

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE  
ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Microbiologie appliquée

## Thème

Les effets des eaux d'irrigation sur la flore du sol des  
terres agricoles

### Présenté par :

Mr. MESSAADI Chems e-ddine

Mlle: OUELAA Roumaissa

Mlle: BELFERRAGUI Khaoula

### Devant les jurys :

Président : Mr. GUETTAF Mohamed

M.C.A

Université de Guelma

Examinatrice : Mme. TABET Mouna

M.C.B

Université de Guelma

Encadreur : Mr. GUEROUI Yassine

M.C.A

Université de Guelma

Juil. 2021

## *Remerciements*

*Nos premiers remerciements iront à dieu le tout puissant pour nos avoir aidés notre étude universitaire et à les corroborer par le présent mémoire.*

*Au terme de ce modeste travail, nous remercions les plus vifs s'adressent à monsieur le président du jury **GUETTAF MOHAMED (M. C. A)** à la faculté de **SNVTU**, qui sans leur savoir et leur compétence nous ne serions pas à ce niveau, nous leur donnons respect et considération.*

*Nous remercions à madame **TABET MOUNA (M. C. B)** à la faculté de **SNVTU**, qui a accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Nous remercions vivement notre encadreur Mr **GUEROUI YASSINE (M. C. A)** à la faculté de **SNVTU**, pour son excellent encadrement, sa vision objective, sans précédente sur tous les aspects concourants à la bonne réalisation de notre projet. Ce fut une grande fierté et honneur pour nous de travailler sous votre houlette.*

*Nous remercions chaleureusement le chef de département, tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de terre et l'univers de l'université 08 Mai 1945 de Guelma, de nous avoir transmis leurs savoirs le long de notre cycle universitaire.*

*Nous remercions aussi l'ensemble du personnel travaillant au laboratoire de microbiologie de l'université 8 Mai 1945, Guelma. Nous vous remercions d'avoir enrichis nos connaissances et de nous avoir guidés durant toute la période de stage.*

*A toutes et à tous qui, de loin ou de près, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.*

# *Dédicaces*

*Au nom d'ALLAH;*

*Celui qui fait miséricorde, le très miséricordieux, qui ma donnée la force de concevoir ce travail et que le salut et la bénédiction de dieu soit sur notre prophète MOHAMMED.*

*Je dédie ce modeste travail a mes chers parents en guise de gratitude pour tout leur sacrifice, compréhension et amour. Vous êtes les être les plus chères à mon cours, aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude et mon estime pour vous.*

*A mon adorable frère : Khaireddine.*

*A mon grand-mère Djamila et Je lui souhaite la longévité.*

*A mes oncles ( Ghani, Salah, Fouzi, Salah) et mes tantes (Saliha, Nassima, Hakima, Souhila, Hanan, Amina, Fahima, Fatiha Et Nassima)*

*A mes vrais amis Kouadria Salah Eddine et Brahmia Abde Razak,*

*Une grande dédicace s'adresse à Mr BENYOUBE MOHAMMED et Mr ATHAMNIA MOHAMMED et Mr HAMIDANI ALI ET Mr CHABBI HAKIM.*

*A tous que j'aime et qui m'aiment.*

**MESAADI CHAMES EDDINE**

# Dédicaces

*Au nom d'ALLAH ;*

*Celui qui fait miséricorde, le très miséricordieux, qui ma donnée la force de concevoir ce travail et que le salut et la bénédiction de dieu soit sur notre prophète MOHAMMED.*

*Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement :*

*Ma mère REZIGUI NORHENE la lumière de ma vie, la source de tendresse et d'amour qui ma suivre toujours par leur prière, à dieu garde ton santé et donnée une long vie.*

*A mon oncle CHABBI HAKIM , qu'il a toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourage tout au long de mes études .*

*A mes chères sœurs : Asma et Malak.*

*A mes chères frères : Thabet ,Zaki , Raid et Dia*

*A mes chères petites cousines : Sirine et Meriem*

*A tous les enseignants et professeurs qui ont fortement contribué à ma formation depuis l'école primaire jusqu'à l'université*

*A tous ceux que j'aime et je n'ai pas cité leur noms .*

**OUELAA ROUMAISSA**

# *Dédicaces*

*Au nom d'ALLAH;*

*Celui qui fait miséricorde, le très miséricordieux, qui ma donnée la force de concevoir ce travail et que le salut et la bénédiction de dieu soit sur notre prophète MOHAMMED.*

*Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement :*

*Ma mère FATIMA la source de tendresse et d'amour et mon père*

*ABDE EL WAHAB,*

*Pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce travail.*

*Je vous remercie, mes parents*

*A mon frère : NADJI*

*A mes très chères amies : Bouchra, Chaima, Balkiss*

*BELFERRAGUI Khaoula*

## Résumé

---

L'eau est un élément essentiel de la nature qui soutient la vie de nombreuses espèces animales et végétales ainsi que des micro-organismes. La présente étude porte sur l'analyse de 18 échantillons d'eau et de sol (irrigués et non irrigués) des deux stations du barrage de Bouhamdane et d'Oued Seybouse dans la région de Guelma afin d'évaluer les caractéristiques microbiologiques et certaines physico-chimiques. Dans ce contexte nous allons essayer d'aborder au cours de ce travail, les effets et les problèmes qui peuvent être engendrés par les eaux d'irrigation sur la qualité du sol irrigué.

L'analyse microbiologique a porté sur 11 groupes microbiens : parmi les groupes indicateurs (*FMAT*, *coliformes totaux* et *Streptococcus fécaux* et les *ASR*) et certains groupes potentiellement pathogènes (*Staphylococcus*, *Salmonella*, *E. coli*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas*). On constate l'absence de *Pseudomonas* dans tous les échantillons à l'inverse de la famille des *Entérobactéries* et, rarement la présence du *Salmonella*. À travers les résultats et les études observé que les valeurs les plus élevées des indicateurs tel que les coliformes et les *ASR*.....etc., figurent dans le sol non irrigué qui sont les plus contaminées. Les bactéries du sol à savoir les *Azotobacter* et les *Rhizobium* sont des bactéries qui dominent dans le dénombrement des germes surtout dans les sols non irrigués par rapport aux sols irrigués. En ce qui concerne les autres types des germes spécifiques ce sont différencier, où les concentrations sont moyennes. Vu les résultats obtenus et l'enquête exécutée, il est constaté que les sols non irrigués sont moins affectés par rapport aux sols irrigués. Donc certainement il y a l'existence d'une relation étroite entre la qualité d'eau et la qualité du sol.

**Mots clés :** Eau, sol, analyse microbiologique, Guelma, Oued Seybouse, barrage de Bouhamdane.

## **Abstract**

---

Water is an essential element of nature that supports the life of many animal and plant species as well as microorganisms. The present study concerns the analysis of 18 water and soil samples (irrigated and non-irrigated) from two stations of the Bouhamdane dam and Seybouse valley in the region of Guelma in order to assess the microbiological characteristics and certain physical chemicals. During this work, the effects and problems that can be generated by irrigation water on the quality of the irrigated soil will be assessed. The microbiological analysis focused on 11 microbial groups: among the indicator groups (*FMAT*, *total coliforms* and *fecal Streptococcus* and *ASR*) and certain potentially pathogenic groups (*Staphylococcus*, *Salmonella*, *E. coli*, *Vibrio cholera*, *Pseudomonas*). The absence of *Pseudomonas* is observed in all the samples, unlike the *Enterobacteriaceae* family and, rarely, the presence of *Salmonella*. Through the results and studies observed that the highest values of indicators such as *coliforms* and *ASR* ..... etc., appear in the non-irrigated soil which is the most contaminated. Soil bacteria namely *Azotobacter* and *Rhizobium* are bacteria which dominate in the counting of germs especially in non-irrigated soils compared to irrigated soils. As for other types of specific germs it is differentiate, where the concentrations are average. Considering the results obtained and the survey carried out, it is found that non-irrigated soils are less affected compared to irrigated soils. So certainly there is the existence of a close relationship between water quality and soil quality.

**Keywords:** Water, soil, microbiological analysis, Guelma, Seybouse valley, Bouhamdane dam.

الماء عنصر أساسي في الطبيعة يدعم حياة العديد من الأنواع الحيوانية والنباتية وكذلك الكائنات الحية الدقيقة. تتعلق الدراسة الحالية بتحليل 18 عينة من المياه والتربة (مروية وغير مروية) من محطتي سد بوحمدان وادي سييوس في منطقة قالمة من أجل تقييم الخصائص الميكروبيولوجية وبعض المواد الكيميائية الفيزيائية. في هذا السياق سنحاول خلال هذا العمل معالجة الآثار والمشاكل التي يمكن أن تولدها مياه الري على جودة التربة المروية. ركز التحليل الميكروبيولوجي على 11 مجموعة ميكروبية: من بين مجموعات المؤشرات (*FMAT* ، القولونيات الكلية والمكورات العقدية البرازية و *ASR*) وبعض المجموعات المسببة للأمراض (*Vibrio cholerae* ، *E. Coli* ، *Salmonella* ، *Staphylococcus*) ، كما لوحظ عدم وجود *Pseudomonas* في جميع العينات ، على عكس عائلة *Enterobacteriaceae* ونادرًا وجود السالمونيلا. من خلال النتائج والدراسات لوحظ أن أعلى قيم للمؤشرات مثل القولونيات و *ASR* ..... الخ تظهر في التربة غير المروية وهي الأكثر تلوثًا. بكتيريا التربة مثل *Azotobacter* و *Rhizobium* هي بكتيريا تهيمن على تعداد الجراثيم خاصة في التربة غير المروية مقارنة بالتربة المروية. أما الأنواع الأخرى من الجراثيم المعينة فهي متميزة حيث تكون التركيزات متوسطة. وبالنظر إلى النتائج التي تم الحصول عليها والمسح الذي تم إجراؤه ، لوحظ أن التربة غير المروية أقل تأثرًا مقارنة بالتربة المروية. لذلك من المؤكد أن هناك علاقة وثيقة بين جودة المياه ونوعية التربة.

**الكلمات المفتاحية:** المياه ، التربة ، التحليل الميكروبيولوجي ، قالمة ، وادي سييوس ، سد بوحمدان.



## Liste d'abréviations

<b>TCS</b>	techniques culturales simplifiées
<b>EM</b>	Métalliques
<b>CE</b>	conductivité électrique
<b>CT</b>	coliforme totaux
<b>CF</b>	coliforme fécaux
<b>SF</b>	Streptocoques fécaux
<b>E.Coli</b>	Escherichia coli
<b>VF</b>	viande foie
<b>TGEA</b>	Tryptone Glucose-Extrait de levure- Agar
<b>HK</b>	Gélose Hektoen
<b>CT</b>	Gélose au cétrimide
<b>GNAB</b>	gélose nutritive alcaline biliée
<b>YEM</b>	yeast extract
<b>GS</b>	Gélose Sabouraud
<b>GSC</b>	Sabouraud au chloramphénicol
<b>SS</b>	Gélose Salmonella Shigella
<b>EVA</b>	Bouillon Litsky (Ethyl-violet – Azide )
<b>GT</b>	germes totaux
<b>BCP</b>	Bromocrésol pourpre
<b>BCPL</b>	bouillon lactosé au bromocrésol pourpre
<b>ASR</b>	anaérobie sulfato – réducteur
<b>FMAT</b>	Flore mésophile aérobie totale
<b>UFC</b>	Unité Formant Colonie
<b>NPP</b>	nombre le plus probable
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>S /C</b>	Simple concentration
<b>D/C</b>	Double concentration

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau 1	Principaux composants du sol.....	13
Tableau 2	Présentation des sites et période de prélèvement.....	23
Tableau 3	Comparaison statistique entre les deux sites d'étude.....	46

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure.1	Eaux de surface.....	3
Figure.2	Schéma distinctif d'une nappe libre ou captive .....	5
Figure.3	Rejets des eaux usées.....	5
Figure.4	Eaux d'irrigation.....	7
Figure.5	Les principaux horizons.....	11
Figure. 6	Les trois phases du sol.....	14
Figure.7	Sol sableux.....	15
Figure.8	Sol sableux.....	15
Figure.9	Sol argileux.....	16
Figure.10	Sol humifère.....	17
Figure.11	Etats de l'eau dans le sol.....	18
Figure.12	Localisation des stations de prélèvement.....	24
Figure.13	Muli paramètre (HANNA Hi 9829).....	27
Figure.14	Recherche et dénombrement de la flore totale.....	29
Figure.15	Recherche et dénombrement des coliformes.....	31
Figure.16	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	33
Figure.17	Recherches et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur.....	35
Figure.18	Recherche et le dénombrement des bactéries spécifiques.....	37
Figure.19	Variation du potentiel hydrogène pH.....	38
Figure.20	Variation de la température.....	39
Figure.21	Variation de la conductivité électrique.....	39
Figure.22	Variation de l'oxygène dissous.....	40
Figure.23	Variation de la flore totale.....	41
Figure.24	Variation de des coliformes totaux.....	42
Figure.25	Variation de des coliformes fécaux.....	42
Figure.26	Variation de des Streptocoques fécaux.....	43
Figure.27	Variation des Anaérobies sulfito-réductrices.....	44
Figure.28	Variation des bactéries spécifiques dans les eaux du barrage de	

	Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse.....	45
Figure.29	Variation de la flore totale.....	47
Figure.30	Variation de des coliformes totaux.....	48
Figure.31	Variation de des coliformes fécaux.....	49
Figure.32	Variation de des Streptocoques fécaux.....	50
Figure.33	Variation des Anaérobies sulfito-réductrices.....	50
Figure.34	Variation des bactéries spécifiques dans les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse.....	52
Figure.35	Variation des bactéries spécifiques dans les sols non irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse..	52

## Table des matières

	<b>Page</b>
<b>Remerciement</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Liste d'abréviations</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
 <b>Chapitre I : Eaux d'irrigation</b>	
1. Ressources en eau pour l'irrigation.....	3
1.1. Eaux de surface.....	3
1.1.1. Eaux courantes.....	3
1.1.2. Eaux stagnantes.....	3
1.2. Eaux souterraines.....	4
1.2.1. Nappes d'eaux.....	4
1.3 Eaux résiduaires .....	5
1.3.1. Eaux usées domestiques.....	6
1.3.2. Eaux usées industrielles.....	6
1.3.3. Eaux pluviales.....	6
1.3.4. Eaux usées agricoles drainées.....	6
2. Evaluation de la qualité d'une eau d'irrigation.....	7
2.1. Eléments microbiologiques.....	7
2.1.1. Coliformes.....	7
2.1.2. Streptocoques fécaux.....	8
2.2. Eléments physico-chimiques.....	8
2.2.1. Température.....	8
2.2.2. pH .....	8
2.2.3. Oxygène dissous.....	8
2.2.4. Conductivité électrique (CE) et risque de salinité.....	9

## **Chapitre II : Caractéristiques et classifications des sols**

1. Définition du sol.....	10
1.1. En agronomie.....	10
1.2. En pédologie.....	10
1.3. En écologie.....	11
2. Constituants du sol.....	12
2.1. Principaux composants.....	12
2.2. Phases du sol.....	12
2.2.1- Phase solide.....	12
2.2.2- Phase liquide.....	12
2.2.3. Phase gazeuse.....	13
3. Texture du sol.....	14
3.1. Types de sols.....	14
3.1.1. Sol sableux.....	14
3.1.2. Sol limoneux.....	14
3.1.3. Sol argileux.....	15
3.1.4. Sol humifère.....	16
4. Rôle de l'eau dans le sol.....	16
4.1. Etats de l'eau.....	17
4.2. Impact de la qualité de l'eau sur le sol.....	17
4.2.1. Problème de salinité.....	17
4.2.2. Problème de toxicité.....	18

## **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

1. Méthodes de travail.....	21
1.1. Situation géographique.....	21
1.2. Choix des stations de prélèvement.....	21
1.3. Echantillonnage.....	23
1.4. Préparation des échantillons.....	24
2. Analyse physico- chimique.....	25
3. Analyse microbiologique.....	25
3.1. Milieux de culture employés.....	25
3.2. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT).....	25

3.3. Recherche et dénombrement des coliformes.....	26
3.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	30
3.5. Recherches et dénombrement des spores Clostridium sulfito-réducteurs.....	31
3.6. Recherche et le dénombrement des bactéries spécifiques.....	34
4. Plan statistique.....	34

## **Chapitre IV : Résultats et Discussion**

1. Analyse physicochimique de l'eau.....	36
1.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	36
1.2. Température.....	36
1.3. Conductivité.....	36
1.4. Oxygène dissous.....	37
2. Analyse microbiologique de l'eau.....	38
2.1. Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT).....	38
2.2. Dénombrement des coliformes totaux.....	39
2.3. Dénombrement des coliformes fécaux.....	39
2.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	40
2.5. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....	41
2.6. Dénombrement des bactéries spécifiques.....	41
2.7. Plan statistique.....	43
3. Analyse microbiologique du sol.....	44
3.1. Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT).....	44
3.2. Dénombrement des coliformes totaux.....	45
3.3. Dénombrement des coliformes fécaux.....	46
3.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	47
3.5. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....	47
3.6. Dénombrement des bactéries spécifiques.....	49
<b>Conclusion.....</b>	<b>51</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>52</b>

### **Annexes**

# **Introduction**



## **Introduction**

L'Algérie est un pays à la diversité végétale exceptionnelle, en particulier dans l'agriculture, mais cette diversité draine malheureusement le stock d'eau de la région. C'est pourquoi des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages pour couvrir les besoins de domaine, notamment dans l'Est du pays ([Belkhiri et al., 2012](#)).

D'autre part, de nombreux agriculteurs dépendent fortement de l'eau de la vallée pour irriguer leurs cultures. Cependant, les eaux de surface les plus vulnérables à la perte de qualité restent sous l'influence de nombreux agents naturels ou même humains. Il peut contenir des quantités importantes de matière organique ou de composés organiques résultant de divers rejets polluants ou même de pratiques agricoles trop cultivées et les déchets industriels ([Belkhiri et al., 2012](#)).

De sorte qu'il revient négativement sur la qualité du sol, qui est considérée comme un environnement vivant et réservoir exceptionnel, en particulier, aux microorganismes et de gènes différents, ces derniers constituent un des maillons du cycle biologique et l'étude de leur nature, de leur nombre, de leurs effets, est un élément nécessaire à la connaissance des sols en ce qui concerne leur " fonctionnement " en général et certaines de leurs propriétés agronomiques en particulier ([ITAB, 2002](#)). Tous ces polluants ont le potentiel de provoquer une catastrophe environnementale, que ce soit sur le terrain ou sur la santé de la population, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle fondamental pour limiter la propagation de ces maladies ([Roux, 1987](#)).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité microbiologique des eaux destinées à l'irrigation d'Oued Seybouse et du barrage Bouhamdane situés dans la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) afin d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur les terres agricoles.

Le présent manuscrit est structuré en quatre chapitres interdépendants précédés par une introduction :

- ❖ Le premier chapitre (Eaux d'irrigation) et le second chapitre (Caractéristiques des sols) sont purement théorique rassemblent des généralités sur l'eau et le sol.
- ❖ Le troisième chapitre est consacré aux techniques et aux méthodes employées pour la réalisation de ce travail : analyses microbiologiques (recherche et dénombrement de microorganismes) de l'eau et du sol.

- ❖ Le quatrième et le dernier chapitre (Résultats et Discussion) mentionne sous forme de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est esquissé par une conclusion.

# **Chapitre I :**

## **Eaux d'irrigation**

## **1. Ressources en eau pour l'irrigation**

### **1.1. Eaux de surface**

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies, et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissèlement et d'eau souterraines, elles peuvent donc s'écouler et former les cours d'eau ou rester stockées lorsqu'un obstacle s'oppose à l'écoulement ce qui forme les lacs et les étangs. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants, elles sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets (**Fig. 1**) ([Roux, 1987](#)).



**Figure 1** : Eaux de surface (photos prise par Messaadi, 2021).

#### **1.1.1. Eaux courantes**

L'eau courante est définie comme l'eau en mouvement quotidien, contrairement à l'eau stagnante, elle se trouve dans la nature sous forme de rivières et de vallées ou dans des canalisations et se dirige vers les maisons, les fermes et les usines pour la consommation [1].

#### **1.1.2. Eaux stagnantes**

L'eau stagnante est une eau immobile, contrairement à l'eau courante, du fait de l'absence de toute force motrice générant l'écoulement ou de la présence d'un obstacle naturel ou industriel qui l'en empêche, elle ne reçoit pas d'eau affluente et n'en perd pas par drainage. L'eau stagnante est un système lentique [1]. Plusieurs types d'eaux stagnantes se distinguent :

##### **a. Lacs**

Le lac n'a pas une définition précise, cependant il est défini comme étant « un plan d'eau continental, dont la superficie, la profondeur ou le volume sont suffisants pour provoquer une

zonation, un étagement ou une régionalisation des processus limnologiques sans contact direct avec les océans ([Touchart, 2000](#)).

### **b. Plans d'eaux artificielles**

Les plans d'eaux artificiels sont des étendues d'eau (douce, salée ou saumâtre) stagnante, réalisés par l'homme, leur profondeur est beaucoup plus faible que pour un lac et peut s'élever au maximum à plusieurs dizaines de mètres ([Lallement and Lagarde, 2005](#)).

Une retenue est un plan d'eau artificiel à vocation spécifique : soutien des étiages, irrigation, alimentation en eau potable. Généralement ces plans d'eau sont caractérisés par des dimensions aléatoires, sa profondeur est irrégulière, l'eau de son niveau est variable ([Lallement and Lagarde, 2005](#)).

