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

UNIVERSITE DR YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire
Présenté pour l'obtention du diplôme de Master académique
En : Sciences de la nature et de la vie
Spécialité : Microbiologie appliquée
Par :

Mr : **TCHOKETCH KEBIR Khaled**

Melle **: SADOUDI Houria**

Thème

Traitement des eaux de surfaces par culture des micro-algues : influence sur la qualité bactériologique.

Soutenue publiquement le : 06/07/2019. Devant le jury composé de :

M^{r} RAHAL M.	MAA	A l'U.Y.F.M	Président.
M^{r} CHAMI B.	MAA	A l'U.Y.F.M	Promoteur
M^{me} BELKACEM I.	MAB	A l'U.Y.F.M	Examinatrice.
M^{r} AZZI O	MAA	A l'U.Y.F.M	Examinateur.

Année universitaire : 2018-2019





Remerciements



Je remercie en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de cette mémoire, il a été et sera toujours à côté de moi pour réussir à terminer n'importe quel travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre promoteur : monsieur CHAMI .B
Je désire lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de cette mémoire.

Nous remercions profondément Mr OUMOUNA M, doyen de la faculté des sciences à l'université de Médéa, pour avoir accepté d'examiner ce travail, et pour son aide ses précieux conseils et ses encouragement.

Nos remerciements pour les tous Aux membres de jurys pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre notre travail.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants qui nous ont donné les bases de la recherche pendant les cinq ans.

Un grand merci aux laborantines dans laboratoire de faculté de science Imane et Amina et toutes les personnes qui nous ont aidés contribué, de prés ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Houria et Khaled

Dedicaces

Je m'incline devant Dieu le tout puissant qui m'a ouvert

Les portes du savoir et m'a aidé à la franchir

Je Dédie ce modeste travail de :

**** Mes chers parent :***

****A tous mes chers frères et mes chères sœurs en son nom***

****A toute la famille TCHOKETCH KEBIR***

****A tous mes amis sans exeption***

**** A mon binom et tous mes camarades de promotion de Microbilogie appliqué sans exeption***

Et je dédie et remercie spécialement tous les personne qui sont toujours à mes cotés et qui m'a donné toujour le courage .

Khaled

Dedicaces

Je m'incline devant Dieu le tout puissant qui m'a ouvert

Les portes du savoir et m'a aidé à la franchir

Je Dédie ce modeste travail de :

**** A Ma très chère mère Fatiha source d'affection ,d'amour qui m'a donné la force et le courage et la patience et l'optimisme continue et mon père qui toujours vivant dans mon cœur et ma mémoire .***

****A tous mes chers frères et mes chères sœurs en son nom Soufiane , Mohamed , Habiba ,Zehour et Saliha a mon cher frère Hawass et tous les enfants de famille***

****A toute la famille SADOUDI***

****A tous mes cousins et cousines sans exception***

****A tous mes amis***

**** A mon binom et tous mes camarades de promotion de Microbilogie appliqué 2019 sans exception***

Et je dédie et remercie spécialement tous les personne qui sont toujours à mes cotés et qui m'a donné toujour le courage et a tous ceux que je porté dans mon cœur et je n'ai pas pu citer le nom.

Houria

Résumé :

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique

Le présent travail consiste à étudier quelques paramètres bactériologiques, physico-chimiques et organoleptiques d'un échantillon d'eau provenant de la région de Médéa (Oued mezghid : Oum-Ghannoun), après la réalisation de deux traitements : chimique par des coagulants classiques et biologique par une espèce d'algue *Enteromorpha* sp.. Les analyses des caractères physico-chimiques : (T°, pH, C.E, Turbidité, Cl^-) et organoleptiques (saveur, couleur, odeur) de l'échantillon testé laissent apparaître une eau d'adduction de bonne qualité microbiologique, vu qu'elles répondaient aux normes algériennes et aux normes de l'OMS. Donc ils ont prouvés l'efficacité du traitement biologique.

Mot clés : Traitement biologique ; .traitement chimique ; Algue *; Enteromorpha* sp.

Abstract :

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene requires excellent physico-chemical and microbiological quality

The present work consists of a study of bacteriological quality and some physical and chemical factors of a sample water from the Medea area (Wadi Mazgid) : Umm al-Ghunun) after completing two treatments : Chemical products by conventional and organic coagulation by algae species *Enteromorpha* s .. Analyzes of physical and chemical properties (T ° , p H , CE , Turbidity , Cl^-) And organic (taste, color, odor) for the sample that has been tested Reveal the presence of water of approximation of good microbiological quality, because it meets Algerian standards and WHO standards. So Demonstrate the effectiveness of biological therapy.

Key words :

Biological therapy . Chemical treatment . seaweed . *Enteromorpha*sp .

ملخص :

الماء مورد طبيعي وأساسي في حياة الإنسان استخداماته المتعددة كغذاء أوللنظافة يتطلب نوعية فيزيوكميائية ومكروبيولوجية ممتازة .

يتكون العمل الحالي من دراسة الجودة البكتريولوجية وبعض العوامل الفيزيائية والكيميائية الحسية لعينة مياه من منطقة المدية (وادي مزغيد) : (أم الغنون) ، بعد الانتهاء من علاجين : العلاج الكيميائي التقليدي والبيولوجي بطحلب *Enteromorpha* . تحاليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية (T °، pH، CE، Turbidity ، Cl ⁻) والعضوية (الذوق واللون والرائحة) للعينة التي تم اختبارها تكشف عن وجود ماء ذو جودة مكروبيولوجية جيدة ، لأنها تفي بالمعايير الجزائرية و معايير منظمة الصحة العالمية. الدراسة أثبتت فعالية فعالية العلاج البيولوجي.ـ

الكلمات المفتاحية : العلاج البيولوجي . . المعالجة الكيميائية . الطحالب . *Enteromorpha sp*

Listes des figures

Liste des figures :

Partie	Page
I. Généralités	
Figure 1 : Cycle général de l'eau.	**5**
Figure 2 : Streptocoques fécaux	**9**
Figure 3 : Clostridium perfringens	**9**
Figure 4 : les Salmonelles	**10**
Figure 5 : Etapes de traitement des eaux brutes	**16**
Figure 6 : Structures cellulaires d'une algue eucaryote	**21**
Figure 7 : Courbe de croissance des micro-algues	**25**
II. Matériel et méthodes	
Figure 8 : Données climatologiques du site de prélèvement des échantillons d'algue (a)Température moyenne, (b) Pluviométrie et (c) humidité relative de la compagne 2017-2018 enregistrée	**27**
Figure 9 : Oued mezghid (montagne d'Oum Ghannoun) : site d'échantillonnage d'algue	**28**
Figure10 : Filtration des micros algues par lavage répété	**29**
Figure11 : Lieu de prélèvement « lac d'Oued mezghid ». (Eau a une forte turbidité)	**30**
Figure 12 : Jar test (floculation)	**32**
Figure 13 : Protocole d'extraction des EPS des micro-algues	**35**
Figure 14 : schéma récapitulatif des différant étapes de traitement et d'analyse de l'eau	**36**
Figure 15 : Technique de dilution	**39**

Figure 16 : Exemple de regroupement des résultats positifs (Nombre caractéristique = 522)	**42**
Figure 17: méthode de diffusion sur disque**.**	**43**
Figure 18: méthode de détermination de la CMI	**44**

III. Résultats et discussion

Figure 19 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la température de l'eau	**48**
Figure 20 : Résultats de l'effet des différents traitements sur le pH de l'eau	**48**
Figure 21 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la conductivité de l'eau	**49**
Figure 22 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la turbidité de l'eau	**49**
Figure 23 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la concentration en chlorure de l'eau	**50**
Figure 24 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute sur gélose VRBL	**51**
Figure 25 : résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute et l'eau traitée	**53**
Figure26 : Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles se l'eau brute sur PCA.	**55**
Figure 27 : Résultats de dénombrement des germes mésophiles (eau brut+eau traité).	**59**
Figure 28: Résultats de dénombrement des germes mésophiles (eau traité).	**59**
Figure29 : Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux.	**61**
Figure30: Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux	**64**
Figure31 : Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles	**65**
Figure 32 : Activité antibactérienne des quatre produits testés vis-à-vis aux streptocoques fécaux	**66**

Listes des tableaux

I. Généralités

Partie	Page
Tableau I : Principales infections humaines transmissibles par l'eau	**13**
Tableau II : Les différents types nutritionnels des micro-algues	**23**

II. Matériel et méthodes

Tableau III: Taxonomie de l'espèce d'algue utilisée	**30**
Tableau IV : Estimation de la dose optimale du sulfate d'alumine utilisé pour le traitement.	**32**
Tableau V: Estimation de la dose optimale de charbon actif utilisé pour le traitement	**33**
Tableau VI: Estimation de la dose optimale des cellules algales utilisées pour le traitement	**34**
Tableau VII: Estimation de la dose optimale de l'extrait utilisée pour le traitement	**34**
Tableau VIII : Micro-organismes recherchés avec les milieux de culture sélectifs de la température de croissance	**38**
Tableau IX: Méthode de recherche des coliformes	**41**
Tableau X: Table de Mac Grady	**42**
Tableau XI : Doses des coagulants utilisés	**44**

III – Résultats et discussion

Tableau XII : Estimation de la couleur de l'eau traitée par substances chimiques	**45**
Tableau XIII : Estimation de la couleur de l'eau traitée biologiquement	**45**
Tableau XIV : Estimation de l'odeur de l'eau traitée par des substances chimiques	**46**
Tableau XV: Estimation de l'odeur de l'eau traitée biologiquement	**46**
Tableau XVI : Estimation de la saveur de l'eau traitée par des substances chimiques	**47**
Tableau XVII Estimation de la saveur de l'eau traitée biologiquement	**47**
Tableau XVIII : Résultats de dénombrement des coliformes totaux sur gélose VRBL.	**51**

Tableau XIX : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par sulfate d'alumine a sur gélose VRBL	**52**
Tableau XX : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par charbon actif sur gélose VRBL	**52**
Tableau XXI: Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par cellules algales sur gélose VRBL	**53**
Tableau XXII : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par l'extrait des micros algues sur gélose VRBL	**53**
Tableau XXIII : Résumé de résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute et l'eau traitée	**54**
Tableau XXIV : Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles de l'eau brute sur PCA	**56**
Tableau XXV : Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles dans l'eau traitée par sulfate d'alumine a sur gélose PCA	**56**
Tableau XXVI : Résultats de dénombrement des germes mésophiles après traitement par charbon actif.	**57**
Tableau XXVII : Résultats de dénombrement des germes mésophiles dans l'eau traitée par cellules algales sur gélose PCA	**57**
Tableau XXVIII : Résultats de dénombrement des germes mésophiles dans l'eau traitée par l'extrait des micros algues sur gélose PCA	**58**
Tableau XXIX: Résumé des résultats de dénombrement des germes mésophiles	**58**
Tableau XXX : Résultats de dénombrement streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE	**60**
Tableau XXXI Résultats de dénombrement streptocoques fécaux l'eau traité par sulfate sur bouillon de ROTHE**.**	**60**
Tableau XXXII /Résultats de dénombrement streptocoques fécaux de l'eau traité par charbon sur bouillon de ROTHE	**61**
Tableau XXXIII : Résultats de dénombrement streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE	**59**
Tableau XXXIX : Résultats de dénombrement streptocoques fécaux de l'eau traité par les cellules algales sur bouillon de ROTHE	**61**
Tableau XXXX : Résultats de dénombrement streptocoques fécaux de l'eau traité par l'extrait sur bouillon de ROTHE	**61**
Tableau XXXXI : Résumé des résultats de dénombrement des streptocoques fécaux.	**63**
Tableau XXXXII : Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux	**64**
Tableau XXXXIII : Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles	**65**
Tableau XXXXIV : Résultats de l'activité antibactérienne des quatre coagulants contre les streptocoques fécaux	**66**

