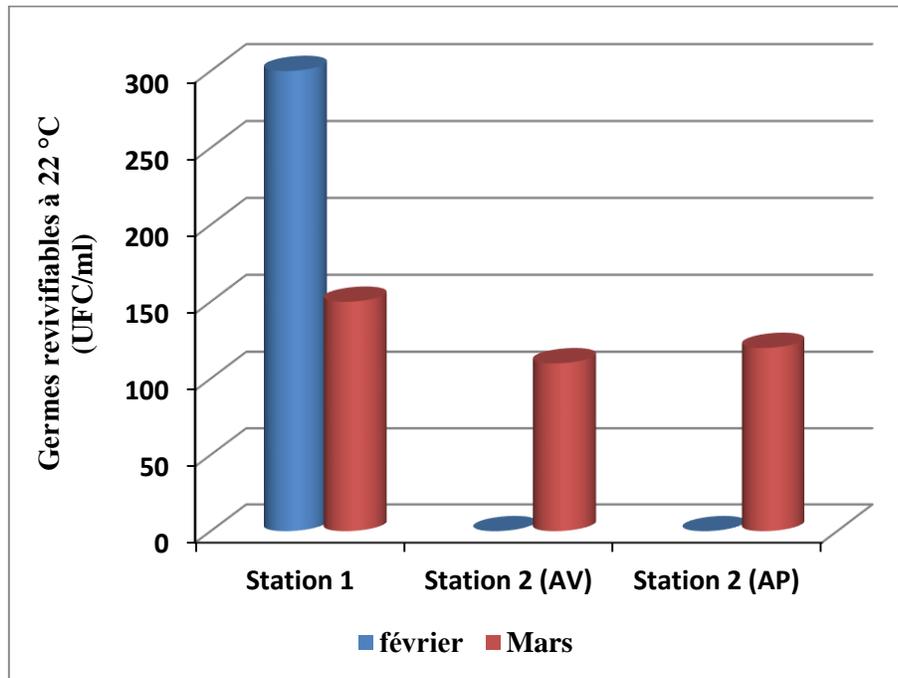
**Tableau 05 : Qualité requise des eaux de baignade (J.O.R.A.D.P ,1993).**

Paramètre	Unité	Valeurs guides (UFC)	Valeurs limitées (UFC)
<b>Coliformes totaux</b>	/100 ml	500	1000
<b>Coliformes fécaux</b>	/100 ml	100	2000
<b>Streptocoques fécaux</b>	/100 ml	100	-
<b>Salmonelle</b>	1 L	0	0
<b>Vibrations cholériques</b>	/450 ml	0	0

Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guide indiquent une eau de bonne qualité. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limitées sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue, au-delà ces eaux sont contaminées.

## 1- Résultats et dénombrement des germes revivifiables

Les résultats de l'évolution des germes revivifiables à 22 °C dans les sites de prélèvement représentés dans la figure (14).

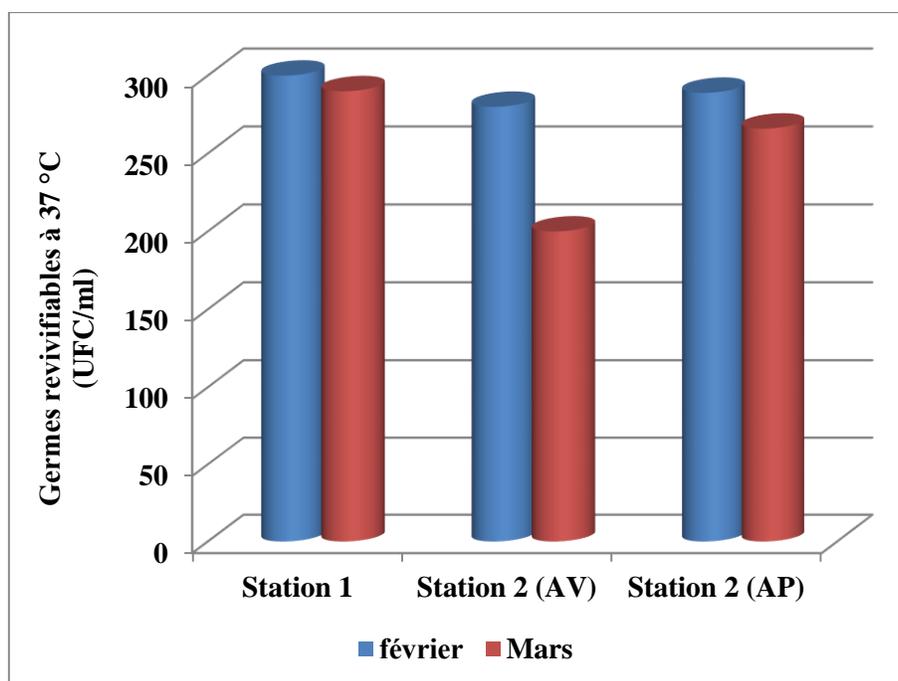


**Figure 14 :** La variation du nombre des germes revivifiables à 22°C dans les différentes stations de prélèvement

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau de baignade, la plupart ne sont pas pathogènes (**Boucenina, 2019**). Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes opportunistes et causent des infections chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli. En effet, la forte concentration en germes totaux génère des problèmes d'ordre organoleptique et sanitaire (**Khichane et Khouas, 2019**).

Les résultats portés sur la figure (14) montrent que le nombre des germes revivifiables à 22°C est de 300 UFC/ml pendant le mois de Février, et de 140 UFC/ml pendant le mois de Mars pour la station (01). Par contre, au niveau de station (2) nous avons remarqué une absence totale des germes revivifiables durant le mois de Février, tandis que le nombre des germes atteindra 120 UFC/ml pendant le mois de Mars.

Les résultats de l'évolution des germes revivifiables à 37 °C dans les sites de prélèvement représentés dans la figure (15).



**Figure 15** : La variation du nombre des germes revivifiables à 37°C dans les différentes stations de prélèvement

Pour les germes mésophiles à 37 °C, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées toujours dans la station (01) avec 300 UFC/ml durant les deux mois ; par contre la valeur minimale est de 200 UFC/ml dénombrée dans la station 02 (AV) pendant le mois de Mars, cette valeur est supérieure aux normes préconisées par ( **Robert 1999**) concernant les eaux de piscine qui est inférieure à 100 UFC/ml.

Nos résultats concordent aussi avec ceux obtenus dans d'autres pays par ( **Houti et al., 2014**) en Maroc.