Un étang est un plan d'eau d'origine plus souvent artificielle et elles sont des étendues plus petites que les lacs, souvent créés dans le but de faire de l'élevage de poisson (pisciculture), et aussi la faible profondeur ne permet pas de stratification thermique et rend possible un développement de la végétation fixée sur toute son étendue ([Lallement and Lagarde, 2005](#)).

## **1.2. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines jouent un rôle actif dans les processus géodynamiques, grâce à la large distribution spatiale de de l'écoulement dans le sol et traverse les matériaux (par exemple, les roches et les sédiments) qui forment le sous-sol et sa grande capacité à interagir avec l'environnement ([Gilli, 2004](#)). Tôt ou tard, l'eau s'écoule dans une source, un cours d'eau, un lac ou un milieu humide, puis elle est rejetée à la surface ([CHIBANI, 2009](#)).

### **1.2.1. Nappes d'eaux**

Les nappes d'eaux ressemblent à des lacs, mais ce n'est pas le cas elles représentent la quantité d'eau qui s'écoule de la surface vers les strates intérieures. À l'aide des piézomètres, il est possible de Spécifier une classification des nappes ([Pierre and Baptiste, 2003](#)) C'est ainsi qu'on parle de:

#### **a. Nappes libres**

Le terme nappe libre exprime l'eau sous la surface de la terre et est généralement profonde, mais ce type d'eau est caractérisé par un mouvement lorsqu'il monte et descend librement dans la couche hydrogéologique perméable, d'où la dénomination d'aquifère à nappe libre ([Pierre and Baptiste, 2003](#)).

## b. Nappes captives

Lorsque la pluie tombe, des gouttelettes d'eau fuient à l'intérieur grâce à la perméabilité du sol, mais une partie de cette eau est située entre la surface piézométrique et le substratum (base de l'aquifère) et ils sont deux couches tectoniques fixes, l'une inférieure (base) et l'autre supérieure (toit) et sa profondeur peut atteindre 30 mètres (Fig. 2) (Pierre and Baptiste, 2003).

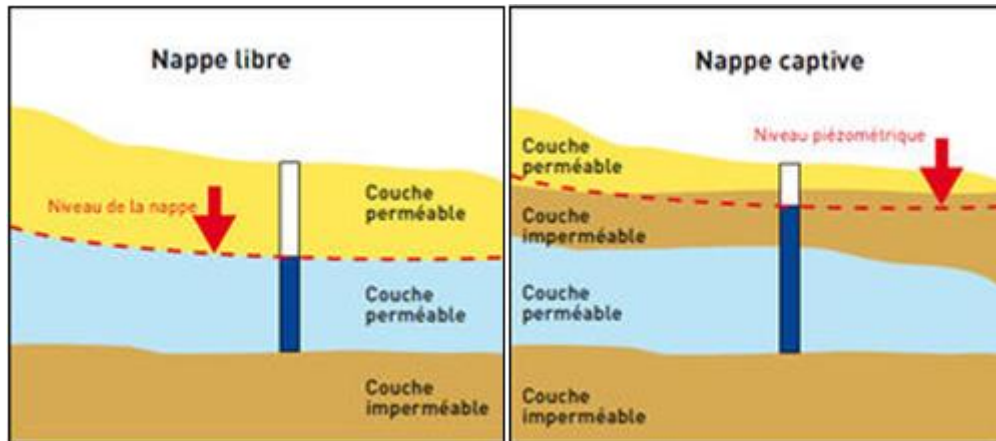


Figure 2. Schéma distinctif d'une nappe libre ou captive [1].

## 1.3. Eaux résiduaires

Les eaux résiduaires ou les déchets liquides sont des eaux contaminées par une activité humaine excessive, qui modifie ses propriétés biologiques ou physico-chimiques et devient un milieu très complexe et doivent être donc traitées avant toute réutilisation (Moussa, 2005; Salghi, 2006).

Les eaux usées sont chaque goutte d'eau qu'une personne jette et emporte avec elle tous les déchets de ses activités vitales quotidiennes ou même industrielles (eaux usées des usines) et les eaux usées domestiques (Fig. 3) (Baumont et al., 2004).



Figure 3. Rejets des eaux usées (Photo prise par Messaadi, 2021).

### **1.3.1. Eaux usées domestiques**

Les eaux usées domestiques sont parmi les facteurs les plus causatifs de pollution organiques. Elles se répartissent en deux catégories : les eaux ménagères des salles de bain et des cuisines. Ces eaux peuvent aussi contenir des polluants cosmétiques et médicamenteux. La deuxième catégorie d'eaux usées domestiques sont les « eaux vannes » comprenant les rejets de toilettes. Ces dernières sont pleines de de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux ([Pons et al., 2008](#); [ELSKENS, 2010](#)).

### **1.3.2. Eaux usées industrielles**

Les eaux usées industrielles peuvent également être incluses dans les réseaux d'égouts publics, mais leurs caractéristiques ne sont pas les mêmes que la diversification du domaine industriel. Par conséquent, avec l'ajout de ces déchets liquides, les systèmes de filtration des effluents urbains sont incapables de traiter complètement, entraînant une dégradation de la qualité des boues d'épuration ([Pons et al., 2008](#); [ELSKENS, 2010](#)).

### **1.3.3. Eaux pluviales**

Les eaux pluviales sont les eaux de ruissellement d'eau de pluie. Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc...([Desjardins, 1997](#)).

### **1.3.4. Eaux usées agricoles drainées**

L'agriculture fait partie des activités les plus polluantes pour l'environnement car elle fournit des engrais et des pesticides. Ainsi, l'eau agricole prélevée sur les terres cultivées est saturée en nitrates et phosphates sous forme ionique et en quantités qui ne sont pas conservées par le sol et absorbées au final par les plantes, provoquant principalement une pollution diffuse (**Fig. 4**) ([Belahmadi, 2011](#)).





**Figure 4.** Eaux d'irrigation (Photo prise par Messaadi, 2021).

## **2. Evaluation de la qualité d'une eau d'irrigation**

Deux catégories d'indicateurs sont utilisées pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation : des éléments microbiologiques et des éléments physicochimiques

### **2.1. Eléments microbiologiques**

La qualité des eaux d'irrigation est liée à l'origine de la matière première donc la présence ou non de certains bio-indicateurs indique la qualité microbiologique d'un milieu, d'un environnement, etc... [1].

Parmi ces indicateurs, dont le plus important est la capacité à déterminer la qualité microbiologique requise de l'eau pour la culture. Les germes de la contamination fécale à savoir les coliformes et les Streptocoques sont parmi les facteurs les plus importants. Ces germes agissent en tant que témoins et ne sont pas dangereux dans eux-mêmes, dont la présence peut indiquer la présence d'agents pathogènes dangereux [1].

#### **2.1.1. Coliformes**

Les coliformes sont des coliformes intestinaux (*Enterobacteriaceae*) qui regroupent des espèces bactériennes vivent dans l'intestin des animaux, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce type de bactérie sert à mesurer la qualité microbienne de l'eau, car elle contient des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli*. Les coliformes fécaux (thermotolérants) se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet et produisant des colonies en moins de 24 heures à 44°C non seulement à 37°C comme les coliformes totaux sur un milieu contenant du lactose



([American Public Health Association, 2017](#)). *E. coli* possédant l'enzyme  $\beta$  galactosidase, permet de libérer un facteur chromogène dans les milieux servant à les identifier. Elle peut croître rapidement dans des conditions de croissance optimales et se répliquer en 20 minutes environ ([Archibald, 2000](#); [Edberg et al., 2000](#); [Tenailon et al., 2016](#)).

### **2.1.2. Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont des bactéries qui se trouvent souvent dans le système gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux ([Clausen et al., 1977](#); [Gleeson and Gray, 1997](#)). Ce sont des bactéries gram positif du genre *Enterococcus* qui se présentent sous forme de coques à courtes chaînes, et à la capacité de se développer à une température 44°C, et un pH de 9,6 dans une solution contenant 6,5 % de chlorure de sodium (NaCl) ([Kiska et al., 1999](#); [Hancock, 2000](#)).

## **2.2. Eléments physico-chimiques**

### **2.2.1. Température**

La température est un facteur environnemental important qui permet l'étude et le contrôle des eaux souterraines et superficielles ([Gaujous, 1995](#)). La température varie d'un échantillon à l'autre selon l'emplacement, le climat et le temps de prélèvement ([Rodier et al., 1984](#)). Il est important de connaître précisément la température de l'eau, car elle joue un rôle dans la favorisation du développement des microorganismes et de la solubilité des sels, en particulier des gaz. C'est aussi un facteur écologique critique qui a un impact significatif sur les propriétés physico-chimiques de l'eau. Leur augmentation peut déstabiliser gravement la vie aquatique (pollution thermique) ([Rodier et al., 1984](#); [Ramade, 1993](#)).

### **2.2.2. pH**

Le pH fait référence au rapport (acide/base). Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il se réfère au degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. Le pH équilibré est le point neutre. Il a une valeur de 7 et est situé au milieu de l'échelle de 0 à 14, moins de 7 pH est acide, ci-dessus est basique. Il est associé à la concentration en ions H<sup>+</sup> dans l'eau. Du point de vue de la santé, un pH à impact élevé sur la plupart des mécanismes chimiques et biologiques de l'eau peut causer des problèmes de corrosion ([Rejsek, 2002](#); [Benamira, 2012](#)).

### **2.2.3. Oxygène dissous**

L'oxygène dissous est l'un des indicateurs les plus importants de la pollution de l'eau. La mesure de concentration d'oxygène dissous dans l'eau est exprimée en amalgame/litre ou en pourcentage de saturation. Il participe à la plupart des processus chimiques et biologiques dans

le milieu aquatique. Sa solubilité est fonction de la pression atmosphérique partielle et de la salinité ([Ladjel, 2006](#)).

#### **2.2.4. Conductivité électrique (CE) et risque de salinité**

La minéralisation de l'eau se produit par des phénomènes d'interaction entre l'eau et les roches qui traversent par différents processus physico-chimiques et/ou de mélanges entre différents types d'eau. La composition chimique de l'eau naturelle est le résultat combiné de dépôts chimiques atteignant la terre et d'interactions avec les minéraux dans la région environnante. La conductivité est le résultat de la concentration d'eau en sels dissous, donc la présence d'ions mobiles dans un champ électrique ([Rejsek, 2002](#); [Kamagate, 2006](#)).

Le risque de salinité et l'élimination de la teneur en sel excessive est l'une des préoccupations les plus importantes auxquelles il faut donner la priorité avant d'utiliser l'eau pour l'irrigation. Parce que des concentrations élevées de cette substance dans l'eau ou le sol auront un impact négatif sur les rendements des cultures et entraîneront une détérioration de la qualité du sol et une pollution des eaux souterraines ([Lazarova and Bahri, 2004](#)).

L'utilisation d'eau salée pour l'irrigation est due à plusieurs facteurs :

- Tolérance au sel des caractéristiques du sol des cultures irrigables ;
- Les conditions climatiques. La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle principal dans les régions arides affectées par des taux élevés d'évaporation entraînant une accumulation importante de sel dans les sols ([Lazarova and Bahri, 2004](#)).

**Chapitre II :**  
**Caractéristiques et**  
**classifications des sols**

## **1. Définition du sol**

Certains auteurs soutiennent que le terme sol reste le même malgré les différentes langues du monde, mais que le principe du sol reste multi-significatif. Ainsi, cela a permis la création de nombreuses définitions en fonction de leurs usages et du rôle qui leur était assigné afin de mieux comprendre les systèmes qui contrôlent notre planète ([Camuzard and Paris, 2009](#)).

En général, parmi les écosystèmes qui dirigent notre monde, il y a des écosystèmes terrestres dont le sol fait partie intégrante, car ils forment une barrière entre la surface de la terre et les roches de base. Ils sont divisés en couches horizontales successives avec des éléments physiques, chimiques et propriétés biologiques, il a de multiples fonctions et utilisations ([Camuzard and Paris, 2009](#)).

### **1.1. En agronomie**

Une définition courante du sol chez les agriculteurs est que la couche supérieure de la terre est épaisse 0,30 m. L'objectif principal de l'étude des agronomes du sol, en tant que zone de travail avec des outils agricoles, considérant que le sol est un support pour les plantes, qu'il soit cultivé ou non. C'est la zone que les racines utilisent pour obtenir les matériaux nécessaires à la vie tels que l'eau et l'oxygène. D'autre part, des composés organiques sont excrétés, ce qui stimule l'activité microbienne ([Lemanceau et al., 2017](#)).

La capacité de production se reflète dans le concept de fertilité, qui varie selon un ensemble de caractéristiques intrinsèques mais aussi des additifs externes (fertilisation, modifications minérales ou organiques, traitements phytosanitaires), et l'aménagement du territoire par des techniques agricoles et d'irrigation adaptées aux méthodes agricoles ([Camuzard and Paris, 2009](#)).

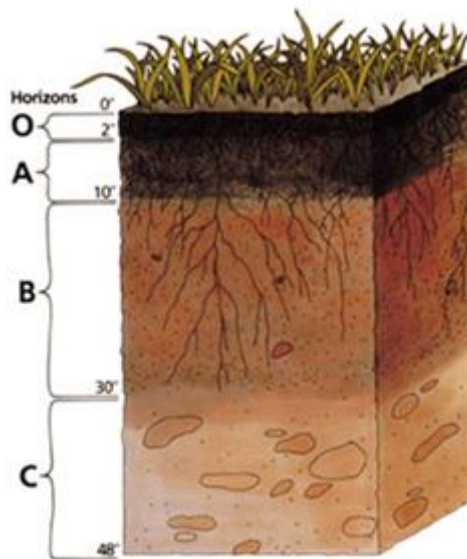
### **1.2. En pédologie**

Pour les pédologues, le sol est une formation naturelle présentée comme une région mince qui forme la partie superficielle de la croûte terrestre. La variable colonisée par la biosphère est une région affectée par les différents processus du changement :

- Changement physique ou mécanique : le gel, la lumière, l'hydratation, la déshydratation, détermine l'expansion et la contraction qui conduisent à la fracturation des roches et finalement à leur fragmentation.
- Changement chimique : solubilité, hydratation, hydrolyse, oxydation, réduction, identification des changements de composition chimique et de structure, et entraînement capable de transformer et différencier le substrat en horizons ([Camuzard and Paris, 2009](#)).

Les principaux horizons pédologiques sont (**Fig. 5**) [2] :

- **Horizons A** : Il est généralement de couleur foncée car il est composé d'un mélange d'humus et de minéraux. Cette combinaison est appelée «terres arables». Riche en matière organique, il fait partie des sections très importantes pour la croissance des plantes car il est très fertile et également très corrosif.
- **Horizons C** : caractérise par l'absence de matière organique, car il ne s'agit que de roches modifiées et fragmentées par des facteurs physiques et chimiques. Il peut être solide, argileux ou sableux.
- **Horizons B** : Cette couche est considérée presque sans substances humiques, mais très riche en éléments minéraux. Surtout de couleur plus pâle que l'horizon A ou rougeâtre.
- **Horizons O** : Il s'agit de la couche supérieure appelée «litière». L'humus est riche en nutriments du fait de la décomposition des débris et de sa pénétration à l'intérieur par l'eau de pluie [2].



**Figure 5.** Les principaux horizons pédologiques [2].

Pour donner au sol une définition globale unifiée, ([Demolon, 1960](#)) a tenté de combiner les deux points de vue agronomique et pédologique. Pour lui, le sol est une surface meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la structure rocheuse. Par physique, chimique et biologique processus.

### 1.3. En écologie

Écologiquement, le sol est un intermédiaire en trois étapes :

- Phase solide, minérale et organique qui comprend les éléments structuraux du sol ;

- Phase liquide, à son tour, forme une solution de sol avec des éléments dissous ;
- Phase gazeuse qui remplit les pores qui ne sont pas remplis par la phase précédente ([Camuzard and Paris, 2009](#)).

Ce milieu poreux hautement réactif joue le rôle de réacteur chimique vis-à-vis de la phase liquide. Grâce au pouvoir d'absorption et à la capacité réciproque du sol, il reste également le lieu privilégié pour l'alimentation des écosystèmes terrestres ([Balesdent et al., 1998](#)).

## **2. Constituants du sol**

### **2.1. Principaux composants**

Le sol est un système de phases, c'est un mélange à proportions égales de composants minéraux et organiques de l'eau et de l'air, et c'est le rapport qui détermine les propriétés du sol et les zones d'utilisation dans lesquelles il peut donner le rendement le plus élevé ([Boulaine, 1975](#)).

Le sol est théoriquement composé de 45% de minéraux, 5% de matière organique et 25% d'air et les ingrédients inorganiques ont différentes tailles. Ces composants peuvent être des fragments de roche, des minéraux primaires et des minéraux secondaires (**Tab. 1**) ([Boulaine, 1975](#)).

### **2.2. Phases du sol**

#### **2.2.1- Phase solide**

Les chercheurs ont des opinions divergentes sur la phase solide, selon ([Hillel and De Backer, 1974](#)), il s'agit de la formation de particules solides dans le sol.

Selon ([Morel, 1996](#)), c'est la phase qui contient des éléments minéraux de différentes formes et compositions par exemple, du gravier, du sable et des éléments organiques d'origine végétale ou animale. Les particules d'une taille égale ou supérieure à 2  $\mu\text{m}$  sont généralement liées à un mélange d'argile et d'humus, parfois par des oxydes et des hydroxydes (**Fig. 6**).

#### **2.2.2- Phase liquide**

Ce sont les liquides qui sont les interstices entre les particules solides du sol qui contiennent toujours des substances solubles "sol en solution". La solution du sol est un liquide qui remplit partiellement ou complètement les pores du sol et contient des ions minéraux et de petites particules organiques qui diffèrent par leur composition, leur mobilité et même leur fixation sur les particules solides ([Hillel and De Backer, 1974](#); [Morel, 1996](#)).

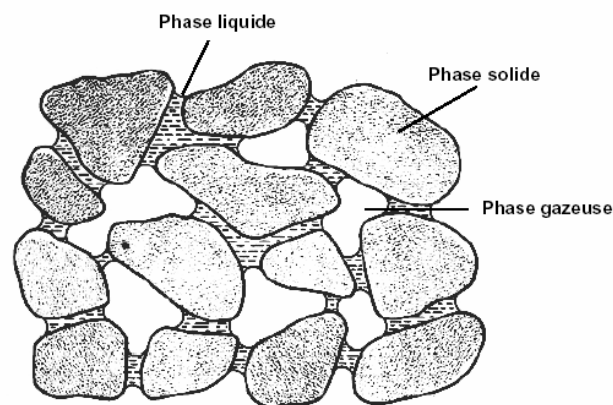
**Tableau 1.** Principaux composants du sol ([Soltner, 1982](#)).

	Constitutions solides		Constitutions liquides (solution de sol)	Constitutions gazeux (atmosphère du sol)
	minéraux	Organiques		
<b>Origine</b>	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	- Précipitation. - Nappes. - Ruissellement	- Air hors sol - Matières en décomposition. - Respiration
<b>Critères de classement</b>	- Taille (granulométrie) - Qualité (minéralogie)	- Etat (vivants, morts) - Qualité chimique	- Origines (météorique, phréatique) - Etat physique (potentiel physique) - Qualité chimique	- Origine (air, organismes) - Qualité chimique
<b>Catégories</b>	<p>Selon la granulométrie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Squelette (&gt; 2mm)</li> <li>- Terre fine (&lt; 2mm)</li> </ul> <p>Selon la minéralogie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quartz</li> <li>- Minéraux silicatés</li> <li>- Minéraux carbonaté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismes vivants</li> <li>- Organismes morts</li> <li>- Matières organiques</li> <li>- Héritées : - Cellulose, lignine, résines</li> <li>- Matières organiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eau</li> <li>- Substances dissoutes : glucides, alcools, acides organiques et minéraux</li> <li>- Cations et anions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gaz de lair : N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub></li> <li>- Gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub></li> </ul>

**2.2.3. Phase gazeuse**

Il est représenté par l'air présent dans les espaces vides de la Terre. Cette phase, est constituée de tout ce qui est du gaz ([Morel, 1996](#)).

[Soltner \(1982\)](#) définit la phase gazeuse comme l'atmosphère du sol qui est composée des mêmes gaz de l'air (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, ...etc.) notamment les gaz résultant de l'érosion de la matière organique et de l'activité biologique du sol.



**Figure 6.** Les trois phases du sol ([Zaaboubi, 2007](#)).

### 3. Texture du sol

(Soltner, 1982) résume la définition de la texture du sol dans la formation de la taille des particules du sol. La texture du sol est déterminée par le pourcentage d'éléments minéraux présents dans le sol ; ces éléments sont énumérés par ordre de taille. L'argile, le limon, et le sable est le plus rugueux. Au-delà, on parle de gravier (Gourou, 1982).

#### 3.1. Types de sols

Le type de sol peut être défini par ses particules constitutives, sa disposition, mais aussi en termes de texture et de structure. Les sols peuvent être classés en quatre types principaux :

##### 3.1.1. Sol sableux

- **Texture** : sol perméable qui ne retient pas l'eau, contient principalement du sable ; sa température change en un rien de temps, jusqu'à ce qu'elle se réchauffe et sèche.
- **Structure** : ne peut pas être tenu entre les doigts en raison du manque de cohésion entre les particules ; il a une sensibilité extrêmement élevée au vent et à l'érosion par lessivage.
- **Culture** : ne convient pas aux plantes qui ont besoin de beaucoup d'eau ; seulement c'est pour cultiver des asperges, des carottes, des pommes de terre, de l'Aloe vera, etc.
- **Avantages** : sol fonctionnel et eau bien drainée ; mais ça chauffe très vite.
- **Inconvénients** : sol pauvre et fertile qui ne retient pas l'eau. Très sensible à la corrosion (Fig. 7) [2].