Les abréviations

Liste des abréviations :

Abréviation	Signification
AAF	Aérobie-anaérobie facultatif
ADN	Acide désoxyribonucléique
APG	AngiospermPhylogeny Group
ATB	Antibiotique
CMI	Concentration minimale inhibitrice
°C	Degré Celsius
C	Concentration
Cm	Centimètre
CO2	Gazcarbonique
DO	Densité Optique
d.d.l	degré de liberté
E coli	Escherichia coli
ED	Eau distillée
EMB	Eosine Bleu de Méthylène
GLU	Glucuronidase
G	Gramme
H	Heure
H2O	Eau
HDL	Lipoprotéine de haute densité
HE	Huile essentielle
LDL	Lipoprotéines de petite densité
IC	Intervalle de Confiance
Ii	Indice d'inhibition
InPEC	les pathogènes intestinaux
ISO	Organisation internationale de normalisation
LDC	Lysine décarboxylase
L	Litre
Ml	Millilitre
M	Mètre
Mm	Millimètre
mg	Milligramme
NaCl	Chlorure de Sodium
ODC	Ornithine décarboxylase
P.granatum	*Punicagranatum*
P	Pénicilline
(P)	le degré de signification
PSA	Prostate SpecificAntigen
PAM	Plantes aromatiques médicinales
S	Sulfamide
S. aureus	Staphylococcus aureus
T	Tétracycline
TSA	Trypticase-caséine-soja
Trs/min	Tours/minute
UFC	Unité Formant Colonie

UV	Ultra-Violet
Mm	Micromètre
µg	Microgramme
VRBL	Lactose bile cristal violet et rouge neutre
(+)	Positive
$\overline{(x)}$	La moyenne
(ε)	Ecart type
(s^2)	La variance
PCA	Plat count agar
PH	Potentille d'hydrogène
CGP	Cocci gram positif
MES	Matières en suspension
H_2S	Le sulfure d'hydrogène
MTH	Les maladies à transmission hydrique
VHA	virus de l'hépatite A
$FeCl_3$	chlorure de fer
Al_2SO_4	sulfate d'aluminium
TBT	Tributylétain
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Titre hydrométrique

Sommaire

Sommaire

RESUME

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

A. Généralités ……3

I.L'eau ……..3

I.1. Définition ……3

I.2.Ressources hydriques naturelles……3

I.2.1. Les Eaux souterraines : ……3
I.2.1.Les eaux superficielles :……..3

I.3. Le cycle de l'eau dans la nature : ……4

I.3. Caractéristiques de l'eau de surfaces : ……5

I.4. Qualité des eaux de surface ……..6

I.5.Paramètre de qualité des eaux de surface ……..6
I.5.1.paramètres organoleptiques……..……6

I.5.2. Paramètres physico-chimiques :……7

I.5.3. Paramètres microbiologiques (bactériologiques) :……8

I.6. Pollution des eaux de surface : ……10

I.6. 1.Définition de pollution d'eau :……10

I.6. 2. Les polluants biologiques :……10

I.6. 3. La pollution bactérienne :……10

I.6. 4. La pollution virale :……10

I.6. 5. La pollution parasitaire :……..12

I.7. Maladies liées à l'eau:……12

1.7.1. Définition :……12

I.7.2.Les maladies à transmission hydrique :……...12

I.7.3. Les maladies d'origine bactérienne :……..13

I.7.4.Les maladies d'origine virale :……...14

I.7.5. Les maladies d'origine parasitaire :……...15

I.8.Traitement des eaux de surface :……16

I.8.1.Prétraitement :……17

I.8.2.Pré-oxydation :……...17

I.8.3.La clarification :……...17

I.8.4.La coagulation : ……17

I.8.5. La floculation :……18

I.8.6 .La décantation :……...18

I.8.7.La filtration :……...18

I.8.8.La désinfection :……..19

I.8.9.L'affinage :……...19

II. Les Micro-algues :……..20

II.1. Définition et caractéristiques des micro-algues :……..20

II.2.Structure et physiologie : ……..21

II.3.Milieu de vie :……22

II.4.Modes de nutrition des micro-algues :……22

II.5. Classification des algues :……23

II.6. Culture des miro-algues :……..24

II.7. Sélection des Micro-algues :……25

II.8. les applications de micro-algues dans le domaine environnemental

et l'épuration des eaux ……26

Etude expérimentale

B. Matériel et méthodes ……..27

I. Matériel :……27

I.1.L'algue :……..27

a. Site de récolte : ……28

b. Récolte et lavage des algues : ……..28

c. Préparation de l'algue : ……28

d. Identification des Cyanobactéries : ……29

e.Taxonomie d'algue récoltée :……29

B.2. L'eau brute : ……30

II. Méthodes :……..31
II.1. Traitement d'eau par des substances chimiques :…….31
a. Traitement de l'eau par sulfate d'alumine :……..31
b. Traitement de l'eau par charbon actif :……33
II.2. Traitement biologique d'eau :……..33
a. Traitement de l'eau par les cellules algales : ……..33
b. Traitement de l'eau par l'extrait des micro-algues :……34
II.3. Estimation qualitative des eaux traitées :…….35

II. 3.1. Méthodes d'analyses organoleptiques de l'eau :……36

II.3.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques :……36
a. Analyses physiques :……...36
b. Analyses chimiques : ……..37
II.3.3.Méthodes d'analyses bactériologiques : ……37
c. Recherche et dénombrement bactérien :……..39

C.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :39

c.2.Recherche et dénombrement des coliformes : ……..41
c.3.Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux « Interprétation statistique: méthode du NPP (table de Mac Grady) » :……..41
d. Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait des micros algues par la méthode de diffusion sur disque :……43
. La méthode de macro dilution en bouillon (Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI des quatre coagulants contre les streptocoques fécaux) …43
III. Traitement statistique des données……..…….44

C. Résultats et discussion ……45
C1- Evaluation de l'effet des différents traitements sur la qualité d'eau….. ……45
C1.1.Caractères organoleptiques…….45
C1.2.Caractères physico-chimiques…….47
C.1.2.1 : Paramètres physiques ……..47
C.1.2.2.Paramètres chimiques ……50
C.1.3. Paramètres microbiologiques……51
C.1.3.1. Dénombrement des coliformes totaux sur gélose VRBL…….51
a. Eau brute……....51
b.Après le Traitement par les coagulants chimiques ……52
C.Apré le traitement par les coagulants biologiques……..53
C.1.3.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles……..55
a. Eau brute ……55
b .Après le traitement par les coagulants chimiques……..56
c. Après le Traitement par les coagulants biologiques…… 5
C.1.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE
Eau brute ……59
Après le Traitement par les coagulants……...59
C.1.3.4. Résultat de l'évaluation de l'activité antimicrobienne des quatre coagulants contre les bactéries étudies……..63
a. Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux……64
b. Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles ……...65
c. Activité antibactérienne contre les streptocoques fécaux ……66
CONCLUSION
ANNEXE
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction

Introduction :

L'eau est un élément essentiel et plus important source vitale de la vie biologique non seulement, elle est un nutriment vital, aussi elle est utilisée dans de nombreuses fonctions et l'élimination des déchets (**2).**L'eau est un élément noble qu'on représenté matière simple et complexe en même temps, elle doit protéger pour les générations future parce que la vie sur terre n'aurait jamais existé **(2)**.

En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus l'individu et municipalité se tournent vers les nappes phréatiques qui renferment un volume énorme d'eau exploitable **(2)**.

L'eau peut être aussi une source de maladie a cause leur sensibilité par pollution venant par l'activité humaine et par bactéries pathogènes. D'après **(20)** cinq millions de nourrisson et d'enfants meurent chaque année des maladies d'diarrhéiques dues à la contamination des aliments au de l'eau de boisson **(3)**.

La pollution générée par l'homme affecte de plus en plus le cycle d'eau .Donc les dernières années le contrôle des pollutions de la qualité des eaux déviant obligatoire à particulièrement explose afin de protège l'environnement et la santé des êtres vivants ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle**(3)** .

Le développement de techniques efficaces pour traiter et décontaminer les eaux polluées est devenu indispensable. Les méthodes physico-chimiques de dépollution de ces sites utilisées présentent l'inconvénient d'être coûteuses et lourdes à mettre en œuvre. De plus, elles perturbent fortement les critères chimiques des eaux et altèrent leurs qualités organoleptiques. Le besoin de nouvelles techniques économiquement compétitives et pouvant préserver les caractéristiques des eaux s'est fait sentir et l'utilisation des biotechnologies s'est avérée être une alternative intéressante.

La biotechnologie microbienne regroupe différentes techniques, faisant appel aux micro-algues pour traiter améliorer la qualité et extraire les polluants.

.

C’est dans ce contexte que se situe le présent travail dont l’objectif principal est de proposer un bioprocédé visant à la purification et traitement physico-chimique et amélioration de la qualité bactériologique des eaux de surface par culture de micro-algues.

A. Généralités :

I. L'eau :

I.1. Définition :

Oxyde dihydrogène (**H_2O**), une substance qui existe abondamment en phase solide, liquide et gazeuse sur la surface terrestre et dans l'atmosphère. La majorité de cette eau est salées, elle se trouve dans les océans et les mers (97,2 %). L'eau douce est répartie entre les glaciers, les nappes souterraines, les lacs, les cours d'eau et l'atmosphère, sous forme de vapeur. Bien que seulement 2% d'eau douce est disponible pour la boisson et l'irrigation, et presque la moitié des humains manquent d'accès à un approvisionnement suffisant d'eau potable **(1)**

I.2.Ressources hydriques naturelles :

On trouve deux sources principales d'eaux brutes : les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de deux sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. **(2)**

I.2.1. Les Eaux souterraines :

On entend par « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain le niveau de l'eau souterraine, au-dessous duquel les roches ou sédiments sont saturés, est appelé nappe phréatique. **(2)**

On trouve aussi de l'eau au-dessus de la nappe phréatique, dans la zone non saturée, par exemple sous forme d'eau du sol, mais cette eau n'est normalement pas exploitée par l'homme et on ne pas la considérée comme une eau souterraine. **(2)**

I.2.1.Les eaux superficielles :

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable .En plus, ces eaux superficielles doivent subir un

traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans Traitement **.(2)**

I.3. Le cycle de l'eau dans la nature :

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures.

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltre et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée .Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent.

Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage.

La durée des diverses phases de ce cycle sont souvent méconnues, elles atteignent quelques jours entre l'océan et la pluie, quelques heures à quelques mois entre la pluie et la nappe (recharge), plusieurs années ou millénaires entre la nappe et la source ou le puits

(écoulement-souterrain) (Figure 1) **(2)**.