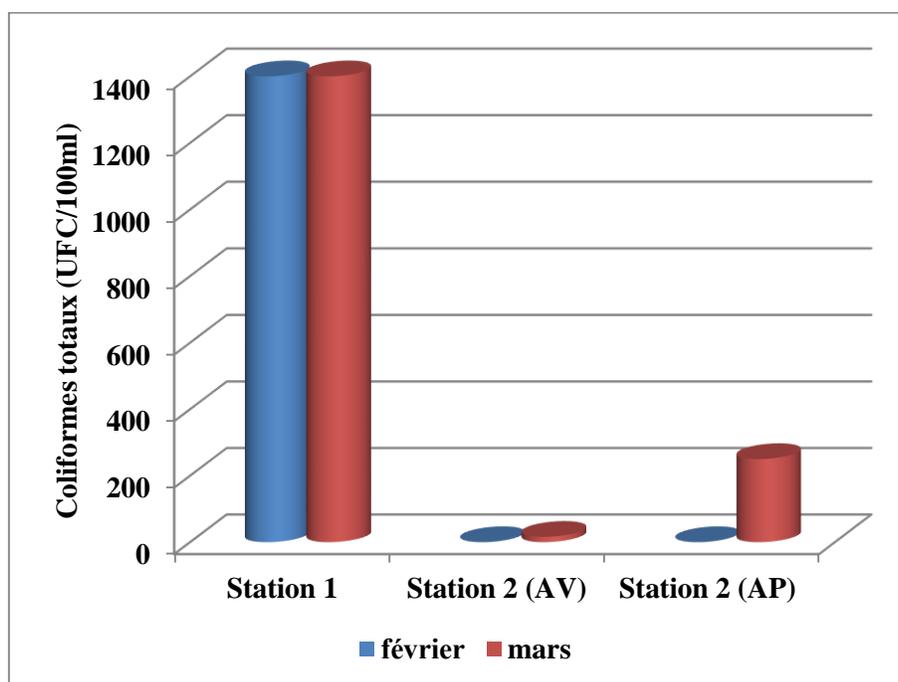
Les résultats obtenus à 22 °C sont moins élevés à ceux trouvés à 37 °C pour les deux stations, cela se traduit par l'influence de la température sur la croissance de ces microorganismes. Ces teneurs dépassent les normes fixées par ( **l'OMS 2004** )

Le dénombrement des micro-organismes revivifiables à 37° représente un indicateur de la qualité microbiologique globale de l'eau. Son augmentation dans la station (02) peut traduire dysfonctionnements au sein des installations de traitement et de recyclage de l'eau. Il peut aussi

révéler une efficacité insuffisante du désinfectant utilisé. Il est donc proposé de conserver ce paramètre pour lequel la limite actuelle de 100 UFC/ml apparaît pertinente.

## 2- Résultat du dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

La variation du nombre des bactéries dans les différentes stations de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure (16).



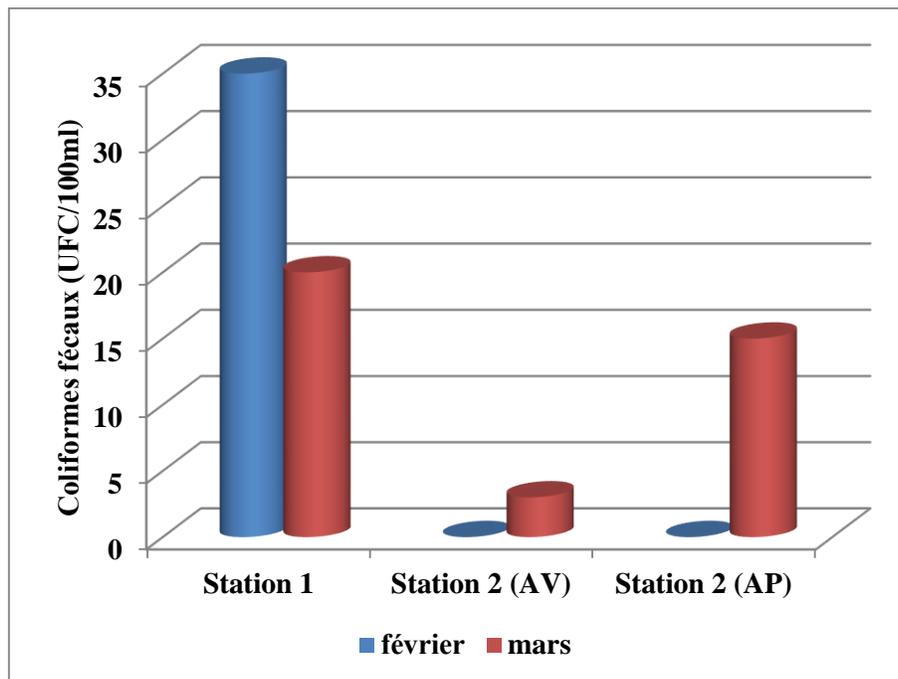
**Figure 16** : La variation du nombre des coliformes totaux /100 ml dans les différentes stations de prélèvement

Le nombre des microorganismes coliformes totaux est un paramètre très important pour estimer le degré de pollution d'un écosystème aquatique et surtout pour déterminer l'origine de la contamination.

Nous avons constaté que le nombre de coliformes totaux varie entre 0 UFC / 100 ml et 1400 UFC/100 ml, qui représente une valeur maximale trouvée dans la station (01) durant les deux mois (février et Mars), Ces valeurs sont supérieures à l'intervalle préconisé par ( **J.O.R.A.D.P 1993**). Les résultats de station (02) varient entre 0 UFC / 100 ml et 250 UFC/100 ml, ces résultats sont conformes aux valeurs guides requises pour les eaux de baignade. Cette observation est en accord avec les résultats de l'étude de (**Radja et Fawzia 2012**).

Ce nombre de coliforme totaux est dû à une pollution fécale qui a des origines multiples, comme les eaux usées, l'activité agricole, d'éjection des animaux et les eaux de ruissellement (**Rodier et al.,2009**) après de fortes précipitations pour la digue de Rasfa. Tandis que les sources de contamination des eaux de piscines sont liées aux baigneurs et l'environnement.

Les coliformes totaux sont utilisés comme des indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau et pour détecter les failles dans le système de distribution. En ce qui concerne la station 2, la source unique de la pollution est causée par les baigneurs, et on peut noter aussi que le système de filtration d'eau de piscine et les désinfectants utilisés (chlore) joue un rôle important dans l'élimination des germes, sachant que les coliformes totaux sont sensibles au chlore, leurs présences dans l'eau de piscine peuvent indiquer un manque d'efficacité du traitement.



**Figure 17** : La variation du nombre des coliformes fécaux/100 ml dans les différentes stations de prélèvement.

Pour les coliformes fécaux, leur présence est visible dans toutes les échantillons qu'on a prélevés, sauf en remarque l'absence de ces germes au niveau de la station 2(AV/AP) pendant le moins de Février, ces valeur sont inférieur aux valeurs guide requises pour les eaux de baignade (100 UFC/100 ml). Par contre, ne sont pas conformes aux normes préconises par **Robert (1999)** concernant les eaux de piscine (10 UFC/100ml).