**Figure 7.** Sol sableux [2].

##### 3.1.2. Sol limoneux

- **Texture** : Il contient surtout du limon ; adhérence partielle des molécules du sol qui se dégradent en petits morceaux sous l'influence de l'environnement ; porosité moyenne.
- **Structure** : Particules relativement serrées qui permettent à l'air et à l'eau de tourner facilement ou moins ; elle est sujette à la formation en surface d'une croûte sèche, ce qui



limite l'intrusion de l'eau, tout en améliorant le ruissellement ; très sensible à l'érosion hydrique, surtout lorsque les pentes sont abruptes.

- **Culture** : Convient à la culture du blé, du maïs, des betteraves, etc.
- **Avantages** : Sol qui fonctionne bien et qui est très fertile.
- **Inconvénients** : Les sols très fragiles sont facilement érodés (**Fig. 8**) [2].



**Figure 8.** Sol limoneux [2].

### 3.1.3. Sol argileux

- **Texture** : Contient surtout de l'argile ; des sols lourds et comprimés dont les particules restent attachés les unes aux autres. Un sol comprimé sera alors difficile à drainer ; souvent désigné sous le nom de « glaise ».
- **Structure** : Une petite zone pour le recyclage de l'eau et de l'air ; l'eau et les nutriments sont bien conservés ; sensibilité à l'érosion éolienne, parce que si la surface est sèche, cette couche de surface peut être littéralement pulvérisée.
- **Culture** : Sol très fertile, car il est riche en éléments nutritifs ; ils ne doivent pas être inondés afin de ne pas affecter la croissance des plantes ; il convient pour la culture de tomates, d'orge, de soja, etc.
- **Avantages** : Sol qui maintient bien l'eau et il est très fertile.
- **Inconvénients** : Sol qui fonctionne mal et réagit mal aux changements de température (gèle facilement) (**Fig. 9**) [2].



**Figure 9.** Sol argileux [2].

### 3.1.4. Sol humifère

- **Texture** : Contient surtout de la matière organique ; des particules sombres relativement lâches glissent entre les doigts ; permet à l'eau de s'écouler facilement.
- **Structure** : Une grande quantité d'eau peut être conservée sans devenir aussi collante que le sol argileux ; l'engrais est bien conservé ; il pourrait être sensible à l'érosion éolienne.
- **Culture** : On l'utilise souvent pour cultiver des légumes.
- **Avantages** : Sol très fertile, bien conservé et facilement chauffé.
- **Inconvénients** : Le sol est parfois très acide, ce qui peut nuire à la croissance des plantes (Fig. 10) [2].



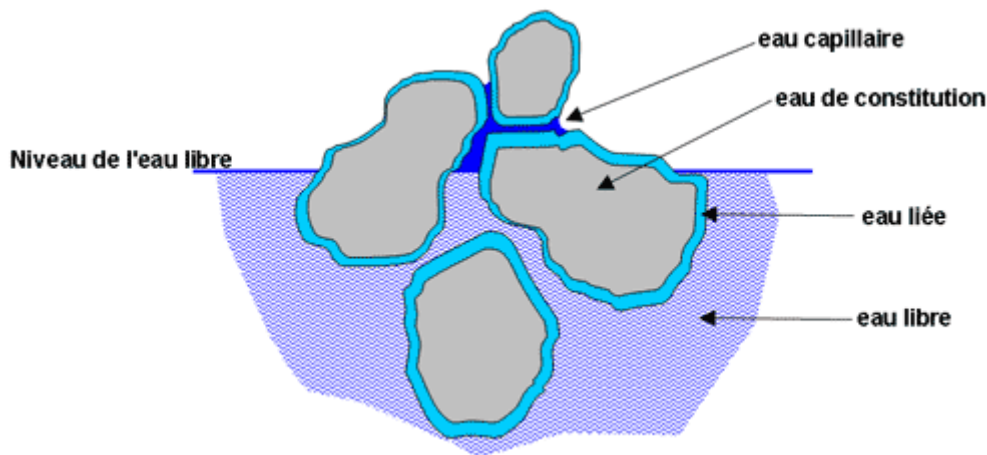
**Figure 10.** Sol humifère [2].

## 4. Rôle de l'eau dans le sol

La pluviométrie est la source naturelle et principale d'eau du sol, et cette dernière joue un rôle majeur soit pour les plantes qui l'absorbent, soit pour le sol lui-même. L'eau est l'un des facteurs les plus essentiels dans la construction et le développement des sols. Elle entre dans la composition des plantes à un taux de 60 à 95%, car elle lui fournit des minéraux pour qu'elle puisse se nourrir et bien pousser. Par contre, trop d'eau est nocif, il vaut donc mieux qu'elle se trouve dans des quantités normales et appropriées, pas moins que nécessaire ou pas plus que nécessaire ([Lasnier-Lachaise, 1973](#)).

#### 4.1. Etats de l'eau

La forme de l'eau change de pluie, de neige, de rosée et du brouillard selon le climat, mais une partie s'évapore avant d'atteindre la surface de la terre et une autre partie est suspendue entre les feuilles des arbres. Quant à l'eau qui touche la surface de la terre, elle s'infiltre dans le sol, l'humidifie et nourrit les plantes en l'absorbant par les racines. Lorsque les plantes et le sol sont saturés d'eau, l'excès continue jusqu'à atteindre le niveau des eaux souterraines dans le sol. L'eau dans le sol peut également prendre de nombreuses formes en fonction des forces qui lient ses particules à d'autres particules (**Fig. 11**) ([Coulomb, 1992](#); [Choisnel and Noilhan, 1995](#)).



**Figure 11.** Etats de l'eau dans le sol [3].

#### 4.2. Impact de la qualité de l'eau sur le sol

##### 4.2.1. Problème de salinité

Un sol est dit salé lorsque la conductivité électrique est élevée, mais la salinité du sol est plus appréciée par le comportement des plantes, de sorte que cette limite peut être très différente d'après la sensibilité des espèces végétales. La salinisation de l'environnement signifie qu'une source de sels peut être soit du matériel géologique, de l'eau de mer, du niveau d'une nappe phréatique salée par héritage ou de l'eau provenant de « l'irrigation » ([Cherbuy, 1991](#); [Calvet, 2003](#)).

Quatre sources principales de sels dans les sols peuvent être identifier ([Stengel and Gelin, 1998](#)):

- **Océan** à travers l'atmosphère, qui peut transporter des sels dissous dans l'eau de pluie, mais en particulier des particules membranaires très fines sous forme d'aérosols ([Stengel and Gelin, 1998](#)).
- **Lithosphère** est due au changement des roches qui composent les îles océaniques ou la croûte continentale ([Stengel and Gelin, 1998](#)).

- **Altération des minéraux** est la principale source naturelle. Son intensité est maximisée lorsque l'échange permet le renouvellement des solutions d'attaque et l'évacuation des produits dissous ([Calvet, 2003](#)).
- **Sels fossiles** sont la principale cause des phénomènes de salinité primaire observés dans le monde entier. Il peut s'agir de niveaux d'évaporation (rocheux) ou de solutions de sol salin confinées aux sédiments marins ([Stengel and Gelin, 1998](#)).

#### **4.2.2. Problème de toxicité**

À un certain niveau de concentrations dans le sol, certains ions tels que B, Cl et Na affectent la croissance des plantes. L'apparition des fruits et légumes est parfois caractérisées par l'azote, qui provoque une croissance excessive. L'arrosage par aspersion, à l'aide d'eau bicarbonatée, provoque des sédiments blancs. Autres défauts, acidité forte ou alcalinité forte des produits, doivent être importé à l'acidité de l'eau ([Rouahna, 2007](#)). En outre, l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation présente un aspect sanitaire inquiétant de la consommation de cultures irriguées par ce type d'eau.

##### **a. Accumulation de métaux dans le sol**

L'irrigation peut conduire à l'accumulation des métaux lourds dans le sol. L'accumulation des métaux est souvent observée après irrigation avec des eaux usées brutes. Le contenu des horizons de surface est beaucoup plus élevé que celui du sous-sol. Les chercheurs signalent qu'après 5 à 60 ans, les niveaux de métaux lourds dans le sol de toutes les terres irrigables dépasseront les limites exigées par les normes pour la teneur en métaux lourds dans les sols agricoles ([Rattan et al., 2005](#)).

##### **b. Risques sanitaires**

Les eaux usées utilisées en irrigation, par leur capacité d'enrichissement, augmentent également le taux de matière organique et de nutriments dans le sol. Cependant, ces nutriments stimulent l'activité des microbes du sol ([Magesan et al., 2000](#); [Rattan et al., 2005](#)).

L'utilisation des eaux polluées pour l'irrigation comporte un certain nombre de risques, à cause de la présence de nombreux agents pathogènes (Virus, bactéries, parasites) dans les eaux, les sols. La présence ou non de certains indicateurs biologiques indique la qualité microbiologique requise de l'eau de l'agriculture. Dans le cas de l'agriculture, il existe des preuves que les micro-organismes pathogènes chez les animaux ne peuvent pénétrer dans les plantes ni y survivre. Les micro-organismes se trouvent à la surface des plantes et sur Terre. Les feuilles et les plantes créent un environnement froid et humide protégé de la lumière du

soleil. Il peut donc y avoir contamination pendant la croissance ou la récolte des plantes. Les agents pathogènes vivent plus longtemps dans le sol que les plantes ([Asano, 1998](#)).

La présence des microorganismes dans les eaux d'irrigation n'est pas nécessairement associée à des germes témoins de contamination fécale comme *Salmonella*, *Shigella* et *E. coli* mais il existe d'autres bactéries qui sont omniprésentes dans les milieux aquatiques et capables de causer des infections non entériques :

➤ ***Entérobactéries***

Les entérobactéries sont des bactéries généralement des hôtes normaux ou pathologiques du tube digestif de l'homme et des animaux. La famille regroupe plusieurs genres, espèces et stérotypes qui sont des bacilles à Gram négatif, mobiles grâce à une ciliature péritriche, certains sont immobiles (*Shigella*). Ils sont aéro-anaérobies facultatifs et se augmentée en milieu ordinaire. Elles sont exempt d'oxydase et a la capacité de fermentation du glucose, ainsi que de réduire le nitrate en nitrite. Elles représentent une source de contamination indirecte des (sols, eaux, végétaux) par exemple la matière fécale. Parmi tous les genres et espèces décrits, une vingtaine est impliquée en pathologie humaine à savoir *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella*...([Delmas et al., 2010](#)).

➤ ***E. coli***

Il existe quatre groupes principaux de souches d'*E. coli* responsables de diarrhées :

- *E. coli* entéropathogènes : responsables de gastro-entérites infantiles ;
- *E. coli* entéro-invasifs : syndromes dysentériques (diarrhées purulentes et sanglantes) ;
- *E. coli* entéro-toxinogènes : responsables de diarrhées liquidies ;
- *E. coli* entéro-hémorragiques : syndrome entéro-hémorragique responsable chez les enfants (1 mois à 3 ans) du syndrome hémolytique et urémique ([Baumont et al., 2014](#)).

➤ ***Salmonella***

Il est différent pour les salmonelles majeures (que l'on ne trouve que chez l'homme) et les salmonelles mineures (ubiquistes). Les Salmonelles majeures à savoir *Salmonella typhi*, *S. paratyphi*, respectivement responsables des fièvres typhoïdes et paratyphoïdiques. Par contre, les Salmonelles mineures sont responsables de gastroentérites. Ces germes sont portés par l'homme et l'animal. Les salmonelles mineures sont impliquées habituellement dans les infections alimentaires ([Baumont et al., 2014](#)).



➤ ***Shigella***

Bacille à Gram négatif de la famille des Entérobactéries. Quatre espèces : *Shigella dysenteriae*, *S. boydii*, *S. flexneri*, *S. sonnei*. *Shigella dysenteriae* est responsable de la dysenterie bacillaire et rarement des infections urinaires ou méningées et articulaires ([Schroeder and Hilbi, 2008](#)).

➤ ***Vibrio cholerae***

*Vibrio cholerae* est une bactérie strictement humaine très fragile, bacille à Gram négatif en forme de bâtonnet incurvé et oxydase-positif, très mobile par ciliature monotriche. C'est une bactérie aéro-anaérobie facultatif de la famille des *Vibrionaceae* ([Ryan and Ray, 2004](#)). Le choléra est une maladie infectieuse qui se développe sous la forme d'une pandémie causée par une souche de *Vibrio cholerae* toxique. C'est une maladie à signaler obligatoirement, responsable d'une diarrhée hautement contagieuse avec des selles liquides (eau de riz) qui provoque déshydratation mortelle ([Bronze and Greenfield, 2005](#)).

➤ ***Pseudomonas***

*Pseudomonas* est un bacille à coloration de Gram négatif à extrémité pointue ou arrondi, non sporulés, réguliers, mobile, aérobie, ne fermentent pas le glucose. Ces bactéries sont omniprésentes dans l'environnement et ce sont des pathogènes opportunistes qui sont souvent responsables fréquemment à l'origine d'infections hospitalières chez des patients le plus souvent immunodéprimés ([Brenner et al., 2005](#)).

➤ ***Staphylococcus***

Les Staphylocoques sont des cocci à Gram positif, immobiles, résistantes, regroupés en amas, en tétrade ou en diplocoques. Les Staphylocoques sont aéro-anaérobie facultatifs, fermentent le glucose et le glycérol et possédant la catalase. Il comporte deux espèces : les staphylocoques à coagulase positive *Staphylococcus aureus* qui possède une capacité de pathogénicité importante, impliqué dans les infections communautaires et nosocomiales et les Staphylocoques à coagulase négative qui provoquent les infections hospitaliers ([Werckenthin et al., 2001](#)).

# **Chapitre III :**

## **Matériel et Méthodes**

Pour déterminer la qualité physicochimique et microbiologique des eaux de surface et sols, nous avons procédé de la manière suivante :

## **1. Méthodes de travail**

### **1.1. Situation géographique**

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est de l'Algérie à 60 km environ de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-Est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Sud-Est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui. Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km<sup>2</sup> ([DPAT, 2008](#)).

### **1.2. Choix des stations de prélèvement**

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau et le sol de barrage de Bouhamdane et Oued Seybouse, nous avons choisi trois points de prélèvement de l'eau et six points de prélèvement du sol irrigué et non irrigué pour chaque zone. Les analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie à l'université 8 Mai 1945 de Guelma (**Tab. 2, Fig. 12**).

- L'Oued Seybouse se situe au Nord-Est de l'Algérie. Il prend naissance au niveau de Mdjez Ammar par la rencontre d'Oued El Charef et Oued Bouhamdane. Il se dirige vers le Nord pour se terminer dans la plaine littorale d'Annaba et, finalement se jeter dans la mer méditerranée. Il s'étend sur une distance de 240 Km.
- Le barrage de Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdane) est situé à 23 km de la wilaya de Guelma, il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh sur l'Oued Bouhamdane, il tire son nom de la zone des sources thermales et il a été mis en service en 1987 ([Narsis, 2008](#)).



Tableau 2. Présentation des sites et période de prélèvement.

	Points de prélèvement		Période de prélèvement	Heure de prélèvement
<b>Barrage de Bouhamdane</b>	Site 01	L'eau	18-04-2021	15 :40
		Le sol	19-04-2021	7 :25
	Site 02	L'eau	18-04-2021	16 :00
		Le sol	19-04-2021	8 :08
	Site 03	L'eau	18-04-2021	16 :20
		Le sol	19-04-2021	8 :35
<b>Oued Seybouse</b>	Site 01	L'eau	11-04-2021	6 :35
		Le sol		6 :45
	Site 02	L'eau	11-04-2021	7 :20
		Le sol		7 :40
	Site 03	L'eau	11-04-2021	8 :15
		Le sol		8 :41

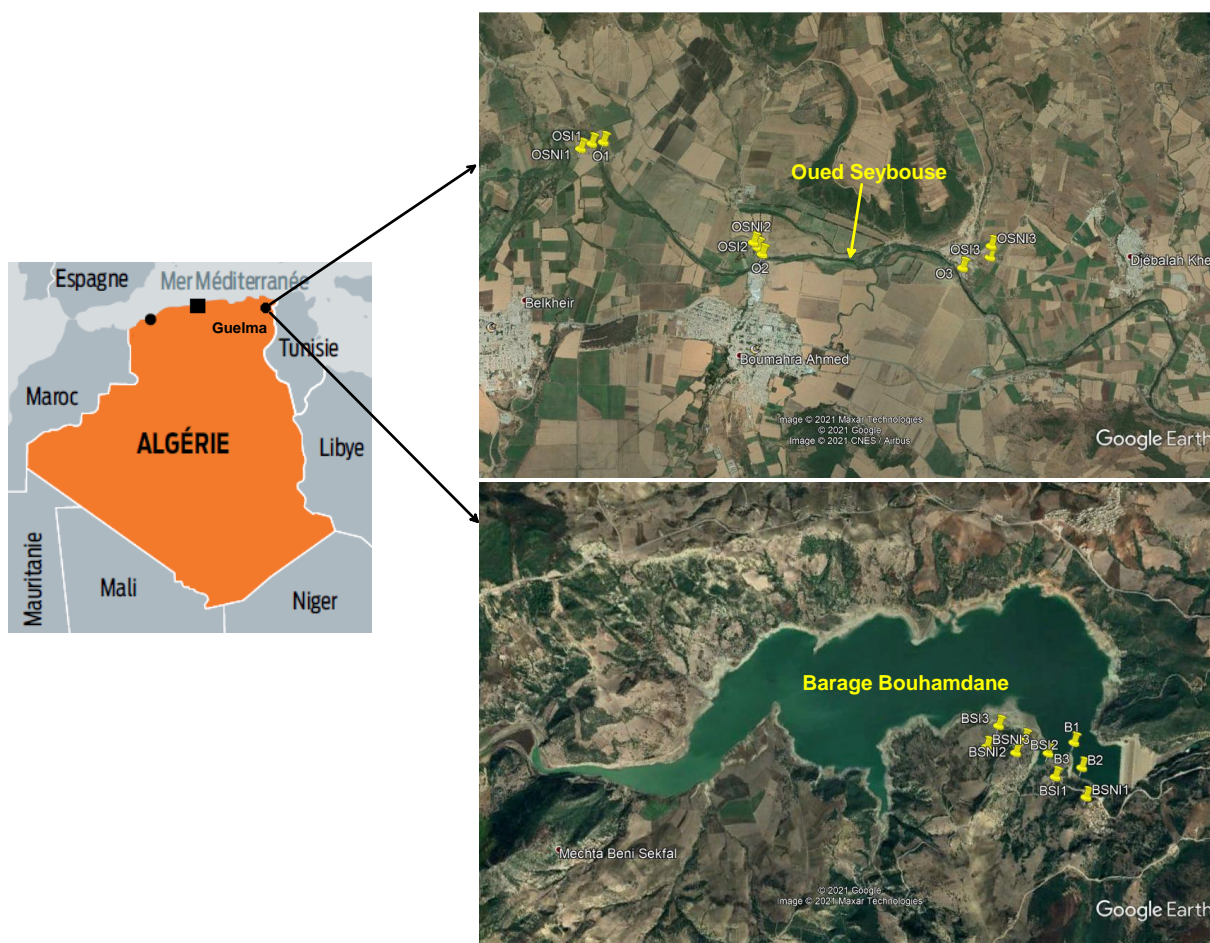


Figure 12. Localisation des stations de prélèvement.

### **1.3. Echantillonnage**

Les résultats de l'analyse n'auront pas une interprétation correcte à moins qu'elle ne soit menée dans des conditions et des procédures très précises et qu'un échantillon soit prélevé correctement pour éviter tout type de contamination, en plus de le transporter au laboratoire et de l'analyser sans délai. Les échantillons des eaux de barrage de Bouhamdane et de l'Oued Seybouse ainsi que les échantillons du sol irrigué et non irrigué ont été prélevés durant le mois d'Avril 2021, soit un total de 18 prélèvements répartis sur 6 prélèvements d'eau et 12 prélèvements du sol.

#### ➤ **Eau**

La verrerie destinée aux prélèvements d'eau de 250 ml pour l'analyse microbiologique doit être propres et bien stérilisées, soit à l'autoclave (120°C) durant 15 minutes, soit au Four Pasteur (170°C) durant 1 heure. Pour éviter les risques de contamination, les flacons choisis pour l'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'eau et une fois l'opération est effectuée, ils doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse. Le flacon utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination ([Rodier et al., 1984](#); [Lightfoot and Maier, 2002](#)). Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser.

- Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels.
- Le prélèvement de nos échantillons a été effectué manuellement sur des points de prélèvement fixes.
- Les flacons sont ouverts sous l'eau, goulot dirigé à contre-courant, ensuite le bouchon est 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.
- Les récipients ne seront jamais remplis complètement. Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire ([Rodier et al., 1984](#)).

Pour l'analyse physicochimique, un flacon en polyéthylène rincé avec de l'eau distillée de quantité de 1,5 L a été utilisé pour effectuer le prélèvement de l'eau.