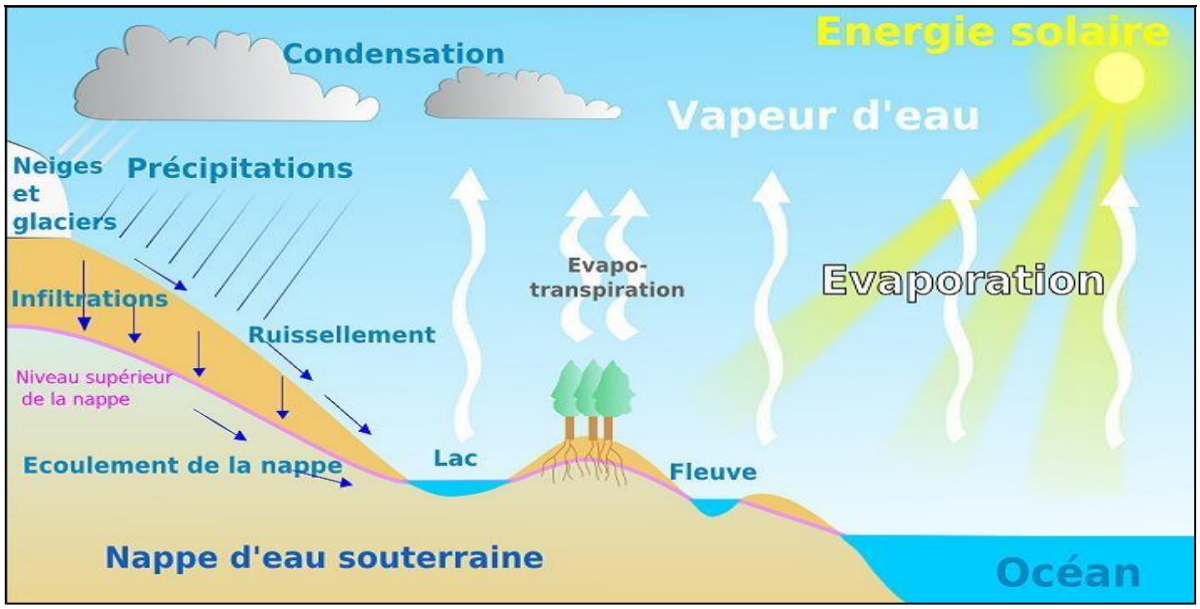


Figure 01 : Cycle général de l'eau. **(42)**

I.3. Caractéristiques de l'eau de surfaces :

1-Température : Variable suivant les saisons

2-Turbidité et matières en suspension (MES): Variable, parfois élevée

3-Couleur : Liée surtout aux MES (molécules d'argile, algues)

4-Fer et Manganèse divalent (à l'état dissous) : Généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.

5-Minéralisation globale : Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets.

6-CO_2 agressif : Généralement absent

7-Oxygène dissous : Le plus souvent au voisinage de la saturation.Absent dans le cas d'eaux très polluées.

8- Sulfure d'hydrogène (H_2S) : Généralement absent.

9-L'ammonium : Présent seulement dans les eaux polluées.

10-Nitrates : Peu abondant en général.

11-Micropolluants minéraux et organiques : Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source

12-Eléments vivants : Bactéries (dont certaines pathogénies), virus, plancton. **(2)**

I.4. Qualité des eaux de surface :

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides peu minéralisées,…elles sont également vulnérables aux pollutions .de ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur de charbon actif l'ozonisation est Aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais gouts, les couleurs et les odeurs.**(4)**

I.5.Paramètre de qualité des eaux de surface :

I.5.1.paramètres organoleptiques : Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.**(4)**

a.la couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. **(4)**

b. L'odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.**(4)**

c. Le goût et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. **(4)**

I.5.2. Paramètres physico-chimiques :

I.5.2.1. Paramètres physiques :

a. Température :

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C). **(3)**

b. Potentiel d'hydrogène (pH) :

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre. **(3)**

c. Turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau .C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons est les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. **(3)**

d. Conductivité électrique :

La conductivité (**en µS/cm**) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre. **(3)**

e. Résidus secs :

Les résidus secs donnent une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l. **(4)**

I.5.2.2. Paramètres chimiques :

a. Paramètres volumétriques :

a.1.Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Il correspond à la teneur en ions OH^-, CO_3^{2-}et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. **(4)**

a.2.Dureté totale (titre hydrométrique TH) :

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène Diamine tetracétique (EDTA) **(3)**

a.3. Calcium :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l, les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières **(4).**

I.5.3. Paramètres microbiologiques (bactériologiques) :

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entrainer une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développé en présence d'oxygène. **(4)**

I.5.3. 1.Germes totaux :

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, température compris entre 22C° et 37C° responsables de la fièvre typhoïde et le vibrion cholérique responsable du choléra. **(4)**

I.5.3. 2.Coliformes totaux :

Selon l'organisation internationale de standardisation (**ISO**), il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 Cº et 37 Cº .**(4)**

I.5.3. 3.Coliformes fécaux (Thermo-tolérants) :

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44 Cº, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente. **(4)**

I.5.3. 4. Streptocoques fécaux :

Il s'agit de cocci à Gram positif (**CGP**) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes Pius ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, température 37C° et ne sont pas considérés comme pathogènes **(4)**.

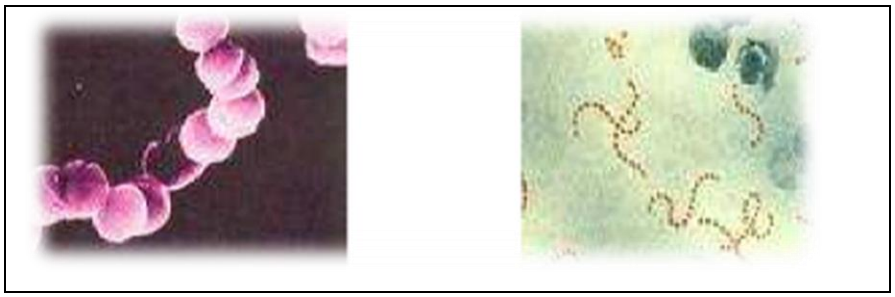


Figure 02: Streptocoques fécaux

I.5.3. 5.Clostridium sulfito-réducteurs :



Figure 03 : Clostridium perfrigense

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau d'alimentation, les Clostridium sulfito-réducteurs sont pris en compte aussi. Les clostridium sulfito-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent être des germes fécaux, ce sont encore des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. **(2)**

I.5.3. 6. Salmonella :

Salmonella est une bactérie à Gram négatif, anaérobie facultative en forme de tige appartenant à la famille des entérobactéries, Salmonella vivent dans les intestins des animaux a sang chaud et froid et Certaines espèces sont omniprésentes, D'autres espèces sont spécifiquement adaptées à un hôte particulier. **(3)**



Figure 04 : les Salmonelles

Chez les humains, Salmonella sont causer deux maladies appelées salmonellose :

- **fièvre entérique (Typhoïde):** résultant de l'invasion bactérienne de la circulation sanguine.
- **gastro-entérite aiguë**: résultant d'une infection d'origine alimentaire / intoxication. Sous l'actuelle CDC américain (Center for Disease Control) système de classification, il existe deux espèces : *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori*. *S. enterica* est divisée en 6 sous-espèces. **(3)**

I.6. Pollution des eaux de surface :

I.6. 1.Définition de pollution d'eau :

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de

l'eau naturelle. La pollution de l'eau douce (par exemple par le biais de l'eutrophisation, l'acidification, et la pollution des eaux) est celle qui diminue sa pureté **(1)**

I.6. 2. Les polluants biologiques :

Les humains sont les plus importants pollueurs biologiques de la planète : **les contaminants fécaux** sont parmi les polluants biologiques des sources d'eau potable ; par conséquence l'homme et les animaux domestiques sont souvent contaminés par des microbes pathogènes**.** Les bactéries présentes dans la matière organique peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine et animale. En outre la pollution virale de la biosphère peut aussi avoir des effets dévastateurs et selon les estimations, il y en a dix fois plus de virus sur la Terre que l'ensemble des cellules vivantes.**(2)**

I.6. 3. La pollution bactérienne :

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. la plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite uro-fécale parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue **:**

Les germes banals : les bacilles coliformes, les protéus.

Les bacilles dysentériques dont les Shigella et le bacille de flenxer.

Les salmonelles : dont le *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* A et B et les bacilles gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre.

Les vibrions cholerae : qui survivent plus longtemps dans l'eau et peuvent provoquer de graves épidémies.

Les mycobactéries (bacilles de Kokh) : sont responsables de plusieurs types d'infections tuberculeuses.

Les leptospires : sont fréquemment retrouvés dans les eaux de rivières, et les eaux d'égouts.

D'autres bactéries : Staphylocoques, le *Spirobacter ictérogène*, la *Pasterelle tularensis* . **(2)**

I.6. 4. La pollution virale :

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme, Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus

rarement par les urines ou les excrétions nasopharingées. On connait plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres. Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel **(2)**

I.6. 5. La pollution parasitaire :

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson, Il existe deux types de parasites présents dans le milieu hydrique : les helminthes et les protozoaires. **(2)**

I.7. Maladies liées à l'eau:

1.7.1. Définition :

Les risques induits par l'eau de boisson peuvent être divisé en trois catégories sont : les risques à court terme, moyen terme et long terme. Le risque à court terme correspond au risque pris en ne buvant qu'un seul verre d'eau : il est exclusivement microbiologique. Les risques à moyen et long terme sont liés à la consommation régulière et continue durant des semaines, des mois, même des années d'une eau contaminée chimiquement.

De ce fait, l'eau est le vecteur privilégié de nombreuses pathologies à transmission hydrique. Ces principales pathologies peuvent être d'origine bactérienne, virale, parasitaire, liées à la présence de substance chimique dans l'eau et liées au manque d'eau. **(2)**

I.7.2.Les maladies à transmission hydrique :

Les maladies à transmission hydrique (**MTH**), sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les micro-organismes est une source d'infections très importante Selon le type de micro-organismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie, est très variable. En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires qu'avec les bactéries.

Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut provoquer la maladie alors qu'une concentration de 103 à 106 organismes est nécessaire dans le cas de certaines bactéries.

Le **Tableau I** montre les principales pathologies humaines transmissibles par l'eau, les germes responsables et les différentes origines de ces pathologies. **(2)**

Tableau I: Principales infections humaines transmissibles par l'eau.**(6)**

Pathologies	Agent Responsable	Origine la plus Fréquente
Pathologie digestive **• Fièvres typhoïde** **• Gastro-entérites** **• Choléra** **• Hépatites A, E**	*Salmonella typhi* (PARA A – B) • *E. coli* *Salmonella* sp. *Shigella* sp. *Yersinia* *Campylobacter* • *Giardia* *Cryptosporidium* • Rotavirus *Vibrio cholerae* Virus	Aliments Eau de boisson (EB) EB Aliments crus Baignades EB, Aliments
Pathologie respiratoire-ORL **• Légionellose** **• Mycoses pulmonaires** **• Affections ORL** **• Méningo-encéphalites Amibiennes**	*Legionella* sp. *Aspergillus* sp Actinomycetes Thermophiles Adénovirus Reovirus	Eaux aérosolisées Compostage Piscines Baignades Baignades (eau douce)
Pathologie cutanéomuqueuse **• Dermatomycoses** **• Candidoses** **• Leptospirose** **• Suppurations Bactériennes** **• Dermatites**	Dermatophytes *Candida albicans* • Leptospires • Streptocoque hémolytique du groupe A • *Staphylococcus* • *Pseudomonas Furcocercaires*	Métiers au contact de l'eau : piscines, baignades, eaux usées, terrassement

I.7.3. Les maladies d'origine bactérienne :

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause:

I.7.3. 1. Le choléra :

Le choléra est une infection intestinale aiguë qui commence par une diarrhée aqueuse indolore, des nausées et des vomissements. La plupart des sujets atteints ont une diarrhée très bénigne ou une infection asymptomatique, Le choléra est causé par la bactérie *Vibrio*

cholerae. Les gens sont infectés après avoir consommé des aliments ou de l'eau qui ont été contaminés par les selles de personnes infectées. **(3)**

I.7.3. 2.La fièvre typhoïde :

La fièvre typhoïde est due à *S. enteritica*, sérovar *S. typhi*. (Bacille d'Eberth). Les fièvres paratyphoïdes sont dues à *S. paratyphi* A, B et C. La fièvre typhoïde est devenue rare dans les pays industrialisés du fait des progrès de l'hygiène et de l'amélioration des conditions d'approvisionnement en eau potable **(3)**

I.7.3. 3. La gastro-entérite :

Appelée familièrement « gastro », est une inflammation intestinale faisant suite à une infection touchant les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Cette pathologie est due dans la majorité des cas à un virus ou plus rarement à des bactéries. La gastro-entérite bactérienne est généralement transmise par l'eau ou par les aliments souillés et causée par des salmonelles, des staphylocoques et des shigelles.