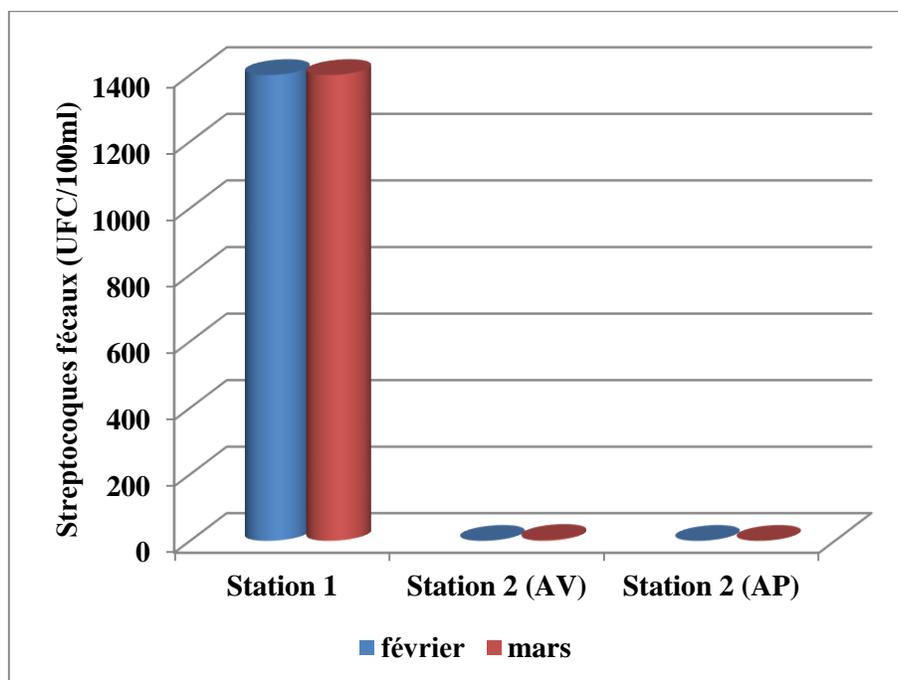
L'élévation de nombre des germes du mois de Février au niveau de station (01) par rapport à celle de mois de mars peut être due à l'augmentation de la température, et la diminution de la pluviométrie. Sachant que cette augmentation de température favorise la croissance des coliformes fécaux, car la résistance de ces germes est du même ordre que celle des Salmonella et celles des Streptocoques fécaux, mais cette survie varie selon les conditions (température, nature de l'eau,...etc.) (Rodier *et al.*, 1997). En revanche, la diminution du nombre de germes fécaux en moins de Mars peut être expliquée par la pluviométrie pendant le jour de prélèvement et une basse température. Tandis que les sources de contamination des eaux de piscines sont principalement ou entièrement liées aux baigneurs.



**Figure 18 :** Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes fécaux dans le milieu Schubert. (Photo prise par Hebbache.I)

### 3- Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des flores intestinales dominantes chez les animaux herbivores domestiques. Donc ils sont aussi des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux (Rodier, 1996). La variation du nombre des streptocoques fécaux dans les différentes stations de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure (19).



**Figure 19 :** La variation du nombre des streptocoques fécaux/100 ml dans les différentes stations de prélèvement

Pour les Streptocoques fécaux, on observe que les valeurs obtenues pour la station (01) sont supérieures aux valeurs guide requises pour les eaux de baignade, avec une valeur est de  $14 \times 10^2$  (UFC/100 m1). Par contre, Nous avons constaté une absence totale des streptocoques fécaux au niveau de station (02) avant et après baignade durant les deux mois (Février, et Mars).

Cette forte présence de streptocoques fécaux au niveau de station (01) est due à la contamination des eaux par une pollution d'origine fécale causée principalement par des déjections animales et humaines en plus de l'effet de ruissellement. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par (Houti et al., 2014) et (Radja et Fawzia 2012).

- **Détermination de l'origine de la contamination fécale**

Le ratio Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux (CF/SF) qui permet de déterminer si la source de contamination fécale est principalement ou entièrement d'origine animale ( $< 0,7$ ), mixte à prédominance animale (entre 0,7 et 1), Origine incertaine (entre 1 et 2), mixte à prédominance humaine (entre 2 et 4), où source exclusivement humaine ( $> 4$ ) (Borrego et Romero., 1982), a été déterminé pour la digue de Rasfa (Tableau 06). Le ratio varie de 0.025 pendant le mois Février à 0.05

pendant le mois de Mars. Selon les résultats du rapport (CF/SF), nous notons que la source de pollution pour la digue de Rasfa est principalement ou entièrement d'origine animale.

**Tableau 06 :** Origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF)

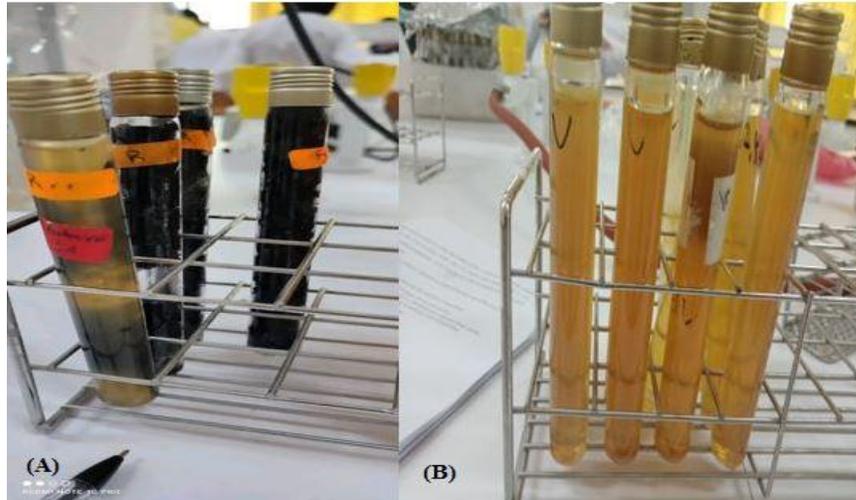
Période	Rapport CF/SF
Février	0.025
Mars	0.05

#### 4- Résultat du dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs

**Tableau 07 :** Evaluations du nombre des spores des ASR dans les sites de prélèvement.

Station période	S (01)	S (02)	
		(AV)	(AP)
Février	Indénombrable	Absence	Absence
Mars	Indénombrable	Absence	Absence

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) constituent généralement des indices de contamination ancienne. D'après nos résultats (Tableau 07), la station (02) (avant/et ou après baignade) ne contient pas des anaérobies sulfito-réducteurs, ces valeurs correspondent à la norme microbiologique canadienne concernant les eaux de loisirs (**canada., 2012**). Donc cela veut dire que l'eau de piscine n'ont pas connus une contamination ancienne, contrairement au l'eau de station (02).