Enfin, il est nécessaire d'écrire toutes les informations sur l'échantillon, telles que la date, l'heure, les conditions météorologiques, le nombre et toute circonstance inhabituelle, avec

précision et clarté et d'une manière qui ne peut être effacée ou supprimée ([Lightfoot and Maier, 2002](#)). Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace et transportés ensuite au laboratoire. Les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon ([Rodier et al., 2009](#)).

➤ **Sol**

Comme pour l'eau, le sol a également été prélevé conformément au protocole d'échantillonnage bien défini. Plusieurs endroits différents ont été échantillonnés le long de la voie de l'Oued Seybouse et le Barrage de Bouhamdane. Des échantillons ont été prélevés à la surface (0-20 cm). Des échantillons du sol des parcelles irrigables avec l'eau décrite ci-dessus et les terres non irriguées ont été prélevés sur chaque site à l'aide d'un trou agricole et d'être placé dans des sacs spéciaux puis transporté au laboratoire pour analyse.

#### **1.4. Préparation des échantillons**

➤ **Eau**

Pour l'analyse microbiologique, une série de dilutions décimales (1 ml dans 9 ml d'eau physiologique) est réalisée à partir de la solution mère (eau). Au moyen d'une micropipette stérile, la dilution initiale est réalisée en prélevant puis en transférant 1 ml de l'eau dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. A l'aide d'une nouvelle pipette stérile, 1 ml de la première dilution est transféré dans un autre tube. D'autres dilutions décimales sont ainsi préparées jusqu'à l'obtention du nombre de dilutions requis  $10^{-3}$  ([Ratsimba, 2017](#)).

➤ **Sol**

Pour l'analyse microbiologique du sol, une quantité de 25 g du sol irrigué et non irrigué est mélangée dans un bécher avec 225 ml d'eau peptonée tamponnée et laissée au repos pendant 20 min pour la revivification des bactéries. Ensuite le mélange est filtré à l'aide d'un papier whatman tout en utilisant une rompe de filtration. La solution obtenue est appelée solution mère (SM) qui est la dilution  $10^{-1}$ . Une série de dilutions décimales est réalisée à partir de la solution mère jusqu'à l'obtention de la dilution  $10^{-3}$ .

## 2. Analyse physico- chimique

Les mesures des paramètres physico-chimiques sont réalisées sur place (*in situ*), tels que la température, pH, l'oxygène dissous, la conductivité électrique, et la salinité à l'aide d'un multi paramètre HANNA HI 9829 (Fig. 13) en plongeant directement les sondes dans l'eau. Ces paramètres sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une estimation de la qualité générale de l'eau. En effet ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site ([Sayad, 2008](#)).



**Figure 13.** Muli paramètre (HANNA HI 9829) (photos prises par Messaadi, 2021).

## 3. Analyse microbiologique

### 3.1. Milieux de culture employés

Pour l'analyse microbiologique de l'eau et du sol, plusieurs milieux de culture sélectifs et non sélectifs ont été utilisés à savoir : gélose Tryptone Glucose-Extrait de levure- Agar (TGEA), les milieux liquides (BCPL, Rothe, bouillon Schubert, bouillon Eva Litsky), gélose Viande foie (VF), gélose Chapman, gélose *Salmonella-Shigella* (SS), gélose Hektoen, Gélose au Cétrimide, Gélose GNAB , gélose Ashby, gélose YEM (yeast extract), Gélose Sabouraud, au chloramphénicol.

### 3.2. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)

La Flore Aérobie Mésophile Totale (*FMAT*) sont la totalité des bactéries, levures et moisissures aéro-anaérobies, capables de former des colonies dans ou sur un milieu de culture.

➤ **Mode Opérateur**

- À partir de l'eau ou du sol à analyser porter aseptiquement 1 ml dans un boîtes de Pétri vides, numérotées ;
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- 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, sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes sur paille, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.
- L'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 72 heures (**Fig. 14**).

➤ **Lecture et interprétation**

Les colonies des *FMAT* apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes.

### **3.3. Recherche et dénombrement des coliformes**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose à avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre  $36$  et  $37^\circ\text{C}$  ([Delarras and Trébaol, 2003](#)).

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de  $44^\circ\text{C}$ . L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de  $42^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  ([Bourgeois and Leveau, 1980](#)).

➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode de trois tubes du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire ([Rejsek, 2002](#)).

Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test confirmatif : réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli* ([Mouffok, 2001](#)).

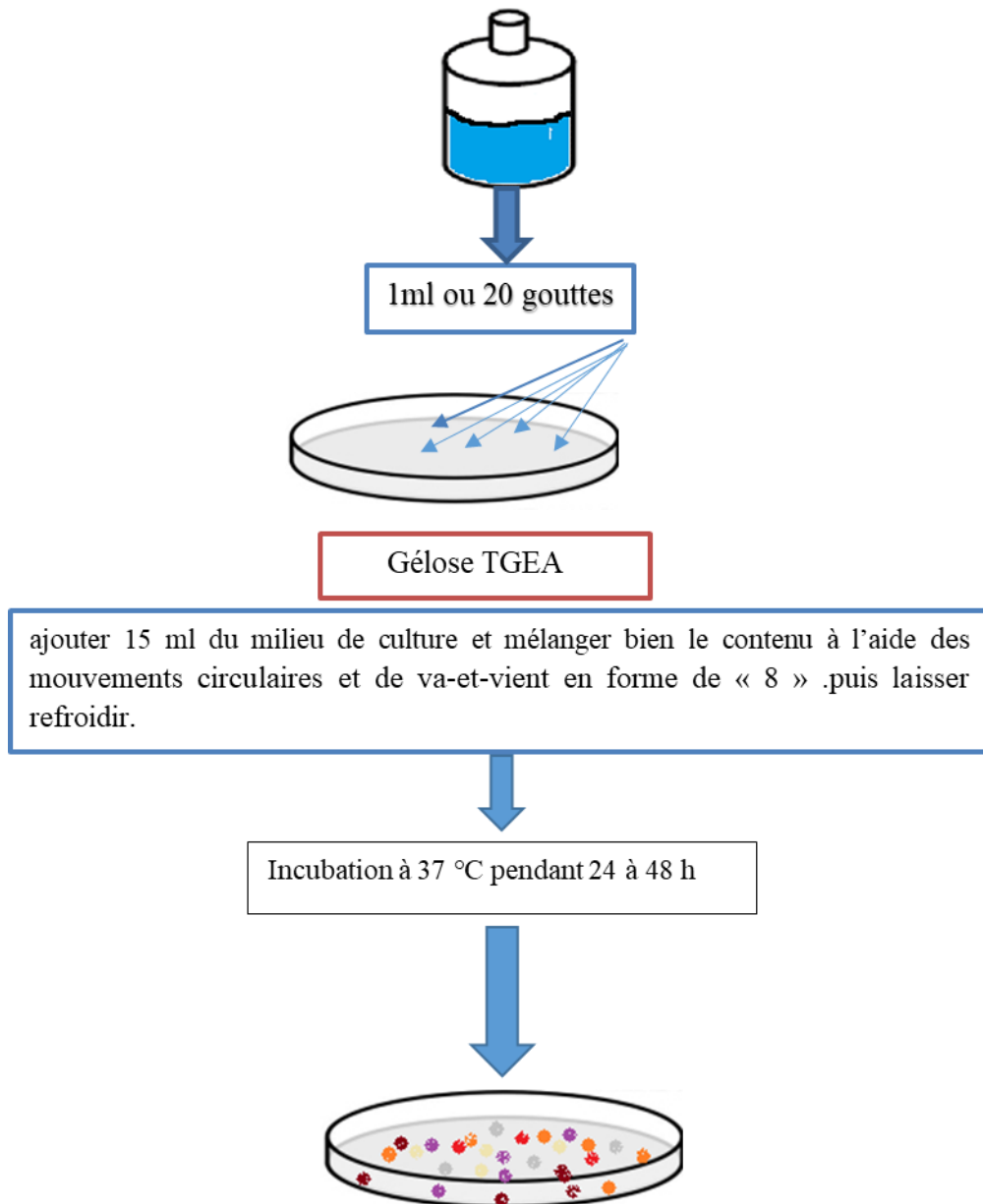


Figure 14. Recherche et dénombrement de la flore totale.

#### - Test de présomption

- Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol à simple concentration (BCPL S/C) et à double concentration (BCPL D/C).
- Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.
- 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.
- A partir de des dilutions des solutions d'eau et du sol, il faut préparer de manière aseptisée :



- ❖ 03 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
- ❖ 03 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
- ❖ 03 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
- 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 au l'incubateur à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans la condition opératoire décrite ([Mouffok, 2001](#)).

#### **- Test de confirmation (test de Mac Kenzie)**

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 au l'incubateur à 44°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux ;
- Un anneau rouge en surface, témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**Fig. 15**). La lecture finale s'effectue également selon la prescription de la table du NPP en étant 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 a analysé ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

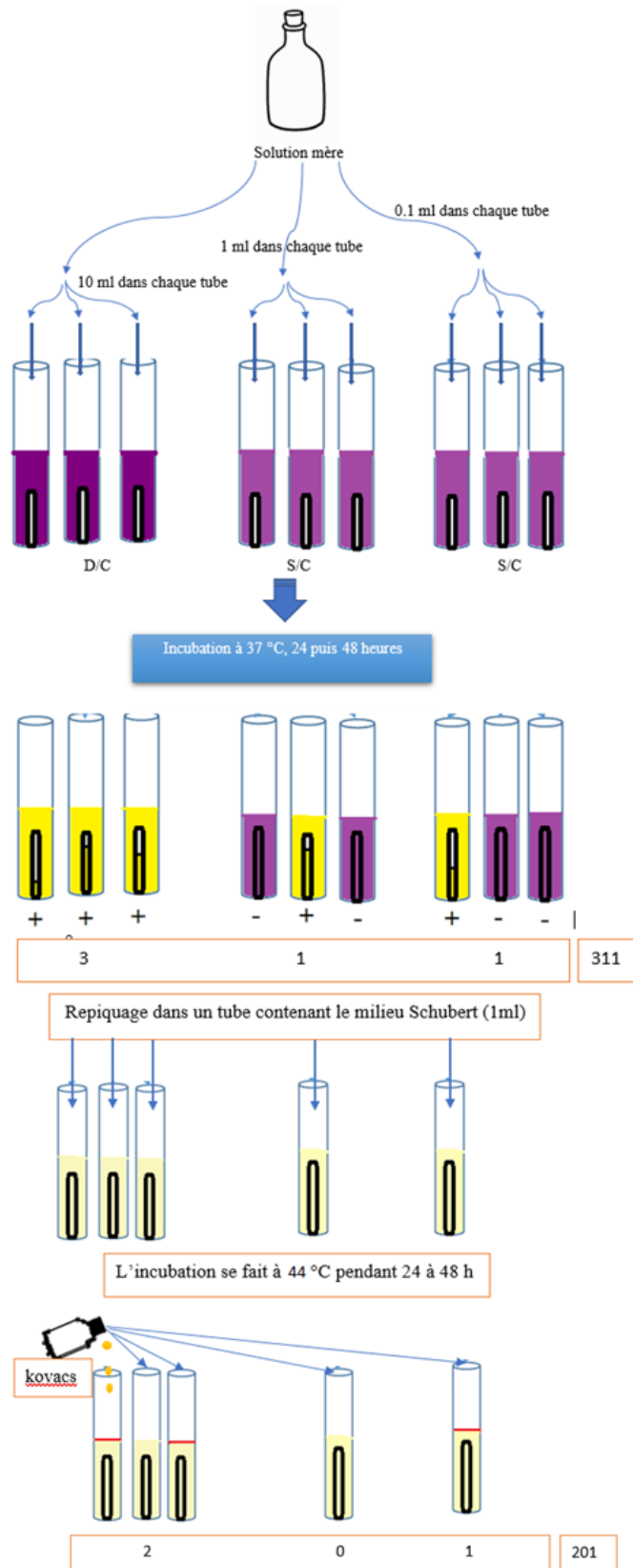


Figure 15. Recherche et dénombrement des coliformes.



### **3.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D ([Lancefield and Hare, 1935](#)). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales et gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz ([Krieg and Manual, 1984](#)).

#### **➤ Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux et sols ; en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des streptocoques ;
- Le test confirmatif : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption ([CHAOUCH, 2007](#)).

#### **- Test de présomption**

- La recherche se fait en bouillon Rothe S/C et D/C (Bouillon à l'acide de sodium simple concentration et double concentration).
- A partir des dilutions des solutions d'eau et du sol, porter aseptiquement :
  - ❖ 3 fois 10ml 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 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- Bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

#### **- Test de confirmation**

- Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Après agitation des tubes positifs ; prélever sur chacun d'eaux successivement bouclés ou quelques gouttes par une pipette Pasteur, et 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 bactérienne.

- ❖ Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette (Fig. 16) (Labres and Mouffouk, 2008).

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

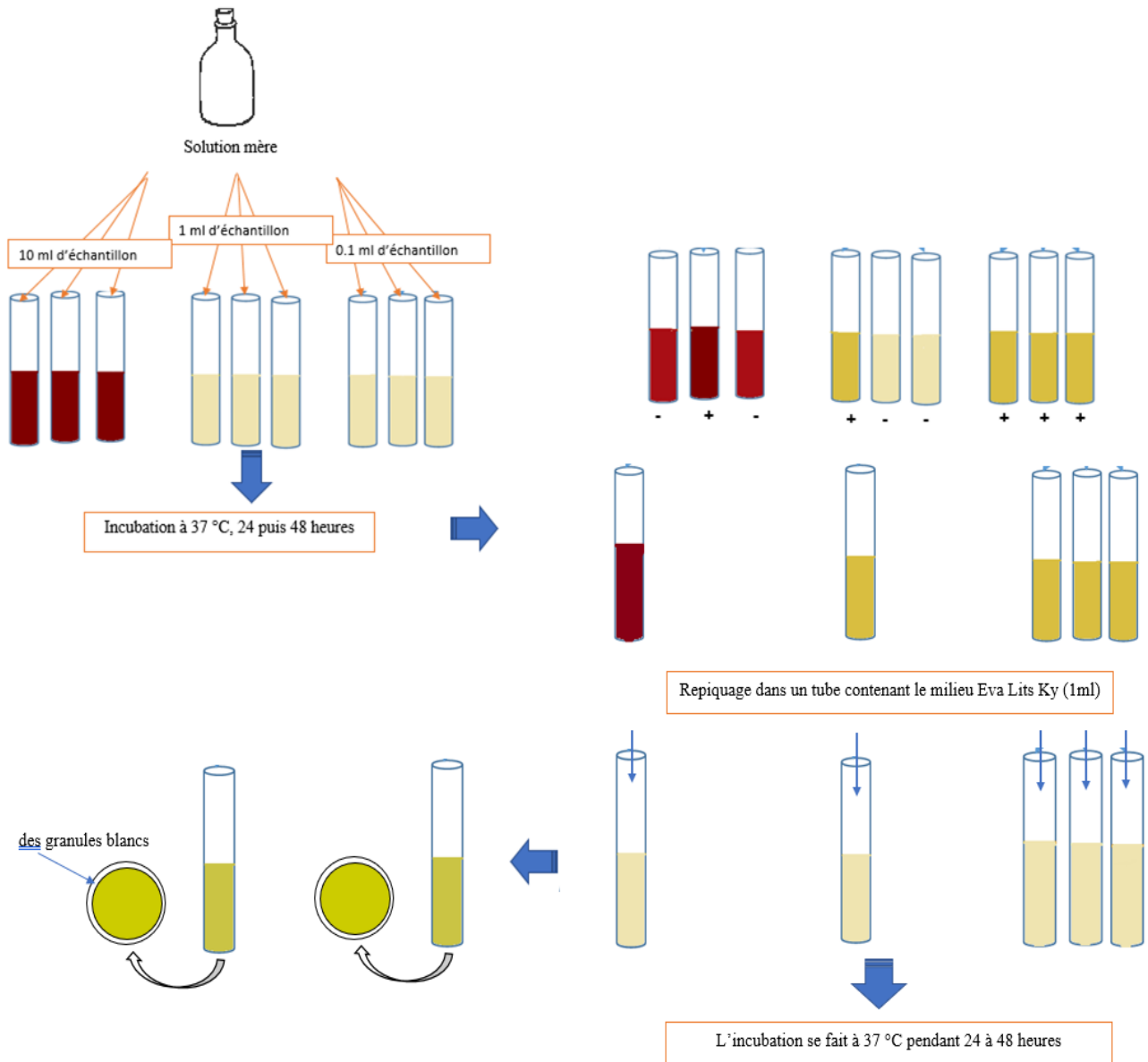


Figure 16. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

### 3.5. Recherches et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) présentent sous forme de gram positif, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose VF en en donnant des colonies typique réduisant du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  qui donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noir. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination (Labres et al., 2006).

➤ **Mode opératoire**

- La recherche et dénombrement des spores des ASR dans l'eau et le sol se fait par la méthode d'incorporation en gélose sur tube profonds :
  - ❖ Prendre environ 25 ml à partir des solutions d'eau et du sol à analyser, dans un flacon stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 8 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
  - ❖ Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon en question, sous l'eau de robinet.
  - ❖ Répartir ensuite le contenu de ce flacon, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
  - ❖ Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une 4 gouttes d'Alun de fer et d'une 0.5 ml de Sulfite de sodium, puis refroidie à  $45 \pm 1$  °C.
  - ❖ 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 paille pendant 30 minutes environ,
  - ❖ Ajoutez e deux gouttes d'huile de paraffine ; puis incubé à 37 °C, pendant 24 à 48 heures ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par 20 ml d'eau à analyser et par gramme du sol à analyser. La première lecture doit absolument être faite à 16 heures et la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière après 48 heures. Dénombrer toute colonie noire de 0.5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (**Fig. 17**) ([Labres et al., 2006](#)).

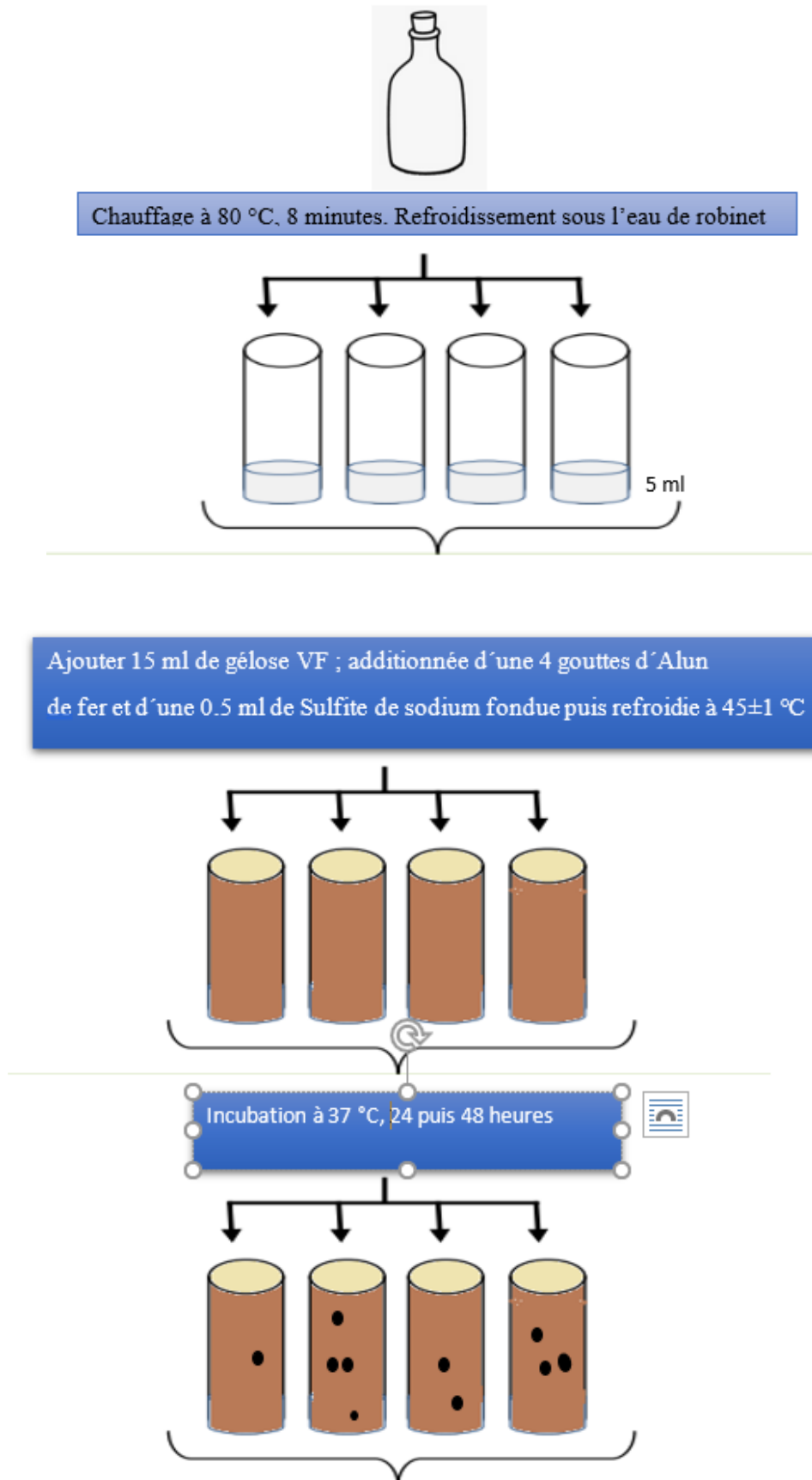


Figure 17. Recherches et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur.