Elle se manifeste essentiellement par les symptômes suivants : des nausées, des vomissements, des crampes abdominales et de la diarrhée. **(8)**

I.7.3. 4.La dysenterie :

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements. Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%. **(7)**

I.7.4.Les maladies d'origine virale :

Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer :

I.7.4.1.L'hépatite A :

L'hépatite A est l'hépatite virale la plus répandue au monde avec des zones de haute endémicité en Afrique et en Asie du Sud-est. Elle est bénigne dans prés de 99% des cas. L'agent causal de cette maladie est le virus de l'hépatite A (VHA) appartenant à la famille de Picornaviridae genre Héparnavirus.

Le virus de l'hépatite A (VHA) se transmet en général par voie féco-orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. La contamination peut être par l'eau de boisson ou de piscine contaminée. Les eaux usées sont également susceptibles de transmettre le VHA au personnel d'entretien des réseaux d'assainissement.

Pour cette maladie virale, il n'ya pas de traitement spécifique. Il y'a des vaccins sûrs et efficaces utilisés pour la prévention de l'hépatite A. **(2)**

I.7.4.2.La poliomyélite :

La poliomyélite est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique, causée par des poliovirus sauvages (3 sérotypes différents 1, 2 et 3). La transmission se fait par voie uro-pharyngée dans les pays développés, par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux). L'infection est inapparente dans l'immense majorité des cas ; une forme clinique patente pour 200 formes inapparentes.

Cette maladie est apparu dans les pays à mauvaise hygiène : l'endémie y est permanente avec une recrudescence saisonnière estivo-automnale, elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralysie infantile). **(2)**

I.7.5. Les maladies d'origine parasitaire :

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemple : l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis…etc **(2)**

La bilharziose aussi, maladie parasitaire transmise par la douve *Schistosoma mansoni* qui vit dans les veines abdominales de l'homme et expulse ses œufs dans l'urine et les fèces. La maladie est répandue dans les régions tropicales et 2 millions de personnes seraient touchées. La victime succombe généralement après des années d'affaiblissement mental. **(2)**

L'onchocercose est une maladie parasitaire que l'on trouve particulièrement en Afrique et qui engendre la cécité. Le parasite responsable est un ver véhicule par une mouche c'est la simulie, dont les larves vivent dans les eaux courantes. Pour tuer cette larve et éradiquer la maladie, les eaux des rivières doivent être traitées aux insecticides pendant parfois plusieurs années. **(2)**

Enfin **le plasmodium** est l'agent responsable du paludisme, est un protiste qui ne vit pas dans l'eau. Il parasite un moustique qui lui en a besoin et qui se satisfait de la moindre eau stagnante. Cette maladie transmise à l'homme par la simple piqure d'un moustique infecté, se traduit par des accès intermittents de fortes fièvres **(2)**.

I.8.Traitement des eaux de surface :

Les eaux superficielles ne sont pas directement utilisables pour l'alimentation en eau potable, car elles sont chargées de nombreuses impuretés dissoutes ou en suspension d'origine naturelle ou liées à des pollutions. Parmi ces substances, on trouve les acides humiques qui produisent des trihalométhanes en présence de chlore. La qualité de ces eaux brutes varie également dans le temps, en fonction de la saison, de la météorologie, de l'activité biologique. **(2)**

Donc pour pouvoir être consommées sans danger, les eaux de surface doivent êtres traitées. Les étapes de traitement sont les suivantes

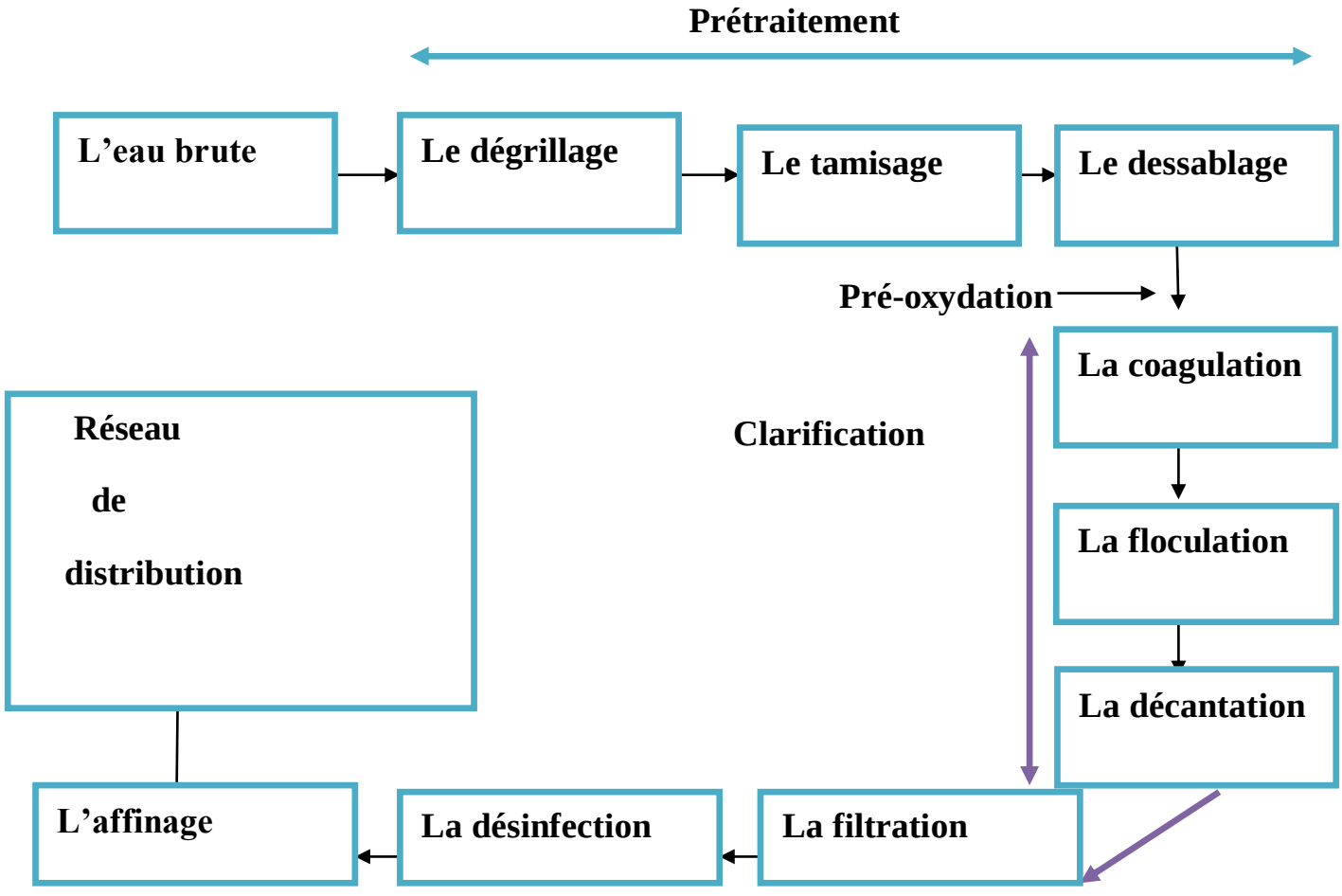


Figure 05: Etapes de traitement des eaux brutes (5).

I.8.1.Prétraitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement proprement dit un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérateur uniquement physique ou mécanique.

Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'élément dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour le traitement ultérieur. Selon la nature des eaux à traité et la conception des installations. Le prétraitement peut comprendre l'opération :

- Le dégrillage principalement pour les déchets volumineux.
- Le dessablage pour les sables et graviers.

Le dégraissage déshuilage ou d'écumage-flottation pour les huiles et les graisses **(3)**

I.8.2.Pré-oxydation :

A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension, et des matières organiques en solution. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de dangereux, car il nous arrive souvent de consommer de l'eau en contenant tels que : le thé, le café ou le lait. Ces produits sont des eaux chargées en matières organiques, mais on sait qu'elles s'oxydent spontanément en contact avec l'air. On va donc les détruire par une pré-oxydation qui peut être faite par trois méthodes différentes : l'ajout de chlore (pré -chloration), l'ajout de dioxyde de chlore ou ajout d'ozone (pré-ozonation). **(3)**

I.8.3.La clarification :

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration. **(2)**

I.8.4.La coagulation :

Généralement le processus de coagulation est appliqué directement à l'eau brute. De ce fait, il est avec l'oxydation, l'un des procédés les plus importants dans les filières de traitement des eaux de surface. Fondamentalement, la coagulation implique à l'élimination des particules colloïdales c'est-à-dire les particules en suspension qui, sur la base de leurs dimensions moyennes de 5 à 200 nm. Ce processus résulte de l'addition des réactifs chimiques (appelés coagulants) dans des dispersions aqueuses afin d'assembler en agrégats plus gros, les fines particules dispersées Les principaux coagulants chimiques utilisés sont à base d'aluminium

ou de fer. Les principales formes chimiques utilisables et disponibles de ces métaux sont le sulfate d'aluminium (Al_2SO_4, appelé également alun), le sulfate de fer

($FeSO_4$) et le chlorure de fer ($FeCl_3$). Ces différents produits sont le plus souvent commercialisés sous forme de cristaux. Il convient de suivre les instructions du fabricant pour appliquer les dosages adéquats en fonction des volumes d'eau à traiter. Une agitation de l'eau pendant plusieurs minutes accélère l'agrégation des particules solides qui peuvent alors décanter **(2).**

I.8.5. La floculation :

Lors du processus de floculation, les fines particules dispersées sont combinées en agglomérats plus gros qui peuvent être éliminés par un processus subséquent tel la décantation ou la filtration. La floculation est déterminée par le contact entre particules qui conduit à la croissance en taille et la diminution en nombre des particules en solution elle est réalisée par une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé « Floculant » l'agglomération des flocs et donc leur grossissement. Les floculants généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les polyélectrolytes. **(2)**

I.8.6 .La décantation :

La décantation est un procédé qu'on utilise pratiquement dans toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en générale des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les matières organiques ou minérales grenues et les matières floculeuses chutent au fond du bassin de décantation et constituent des boues qui sont extraites périodiquement. L'eau clarifiée, située prés de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration **(2).**

I.8.7.La filtration :

La filtration est un procédé de séparation solide/ liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (la plus courante est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée) mesure que les particules solides atteignent la couche filtrante, elles se déposent et absorbent les matières minérales ou organiques qui arrivent ultérieurement. Ceci peut conduire à la formation d'un film biologique. Avec le

temps, il y a diminution du diamètre des pores du filtre, on dit qu'il y a colmatage. D'une façon générale, on distingue deux types de filtration :

- **La filtration lente :** qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible.

- **La filtration rapide** : qui en revanche est une opération relativement complexe mais palliant aux inconvénients de la première. (**2)**

I.8.8.La désinfection :

La désinfection est sans aucun doute l'étape la plus importante du traitement de l'eau destinée à la consommation (OMS, 2000). Elle est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies hydriques. Ce traitement n'inclPour un perfectionnement de la qualité de l'eau traitée, on procède à l'affinage visant à éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation et améliorer la qualité organoleptique de l'eau.

Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur le charbon actif. Celui- ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable ut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction totale des organismes vivants dans un milieu donné. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma. **(2)**

I.8.9.L'affinage :

Pour un perfectionnement de la qualité de l'eau traitée, on procède à l'affinage visant à éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation et améliorer la qualité organoleptique de l'eau cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption , généralement sur le charbon actif. Celui- ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable. **(2)**

II. Les Micro-algues :

Il existe plusieurs espèces de micro-algues possédant un métabolisme hétérotrophe. Celles-ci se distinguent toutefois de par leurs caractéristiques nutritionnelles et leur capacité à produiredes acides gras pouvant servir à la production de biodiesel. Ces caractéristiques seront donc présentées dans cette section. Les nombreuses méthodes de culture, de récolte et d'extraction seront également discutées afin de permettre une compréhension générale des techniques de production utilisées **(1)**.