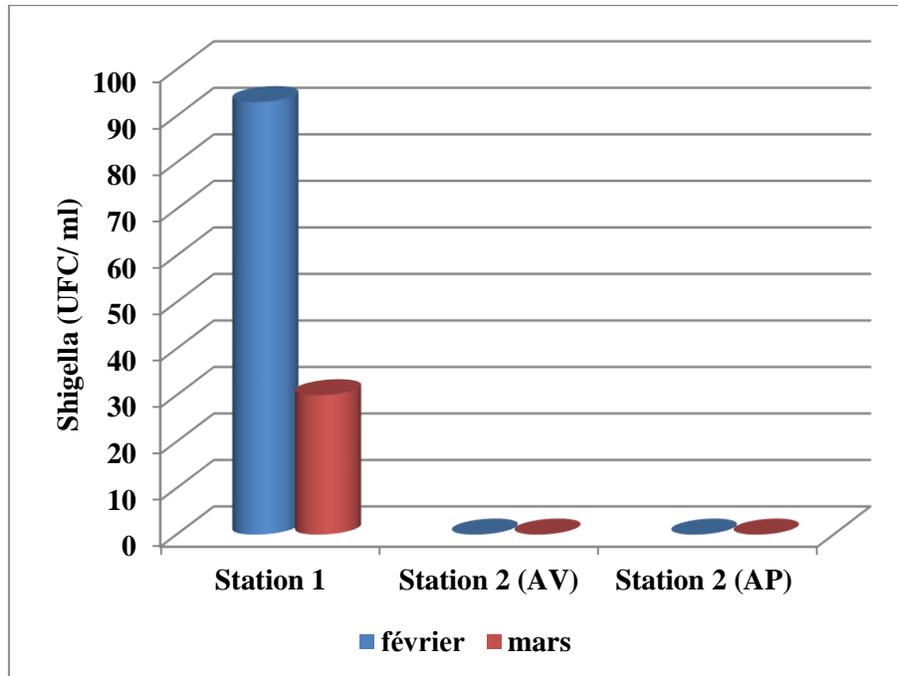


**Figure 20 :** Présence (A= digue de Rasfa), et absence (B= piscine) des anaérobies sulfito-réducteurs sur milieu Viande foie. (Photo prise par Hebbache.I)

## 5- Résultat du dénombrement des germes pathogènes

### 5-1- Les Shigelles

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif, éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. La variation du nombre des shigelles, et l'aspects des colonies isolées dans les différentes stations de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure (21), et le tableau (08).



**Figure 21** : La variation du nombre des shigelles dans les différentes stations de prélèvement.

D'après la figure (19) les eaux analysées de la station (01) pendant les deux mois sont caractérisés par la présence d'un nombre des germes Shigella entre 25 et 90 UFC/ml. Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes préconisé, soit par (**J.O.R.A.D.P 1993**), soit par les normes canadiennes (**canada. 2012**). Tandis que, on observe une absence totale des germes pathogène (Shigella) au niveau de la station (02), ces résultats sont conformes aux normes préconise par (**Robert 1999**). Les shigelles sont des bactéries d'origine humaine douées d'un fort pouvoir invasif au niveau de l'épithélium colique et rectal, leur présence dans l'eau de baignade peut provoquer des maladies graves. Ces germes sont responsables d'infections intestinales de gravité variable, dépendante de l'espèce et de la souche. L'invasion de l'épithélium colo-rectal par les shigelles déclenche une rectocolite inflammatoire aiguë fébrile pouvant évoluer jusqu'au syndrome dysentérique (**ladjal et latrache ,2017**)

Sur le milieu Hektoen, les bactéries isolées ont les caractéristiques suivants (**Tableau : 08**)

**Tableau 08** : Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu Hektoen

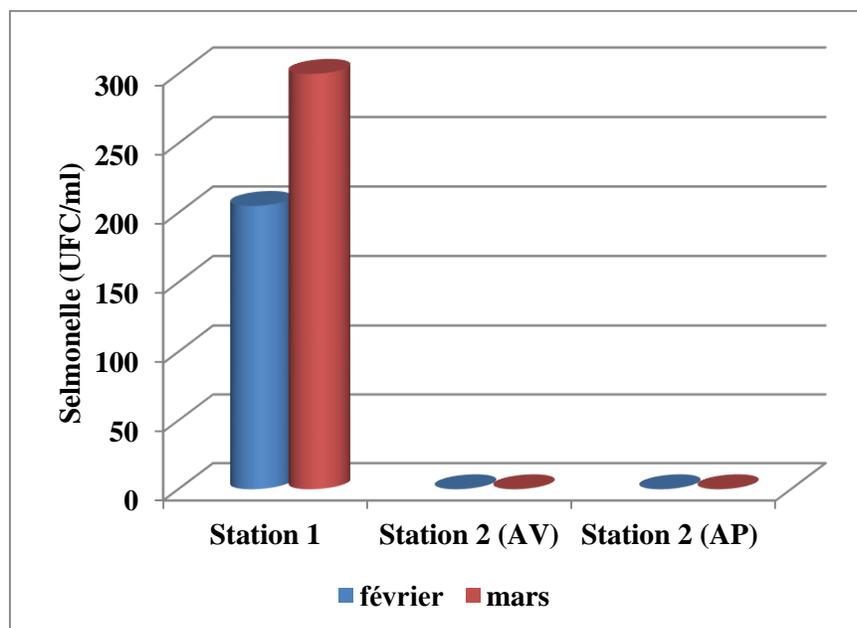
Milieu de culture choisie	Aspect des colonies	Catalase	Oxydase
Hektoen	Colonies a contours régulier, pigmenté en vert	Positive (+)	Négative (-)

### 5-2- Evaluation des germes *Pseudomonas aeruginosa*

Les résultats de la recherche des *Pseudomonas aeruginosa* montrent son absence dans les deux sites de prélèvement, (la digue de rasfa ,piscine) donc ces derniers sont conformes aux normes préconisée par (J.O.R.A.D.P 1993), et aussi par Robert (1999) pour les eaux de piscine et aussi au guide requise pour les eaux de baignades .

### 5-3- Les selmonelles

La variation du nombre des selmonelle, et l'aspects des colonies isolées dans les différentes stations de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure (22), et tableau (09)



**Figure 22** : La variation du nombre des salmonelles dans les différentes stations de prélèvement

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs, anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S (**Labres et al, 2008**).