### **3.6. Recherche et le dénombrement des bactéries spécifiques**

#### ➤ **Mode Opératoire**

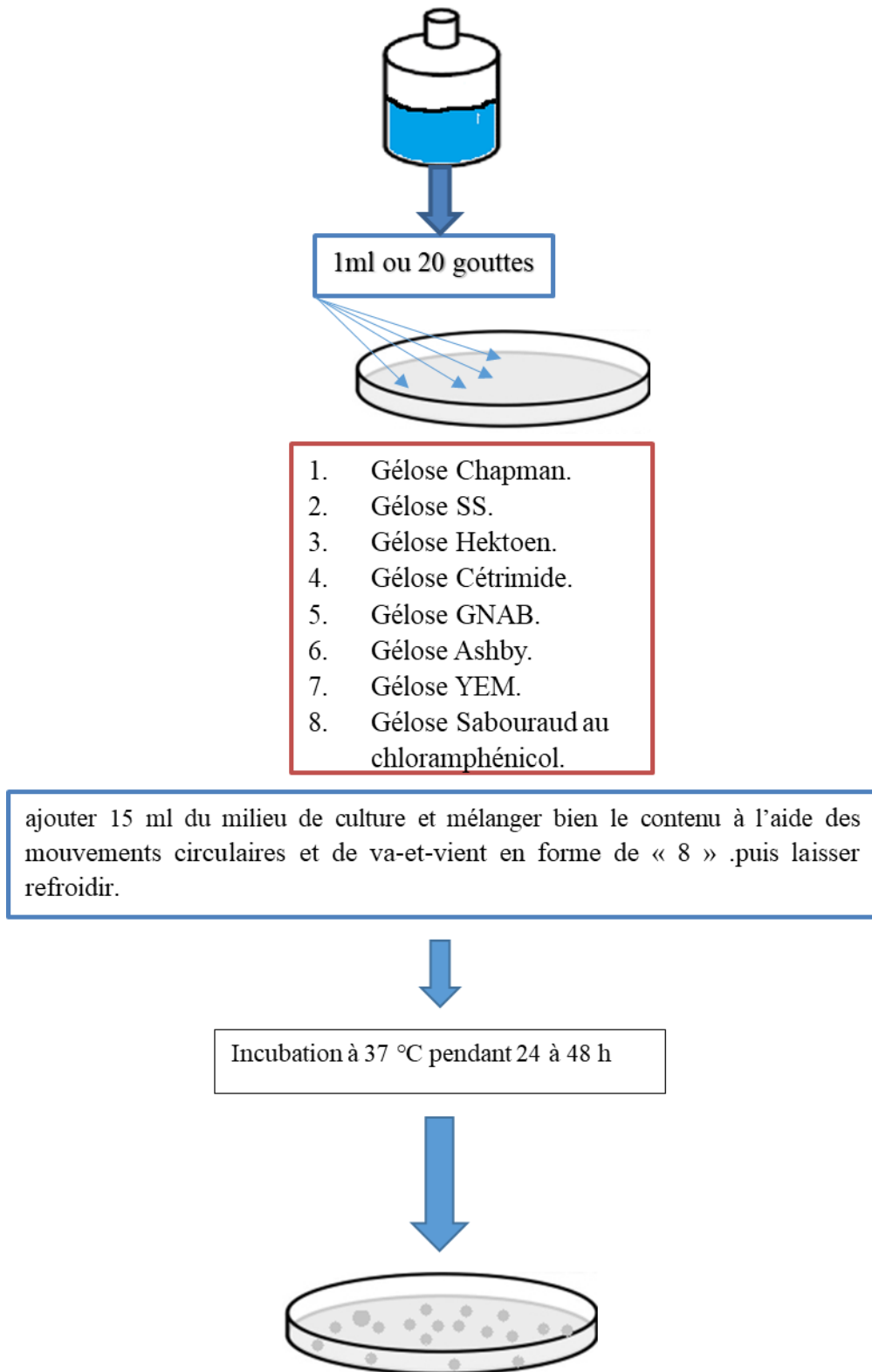
- À partir de l'eau et du sol à analyser porter aseptiquement 1 ml dans un boîtes de Pétri vides, numérotées.
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose sélectif fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$  (gélose Hectoen pour le dénombrement des Entérobactéries, gélose SS pour Salmonella, gélose au Cétrimide pour Pseudomonas, Gélose GNAB pour les *Vibrio*, Gélose Sabouraud au chloramphénicol pour les levures et moisissures, gélose Ashby pour les bactéries du sol *Azotobacter*, gélose YEM pour les bactéries du sol *Rhizobium*.
- 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, sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.
- L'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 heures (**Fig. 18**).

#### ➤ **Lecture et interprétation**

Les colonies de microorganismes apparaissent en masse sous formes et bien distinctes selon la composition de chaque milieu.

### **4. Plan statistique**

Compte tenu du faible échantillon, toutes les analyses statistiques ont été conduites à l'aide de tests non paramétriques : le test de Wilcoxon pour les comparaisons entre plusieurs échantillons indépendants. Une différence entre les résultats a été considérée comme significative pour une valeur de  $p < 0,05$ . Ces analyses ont été réalisées par le logiciel R pour Windows.



**Figure 18.** Recherche et le dénombrement des bactéries spécifiques.

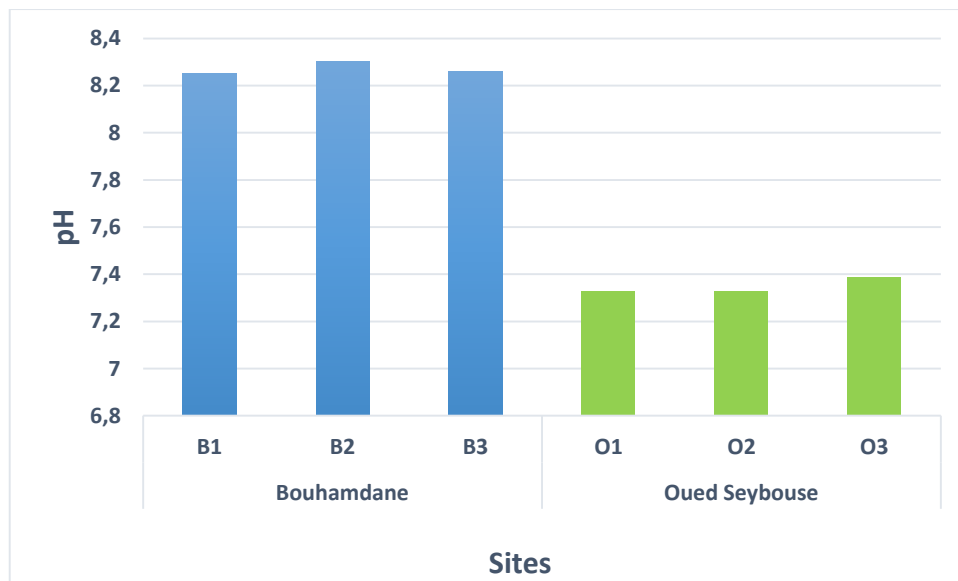
# **Chapitre IV :**

## **Résultats et Discussion**

## 1. Analyse physicochimique de l'eau

### 1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH permet de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une eau et il conditionne l'équilibre physico-chimique. Les résultats obtenus montrent un pH varie entre 8,25 et 8,30 avec une moyenne de 8,27 pour les eaux du barrage de Bouhamdane, alors que les résultats montrent un pH varie entre 7,33 et 7,39 avec une moyenne de 7,35 pour les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 19**). Le pH est considéré comme neutre pour les eaux d'Oued Seybouse et légèrement basique pour les eaux du barrage de Bouhamdane mais il reste dans les normes ([Gueroui, 2014](#)).



**Figure 19.** Variation du potentiel hydrogène pH.

### 1.2. Température

La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. Elle varie de 15,8 à 16,3 °C comme valeur maximale avec une moyenne de 16 °C pour les eaux du barrage de Bouhamdane et de 17,8 à 18,3 °C avec une moyenne de 18 °C pour les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 20**). La plupart des échantillons analysés sont inférieures à 25 °C et sont dans les normes ([Gueroui, 2014](#)).

### 1.3. Conductivité

La conductivité est un paramètre important dans la mesure où elle reflète la minéralisation globale de l'eau. Notons que les valeurs mesurées ont été corrigées par rapport à une température standard de 25 °C. Les valeurs de la conductivité oscillent entre 323 et 331  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une moyenne de 326  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour les eaux du barrage de Bouhamdane et entre 732 et 1233  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une moyenne de 958  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 21**). Les résultats de la



conductivité électrique des eaux de l'Oued Seybouse montrent une minéralisation assez forte par rapport aux eaux du barrage de Bouhamdane où l'origine peut être liée à l'augmentation de la teneur de l'eau en sels dissous provenant soit de la dissolution des formations géologiques soit le plus probable des différents rejets domestiques, agricoles et industriels ([Gueroui, 2014](#)).

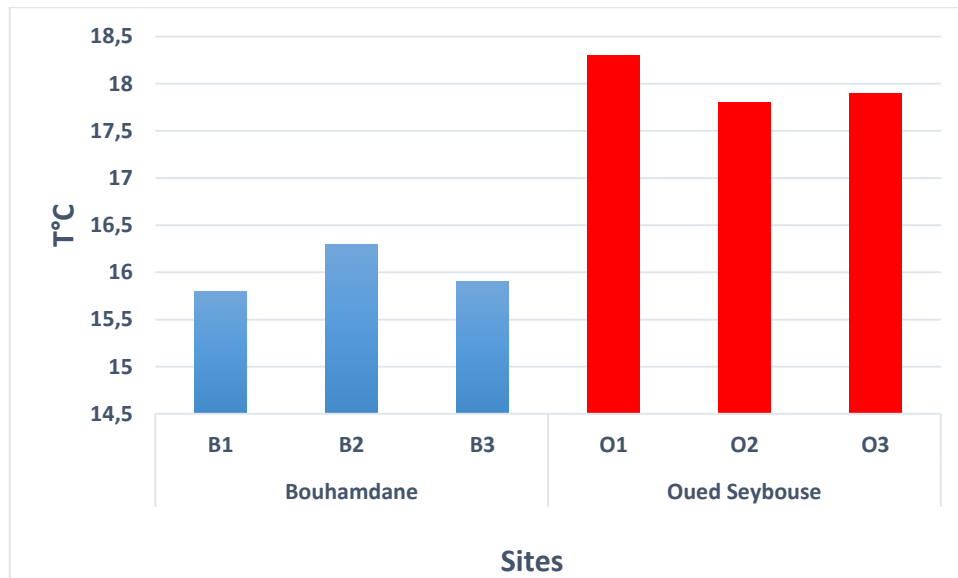


Figure 20. Variation de la température.

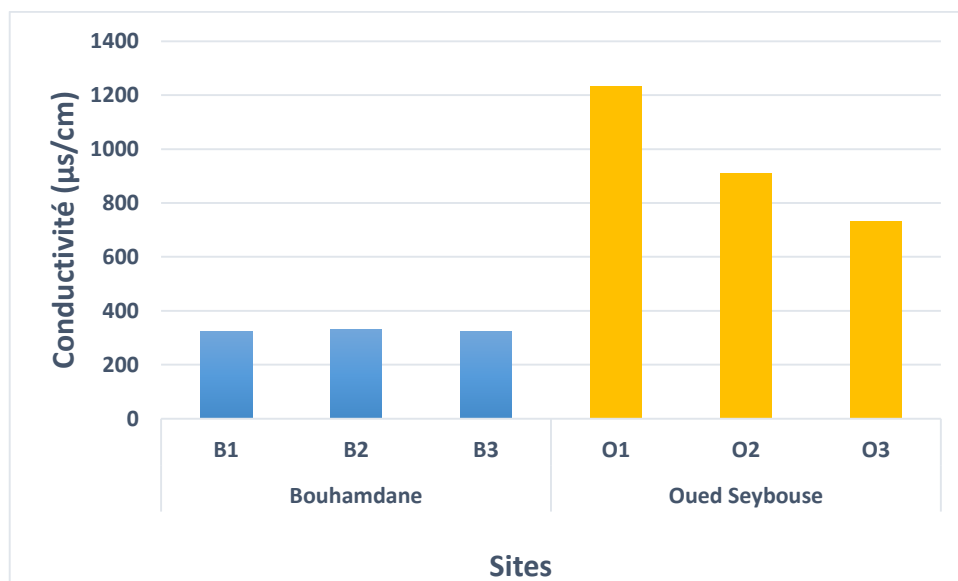
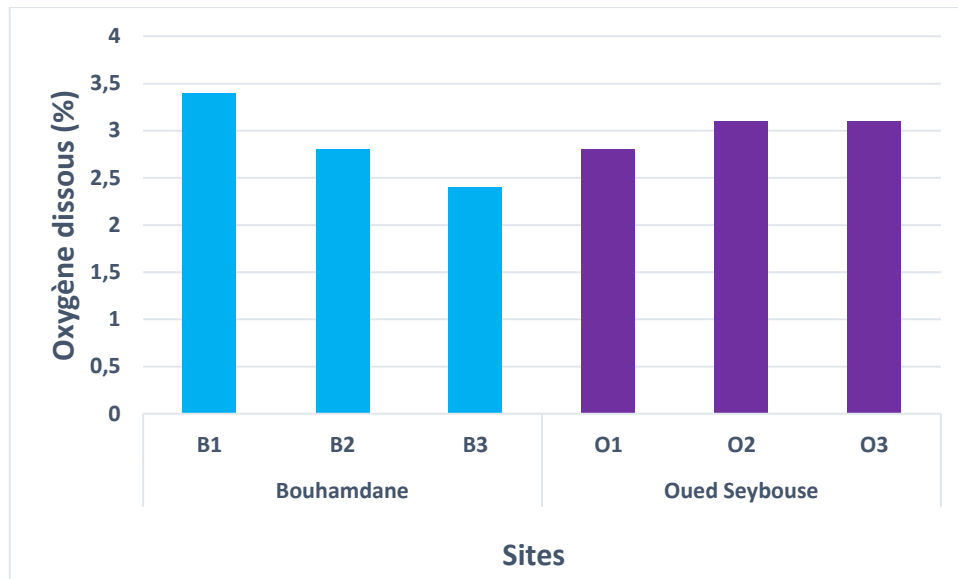


Figure 21. Variation de la conductivité électrique.

#### 1.4. Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Il entre pour 21% dans la composition de l'air atmosphérique, et représente 35% environ des gaz dissous dans l'eau à pression normale ([Bremond, 1979](#)). Les résultats obtenus montrent que les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse sont modérément oxygénées avec des valeurs de

l'oxygène dissous qui fluctuent de 2,4 à 3,4 % (**Fig. 22**). Cette variation peut être due soit aux espèces aquatiques animales et végétales soit à la perméabilité des formations géologiques qui fait que la teneur en oxygène dissous diffère d'un point à autre ([Gueroui, 2014](#)).



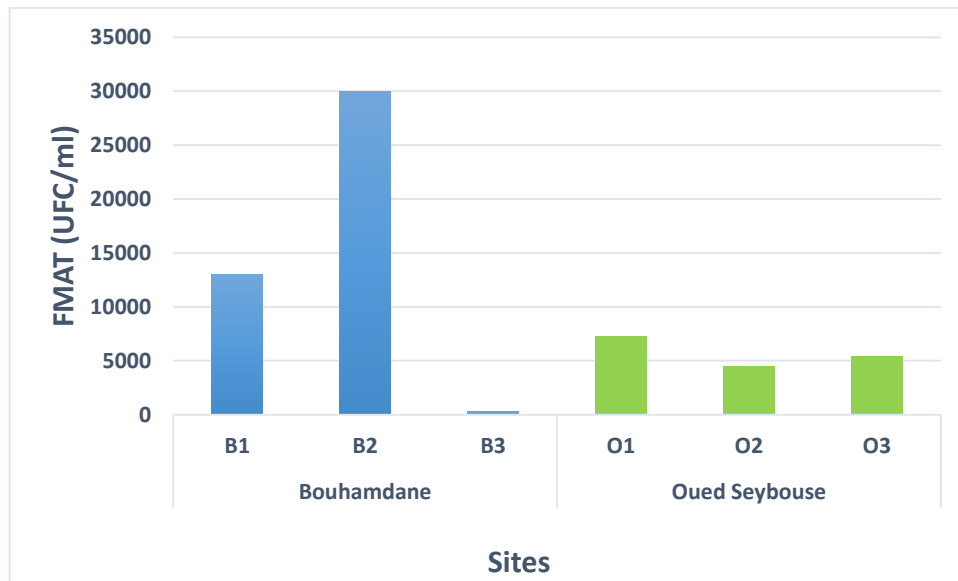
**Figure 22.** Variation de l'oxygène dissous.

## 2. Analyse microbiologique de l'eau

### 2.1. Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)

Les résultats montrent que la concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale pour les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse est de l'ordre de 14433 et 5757 UFC/ml respectivement. Les fluctuations autour de la moyenne sont très élevées avec un écart type de oscillant de 1363 à 14850. La variation de la charge bactérienne oscille de 300 à 30000 UFC/ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane, alors elle varie de 4545 à 7272 UFC/ml pour les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 23**).

Évidemment, les deux sites d'étude présentent une charge microbienne très élevée avec une supériorité de la charge microbienne des eaux du barrage de Bouhamdane en opposition avec les eaux d'Oued Seybouse. Ceci peut être expliqué que le barrage de Bouhamdane reçoit par lessivage des sols une grande quantité des rejets agricoles très riches en microorganismes alors que l'Oued Seybouse reçoit une grande quantité des rejets de produits toxiques d'origine industrielle présentant un effet antagoniste contre les microorganismes ([Goñi-Urriza et al., 1999](#)).



**Figure 23.** Variation de la flore totale.

## 2.2. Dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes constituent avec les Streptocoques fécaux le groupe de bactéries le plus fréquemment utilisé pour l'examen bactériologique de l'eau. Ils sont recherchés dans l'eau comme témoins de contamination fécale ([Gaujous, 1995](#)). Les résultats obtenus varient de 0 à 3500 CT/100ml avec une moyenne de 1166 CT/100ml et de 0 à 250000 CT/100 avec une moyenne de 85666 CT/100ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse respectivement (**Fig. 24**). Les fluctuations autour de la moyenne sont très élevées avec un écart type de oscillant de 1750 à 125000.

La moitié des échantillons analysés dépassent les normes des eaux utilisées en agriculture (1000 CT/100 ml) exigées par ([OMS, 1989](#)). Les eaux d'Oued Seybouse des concentrations élevées vis-à-vis les eaux du barrage de Bouhamdane. En effet, cette forte concentration peut être attribuée à l'influence des rejets domestiques ([White et al., 1986](#)).

## 2.3. Dénombrement des coliformes fécaux

Les résultats obtenus montrent que le nombre de coliformes fécaux dans tous les sites d'étude sont dans les normes des eaux destinées en agriculture (100 CF/100ml) ([OMS, 1989](#)). La variation de la charge bactérienne en coliformes fécaux fluctue entre 0 et 3500 CT/100ml avec une moyenne de 1166 CF/100ml et entre 0 et 250000 CF/100ml avec une moyenne de 85666 CF/100 ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse respectivement (**Fig. 25**). Les fluctuations autour de la moyenne sont très élevées avec un écart type de oscillant de 1750 à 125000. Par contre, la présence des coliformes d'origine fécale dans les eaux de des deux sites indique une pollution ou une contamination fécale dépendant des

différentes activités agricoles et anthropogéniques. Par contre, deux facteurs ont vraisemblablement des effets sur les bactéries de la contamination fécale : la disponibilité des nutriments et la turbidité de l'eau ([Garcia-Armisen and Servais, 2004](#)).

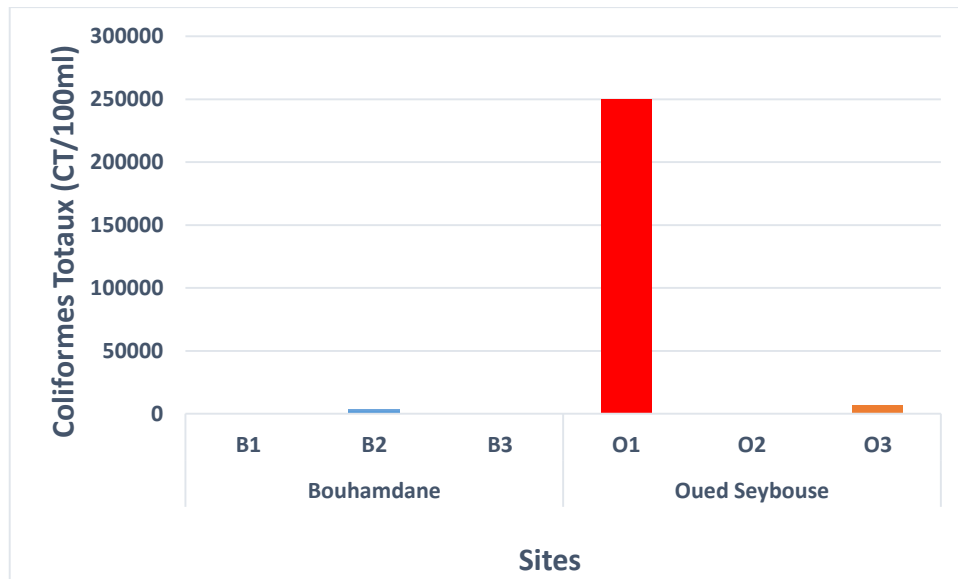


Figure 24. Variation des coliformes totaux.