II.1. Définition et caractéristiques des micro-algues :

Les micro-algues sont des micro-organismes photosynthétiques unicellulaires dotées d'une croissance rapide et de la particularité de produire des métabolites industriellement intéressants (polysaccharides, pigments, lipides). On utilise le terme «**micro**» car la taille d'une micro algue varie de quelques micromètres à une centaine de micromètres. Pour les étudier, il est nécessaire de les observer au microscope optique ou au microscope électronique, ce qui permet de voir plus de détails, en particulier relatifs à leur morphologie. Elles constituent un matériel photosynthétique de choix pour capturer du CO_2 et fabriquer de la biomasse.

Les microalgues appartiennent à différentes familles qui ont chacune leurs propres caractéristiques, mais elles ont aussi des points communs en particulier dans leur ultra structure et leur métabolisme. Les organismes photosynthétiques sont regroupés en trois catégories distinctes: les bactéries photosynthétiques, les algues et les plantes terrestres. Le terme algue regroupe des individus chlorophylliens vivant essentiellement dans l'eau et qui ne sont pas des embryophytes.

Les contraintes du milieu aquatique ont conduit à des convergences structurales et physiologiques comme l'existence d'une paroi souple. Les organismes ainsi regroupés sont pourtant bien éloignés phylogénétiquement: comme les Rhodobiontes (algue rouge), Chlorobiontes, Straménopiles (algue brune), Haptophytes. Algues rouges et algues brunes sont des groupes monophylétiques c'est-à-dire se reconnaissent comme partenaires sexuels et donnent une descendance féconde. Par contre les algues vertes sont paraphylétiques et donc des groupes dont l'ancêtre commun sont aussi partagés avec d'autres groupes. Les microalgues peuvent vivre sous forme libre ou en colonie. Ce sont des micro-organismes appartenant à deux groupes: les eucaryotes et les procaryotes. Les microalgues eucaryotes possèdent une structure cellulaire végétale classique compartimentée, avec ou sans paroi

cellulosique, et, avec des pigments photosynthétiques renfermés dans des plastes. Les micro-algues procaryotes, appelées aussi cyanobactéries, ont une structure bactérienne classique sans compartiment, les pigments photosynthétiques étant contenus dans des membranes lamellaires **(9)**.

En ce qui concerne la multiplication des micro-algues, elles ne grandissent pas. Par contre, certaines d'entre elles, comme les diatomées, peuvent voir leur taille diminuer. Comme toutes les micro-algues, elles colonisent leur milieu en se divisant par mitose, rapidement et activement, si les conditions physico-chimiques et nutritives sont favorables. Lors de cette reproduction asexuée, leur taille diminue jusqu'à ce qu'elles ne puissent plus se diviser **(9)**.

II.2.Structure et physiologie :

Les micro-algues peuvent mesurer de quelques micromètres à plusieurs centaines de micromètres, selon les espèces. Elles présentent une très grande diversité de molécules au sein de leurs cellules . Cette biomasse se différencie principalement des autres végétaux par sa richesse en lipides qui pouvant atteindre jusqu'à 80 % de leur poids sec, et ils sont principalement sous forme des triglycérides, en protéines, en vitamines (B1, B6, B12, C, E, K1), en pigments tels que les caroténoïdes (1 à 2%) et en antioxydants. C'est dans les chloroplastes, et plus précisément dans les membranes thylacoïdales, que se déroule la réaction d'oxydoréduction qui permet de réduire le dioxyde de carbone à partir de l'hydrogène de l'eau en sucres simples et en oxygène. La **Figure 6** présente les principales structures des cellules algales eucaryotes.

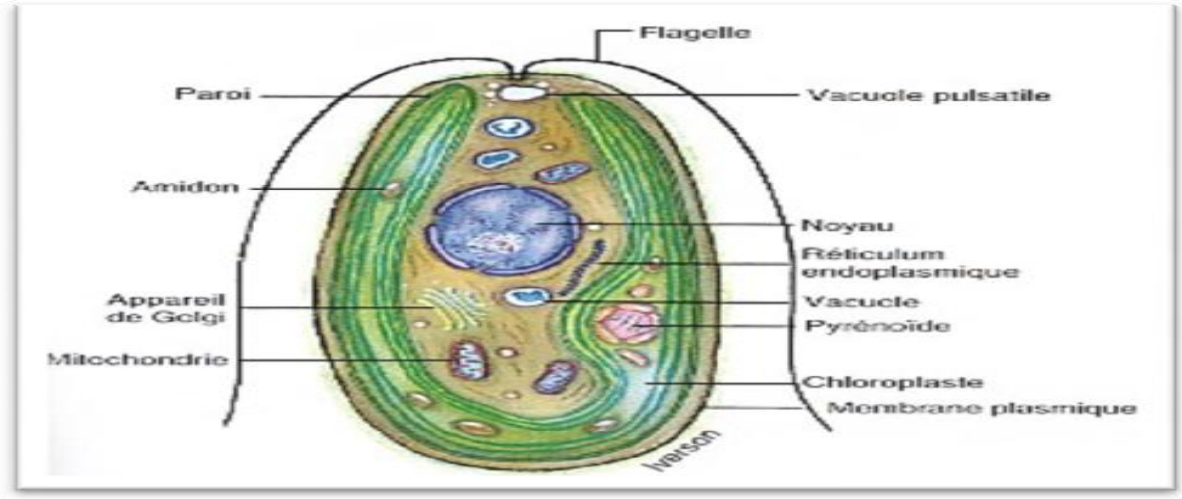


Figure 06: Structures cellulaires d'une algue eucaryote.

La membrane plasmique est une structure composée de polysaccharides et de protéines plus ou moins complexes et en proportions variables selon les espèces. Elle est chargée négativement, ce qui est attribuable à la composition des groupes fonctionnels qui y sont associés. Elle confère aux cellules une certaine résistance aux ions métalliques potentiellement toxiques, ce qui motive leur utilisation pour le traitement des eaux. Les micro-algues ont démontré une certaine capacité à accumuler rapidement les lipides, ce qui leur a permis de se profiler dans le domaine des biocarburants de 3ème génération (**42**).

II.3.Milieu de vie :

Les micro-algues vivent dans les milieux fortement aqueux. Il existe 1100 genres de micro-algues dont 14000 espèces d'eau douce et 14000 d'eau salée. Ce sont des êtres photosynthétiques, c'est-à-dire qu'elles sont capables de produire de la matière organique à partir d'éléments minéraux grâce aux processus d'assimilation photosynthétique. Dès lors qu'elles disposent de la lumière, elles vont assimiler les éléments minéraux nutritifs comme le potassium, le sodium, le calcium et le magnésium, des oligo-éléments (molybdène, zinc, cuivre) et le CO_2 dissous dans l'eau pour produire leurs constituants cellulaires. Dans leur cytoplasme, elles possèdent des chloroplastes, organites renfermant des pigments chlorophylliens. Ces pigments assurent le captage de l'énergie lumineuse, qui est ensuite utilisée pour synthétiser la matière organique nécessaire à la cellule, à partir des éléments minéraux nutritifs. Les micro-algues sont donc des êtres autotrophes par photosynthèse mais il est possible que certaines d'entre elles, comme les euglènes, deviennent hétérotrophes lorsqu'elles sont placées dans des conditions défavorables de survie. Par exemple, si des micro-algues sont placées dans le noir, elles perdent leurs chloroplastes et deviennent dépigmentées : elles vont s'alimenter alors grâce à la matière organique présente dans le milieu **(9)**.

Notons que certaines micro-algues, en majorité les cyanobactéries filamenteuses, sont capables de fixer l'azote de l'air, grâce à des structures spécialisées appelées hétérocystes, qui contiennent une enzyme la nitrogénase. Cette hétérocyste n'est pas capable de photosynthèse mais il est en relation avec les cellules somatiques adjacentes qui lui fournissent les matières carbonées en échange de composés azotés **(9).**

II.4.Modes de nutrition des micro-algues :

Les micro-algues sont principalement connues comme étant des organismes photo-autotrophes. L'autotrophie est un mode de nutrition des micro-algues leur permettant

d'utiliser les rayons solaires afin de synthétiser leur énergie. Les micro-algues de métabolisme autotrophe utilisent également une source de carbone inorganique comme le CO_2 et le HCO_3 pour la synthèse du carbone organique **(10)**. Ce carbone organique est essentiel à la synthèse de toutes les composantes organiques nécessaires à leur survie. Par ailleurs, plusieurs

Micro-algues ont un métabolisme hétérotrophe de nutrition et celles-ci n'ont pas besoin de l'énergie solaire. Elles utilisent plutôt une source de carbone organique pour la production de l'énergie et des composants organiques.

Les micro-algues de métabolisme mixotrophe peuvent, soit avoir un métabolisme autotrophe, ou encore hétérotrophe. En effet, en absence d'énergie lumineuse, lorsqu'une source de carbone organique est disponible, le développement des chloroplastes est inhibé et ces micro-algues métabolisent leur énergie en mode hétérotrophe **(10)**.

Tableau II : Les différents types nutritionnels des micro-algues **(9).**

Mode de nutrition	Source d'énergie	Source de carbone
Photo-autotrophe	Radiation solaire	CO_2 seulement
Photo-hétérotrophe	Radiation solaire	CO_2 et carbone organique
Chemo-autotrophe	Composé inorganique	CO_2
Chemo-hétérotrophe	Composé organique	Carbone organique

II.5. Classification des algues :

Ces micro-organismes sont classés selon leurs propriétés morphologiques, la nature de leur cycle de vie, la nature chimique des produits photosynthétiques de réserve (produit d'accumulation intracellulaire), l'organisation de leurs membranes photosynthétiques ou leur pigmentation. On dénombre plus de 30 000 espèces différentes de micro-algues ; seulement cinquante d'entre elles sont étudiées de manière détaillée dans les laboratoires de recherche et une dizaine d'espèces sont exploitées au niveau industriel et commercial **(13)**. On distingue principalement deux grands groupes de micro-algues.

a. Les procaryotes : Ce sont des organismes unicellulaires qui sont dépourvus de noyau et ne présentent que très rarement des organites cellulaires.

- **Les Cyanophycées :** appelées également cyanobactéries, sont des micro-algues procaryotes de coloration bleue-verte qui présentent une forte tolérance vis-à-vis des températures

extrêmes. Elles sont approximativement 2000 espèces dans ce groupe pouvant être divisées en 150 genres. Ces microalgues sont répandues dans toutes les variétés d'habitats aquatiques. Les espèces les plus connues sont *Spirulina* (Arthrospira) *plantensis, Nosto*c commune et *Aphanizomenom flos-aquae* .

Une seconde classe de cyanobactéries, les "Prochlorophyta", présente une spécificité au niveau de la pigmentation avec une absence totale de phycobiliprotéines, mais une présence de chlorophylle a et b **(13)**.

b. Les eucaryotes : Ce sont des organismes uni ou pluricellulaires qui présentent une structure complexe contenant un noyau entouré d'une membrane ainsi que plusieurs organites intracellulaires.

- **Les Diatomées** : appelées aussi les "bacillariophycées". Ce sont des microorganismes unicellulaires photosynthétiques qui constituent le groupe dominant du règne des microalgues avec plus de 100 000 espèces connues. Ces algues sont répandues dans tous les types d'habitats et présentent comme principales réserves (produit d'accumulation intracellulaire) le « chrysolaminaran » (type de polysaccharide) et de l'huile **(13)**.

- **Les Chlorophycées :** ce sont des micro-algues vertes qui colonisent une grande variété d'habitats. Elles sont très abondantes dans les eaux douces. Ces microorganismes présentent des formes filamenteuses . On dénombre actuellement 8 000 espèces, dont 1 000 sont des chlorophytes marines . Les espèces les plus connues sont *Chlorella, Chlamydomonas, Dunaliella* ainsi que *Haematococcus* **(13)**.