Les nombres des colonies ont été enregistrée dans la station (01) durant les deux mois (Février et Mars) comprises entre 205 et 300 UFC/ml. Ces valeurs sont supérieures à l'intervalle préconisé par (**J.O.R.A.D.P 1993**). La forte présence des salmonelles dans la station (01), peut être liées à la contamination par les excréments d'animaux. Tandis que, une absence totale de ces germes au niveau de station (02) pendant les deux mois (Février et Mars). Ces derniers sont conformes aux normes préconise par **Robert (1999)** pour les eaux de piscine.

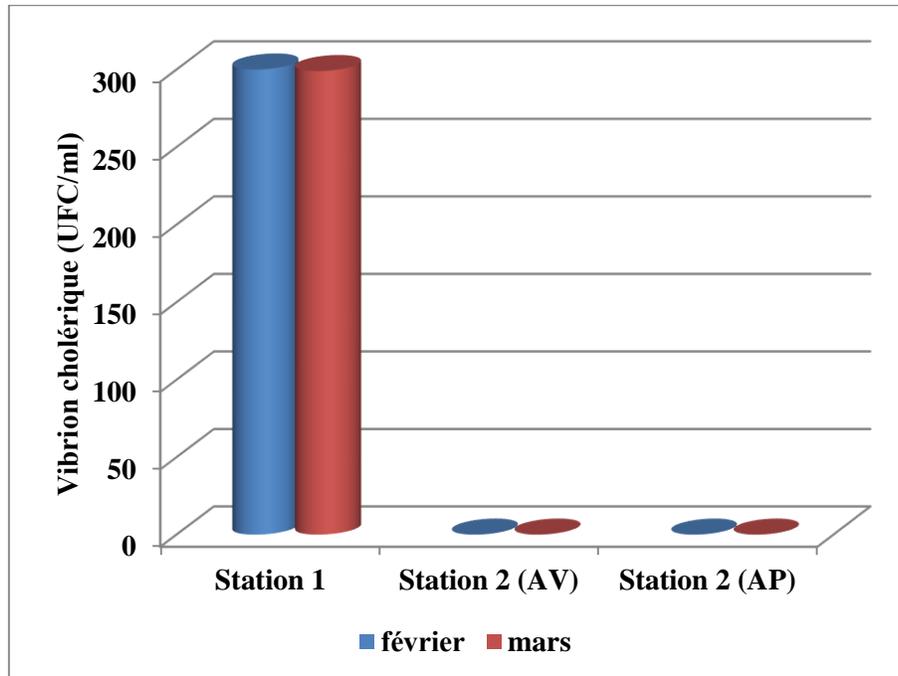
Après culture des bactéries sur le milieu (SS), on a isolé des colonies qui possédant des aspects, catalase, et oxydase suivant (Tableau 09)

**Tableau 09 :** Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu (SS)

Milieu de culture choisie	Aspect des colonies	Catalase	Oxydase
Milieu (SS)	Petites colonies transparentes à centre noire	Positive (+)	Négative (-)

#### **5-4- Evaluation des germes *Vibrio cholériques***

La variation du nombre des *Vibrio cholériques* dans les différentes stations de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure (23).



**Figure 23 :** La variation du nombre des *Vibrio cholériques* dans les différentes stations de prélèvement

Les résultats de la recherche de vibrio montrent la présence des valeurs très élevés qui atteignent 300 UFC/ml au niveau de station (01). Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes préconisées, soit par (J.O.R.A.D.P 1993), soit par les normes canadiennes. Cette forte contamination peut être expliquée par les eaux d'infiltration provenant de systèmes d'assainissement autonomes, les fuites de réseaux d'assainissement (rejets fécaux de boumahra et Belkhir restent toujours comme source de contamination), soit d'origine animale *via* les animaux sauvages et le bétail. Tandis que, on observe une absence totale de ces germes au niveau de station (02), donc ces derniers sont conformes à la norme algérienne (J.O.R.A.D.P., 1993)

Sur le milieu GNAB, les bactéries isolées ont les caractéristiques suivantes (**Tableau : 10**)

**Tableau 10** : Les différentes caractéristiques des colonies cultivées sur milieu GNAB

Milieu de culture choisie	Aspect des colonies	Catalase	Oxydase
Milieu GNAB	Petites colonies, légèrement bombés, transparentes	Positive (+)	Positive (+)

### 5-5- *Staphylococcus aureus*

On observe une absence totale des germes pathogène *staphylococcus aureus*, au niveau de deux stations. Ces valeurs sont conformes aux normes canadienne décrites dans le Guide d'exploitation des piscines et autres bassins artificiels destinés à la baignade (< 30 UFC/100 m) par une concentration maximale de 100 UFC/100ml (**canada., 2012**). Ce germe opportuniste vivant et se développant sur le corps de la plupart des humains sans toutefois que ces derniers soient malades, peut être présent dans les oreilles et dans le nez des baigneurs, par exemple. Sa présence dans une proportion supérieure à 30 UFC/100 ml dans l'eau d'un bassin indique une contamination inacceptable de celle-ci et peut être liée au nombre important de nageurs d'une part et au non-respect des règles d'hygiène d'autre part. La forte concentration de ces indicateurs est associée avec un risque épidémiologique élevé, leur contrôle n'est pas obligatoire (**Ladjal et Latrache.2017**).

# **Conclusion**

## **Conclusion**

Les sites où se pratiquent des activités de baignade se décomposent principalement en deux catégories : les piscines dans lesquelles l'eau est désinfectée afin d'assurer sa qualité microbiologique et les sites naturels qui peuvent faire l'objet d'aménagements particuliers pour l'accueil du public mais dont l'eau n'est pas traitée. Le danger sanitaire dépend de la qualité des eaux et des pollutions éventuelles. Pour les sites naturels, la contamination peut résulter de la surverse du réseau d'assainissement, notamment en période pluvieuse, de l'absence de récupération des eaux pluviales, d'une sur fréquentation en période estivale, de l'absence de renouvellement de l'eau, de déjections animales ou encore de contaminations accidentelles, industrielles ou autre.

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité microbiologique des eaux de baignades de la région du Guelma.