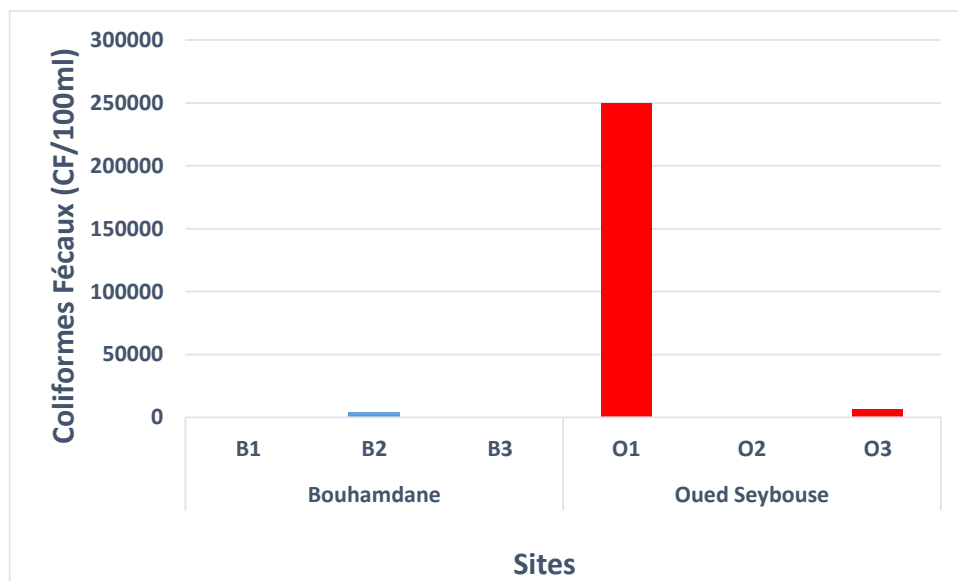


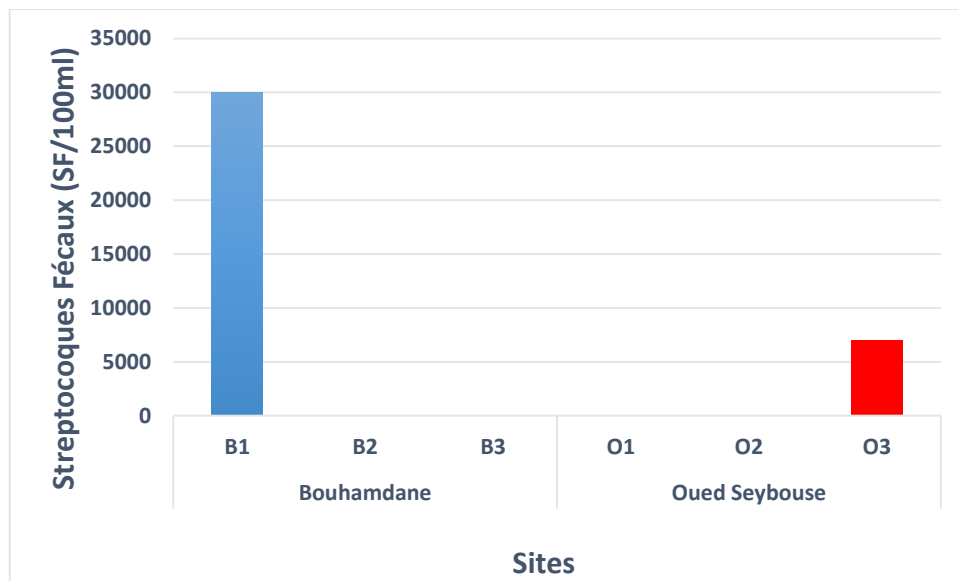
Figure 25. Variation des coliformes fécaux.

#### 2.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont considérés comme des indicateurs spécifiques de contamination fécale. Ils se multiplient rarement dans l'environnement et résistent mieux aux conditions défavorables que les coliformes ([Gantzer et al., 1998](#)). Les résultats obtenus nous montrent une absence totale de ce type de bactéries dans 66% des échantillons analysés. Un seul échantillon de chacun des sites présentent des concentrations élevées en Streptocoques

fécaux avec une valeur de 30000 SF/100ml enregistrée pour les eaux du barrage de Bouhamdane et une valeur de 7000 SF/100ml notées pour les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 26**). Les fluctuations autour de la moyenne sont très élevées avec un écart type de oscillant de 3500 à 15000.

En effet, toute la zone d'étude semble être contaminée ; cette contamination pourrait être due par des pollutions avoisinantes : lessivage des terres agricoles chargées d'énormes quantités de fumier, l'existence des fosses septiques, l'élevage de bétails et les activités humaines ([Gueroui, 2014](#)).



**Figure 26.** Variation des Streptocoques fécaux.

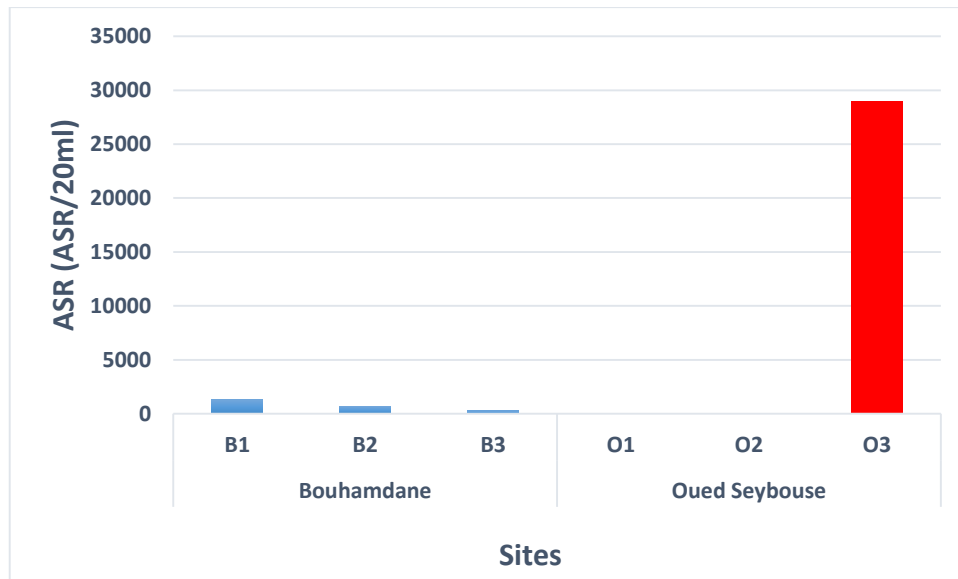
### 2.5. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. Les résultats obtenus nous montrent des concentrations très variables de ces bactéries dans les eaux du barrage de Bouhamdane allant de 300 à 1300 ASR/20ml. Par contre, un seul échantillon des eaux d'Oued Seybouse montre une valeur très élevée de 29000 ASR/20ml (**Fig. 27**). Les fluctuations autour de la moyenne sont très élevées avec un écart type de oscillant de 500 à 14500. Les deux sites soit le barrage de Bouhamdane et l'Oued Seybouse semblent être pollués et cette pollution dans une eau naturelle nous fait penser à une contamination fécale et, en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination déjà ancienne ([Gueroui, 2014](#)).

### 2.6. Dénombrement des bactéries spécifiques

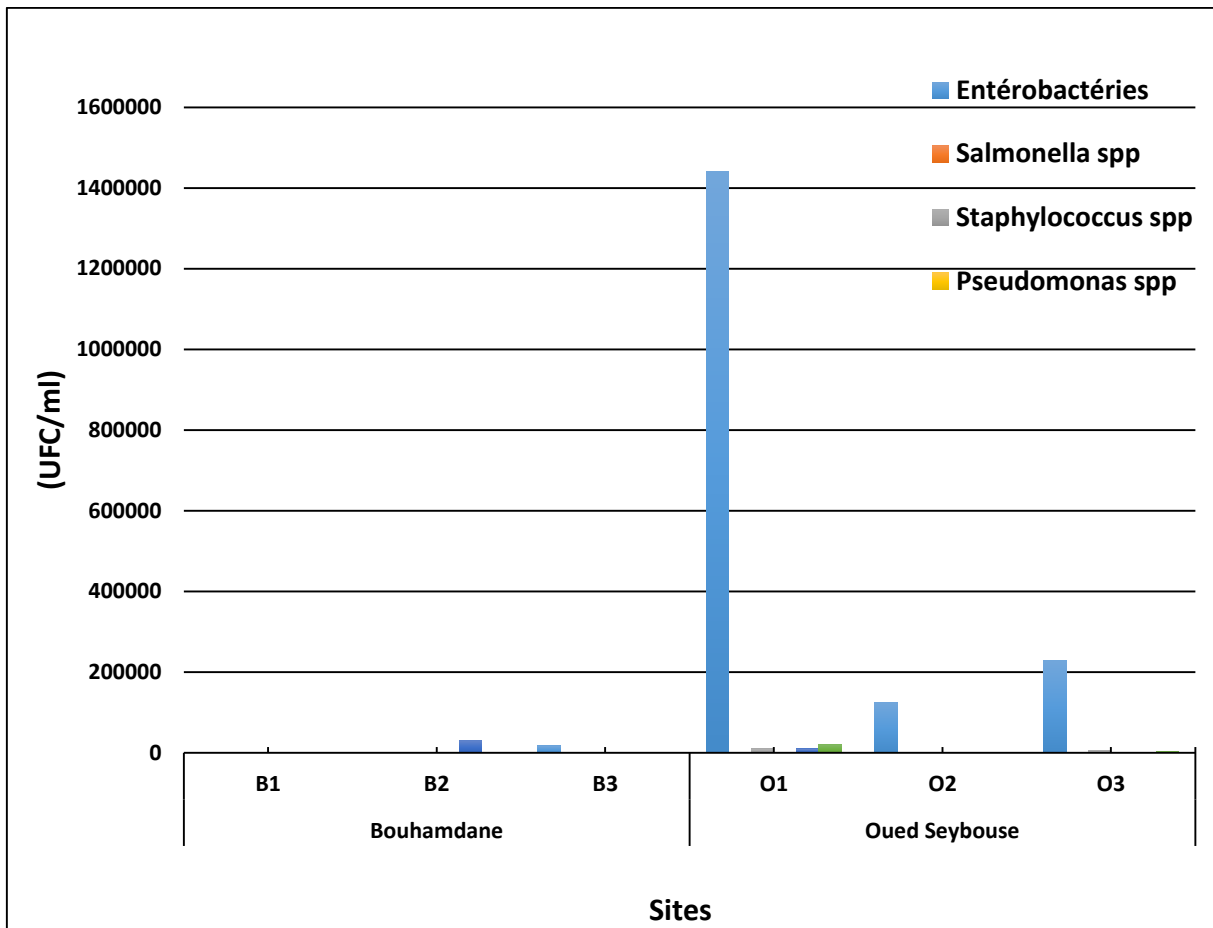
Les germes spécifiques à savoir la famille des Entérobactéries, les genres du *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Vibrio* ainsi que les levures et moisissures ont été systématiquement recherchés au niveau des deux sites d'études. Aucun prélèvement ne s'est

révélé positif pour les bactéries du genre *Pseudomonas* pour les deux sites d'études. Un seul échantillon pour les eaux du barrage de Bouhamdane est révélé positif pour les bactéries du genre *Salmonella* en effet *Salmonella spp* avec une concentration de 200 UFC/ml.



**Figure 27.** Variation des Anaérobies sulfito-réducteur.

La famille des entérobactéries est la plus représentée dans le dénombrement des germes spécifiques avec des concentrations allant de 0 à 17900 UFC/ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane et de 124000 à 1440000 UFC/ml. Le deuxième genre le plus représenté dans le dénombrement des bactéries spécifiques est le genre *Staphylococcus* avec des valeurs variant de 0 à 100 UFC/ml et de 1000 à 10000 UFC/ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse respectivement. Les résultats du dénombrement des levures et moisissures montrent des concentrations oscillant entre 0 et 800 UFC/ml pour les eaux du barrage de Bouhamdane et entre 1000 et 20000 UFC/ml pour les eaux d'Oued Seybouse. Les concentrations des bactéries du genre *Vibrio* fluctuent de 100 à 30000 UFC/ml pour le barrage de Bouhamdane et de 0 à 10000 UFC/ml pour l'Oued Seybouse (**Fig. 28**). Le dénombrement des germes spécifiques affirme que les eaux d'Oued Seybouse sont plus polluées à l'encontre des eaux du barrage de Bouhamdane.



**Figure 28.** Variation des bactéries spécifiques dans les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse.

### 2.7. Plan statistique

Les résultats illustrés dans le tableau 3 montrent une absence de différence significative entre les différents dénombrements microbiens dans les deux sites. Cependant, on constate que la charge microbienne est élevée dans les deux sites d'étude avec prédominance de trois types de bactéries à savoir les entérobactéries et les bactéries de la contamination fécale.

Tableau 3. Comparaison statistique entre les deux sites d'étude.

Germes (UFC/ml)	Sites	Min	Max	Moyenne	Ecart type	P
FMAT	Bouhamdane	300	30000	14433.33	14850.0	0,7
	Seybouse	4545	7272	5757.00	1363.5	
CT	Bouhamdane	0	3500	1166.667	1750	0,353
	Seybouse	0	250000	85666.667	125000	
CF	Bouhamdane	0	3500	1166.667	1750	0,353
	Seybouse	0	250000	85666.667	125000	
SF	Bouhamdane	0	30000	10000.000	15000	1
	Seybouse	0	7000	2333.333	3500	
ASR	Bouhamdane	300	1300	766.6667	500	0,657
	Seybouse	0	29000	9666.6667	14500	
Entérobactéries	Bouhamdane	0	17900	6000.0	8950	0,1
	Seybouse	124000	1440000	597333.3	658000	
<i>Salmonella</i>	Bouhamdane	0	200	66.66667	100	0,505
	Seybouse	0	0	0.00000	0	
<i>Staphylococcus</i>	Bouhamdane	0	100	66.66667	50	0,076
	Seybouse	1000	10000	5484.66667	4500	
<i>Pseudomonas</i>	Bouhamdane	0	0	0	0	/
	Seybouse	0	0	0	0	
<i>Vibrio</i>	Bouhamdane	100	30000	10433.333	14950	0,375
	Seybouse	0	10000	3333.333	5000	
Levures et Moisissure	Bouhamdane	0	800	333.3333	400	0,1
	Seybouse	1000	20000	8212.0000	9500	

### 3. Analyse microbiologique du sol

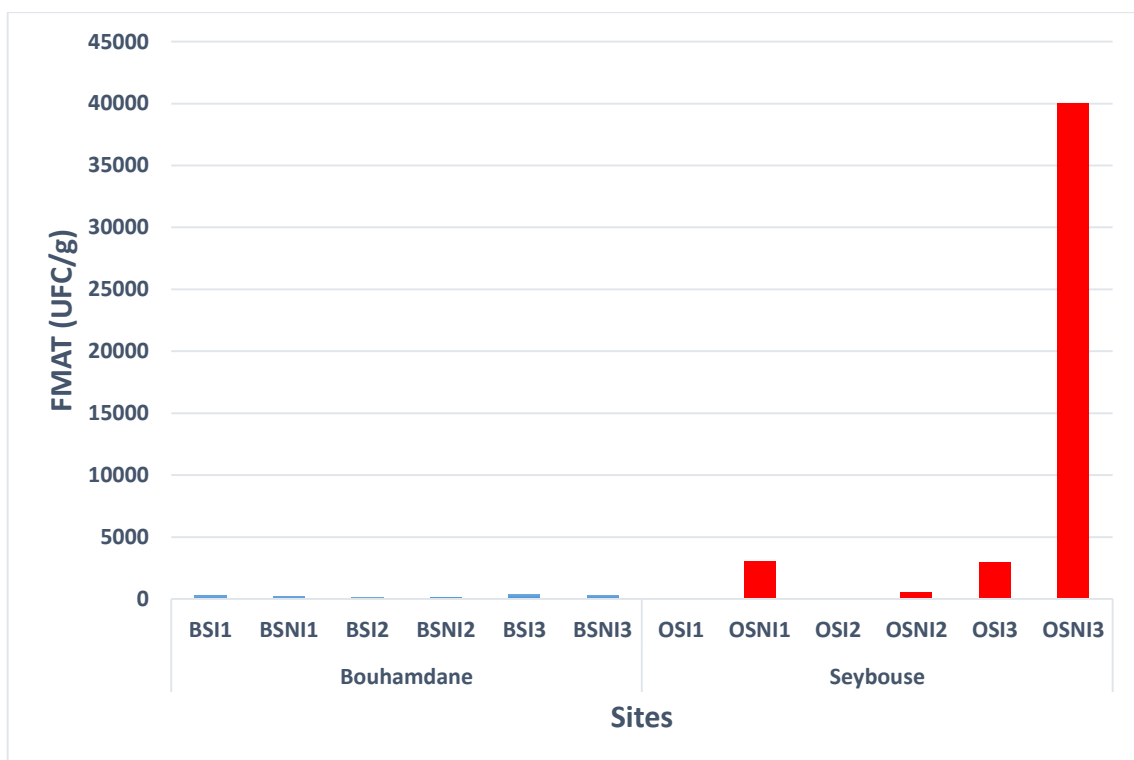
#### 3.1. Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)

C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques qui nous renseigne toujours sur la qualité de n'importe quel produit. Les résultats obtenus varient de 150 à 400 UFC/g et de 30 à 2920 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse respectivement. En revanche, les sols non irrigués présentent des



valeurs oscillant entre 100 et 300 UFC/g pour les sols autour du barrage de Bouhamdane et entre 550 et 40000 UFC/g pour les sols autour de l'Oued Seybouse (**Fig. 29**).

Bien que la charge microbienne de la flore totale est moyenne pour les sols irrigués et non irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane mais il existe une influence remarquable de ces eaux sur la charge microbienne des sols irrigués par rapport aux sols non irrigués. Par contre, on note une charge microbienne très élevée de la flore totale pour les sols non irrigués par rapport aux sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse ce qui peut être expliqué que l'Oued Seybouse reçoit une grande quantité des rejets de produits toxiques d'origine industrielle présentant un effet antagoniste contre les microorganismes ([Goñi-Urriza et al., 1999](#)).



**Figure 29.** Variation de la flore totale.

### 3.2. Dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes indiquent en général une contamination fécale et leur nombre est généralement proportionnel au degré de pollution produit par des matières fécales ([Boualleg, 2018](#)). Les résultats obtenus varient entre 50 à 350 CT/g noté pour les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et entre 70 et 4000 CT/g pour les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse (**Fig. 30**). En contrepartie, les sols non irrigués présentent des concentrations oscillant entre 400 et 800 CT/g et entre 500 et 40000 CT/g pour les sols autour du barrage de Bouhamdane et autour d'Oued Seybouse respectivement.

Vu les résultats obtenus, les sols non irrigués soit par les eaux du barrage de Bouhamdane soit par les eaux d'Oued Seybouse semblent être plus contaminés au regard des sols irrigués par ces eaux. Cela peut être expliqué par l'effet des fumures organiques (crottin de chevaux, de moutons) pour amender les champs (Ndiaye et al., 2006).

### 2.3. Dénombrement des coliformes fécaux

La variation de la charge bactérienne en coliformes fécaux fluctue entre 30 et 110 CT/g et entre 0 et 1800 CF/g pour sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse respectivement (Fig. 31). Par contre, la charge bactérienne varie de 150 à 430 CF/g et de 220 à 40000 CF/g pour les sols non irrigués autour de Bouhamdane et Oued Seybouse respectivement.

Comme pour les coliformes totaux, les sols non irrigués présentent une contamination fécale très importante vis-à-vis les sols irrigués dépendant des différentes activités agricoles et anthropogéniques.

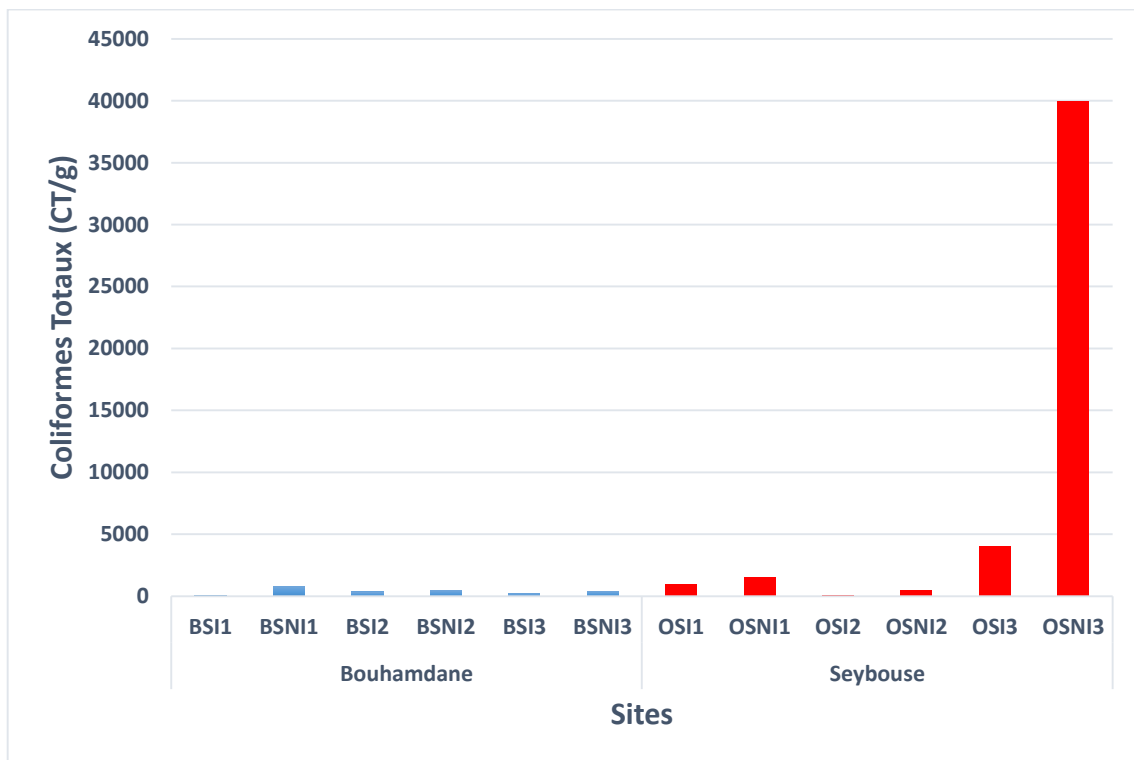


Figure 30. Variation de des coliformes totaux.