- **Les Chrysophycées :** ce sont des algues dorées qui se répandent essentiellement dans les eaux douces. On répertorie environ 1 000 espèces avec des caractéristiques similaires à celles des diatomées du point de vue pigmentation et structure biochimique **(13)**.

- **Les Euglenophycées :** elles sont répandues dans les eaux saumâtres et douces. On compte plus de 800 espèces qui présentent des réserves constituées essentiellement d'une substance glucidique, le "paramylon", et d'huile.

- **Les Rhodophycées :** ce sont des algues de pigmentation rouge qui sont capables de se développer dans les eaux saumâtres et salées. Cette classe comprend près de 400 espèces présentant dans la majorité des cas un métabolisme photoautotrophe**(13).**

II.6. Culture des miro-algues :

Les micro-algues croient sous différentes conditions de culture. Ces conditions de croissance vont faire varier la composition des cellules ainsi que les quantités et les caractéristiques des différentes substances qu'elles produisent. Leur profil de croissance est identique à celui d'autres microorganismes avec trois phases principales: une phase de latence, une phase exponentielle et une phase stationnaire . Selon les conditions

de culture, une quatrième phase peut apparaître, la phase de déclin **(11)**.

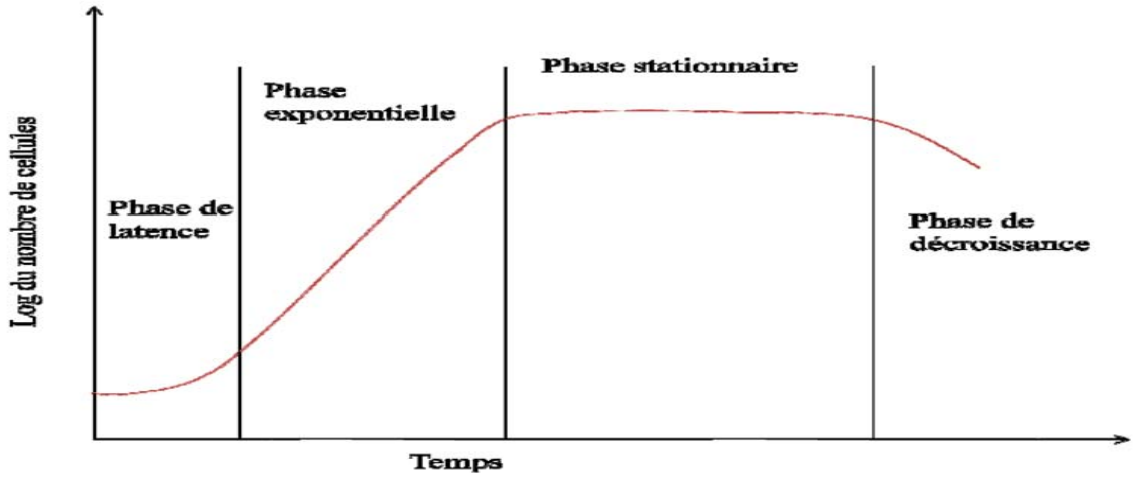


Figure 07 : Courbe de croissance des micro-algues.

II.7. Sélection des Micro-algues :

Une espèce d'algues doit répondre à certaines caractéristiques **(17)** :

- être robuste et capable de survivre aux contraintes de stress dans les photos bioréacteurs.
- être en mesure de dominer les souches sauvages dans les bassins ouverts de production.
- avoir une haute capacité de capture du CO_2.
- avoir des besoins limites en nutriments.
- tolérer des écarts de température résultant du cycle diurne et des variations saisonnières.
- pouvoir fournir des coproduits de grande valeur.
- avoir un cycle de productivité rapide.
- avoir une haute efficacité photosynthétique.
- faire preuve de capacités d'auto-floculation.

Afin d'utiliser des micro-algues comme biocarburant, elles doivent également posséder un pouvoir calorifique élevé et doivent être capable de croître dans de grands volumes. La principale contribution au pouvoir calorifique des cellules est la teneur en glucides, protéines et lipides. Les micro-algues cultivées dans des conditions normales possèdent un pouvoir calorifique de 18-21 kJ/g, tandis que celui du pétro diesel est de 42 kJ/g. Un milieu de culture

avec une faible teneur en azote induit une accumulation de lipides qui augmente le pouvoir calorifique des algues. Par exemple, le pouvoir calorifique de *C. vulgaris* peut atteindre 28 kJ/g **(18).**

II.8. les applications de micro-algues dans le domaine environnemental et l'épuration des eaux :

Au vu de leur biodiversité et leurs propriétés biochimiques, les microalgues se révèlent très prometteuses pour de nombreuses applications dans des domaines variés tels que l'industrie pharmaceutique, agro-alimentaire, l'environnement et les énergies renouvelables **(13)**

Les principales applications environnementales sont le traitement des eaux usées et bien sûr la consommation de CO_2 comme méthode d'abattement de ce gaz à effet de serre.

Au vu de leur capacité d'assimilation de nombreux nutriments nécessaires à leur croissance, les microalgues représentent une solution intéressante pour éliminer ces éléments ; elles sont également capables de fixer des métaux lourds. Elles sont ainsi les principaux éléments biologiques de certains systèmes de traitement des eaux municipales et industrielles (essentiellement traitement tertiaire). Grâce à l'absorption de l'azote et du phosphore, elles contribuent à réduire le phénomène d'eutrophisation de certains milieux aquatiques.

Une étude ayant porté sur l'implication de *Chlorella vulgaris* dans l'absorption de l'azote et du phosphore des eaux usées **(13),** a montré que l'oxygénation du milieu est facilitée par la production in situ de O_2 par la photosynthèse, permettant ainsi de réduire l'aération extérieure et limitant la fuite dans l'air des composés organiques volatils. Certaines études ont eu recours à des algues vertes, principalement *Chlorella*, *Ankistrodesmus* et *Skeletonema,* pour les traitements des eaux usées issues d'usines de fabrication de pâte à papier ainsi que de production d'huile d'olive.

D'autres travaux ont porté sur l'élimination des métaux lourds des eaux usées sur la biodégradation de contaminants toxiques tels que le Tributylétain "TBT".

Afin de réduire les coûts économiques de ces procédés de traitements des eaux, la biomasse générée peut être exploitée pour produire des molécules à haute valeur ajoutée, du biodiesel, du biogaz, de l'hydrogène etc. Ces procédés sont généralement couplés à l'élimination de CO_2 dans des effluents gazeux industriels conduisant à des procédés intégrés**(13)**.

Matériels et Méthodes

B. Matériel et méthodes

I.1.L'algue :

a. Site de récolte : La récolte d'algues a eu lieu dans de la région de Médéa qui se situe à la partie Nord-ouest de la région de Titteri (Médéa) au Nord de l'Atlas Tellien (Oued mezghid :Oum Ghannoun).

Les coordonnées Lambert sont : longitude 2°23´16 ″E (E: Est); latitude 35°54´31″ N (N: Nord); l'altitude 1187 m. Les variations de la température moyenne mensuelle, des précipitations et l'humidité relative des campagnes 2017/2018, enregistrée dans la station sont répertorié dans les **Figures 1a, 1b et 1c.**

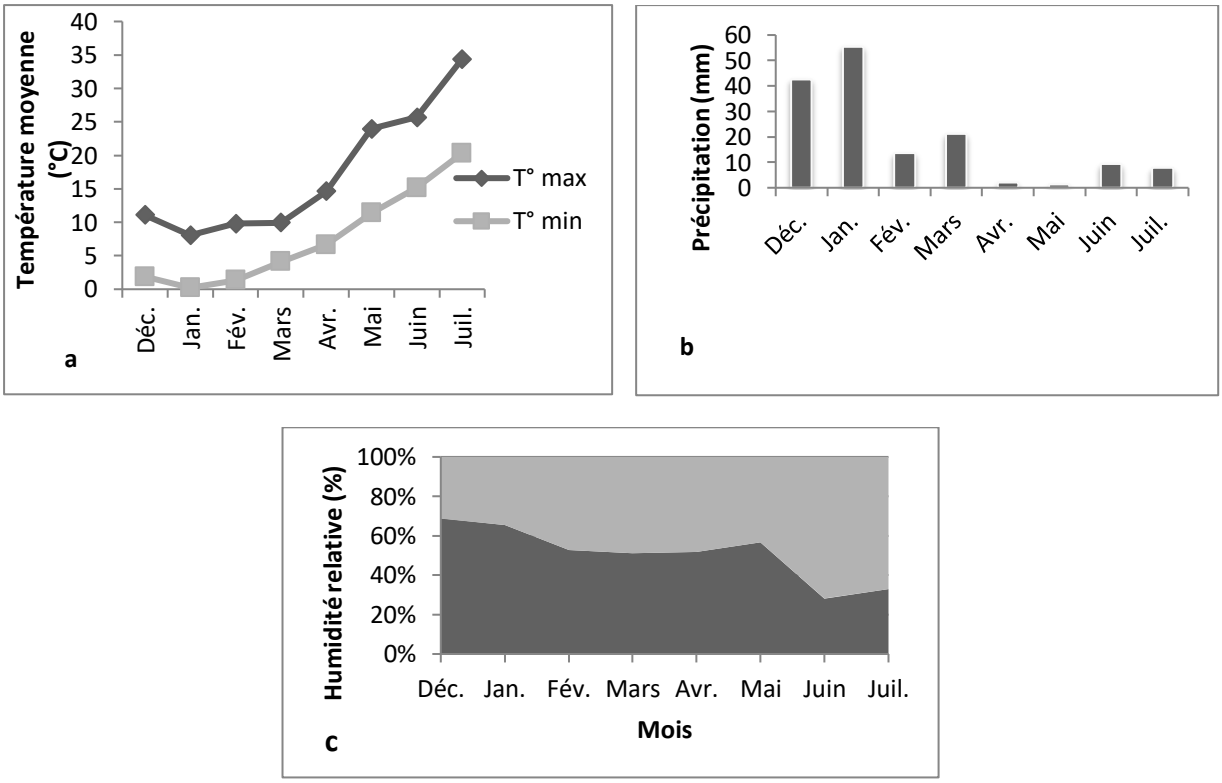


Figure 08: Données climatologiques du site de prélèvement des échantillons d'algue (a)Température moyenne, (b) Pluviométrie et (c) humidité relative de la compagne 2017-2018 enregistrée.

Une espèce d´algue a été récoltée en Février 2019.



Figure09 : Oued mezghid (montagne d'Oum Ghannoun) : site d'échantillonnage d'algue.

b. Récolte et lavage des algues : Des échantillons d´algues ont été récoltés à l´aide d´un couteau et d´un ciseau, puis conservés dans des boites en plastique contenant de l'eau brute. Les boites ont été par la suite transportées au laboratoire. Les algues cueillies ont été lavées avec l´eau distillée 3 à 4 fois afin d´enlever tous les épiphytes et les particules de sable adhérées.

c. Préparation de l'algue : Les échantillons d'algues sont déposés en flacon stérilisés précédemment (à l'abri de la lumière solaire), et conservés dans une solution d'eau physiologique (pour la croissance des cellules algales), le milieu renouvelée chaque 24heures +1ml H_20_2 (pour éliminer les contaminations) durant 14 jours dans des conditions aérées à une température de 20C° dans un incubateur sous un photopériodisme fixée : 12/12H).