D'après nos résultats, on peut constater que la qualité microbiologique du piscine est bonne, si on prend en considération les coliformes totaux, fécaux et les Streptocoques fécaux et sans oublier l'absence des germes pathogènes, car les valeurs obtenues sont inférieures aux valeurs guides requises pour les eaux de baignade et qui représente 500 UFC/ 100ml pour les coliformes totaux, 100 UFC/ 100 ml pour les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux et 0 UFC/ 100 ml pour les bactéries pathogènes selon les exigences réglementaires Algériennes qui sont formulées dans le décret exécutif n°93-1 64 du 10 Juillet 1993 définissant la qualité des eaux de baignade et selon aussi la norme microbiologique canadienne concernant les eaux de loisirs (**canada., 2012**), ce ci indique bon fonctionnements au sein des installations de traitement et de recyclage de l'eau, il peut aussi révéler une efficacité du désinfectant utilisé . Tandis que la digue de Resfa (Station 01) est plus polluée, là où la source de pollution et principalement d'origine animale, et aussi à raison de l'utilisation excessive des engrais chimiques, et le pompage intensif de l'eau par les riverains pour des fins agricoles influençant négativement de l'eau sur la physionomie, l'écologie, et la qualité biologique, car les valeurs obtenues sont supérieures aux valeurs guides requises pour les eaux de baignade.

Pour conclure, nous considérons que le problème d'eau de baignade en Algérie mérite une très grande importance afin de protéger le citoyen du risque sanitaire lié à la fréquentation des baignades non contrôlées.



**RECOMMANDATIONS  
ET PERSPECTIVES**

## **RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

### **Recommandation :**

- Réaliser des contrôles réguliers de l'eau en vue de détecter toute éventuelle contamination ;
- Réaliser des programmes d'éducation sanitaire pour montrer les risques liés au péril fécal ;
- promotion de l'hygiène et la salubrité publique par amélioration des conditions de vie du citoyen. (Promotion de l'habitat, alimentation en eau potable, et assainissement du milieu.) ;
- De diffuser des affiches et des dépliants ainsi que les textes réglementaires et des dispositifs avant la période estivale ;
- D'élaborer un programme d'action inter sectoriel impliquant tous les acteurs (ministères de la santé, de l'environnement, des ressources hydriques...etc.) visant à la protection des eaux de baignades de tout type d'agression ;
- Les sites réservés à la baignade doivent être soumis à des autorisations d'ouverture délivrées par les services de santé ;
- D'organiser des journées de sensibilisation au profit du citoyen ;

### **Perspectives :**

- Réaliser une surveillance sanitaire à toutes les eaux de surface utilisées comme eau de baignade en Algérie.
- Etablir des normes nationales en matière d'eaux de baignade et de piscine.

# Références bibliographiques

Références bibliographiques

**Adjou A., 2013.** l'Algérie se met hors de danger par 94 barrages et des ressources hydriques considérables après le pétrole restera l'eau. Mon journal (DZ), Algérie, 3p.

**Afssa, Afsset (2006).** Evaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinés à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives. Groupe de travail «cyanobactéries et cyanotoxines» de l'Afssa et groupe de travail «cyanobactéries et cyanotoxines dans les eaux de loisirs» de l'Afsset. Maisons-Alfort : Afsset.232 p.

**Afsset. (2007).** Qualité microbiologique des eaux de baignade. 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. Réponse à la demande d'appui scientifique et technique DGS/EA4 - N°965. Maisons-Alfort : Afsset. 17 p.

**Afsset. (2009).** Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail Relatif à la « Demande d'avis relatif au produit Révacil (polyhexaméthylène biguanide) proposé pour la désinfection des eaux de piscines par la société MAREVA ». Saisine Afsset n°« 2008/011». Maisons-Alfort : Afsset. 6 p.

**Afsset. (2010).** Elaboration de VTRs par voie orale fondées sur les effets reprotoxiques pour l'acide dichloroacétique, l'acide trichloroacétique et l'acide dibromoacétique. Maisons-Alfort : Afsset.

**agence régional de santé (ARS) Provence- Alpes Côte, d'Azur**

**Ashbolt (2004).** Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicol.* 198(1-3): 229–238.

**Avocetien A.C. (2012).** Conservation de l'eau de puits dans les maisons dans la commune de Soava : cas de So-Tchanhoue et de Sozounko. Mémoire de licence professionnelle EPAC/UAC, 50 p.

**Ayed, W. (2016).** Thèse de doctorat : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche (Skikda), p159

**Ayéna G.M. (2009).** Problématique de l'eau potable dans l'arrondissement de lissazounmè (Commune d'Agbangnizou). Mémoire de maitrise FLASH/UAC, 81 p.

**Babadjidé C. H. (2011).** Pollution, ses conséquences, ses causes et ses incidences sur la santé humaine dans le bassin du fleuve Mono au Bénin. Thèse de doctorat, Université de Lyon, 222 p.

**Batjom E., Koulmann P., Grasser L. et Rousseau J.M. (2005).** Cas clinique Une étiologie rare de syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'adulte : la leptospirose. *Annal. Franç. Anesthés. Réanimat.* 24 : 637–639.

**Benchabane. R, et Merzoug. N., (2015).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique de l'eau du marais de Boussedra el Bouni (Annaba). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma-71 p

**Benhalima Lamia,2019** maladies à transmission hydrique. Polycopie pour le master microbiologie appliquée)

**Borrego A.F. et Romero P. (1982):** Study of the microbiological pollution of waters of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. VIe Journée Etude. Pollutions. Cannes. France. pp. 561-569

**Boucenina H, 2018** Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de Mila. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.

**Bouchaala. L, (2010).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zéneti (Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945-Guelma-. 137 p.

**Bouchedja A., 2012.-** La politique nationale de l'eau en Algérie. Euro-RIOB, 10ème Conférence Internationale, Istanbul, Pp 25

**Boucherit. A, et Hakimi. H., (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debeugh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 67 p

**Boudenne, J.-L., 2010.** Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines Partie 1 : piscines réglementées. Clout, M., De Poorter, M., 2000. IUCN Guidelines for the Prevention Of Biodiversity Loss Caused By Alien Invasive Species. Aliens 11.

**Bouras. Z, et Sekfali S., (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20p.

**Canada, S., 2012.** Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada – Troisième édition [WWW Document]. URL <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-sujet-qualite-eaux-utilisees-fins-recreatives-canada-troisieme-edition.html> (accessed 6.7.22).

**Centre René Labusquière,** Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076 Bordeaux (France).les maladie liée à l'eau Actualité au 2021, professeur Pierre aubdy, docteur Bernard Alex, gaüzer mis à jour à 11/6/2021.

**Cf. fiche "le littoral "Gestion de l'eau et Eau et santé " et "Eau dans le monde**

**Chaouch. R., (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba: aspect physico-chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 105p.