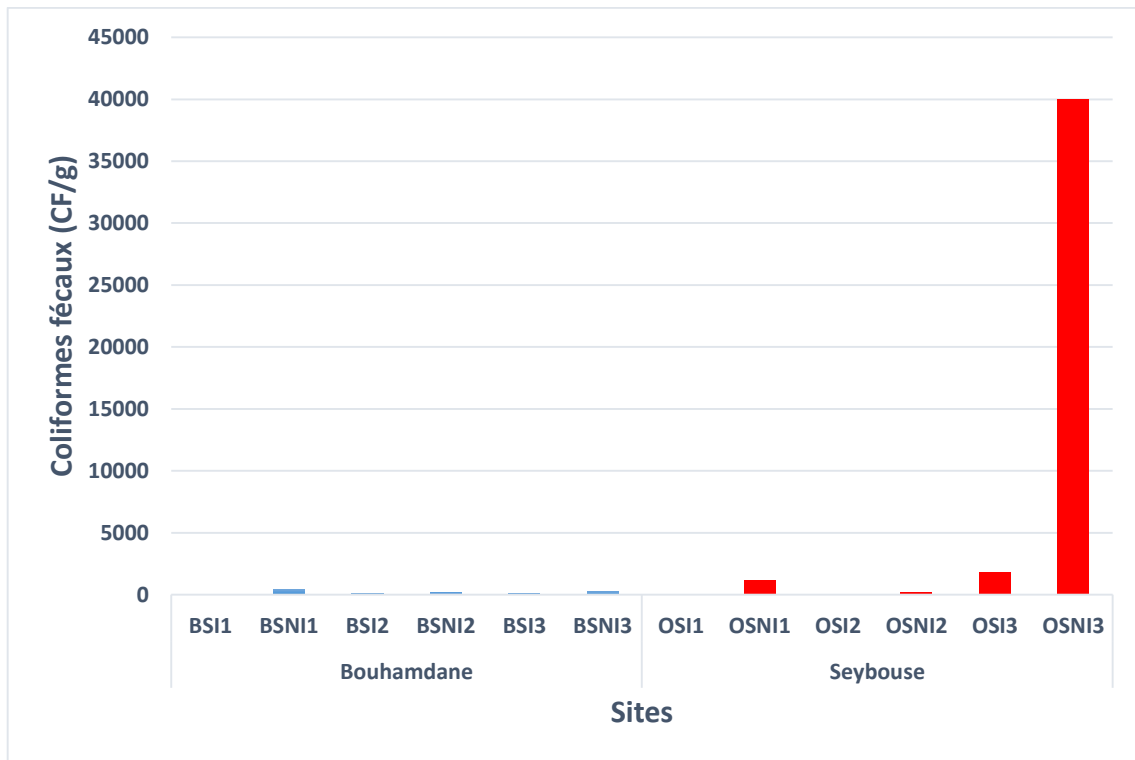


Figure 31. Variation des coliformes fécaux.

### 3.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Les résultats obtenus fluctuent de 0 à 60 SF/g pour sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et de 0 à 30 SF/g pour les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse (Fig. 32). Les résultats obtenus des Streptocoques fécaux pour les sols non irrigués varient de 30 à 60 SF/g et de 0 à 600 SF/g pour sols non irrigués autour du barrage de Bouhamdane et autour d'Oued Seybouse.

En effet, les sols non irrigués sont toujours les plus contaminés par la matière fécale par rapport aux sols irrigués avec prédominance des sols non irrigués autour d'Oued Seybouse qui présentent une contamination fécale très élevée envers les sols non irrigués autour du barrage de Bouhamdane soit par les coliformes soit par les Streptocoques. Cette contamination pourrait être due par des pollutions avoisinantes provoquées par des activités agricoles chargées d'énormes quantités de fumier, l'élevage de bétails ainsi que les activités humaines (Gueroui, 2014).

### 3.5. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices

Les résultats obtenus nous montrent des concentrations très variables de ces bactéries entre les sols irrigués et non irrigués. Seulement les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane montrent des valeurs oscillant entre 30 et 260 ASR/g. D'autre part, on note une

absence totale des spores de ce type des bactéries dans les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse (Fig. 33).

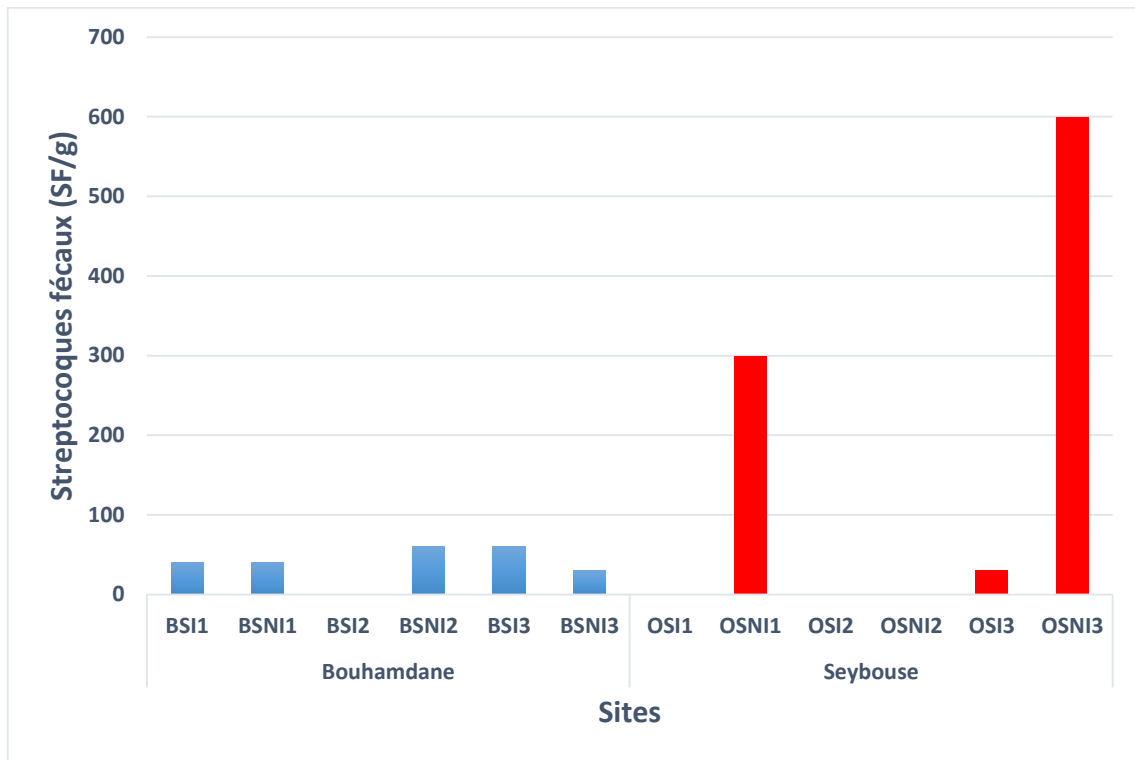


Figure 32. Variation des Streptocoques fécaux.

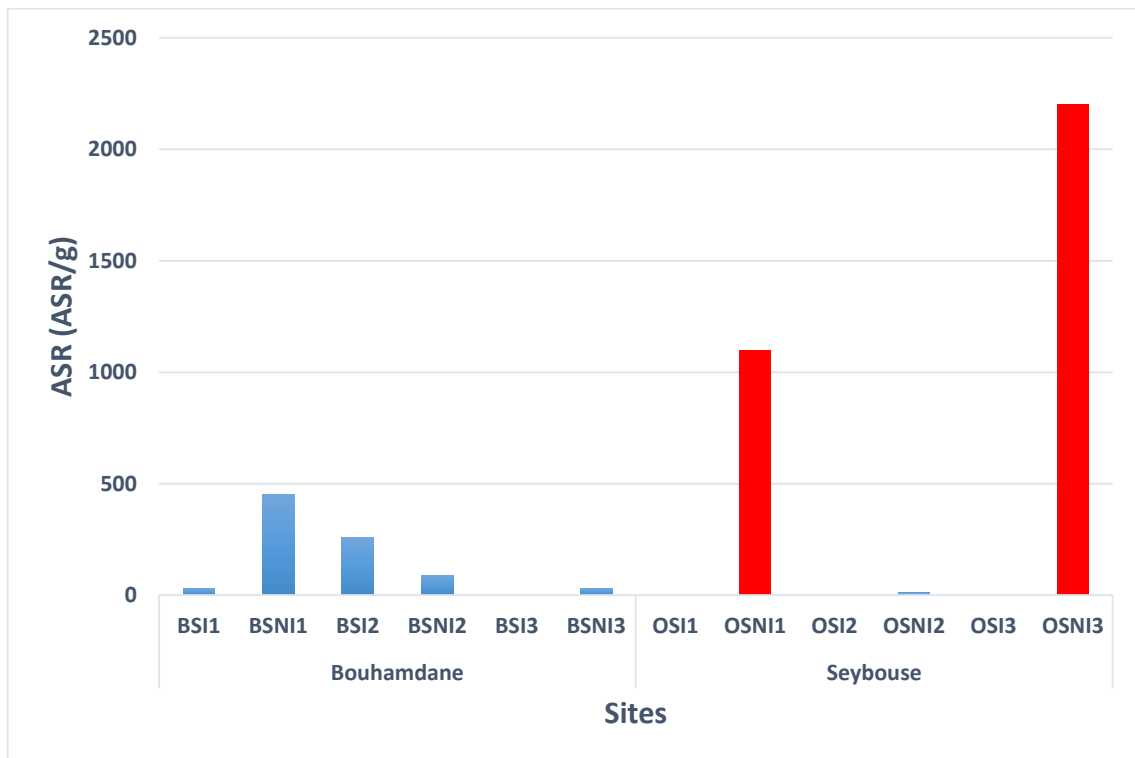


Figure 33. Variation des Anaérobies sulfito-réductrices.

Cependant, les sols non irrigués présentent des valeurs variant de 30 à 450 ASR/g et de 10 à 2200 ASR/g pour les sols non irrigués autour de Bouhamdane et Oued Seybouse respectivement. Ces valeurs sont assez élevées envers des sols irrigués, ce qui peut être expliqué que ce type des bactéries est tellurique exprimant une contamination fécale déjà ancienne ([Gueroui, 2014](#)).

### **3.6. Dénombrement des bactéries spécifiques**

Les germes spécifiques à savoir la famille des Entérobactéries, les genres du *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, les levures et moisissures, les *Azotobacter* ainsi que les *Rhizobium* ont été systématiquement recherchés au niveau des sols irrigués et non irrigués.

Les bactéries du sol à savoir les *Azotobacter* et les *Rhizobium* sont les plus représentées dans le dénombrement des germes spécifiques surtout dans les sols non irrigués par rapport aux sols irrigués ce qui montre l'effet antagoniste de l'irrigation vers ce type des bactéries. Les concentrations des *Azotobacter* varient de 10 à 240 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et de 100 à 1860 UFC/g pour les sols non irrigués. Les valeurs des *Azotobacter* varient de 20 à 470 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse et de 200 à 30000 UFC/g pour les sols non irrigués. Les concentrations des *Rhizobium* varient de 3000 à 3480 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et de 3000 à 5320 UFC/g pour les sols non irrigués. Par contre, les valeurs des *Rhizobium* varient de 10 à 1400 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse et de 300 à 3400 UFC/g pour les sols non irrigués. La famille des Entérobactéries est le deuxième type des bactéries le plus représenté avec des concentrations allant de 30 à 680 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et de 0 à 180 UFC/g pour les sols non irrigués ce qui montre l'effet de la pollution des eaux sur les sols qui les entourent. En revanche, les valeurs des entérobactéries varient de 50 à 220 UFC/g pour les sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse et de 108 à 21000 UFC/g pour les sols non irrigués (**Fig. 34, 35**). Pour les autres genres, la charge microbienne est très variable à savoir le genre des *Vibrio* où on note des concentrations assez élevées par rapport aux *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* et les levures et moisissures où les concentrations sont moyennes. Le dénombrement des germes spécifiques affirme que les sols non irrigués soit par les eaux du barrage de Bouhamdane, soit par les eaux d'Oued Seybouse sont moins affectés par rapport aux sols irrigués par ces eaux. Cependant, les sols non irrigués semblent être affectés par d'autres sources de contamination surtout par les activités agricoles.

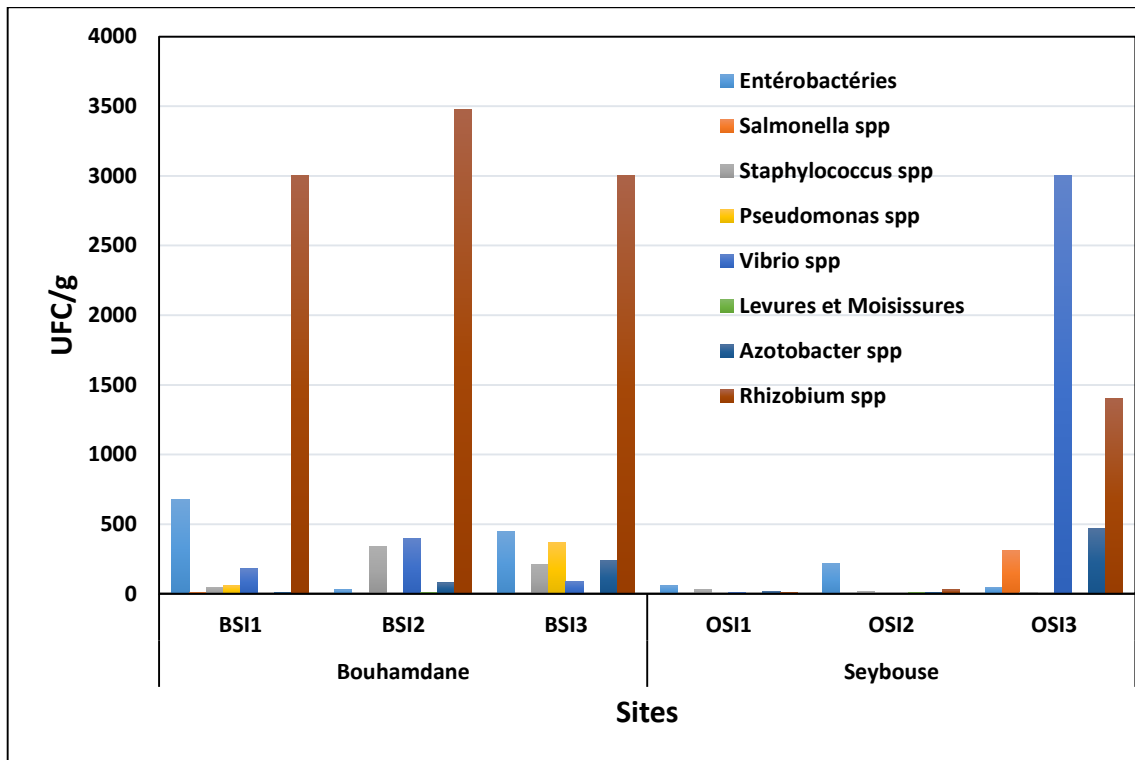


Figure 34. Variation des bactéries spécifiques dans les sols irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse.

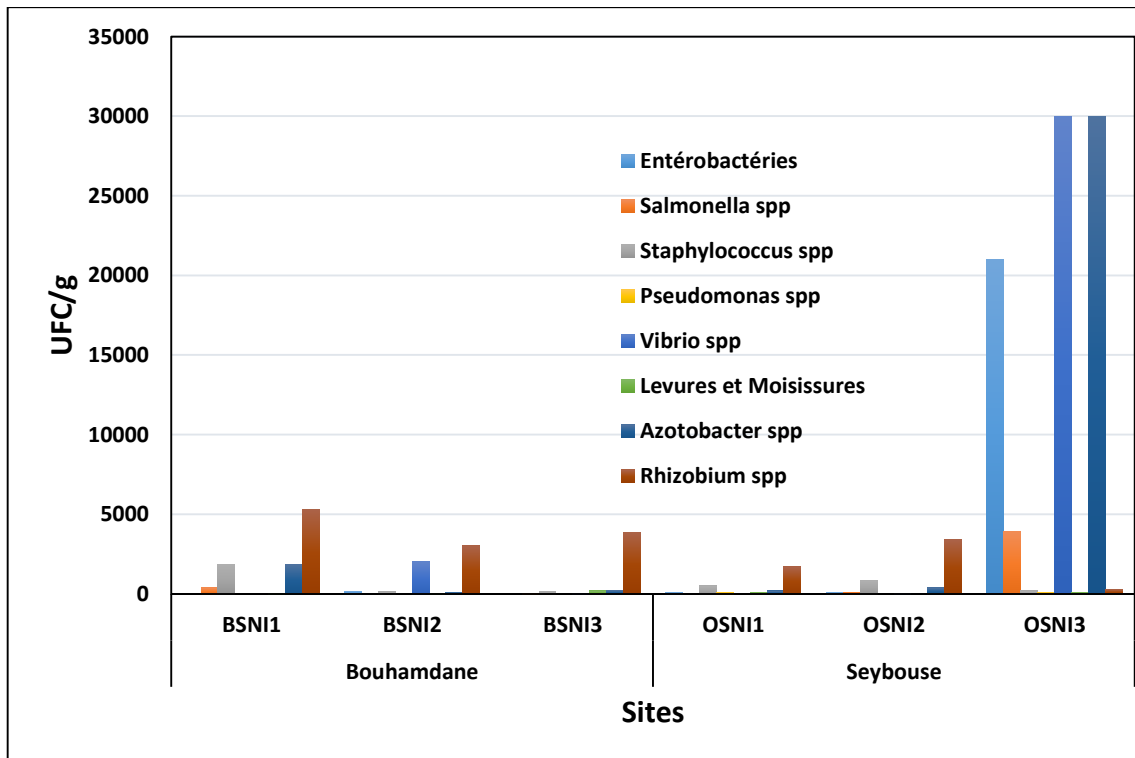


Figure 35. Variation des bactéries spécifiques dans les sols non irrigués par les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse.

# **Conclusion**

## **Conclusion**

A travers cette étude, l'évaluation de l'effet de la qualité des eaux d'irrigation à savoir les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse sur la flore des sols irrigués et non irrigués a été réalisée par la recherche et le dénombrement des différentes flores bactériennes (Flore Aérobie Mésophile Totale, flore de contamination fécale, *Salmonella Staphylococcus...*etc). Le principe de contrôle de l'effet de ces eaux sur le sol est très simple, il suffit de comparer les résultats obtenus par l'analyse microbiologique des eaux et sols irrigués et non irrigués. Cette comparaison a pour but de juger s'il y a une différence ou non.

L'appréciation de la qualité microbiologique par les différentes analyses effectuées nous a révélé une contamination importante et variable entre les eaux du barrage de Bouhamdane et les eaux d'Oued Seybouse. Les résultats des dénombrements microbiens montrent une charge élevée en coliformes et Streptocoques fécaux pour les deux sites avec prédominance pour l'Oued Seybouse en termes de bactéries coliformes et en termes de Streptocoques pour les eaux du barrage de Bouhamdane. Concernant les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices, les eaux d'Oued Seybouse présentent une charge bactérienne très élevée envers les eaux du barrage de Bouhamdane. Pour les germes spécifiques, les deux types d'eau montrent des concentrations élevées des Entérobactéries avec absence totale des *Pseudomonas*. Les résultats montrent que les eaux du barrage de Bouhamdane et d'Oued Seybouse sont « inaptés » quant à leur réutilisation pour l'irrigation. En effet, le nombre de coliformes dénombrés dans ces eaux dépasse largement les normes de l'OMS.

L'analyse des sols irrigués et non irrigués nous montrent que les sols non irrigués présentent des concentrations élevées des coliformes, des Streptocoques, des ASR et des germes spécifiques par rapport aux sols irrigués. Vu la pauvreté des sols non irrigués en matière organique, les fumiers peuvent être la seule cause de ces résultats. Ces engrais organiques provenant d'excréments d'animaux sont riches en germes bactériens, ce qui peut expliquer cette situation. Par contre, les sols arrosés avec les eaux du barrage de Bouhamdane contiennent une flore bactérienne plus élevée par rapport aux sols irrigués par les eaux d'Oued Seybouse. Ceci semble antagoniste si on prend en compte la teneur microbienne des eaux. Généralement, le nombre et le type des microorganismes qui contaminent le sol seront influencés par plusieurs facteurs. En effet, le sol joue un rôle de filtre pour la flore totale présente. Seules les bactéries peu exigeantes peuvent survivre.