Cette étape est de telle importance que de sa qualité dépend la représentativité des résultats ; de ce fait, toutes les étapes ont été réalisées dans des conditions purement stériles.
D'abord nous avons mélangé 50 ml d'échantillon avec 500ml d'eau distillée et deux goute d'eau javel en agitant pendant cinq minutes puis en filtrant par des compresses stériles pour éliminer les macroéléments présent en suspension (les protozoaires, les macrocolonies des micro-organismes quelconque et les particules du sol restantes).
Le filtrat est récupéré et mélangé de nouveau avec 500 ml d'eau distillé et en agitant pendant cinq minutes et filtré par des compresses stériles .cette étape est répété pour une troisième fois.
Le filtrat est récupéré et ensemencé dans un litre d'eau physiologique (KCl 0.9%) et incubé a 20 C°.



Figure10 : Filtration des micros algues par lavage répété**.**

d. Identification des Cyanobactéries :

Afin d'observer les échantillons sous le microscope, une goutte du matériel fixé a été prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur, puis déposée entre lame et lamelle. Cette dernière est placée sous le microscope optique (**x40)** afin d'être observée. Cinq préparations microscopiques de l'échantillon ont été réalisées et observées sur l'ensemble de la lamelle soit plus de 500 champs microscopiques.

L'identification à été réalisée selon les clés de détermination de (Bourrely, 1985 ;Anagnostidis & Komàrek, 1988,1990 ; Chretiennot-Dinet, 1990 ; Komarek, 1991 ;Coute, 1995 ; Watanabe, 1996 ; Komàrek et *al*., 2003 ; Komàrek & Komárkova,2003 ;; Komàrek & Anagnostidis, 1986, 1989 ; 1998,2005) et des ouvrages et publications spécifiques à l'Afrique et aux espèces rencontrées(Fritsch & Rich, 1929 ; Frémy, 1930 ; Compère, 1974 ; Compère, 1991), basée sur les critères morphologiques suivants :

-L'organisation du thalle (filamenteux, colonial, cellule isolé), sa forme (sphérique, cubique, amorphe, régulière, étirée, clathrée, droite, coudée, spiralée…) .

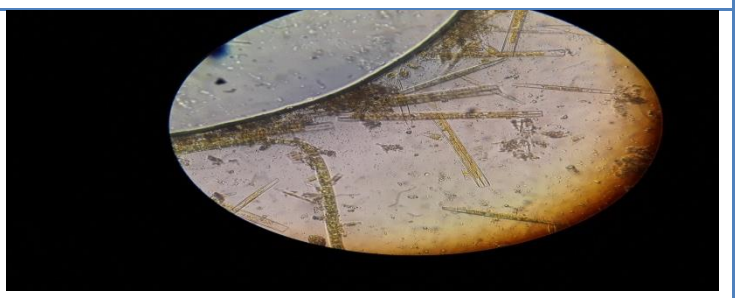
-Les types cellulaires rencontrés (cellules végétatives, hétérocytes, akinètes), leur forme (sphérique, cylindrique, ellipsoïdale…) ;

-La présence d'un mucilage ou d'une gaine et ses caractéristiques (couleur, visibilité, aux contours nets ou diffluents, lamellés, homogènes…) ;

-Les dimensions des cellules et leur contenu (vacuoles à gaz, granules…).

e.Taxonomie d'algue récoltée : Une espèce d´algues des eaux douces récoltée a sélectionnée pour cette étude, elle est identifiée au laboratoire. Il s´agit d´une algue verte (*Enteromorpha* sp.) et une algue verte (Tableau).

Tableau III: Taxonomie de l'espèce d'algue utilisée.

Taxonomie		Aspect
Phylum	Clorophyta	**Macroscopique :** sur site de prélèvement
Classe	Chlorophyceae	
Ordre	Ulotrichales	
Famille	Ulvaceae	**Microscopique :** G10x100 au microscope photonique
Genre	*Enteromorpha*	
Espèce	*Enteromorpha* sp.	

B.2. L'eau brute :

- **Lieu de prélèvement :** L'échantillon d'eau brute que nous avons utilisé dans nos essais provenaient d'un site de prélèvement au niveau d'une lac artificielle (a partir des prélèvements répétés) effectués au niveau d'Oued mezghid de la wilaya de Médéa.



Figure11 : Lieu de prélèvement « lac d'Oued mezghid ». (Eau a une forte turbidité)

- **Prélèvement :** Les échantillons d'eau prélevés de 15 à 30 cm sous la surface de l'eau, contre le sens du courant et tous points en évitant la surface de l'eau, les prélèvements a été effectués avec des mains très propres pour éviter toutes contamination subséquente (par la sueur, par des résidus de produits chimiques), les flacons d'échantillonnage doivent être remplies au niveau demandé ¾ du volume).
- **Conservation :** Tous les échantillons doivent être conservés à environ 4 C° ou être maintenus dans un environnement d'environ 4 C° entre le moment du prélèvement et la réception au laboratoire (utiliser les glacières et des agents réfrigérants ou de glace).

II.1. Traitement d'eau par des substances chimiques :

a. Traitement de l'eau par sulfate d'alumine :

Le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3,18H_2O$ est le plus utilisé en coagulation pour coagulée les matières en suspension très fines et colloïdales contenues dans l'eau brute. La coagulation est l'une des opérations les plus importantes dans le traitement des eaux de surface.

Beaucoup de paramètres influent sur la coagulation tel que : la dose du réactif, la nature des particules, le pH, la température de l'eau, la turbidité, l'alcalinité etc.… Tout contrôle de l'opération de coagulation doit commencer par une régulation de ces paramètres. Le sulfate d'alumine, par exemple, est un coagulant utilisé pour une température d'eau supérieure à 10-12°C, et a une efficacité optimale pour un pH compris entre 6,2 et 7,4. Une température basse augmente la viscosité de l'eau, ralentie la coagulation et la décantation du floc, et diminue la plage optimal du pH.

La concentration et le pH requis peuvent être déterminés par des essais de coagulation à petite échelle dans une série de récipients, souvent appelés « jar tests ».

L'opération de coagulation doit s'effectuer dans un temps très bref car le processus de déstabilisation est réversible. Le réactif doit être réparti de façon la plus rapide et la plus homogène possible dans toute la masse de l'eau. Ce mélange énergique doit durer entre 1 et 3 min.la charge positive de ces derniers neutralise la charge négative des particules dissoutes dans l'eau.

a.1. jar- Test :

Principe :

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar- test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes

les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

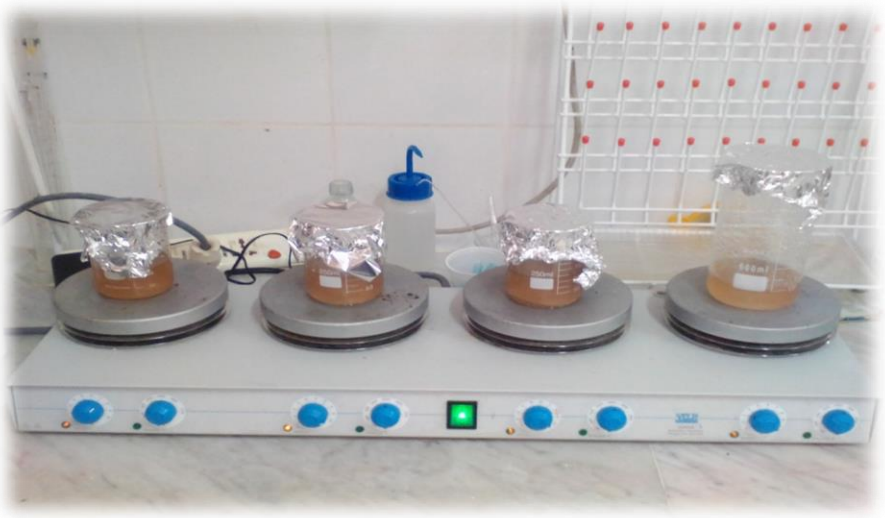


Figure 12 : Jar test (floculateur)

Mode opératoire :

Dans **10** béchers, on verse un 100 ml d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le floculateur.

On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min.

On injecte le coagulant (sulfate d'alumine) en quantités croissantes.

Tableau IV : Estimation de la dose optimale du sulfate d'alumine utilisé pour le traitement.

Concentration en $Al_2(SO_4)_3,18H_2O$mg/l	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Turbidité (NTU)/ eau brute	**15,23**	**11,54**	**12,07**	**11,35**	**9,49**	**5,12**	**8,60**	**8,51**	**7,37**	**8,79**

Après deux minutes :

On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 40 minutes. Au début de cette agitation on note l'apparition des flocs, leurs aspects. On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanter pendant 30 minutes.

On note l'estimation de la vitesse de décantation dès la fin de l'agitation lente.

Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnagent pour chaque bécher. Puis, on filtre le surnagent sur filtre à sable (stérilisé à une température de 125 C°) et on détermine la turbidité.

On évalue après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats.

Choix de la dose optimale :

Les doses optimales sont celles utilisées dans le bécher présentant la meilleure floculation et réduction de turbidité :

Turbidité d'eau décanté (avant filtration) et filtré < 10NTU

b. Traitement de l'eau par charbon actif :

Le charbon actif est utilisé pour L'adsorption. Le charbon actif est un matériau extrêmement poreux développant une surface importante de l'ordre de 600 à 1500 m^2/g (26)**.** Le charbon actif retient :

- Les métaux lourds ayant échappé à la floculation-décantation
- Les micropolluants organiques
- Les bactéries, virus et mauvais goûts

Le charbon actif est produit par thermalisation contrôlée de matériaux carbonés, habituellement du bois, du charbon, des coques de noix de coco ou de la tourbe.

Le charbon actif est normalement utilisé sous forme de poudre (CAP) ou de granulés (CAG).

Le CAP est généralement préféré pour faire face à une contamination saisonnière ou intermittente ou lorsque de faibles doses sont nécessaires.

Le CAP est introduit sous forme de suspension épaisse dans l'eau et éliminé par des traitements ultérieurs avec les boues de l'installation de traitement de l'eau. Son utilisation est donc limitée au traitement de l'eau de surface avec des filtres existants. Le CAG utilisé dans des adsorbeurs à lit fixe est beaucoup plus efficace que le CAP introduit directement dans l'eau, l'utilisation par volume d'eau traitée étant beaucoup plus faible que la dose de CAP requise pour obtenir la même élimination.

Le CAG est utilisé pour réguler le goût et l'odeur. Il est normalement utilisé en lits fixes, soit dans des adsorbeurs construits à cet effet pour les produits chimiques soit dans des boîtiers de filtres existants, le sable étant remplacé par du CAG de granulométrie similaire.

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental :
« Jar- test » qui consiste à mettre des doses croissantes de charbon pour déterminer la dose optimale.

Tableau V : Estimation de la dose optimale de charbon actif utilisé pour le traitement.

Concentration en charbon actif mg/l	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Turbidité (NTU)/ eau brute	**13,69**	**9,45**	**8,80**	**7,06**	**8,60**	**9,47**	**11,67**	**13,08**	**13,25**	**11,91**

II.2. Traitement biologique d'eau :

a. Traitement de l'eau par les cellules algales :

Tableau VI : Estimation de la dose optimale des cellules algales utilisées pour le traitement.