**Chibani. S., (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945-Guelma-, 104 p

**Connor B.A. and Schwartz E. (2005).** Typhoid and paratyphoid fever in travelers. *Lancet Infect Dis.* 5(10): 623-8.

**Dosso ousmane vaeomana.2017 , ASSET.2010** Evaluation de la qualité de l'eau de baignade de la cascade de man, mémoire de docteur en pharmacie N1863/17. République de cote d'Ivoire

**EDF France,** Association des Ingénieurs Territoriaux de France et l'association des Techniciens supérieurs Territoriaux de France (2003). Guide technique des piscines publiques. 42 p. Paris

**Feachem, R. G., Bradley, D. J et Garelick, H. M. D. D. (1983).** Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management. The World Bank. 1ère Ed U.S.A, pp 6-12.

**Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D.** Qualité de l'eau. Environnement et santé publique - Fondements et pratiques, Paris: Edisem; 2003, p. 333–8.

**Gaujous D (1995)**, la pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier Tec et doc, Paris, France.

**Gouvernement du Québec .2007** Règlement L.R.Q.C.S-3 A 39 sur la securit2 dans les bain public-loi sur s2curit2 dans les 2difice publique num2ro l r q c s-3 a 39

**Gouvernement wallon 2003** arrêté du 13 mars 2003 du gouvernement wallon porton sur les condition sectorielle relative aux bassin du natation de 13 mars 2003 arête de gouvernement wallon porto condition sectorielle relative aux basin de natation m. 25.4.2003 modifie par l'arrête de gouvernement wallon du 6 mai 2004 ( M.B.26.05 2004) et dub 21 décembre 2006 ( M.B..30 01 2007 ) .N° M.B 25 04 2003)

**GUIDE-PISCINE** : C.T La nappe du complexe terminal.

**Hadji, Feyrouz, Bouceredj imane, (2020)**.Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de master .université 8mai1945 Guelma

**Hadji Feyrouz, Bouceredj imane, (2020)**. *Analyse Physico-chimique Et Microbiologique De L'eau* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 - Guelma].

**Hartemann, P.(2013)**. « Eau de consommation, risque, santé ».Sciences Eaux & Territoires /1 (Numéro 10).Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/16273902.2013.811111>.ISSN 2109-3016. Pp 14-21.

**Hartemann. (2004)**. Contamination des eaux en milieu professionnel EMC. *Toxicol. Pathol.* Volume 1(2): 63-78.

**Hélène, R. (2000)**. Thèse d'Ingénieurs : Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de LanguedocRoussillon(France), p81

**Houti, Asmae & Fikri Benbrahim, Kawtar & El, Abdelhakim & El Ouali Lalami, Abdelhakim & Zbadi, Latifa & Rachiq, Saâd. (2014)**. Qualité physicochimique et bactériologique de trois stations thermales dans les régions de Fès, Maroc. 10. 158-168.

**JORADP.:** Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique, n°46. Décret exécutif n°93-164. Du 10juillet1993. définissant la qualité requises des eaux de baignade.

**Khichane S, Khouas D, 2019** Evaluation de l'impact bactériologique des rejets de la STEP Est Tizi-Ouzou sur l'ensemble hydraulique récepteur (Oued, Nappe, Forage et réseaux de distribution). Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**Ladjal, A. & Latrache, B. (2017).** Contribution À L'étude De La Qualité Des Eaux De Piscines D'el Oued [Mémoire de Master, Université Hamma Lakhdar - Eloued].

**Lassoued. K, et Touhami. N., (2008).** Contribution a l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammam debagh. Mémoire D'ingénieria. Univ. Guelma.1p

**Lebres. E, et Mouffok. F., (2008).** Le cours nationale d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.

**Lefèvre, D et Andréassian, V. (2016).** L'eau en péril ? : Une ressource à préserver au quotidien. Académie de science. Quae. 1ère Ed .pp (83-84).

**Mazzuoli, L. S. (2012).** La gestion durable de l'eau Ressource. Qualité. Organisation. 2ème Ed. Pp 60, 61,70.

**Ministero della Salute. (2003).** Accordo 16 gennaio 2003. Accordo sugli aspetti igienicosanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio. N°

**N'diaye. A., (2008).** Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan. Thèse Diplôme d'Etat (Docteur en Pharmacie). Université de Bamako. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (Mali), p: 188

**Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes, 2007.**

**OMS, 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, pp 17-60.

**OMS 2004 :** Directives pour la sécurité des eaux de baignade - Eaux côtières et eaux douces. 2004. Volume 1. Genève. Pp. 15.

**OMS. (2005).** Décennie internationale d'action sur le thème «L'eau, source de vie» 2005- 2015. REH, 80, 195-200.

**OMS. (2014).** Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 1977, 143 p.

**OMS. (2017).** Choléra, Relevé épidémiologique hebdomadaire, no 38, 23 septembre 2017, p. 433-440.

**OMS, (2019).** Eau. Principaux faits. 15 juin 2019.

**Peter H., Gleick and Palaniappan M. (2010).** Peak water limits to freshwater withdrawal and use. *Proceed. Nat. Acad. Sci.* 107: 11155–11162. (doi: 10.1073/pnas.1004812107).

**Radja, B., Fawzia, K., 2012.** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de baignade de la région de Guelma (Piscines et retenus naturelles) (Working Paper). SNV.STU

**Robert H (1999).** Qualité microbiologique des eaux brute distribuée par BRL. Mémoire de l'école national de la santé publique.

**Rodier, et al. 2009.** L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. 1579 p.

**Sciensano. be, version le décembre, 2018**

Singleton.P, 2005 Bactériologie, 6ème édition. DUNOD, Paris.154-488.

**Skern T. (2010).** 100 years polioivirus: from discovery to eradication. A meeting report. *Arch. Virol.* 5 : 1371-81.

**Taleb M. K. (2006).** Etat de l'assainissement d'une zone cotière : Analyses et perspectives d'aménagement. Cas : Commune d'Ain El Turck. Mémoire de Magistère. Université de Tlemcen. 169 p.

**Wein, S., Calas, M., Bressolle, F., Herrera, S., Thomas, A. & Vial, H. (2005).** Paludisme : vers un nouveau traitement ! M/S : médecine sciences, 21(4),341–343

**World Health Organization. (2003).** Human Leptospirosis: Guidance for Diagnosis, surveillance and control, 122p.

**listes des stites web:**

[1] [https://d-maps.com/carte.php?num\\_car=185680&lang=fr](https://d-maps.com/carte.php?num_car=185680&lang=fr) consulté le 28/06/2022 a 12:15



# **LES ANNEXES**

---

## COMPOSITION DES MILIEU DE CULTURE

### Milieu Bcpl

#### Milieu BCPL (Double Concentration) :

L'extrait de viande de bœu .....2g /l  
Peptone ..... 14g / l  
Lactose ..... 10g / l  
Pourpre de bromocrésol 1 % ... 0.06g/ l  
PH 6.9 + 0.2