# **Références Bibliographiques**

**Références Bibliographiques**

- American Public Health Association, 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association.
- Archibald, F., 2000. The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems—a cause for concern? *Water Quality Research Journal* 35, 1-22.
- Asano, T., 1998. Wastewater reclamation and reuse: water quality management library, Crc Press.
- Balesdent, J., Besnard, E., Arrouays, D., Chenu, C., 1998. The dynamics of carbon in particle-size fractions of soil in a forest-cultivation sequence. *Plant and soil* 201, 49-57.
- Baumont, S., Camard, J.-P., Lefranc, A., Franconi, A., ., O.r.d.s., d'Ile-de-France, I.d.a.e.d.u.d.l.r., 2014. Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en île-de-france, ORS Ile-de-France.
- Baumont, S., Camard, J., Lefranc, A., Franconi, A., 2004. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- Belahmadi, M.S.O., 2011. Etude de la biodégradation du 2, 4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad.
- Belkhiri, L., Mouni, L., Boudoukha, A., 2012. Evolution géochimique des eaux souterraines dans un aquifère alluvial: Cas d'El Eulma, Est Algérien. *Journal des sciences de la terre africaines* 66, 67.
- Benamira, M., Halassi, I., 2012. Evaluation de la Qualité Physico-Chimique et Microbiologique de l'eau du lac souterrain: Bir Osman Hammam Debagh-Guelma.
- Boualleg, N., Ghraib, A, Saifi, NE, 2018. La relation entre les pratiques de la traite et la qualité hygiénique du lait de vache en étables suburbaines de la Wilaya Guelma. Mémoire de Master., Département de Biologie. Université 8 Mai 1945, Guelma, p. 38.
- Boulaine, J., 1975. Géographie des sols, FeniXX.
- Bourgeois, C., Leveau, J., 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Technique & documentation.
- Bremond, R.C.P., 1979. Les paramètres de la qualité des eaux. 2 édition, Ministère de l'Environnement et du cadre de vie. Paris.
- Brenner, D.J., Boone, D.R., Garrity, G.M., Goodfellow, M., Krieg, N.R., Rainey, F.A., Schleifer, K.-H., Staley, J.T., Vos, P., 2005. The Proteobacteria: Part B: the Gammaproteobacteria, Springer New York.

- Bronze, M.S., Greenfield, R.A., 2005. Biodefense: principles and pathogens, Horizon Bioscience Norfolk (UK).
- Calvet, R., 2003. Le sol: propriétés et fonctions. Constitution, structure, phénomènes aux interfaces, France Agricole Editions.
- Camuzard, J., Paris, E., 2009. Le sol, un milieu complexe au pouvoir épurateur limité. Ingénieur du GREF ENGREF Paris. Pp, 1-13.
- CHAOUCH, R., 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages de la ville d'annaba: aspects physico-chimiques et bactériologiques des eaux. Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Cherbuy, B., 1991. Les sols sales et leur rehabilitation: etude bibliographique, Cemagref.
- CHIBANI, S., 2009. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma).
- Choisnel, E., Noilhan, J., 1995. La prévision des sécheresses. Recherche (Paris, 1970), 34-40.
- Clausen, E., Green, B., Litsky, W., 1977. Fecal streptococci: indicators of pollution. Bacterial indicators/health hazards associated with water, ASTM International.
- Coulomb, C., 1992. Etude de la circulation de l'eau dans un sol argileux drainé; approches hydrodynamique, isotopique et géochimique.
- Delarras, C., Trébaol, B., 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: réglementation, prélèvements, analyses, Tec & Doc.
- Delmas, G., Jourdan da Silva, N., Pihier, N., Weill, F.-X., Vaillant, V., De Valk, H., 2010. Les toxi-infections alimentaires collectives en France entre 2006 et 2008. Bull Epidémiol Hebd 31, 44-48.
- Demolon, A., 1960. Dynamique du sol.
- Desjardins, R., 1997. Le traitement des eaux, Presses inter Polytechnique.
- DPAT, 2008. Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire. Rapport Interne, Monographie De La wilaya De Guelma. 36 p.
- Edberg, S., Rice, E., Karlin, R., Allen, M., 2000. Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied microbiology 88, 106S-116S.
- ELSKENS, M., 2010. Analyse des eaux résiduaires-Mesure de la pollution.
- Gantzer, C., Lucena, F., Schwartzbrod, L., Jofre, J., 1998. Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique: mythe ou réalité? Virologie 2, 117-125.
- Garcia-Armisen, T., Servais, P., 2004. Enumeration of viable E. coli in rivers and wastewaters by fluorescent in situ hybridization. Journal of Microbiological Methods 58, 269-279.

- Gaujous, D., 1995. La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire/par Didier Gaujous, Lavoisier.
- Gilli, É., 2004. Hydrogéologie, objets, méthodes, applications. Edition Dunod, Paris, 24-25.
- Gleeson, C., Gray, N., 1997. The Coliform Index and Waterborne Disease. Problems of Microbial Drinking Water Assessment. European Water Pollution Control 2, 92-93.
- Goñi-Urriza, M., Capdepuy, M., Raymond, N., Quentin, C., Caumette, P., 1999. Impact of an urban effluent on the bacterial community structure in the Arga River (Spain), with special reference to culturable Gram-negative rods. Canadian journal of microbiology 45, 826-832.
- Gourou, P., 1982. Terres de bonne espérance: le monde tropical, Plon.
- Gueroui, Y., 2014. Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien).
- Hancock, L.E., 2000. Pathogenicity of enterococci. Gram-positive pathogens, 251-258.
- Hillel, D., De Backer, L.W., 1974. L'eau et le sol: principes et processus physiques, Vander Leuven,, Belgium.
- ITAB, 2002. Activités biologique et fertilité du sol. Institut Technique de l'Agriculture Biologique, p. 23p.
- Kamagate, B., 2006. Fonctionnement hydrologique et origine des écoulements sur un bassin versant en milieu tropical de socle au Bénin: bassin versant de la Donga (Haute vallée de l'Ouémé). Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.
- Kiska, D., Gilligan, P., Murray, P., Baron, E., Pfaller, M., Tenover, F., Tenover, R., 1999. Manual of clinical microbiology. ASM, Washington, DC.
- Krieg, N.R., Manual, H., 1984. Systematic bacteriology. Williams Baltimore.
- Labres, E., Azizi, D., Boudjellab, B., 2006. Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux: Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie. Documentation interne.
- Labres, E., Mouffouk, F., 2008. Les cours national d'hygiènes et de microbiologies des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53p. • Lemkeddem C et Telli.
- Ladjel, F., 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.
- Lalement, R., Lagarde, P., 2005. Architecture du Systeme d'Information sur l'Eau. Livre Vert. Ministere de l'Ecologie et du Développement Durable, Paris, France.
- Lancefield, R.C., Hare, R., 1935. The serological differentiation of pathogenic and non-pathogenic strains of hemolytic streptococci from parturient women. The Journal of experimental medicine 61, 335.

- Lasnier-Lachaise, L., 1973. *Agronomie nouvelle*, Flammarion.
- Lazarova, V., Bahri, A., 2004. *Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass*, CRC press.
- Lemanceau, P., Mazurier, S., Pivato, B., Avoscan, L., 2017. *Compréhension et valorisation des interactions entre plantes et microorganismes telluriques: des enjeux majeurs en agroécologie. Les sols et la vie souterraine: Des enjeux majeurs en agroécologie*, 207.
- Lightfoot, N., Maier, E., 2002. *Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité*. France.
- Magesan, G., Williamson, J., Yeates, G., Lloyd-Jones, A.R., 2000. *Wastewater C: N ratio effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery*. *Bioresource Technology* 71, 21-27.
- Morel, R., 1996. *Les sols cultivés*. 2ème édition, Lavoisier. Tec. et Doc. La phase liquide du sol 5, 140-171.
- Mouffok, F., 2001. *Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer*. Institut Pasteur d'Alger 40.
- Moussa, M., 2005. *Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries: caractéristiques physicochimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines*. Thèse de Doctorat Présentée et soutenue publiquement le 01/07/2005 devant le ....
- Narsis, S., 2008. *Contribution à l'étude de la pollution de l'Oued Seybouse « Suivi physico-chimique des eaux de séquences finale*. . Mémoire d'ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba., p. 79
- Ndiaye, M.L., Guèye-Girardet, A., Pfeifer, H., 2006. *Impacts des eaux usées sur l'évolution microbiologique des sols: étude de cas à Pikine Dakar-Sénégal*.
- OMS, O.m.d.l.S., 1989. *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture: recommandations à visées sanitaires*. Technical Report Series 778, Organisation mondiale de la Santé, Genève.
- Pierre, A., Baptiste, P., 2003. *HYDROGEOLOGIE & FORAGE D'EAU*.
- Pons, M.-N., Belhani, M., Bourgois, J., Dupuit, E., 2008. *Analyse du cycle de vie. Epuration des eaux usées urbaines*. *Techniques de l'ingénieur. Environnement*, 22.
- Ramade, F., 1993. *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, Ediscience international.
- Ratsimba, A.I., 2017. *Evaluation et réingénierie des procédés de fabrication traditionnelles du kitoza*. Université d'Antananarivo.

- R**attan, R., Datta, S., Chhonkar, P., Suribabu, K., Singh, A., 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, ecosystems & environment* 109, 310-322.
- R**ejsek, F., 2002. Analyse des eaux: techniques et aspects réglementaires. Scérèn CRDP Aquitaine, Bordeaux. 358p.
- R**odier, J., Geoffray, C., Rodi, L., 1984. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie, Dunod Paris.
- R**odier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., 2009. L'analyse de l'eau-9e éd. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, 564-571.
- R**ouahna, H., 2007. Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de Ain Ben Noui. Biskra. Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des sciences.
- R**oux, M., 1987. Analyse biologique de l'eau: Etude de synthèse, TEC & DOC, Paris.
- R**yan, K.J., Ray, C.G., 2004. Medical microbiology. McGraw Hill 4, 370.
- S**alghi, R., 2006. Différents filières de traitement des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROYAUME du MAROC.
- S**ayad, L., 2008. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre lac des oiseaux (wilaya d'el tarf). Annaba.
- S**chroeder, G.N., Hilbi, H., 2008. Molecular pathogenesis of *Shigella* spp.: controlling host cell signaling, invasion, and death by type III secretion. *Clinical microbiology reviews* 21, 134-156.
- S**oltner, D., 1982. Les bases de la production végétale: le sol, le climat, la plante. v. 1: Le sol.- v. 2: Le climat: météorologie, pédologie, bioclimatologie.
- S**tengel, P., Gelin, S., 1998. Sol: interface fragile, Editions Quae.
- T**enaillon, O., Barrick, J.E., Ribick, N., Deatherage, D.E., Blanchard, J.L., Dasgupta, A., Wu, G.C., Wielgoss, S., Cruveiller, S., Médigue, C., 2016. Tempo and mode of genome evolution in a 50,000-generation experiment. *Nature* 536, 165-170.
- T**ouchart, L., 2000. Qu'est-ce qu'un lac?(What is a lake?). *Bulletin de l'Association de géographes français* 77, 313-322.
- W**erckenthin, C., Cardoso, M., Martel, J.-L., Schwarz, S., 2001. Antimicrobial resistance in staphylococci from animals with particular reference to bovine *Staphylococcus aureus*, porcine *Staphylococcus hyicus*, and canine *Staphylococcus intermedius*. *Veterinary research* 32, 341-362.
- W**hite, M., Glickman, L., Barnes-Pallesen, F., Pearson, E., Montgomery, M., Armstrong, D., **W**ickenden, R., Hickey, G., 1986. Discriminant analysis of the clinical indicators for bovine coliform mastitis. *The Cornell Veterinarian* 76, 335-341.

**Z**aaboubi, S., 2007. Effets comparatifs de deux outils aratoires (disques-dents) et de différents précédents culturels sur les propriétés physiques d'un sol cultivé en céréales dans la région de Timgad. Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des sciences.

**Sites Internet**

[1] : [http://wikibardig.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Nappe\\_libre\\_\(HU\)](http://wikibardig.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Nappe_libre_(HU))

(consulté le 19 /05 / 2021 à 17:52:02)

[2] : <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-horizons-du-sol-s1036>

(consulté le 21 /05 / 2021 à 09:31:44)

[3] : [http://tice.inpl-nancy.fr/modules/sciences\\_techniques/Proprietes-Meca\\_Sols/chap7/formes.html](http://tice.inpl-nancy.fr/modules/sciences_techniques/Proprietes-Meca_Sols/chap7/formes.html)









(consulté le 22 /05 / 2021 à 11:15:21)

# **Annexes**



## Annexe 1 : Matériel classique d'un laboratoire de microbiologie



Incubateur	Réfrigérateur	Bec benzène	Autoclave
			
Milieu de culture	four pasteur	Bain marie	Rompe de filtration
			
poite de pétri	Pince	Microscope optique	Compteur des colonies



PH mètre



Flacons



Balance  
électronique



turbidimètre



multi paramètre



Les produits



Agitateur



Spatule

## **Annexes 2 : les Composition des milieux de culture**

### **I. Bouillon lactose au BCP**

#### **a) Domaine d'utilisation**

Le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCP) est utilisé comme milieu d'enrichissement pour le dénombrement des coliformes et des coliformes thermotolérants dans les eaux, (méthode NPP).

#### **b) Formule-type**

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone..... 5,0 g
- Extrait de viande..... 3,0 g
- Lactose..... 5,0 g
- Pourpre de bromocrésol..... 25,0 mg
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $6,7 \pm 0,2$

### **II. Bouillon de rothe**

#### **a) domaine d'utilisation**

Le bouillon de Rothe est utilisé pour le dénombrement des entérocoques dans les eaux d'alimentation, les produits surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable

#### **b) Formule-type**

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Polypeptone..... 20,0 g
- Glucose..... 5,0 g
- Chlorure de sodium..... 5,0 g
- Phosphate monopotassique..... 2,7 g
- Phosphate dipotassique..... 2,7 g
- Azide de sodium..... 0,2 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $6,8 \pm 0,2$

### III. Bouillon de litsky

#### a) Domaine d'utilisation

Le bouillon de Litsky à l'éthyl-violet est utilisé pour confirmer la présence d'entérocoques dans les eaux d'alimentation, les eaux résiduaires, les surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable.

Après enrichissement du bouillon de Rothe (BK060), chaque tube positif est confirmé par repiquage sur bouillon de Litsky.

#### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Polypeptone..... 20,0 g
- Glucose..... 5,0 g
- Chlorure de sodium..... 5,0 g
- Phosphate monopotassique..... 2,7 g
- Phosphate dipotassique..... 2,7 g
- Azide de sodium..... 0,3 g
- Ethyl-violet..... 0,5 mg
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $6,8 \pm 0,2$

### IV. Gélose glucosée viande-foie

#### a) Domaine d'utilisation

La gélose glucosée viande-foie est utilisée pour le dénombrement des spores de Clostridia sulfito-réducteurs dans les eaux, les produits laitiers et les autres produits alimentaires.

#### b) Lecture

Procéder à la numération des colonies entourées d'un halo noir.

#### c) Formule - type

(pouvant être ajustée de façon à obtenir des performances optimales)

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone viande-foie..... 30,0 g
- Glucose..... 2,0 g
- Amidon soluble..... 2,0 g
- Sulfite de sodium ..... 2,5 g
- Citrate de fer ammoniacal..... 0,5 g

- Agar agar bactériologique..... 11,0 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C ..... 7,6 ± 0,2

➤ **Au moment de l'emploi :** Ajouter à 20 ml de base fondé

- Sulfate de sodium a 5 %..... 0.5 ml
- Alun de fer commonacol..... 4 gouttes

## V. Azotobacters (milieu Ashby)

### a) Domaine d'utilisation

Pour l'isolement et la culture d'espèces d'*Azotobacter* Glucose positive à partir du sol.

### b) Formule – type

- Glucose..... 10g
- K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>..... 0.2g
- MgSO<sub>4</sub>..... 0.2g
- K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>..... 0.1g
- CaCO<sub>3</sub>..... 5g
- Gélose ou l'Agar..... 15g
- Eau distillée..... 1000ml
- final pH..... 7.6±0.2 (25 °C)

## VI. Rhizobium YEM (yeast Extract)

- Mannitol..... 10g
- K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>..... 0.5g
- MgSO<sub>4</sub> (7H<sub>2</sub>O) ..... 0.2g
- NaCl..... 0.1g
- Extrait de levure..... 1g
- Gélose..... 10g
- Eau distillée..... 1000ml

## VII. Chapman au mannitol

### a) Domaine d'utilisation

La gélose de Chapman au mannitol permet l'isolement sélectif, la recherche et le dénombrement des staphylocoques pathogènes dans les eaux filtrables telles que les eaux de piscine, de consommation humaine ou encore d'établissements de soins.

### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone..... 5,0 g
- Peptone pepsique de viande..... 5,0g
- Extrait de viande..... 1,0 g
- Mannitol..... 10,0 g
- Chlorure de sodium..... 75,0 g
- Rouge de phénol..... 25,0 mg
- Agar agar bactériologique..... 15,0 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $7,4 \pm 0,2$

## VIII. Hektöen - gélose

### a) Domaine d'utilisation

La gélose Hektöen est un milieu sélectif permettant l'isolement et la différenciation des entérobactéries pathogènes (Salmonella chez les mammifères et Shigella, en microbiologie des aliments).

### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pepsique de viande..... 12,0 g
- Extrait autolytique de levure..... 3,0 g
- Lactose..... 12,0 g
- Saccharose..... 12,0 g
- Salicine..... 2,0 g
- Sels biliaires..... 9,0 g
- Chlorure de sodium..... 5,0 g

- Thiosulfate de sodium..... 5,0 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 1,5 g
- Bleu de bromothymol..... 65 mg
- Fuchsine acide..... 0,1 g
- Agar agar bactériologique..... 13,5 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C..... 7,4-7,7.

## IX. Gelose au cetrimide

### a) Domaine d'utilisation

La gélose au cétrimide est un milieu sélectif destiné à l'isolement et au dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* dans les produits biologiques d'origine animale, les produits pharmaceutiques et cosmétiques.

### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu complet :

- Peptone pancréatique de gélatine..... 20,0 g
- Glycérol..... 10 mL
- Cétrimide..... 0,3 g
- Chlorure de magnésium..... 1,4 g
- Sulfate de potassium..... 10,0 g
- Agar agar bactériologique..... 13,6 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $7,2 \pm 0,2$

## X. Gelose de sabouraud au chloramphenicol

### a) Domaine d'utilisation

La gélose de Sabouraud au chloramphénicol est recommandée pour l'isolement des levures et des moisissures, surtout lorsque les prélèvements sont fortement contaminés par des bactéries.

### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pepsique de viande..... 10,0 g
- Glucose..... 20,0 g

- Chloramphénicol..... 0,5 g
- Agar agar bactériologique..... 15,0 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C.....  $5,7 \pm 0,2$ .

## XI. Gelose salmonella-shigella (ss)

### a) Domaine d'utilisation

La gélose Salmonella-Shigella (SS) est utilisée pour l'isolement des salmonelles et des shigelles dans les matières fécales. Elle peut également être utilisée comme second milieu d'isolement, dans le cadre des méthodes normalisées de recherche des Salmonella.

### b) Formule-type

La composition peut être ajustée de façon à obtenir des performances optimales.

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pancréatique de viande..... 5,0 g
- Extrait de viande..... 5,0 g
- Lactose..... 10,0 g
- Sels biliaires..... 8,5 g
- Citrate de sodium..... 10,0 g
- Thiosulfate de sodium..... 8,5 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 1,0 g
- Rouge neutre..... 25,0 mg
- Vert brillant..... 0,33 mg
- Agar agar bactériologique..... 15,0 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C.....  $7,0 \pm 0,2$

## XII. Réactifs :

### a) Réactif TDA : pour la recherche de tryptophane désaminase :

- Perchlorure de fer..... 3.4 g
- Eau distillée..... 100ml

### b) Réactif IND : pour la recherche de l'indole :

- Paradiméthylaminobenzaldéhyde..... 5.0g
- Alcool isoamylique..... 75.0 ml
- HCL ..... 37%

### c) Réactif de Voges Proskauer (VP) : pour la recherche de l'acétone :



- **VP 1 :**
- Hydroxyde de potassium..... 40 g
- Eau distillée.....100 ml
- **VP 2 :**
- Alpha naphthol.....6 g
- Ethanol ..... 100ml

**d) Réactif Kowax :** pour la recherche de l'indole.

Coloration de Gram :

**e) Lugol :** Elle est utilisée sur la coloration de Gram pour fixer le colorant

- Iode.....1g.
- Iodure de potassium.....2g.
- Eau distillée.....3g.

**f) Violet de gentiane :** Elle est utilisée pour colorer les bactéries.

- violet de gentiane.....1g.
- Ethanol à 90%.....1ml.
- phénol.....2g.
- Eau distillée.....100ml

**Annexes 3 : Table de NPP**

Nombre caractéristique			Nombre de cellules
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0.1 ml	NPP dans 100 ml
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	2	30
2	2	0	20
2	2	1	30
2	2	2	35
2	2	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
2	3	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	0	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	1	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	2	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400