#### Milieu Bcpl(Simple Concentration) :

L'extrait de viande de bœuf.....1g /l  
Peptone .....7g / l  
Lactose .....5g / l  
Pourpre de bromocrésol 1 % ..... 0.03/l  
PH 6.9± 0.2

### Milieu de Rothe

#### Milieu Rothe (Double Concentration) :

Peptone de caséine ... .....40g /l  
Extrait de viande .....3g / l  
Glucose ..... 8g / l  
Chlorure de sodium..... ..8g / l  
Phosphate dipotassique ....5.4g / l

Phosphate mono potassique ... 5.4g /l

Azide de sodium ..... 0.4g / l

PH 6.9±0.1

**Milieu Rothe (simple concentration) :**

Peptone de caséine ... .....20g / l

Extrait de viande ..... 1,59g / l

Glucose .....4g / l

Chlorure de sodium ..... 4g/l

Phosphate dipotassique..... 2,79g / l

Phosphate mono potassique... 2,7g /l

Azide de sodium ..... 0.2g / l

pH 6.9±0.1

**Milieu shubert :**

Milieu Tryptone ..... 10g / l

Peptone ..... 10g / l

Acide glutanique .....0.2g / l

Tryptophane .....0.2g / l

Sulfate de magnésium.....0.7g/l

Sulfate d'ammonium.....0,4g/l

Chlorure de sodium ..... 2g / l

Citrate de sodium ..... 0.5g / l

Mannitol .....7.5g / l

pH 7.6 + Autoclavage pendant 20 min à 120 ° C

### **Milieu Hecktoen**

Protéose peptone .....	12g/1
Fuchsine acide .....	0.1g/1
Bleu de bromothymole ... ..	0.065g/1
Extrait de levure .....	3g /1
Chlorure de sodium .....	5g / 1
Lactose .....	12g / 1
Thiosulfate de sodium .....	5g /1
Saccharose .....	12g / 1
Agar . .....	14g / 1
Salicine .... ..	2g / 1
Citrate de fer et d'ammonium .....	5g/1
Sels biliaries .....	9g / 1

pH finale  $7.5 \pm 0,2$

### **Milieu Viande fois :**

Milieu Viande Foie Base viande –	
foie .....	30g/1
D - glucose .....	2g/1
Agar ... ..	8g /1
Ethyle violet .....	$7,6 \pm 0,2$ g /1

Autoclaver à  $124^{\circ} \text{C}$  pendant 15min.

---

**Gélose Salmonella - Shigella ( SS ) : pH = 7.0**

Extrait de viande de bœuf.....	5g/1
Polypeptone.....	5g/1
Lactose.....	10g/1
Sels biliaires .....	8,5 g/1
Citrate de sodium.....	10g/1
Thiosulfate de sodium.....	8,5g/1
Citrate ferrique.....	13,5g/1
Gélose.....	1g/1
Vert brillant.....	0,000033g/1
Rouge neutre.....	0,025g/1
Eau distillée.....	10000ml

**Milieu GNAB :**

Tryptone.....	5g/1
Extrait de viande.....	1g/1
Extrait de levure.....	2g/1
Chlorure de sodium.....	5g/1
Agar Agar bactériologique...	12g/1

**Tableau 10 :** Recommandations pour les concentrations d'indicateurs de matières fécales dans les eaux douces à vocation récréative définies par d'autres pays ou d'autres organisations (**Cannada., 2012**)

<b>Pays ou organisation</b>	<b>Indicateur d'eau douce</b>	<b>Paramètres et recommandations</b>	<b>RéférenU.S. EPA, 2002ce</b>
<b>U.S. EPA</b>	<b>E. coli</b>	<b>Moyenne géométrique de la concentration : 126/100 mL Concentration maximale dans un seul échantillonb : 235/100 mL</b>	<b>U.S. EPA, 2002</b>
	<b>Entérocoques</b>	<b>Moyenne géométrique de la concentration : 33/100 mL Concentration maximale dans un seul échantillon b : 62/100 mL</b>	
<b>OMS</b>	<b>Entérocoques intestinauxc</b>	<b>95e centile/100 mL : A : ≤40 B : 41-200 C : 201-500 D: &gt; 500</b>	<b>OMS, 2003a</b>
<b>Australie</b>	<b>Entérocoques intestinaux</b>	<b>95e centile/100 mL : A : ≤40 B : 41-200 C : 201-500 D : &gt; 500</b>	<b>NHMRC, 2008</b>
<b>Union européenne</b>	<b>Entérocoques intestinaux</b>	<b>Excellente : 200/100 mL Bonne : 400/100 mL 90e centile/100 mL : Acceptable : 330/100 mL</b>	<b>UE, 2006</b>
	<b>E. coli</b>	<b>95e centile/100 mL : Excellente : 500/100 mL Bonne : 1 000/100 mL 90e centile/100 mL : Acceptable : 900/100 mL</b>	

**Tableau 11** : Norme fixé pour les eaux de piscine (Robert., 1999)

<b>Paramètre</b>	<b>Norme</b>
Bactéries aérobies revivifiables à 37 °C/ ml	< 100
Coliformes totaux UFC/100ml	< 10
Coliformes fécaux UFC/100ml	Absence
Germe pathogène notamment <i>Staphylococcus aureus</i>	Absence

Tableau 12 : table NPP (Mac Grady)

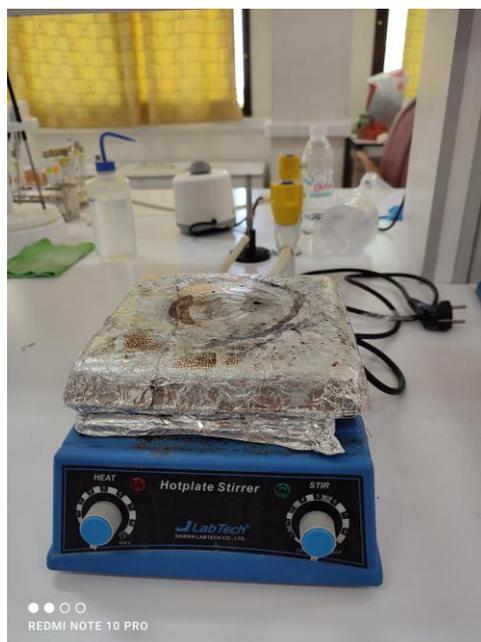
Nombre de tubes donnant une repense positive			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml	
0	0	0	0
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	1	30
2	2	2	20
2	2	0	30
2	2	1	35
2	2	2	35
2	3	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
3	0	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	1	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	2	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	3	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400



**Figure24 : bec bunsen**



**Figure25 : balance électronique**



**Figure26 : adjutateur magnétique**



**Figure27 : autoclave**



Figure28 : étuve



Figure29 étuve à 37°C



Figure30 : bien marré