Concentration en cellules algalesmg/l	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Turbidité (NTU)/ eau brute	**5,00**	**3,92**	**2,77**	**5,60**	**3,10**	**9,03**	**4,80**	**3,23**	**3,35**	**5,44**

Après lavage par l'eau distillée et filtration de l'algue on introduit une quantité de cellules dans des tubes à essai sous une forte agitation dans le vortex avec un peu d'eau distillée stérile dont le but d'obtenir des cellules algales séparées et utilisables pour le traitement en masse avec la même manière des deux traitements chimiques (par sulfate d'alumine et charbon actif).

b. Traitement de l'eau par l'extrait des micro-algues :

Tableau VII : Estimation de la dose optimale de l'extrait utilisée pour le traitement

Concentration en l'extrait de micro algue mg/l	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Turbidité (NTU)/ eau brute	**3 ,78**	**3,57**	**1,74**	**3,78**	**2,05**	**2,67**	**2,48**	**2,72**	**1,96**	**2,03**

Extraction de polysaccharides exo cellulaires :

Les EPS sont extraites du milieu de culture et purifiés selon la méthode mise au point parl'équipe de **Cering (1994).** Tout de suite après l'incubation à 28 °C pendant trois jours, les tubes sont placés pendant15 min dans un bain à ébullition. Cette étape permet d'inactiver les enzymes capables de dégrader les polymères. Les échantillons sont ensuite refroidis à +4°C, transvidés dans des micro-tubes à centrifugation et centrifugés à 14000 g pendant 30 min à +4°C. Les culots de cellules ont été jeté et trois volumes d'éthanol 95% à +4°C sont additionnés au surnageant pour faire précipiter les polysaccharides. Les échantillons sont gardés à +4°C pendant au moins trois heures avant d'être centrifugés de nouveau pendant 20 min à +4°C à vitesse 11000g. Le culot de polysaccharides est resuspendu dans l'eau distillée et placer dans une membrane à dialyse d'un seuil d'exclusion de 6000-8000DALTON. Les échantillons sont dialysés contre de l'eau distillée pendant 24h à +4°C, avec une fréquence changement d'eau 3 fois pendant 24 heures. Cette étape permet d'éliminer les sucres

résiduelles, les sels et les acides aminés du milieu de culture .Après la dialyse, le contenu des membranes est transféré dans des plats propre couvert par papier d'aluminium qui est pesé avant son utilisation (V0), étaler le contenu sur tout la surface papier d'aluminium, les plats sont placé dans une étuve à une température fixé à 50°C. Après 24h de séchage les papiers d'aluminium sont pesés deuxième fois V1 pour déterminer le poids sec de la poudre. **(Cering J. 1994)**

Ensuite la poudre obtenir est destinée pour le traitement de coagulation comme les traitements par substances chimiques.

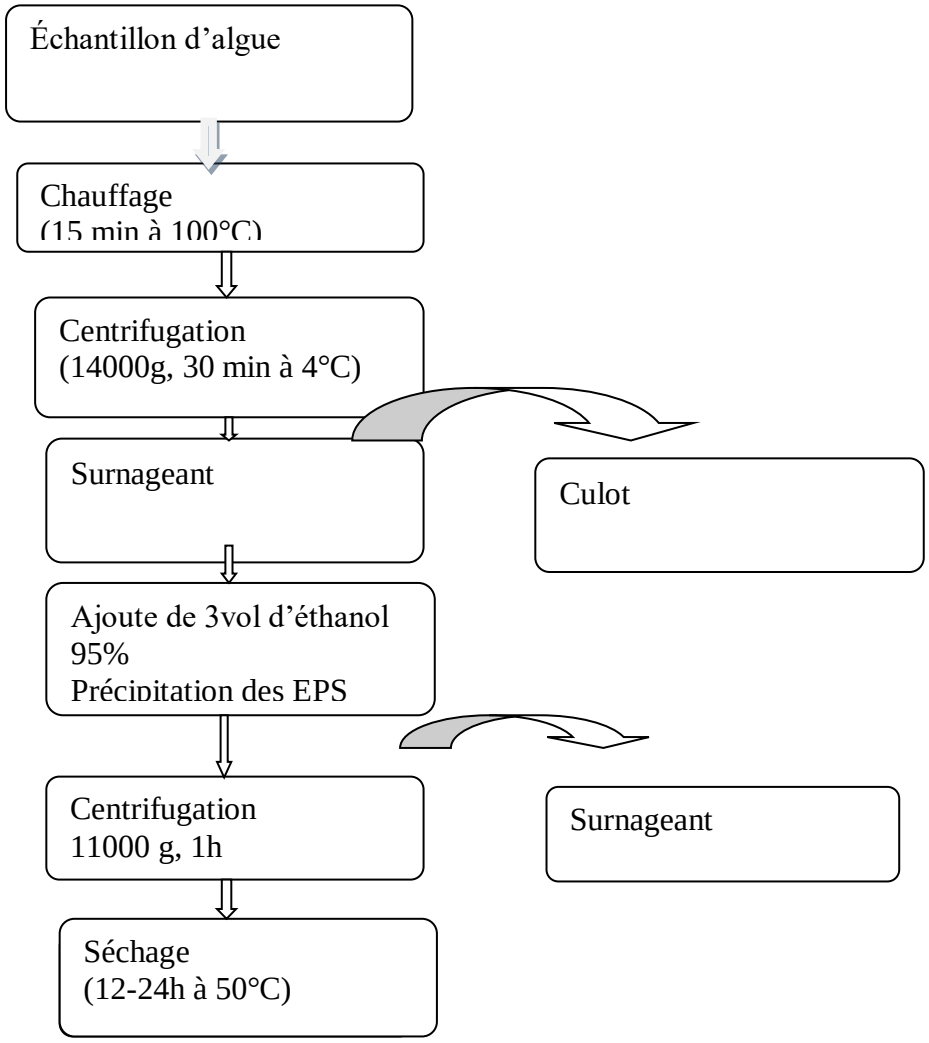


Figure13 : Protocole d'extraction des EPS des micro-algues.

II.3. Estimation qualitative des eaux traitées :

Notre étude a pour objectif de comparer entre l'efficacité du traitement chimique de l'eau (coagulants chimiques : sulfate d'aluminium, charbon actif) et le traitement biologique (coagulants biologique : les cellules algales, extrait de paroi d'algues)

Pour la réalisation de cet objectif les analyses microbiologiques et physicochimiques ont été réalisées sur cinq étapes :

-**Etape 01 :** analyse de l'eau brute avant le traitement.

-**Etape 02 :** analyse de l'eau après le traitement par le sulfate d'aluminium.

-**Etape 03 :** analyse de l'eau après le traitement par le charbon activé.

-**Etape 04 :** analyse de l'eau après traitement par les cellules algales.

-**Etape 03 :** analyse de l'eau après le traitement par l'extrais de paroi des algues.

Pour chacun des traitements effectués on réalise deux types de paramètres : (**organoleptiques /physico-chimiques** et **bactériologiques)**

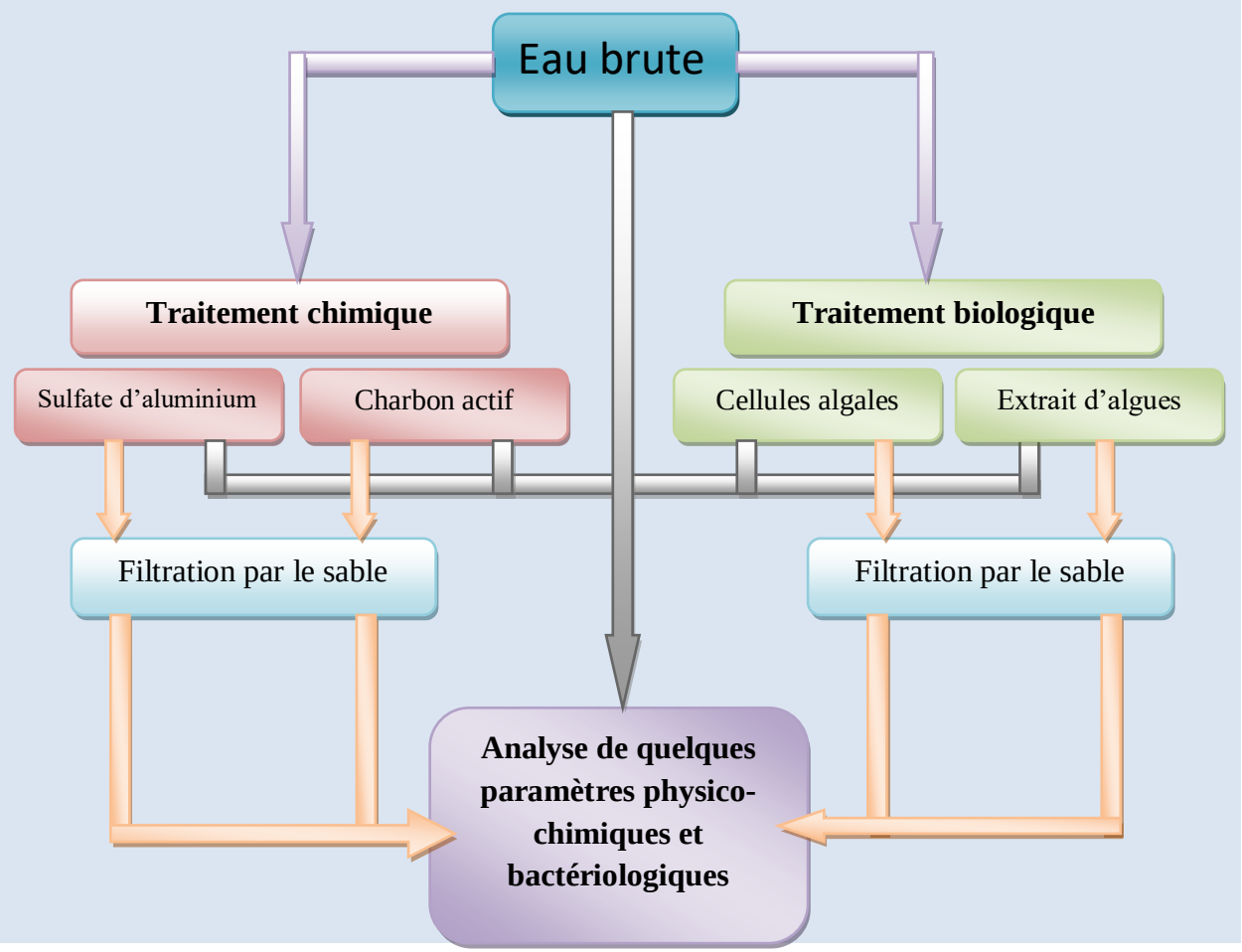


Figure 14 : schéma récapitulatif des différant étapes de traitement et d'analyse d'eau

II. 3.1. Méthodes d'analyses organoleptique de l'eau :

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

a. Teste de couleur : La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée de la source d'échantillonnage **(4)** .

b. Test de l'odeur : L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

c.Test de saveur : La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation**(4)**.

II.3.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques :

a. Analyses physiques :

a.1.La température : La température de l'eau est mesurée sur site avec un thermomètre précis, gradué au 1/10de degré, la lecture est faite après une immersion de 10 minutes**(4).**

a.2 Mesure de potentiel d'hydrogène pH : La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser **(4).**

a.3 Mesure de la conductivité : (3)

Elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre à l'électrode constitué de deux lames carrées de 1cm de coté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser en µs/cm. Et à partir de la conductivité on à la suivent :

- **TDS :** Conductivité ×0.64.
- **Salinité :** Conductivité /0.66.

a.4.Mesure de la turbidité : La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser **(3).**

b. Analyses chimiques :

b.1. Demande en chlore par la méthode du « break point » :

D'abord on détermine le titre d'eau de javel pour déterminer la demande en chlore : Dans un Erlenmeyer on introduit :

1 ml d'eau de javel (NaOCl) 10 ml d'eau distillée pour préparer une concentration de (1g/l).

On fait ensuite la lecture de chlore résiduel en utilisant la **DPD 3** (Diehl-p-Phénylène-Diamine) qui réagit avec le chlore libre tout en produisant une couleur rosâtre. L'intensité de

cette couleur est proportionnelle à la concentration en chlore libre recherchée, cette intensité est mesurée par comparaison à une échelle de couleur étalons, à l'aide d'un comparateur Palintest et du Disque approprié. On applique le même volume (1ml d'eau de javel pour chaque traitement).

II.3.3.Méthodes d'analyses bactériologiques :

Le principe général des techniques des analyses bactériologique des eaux consiste à ensemencer une quantité connue d'eau à analyser sur un milieu de culture adapté, solide ou liquide. On suppose que, pendant l'incubation, chaque microorganisme présent se développe pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements d'apparence dans un milieu liquide essentiellement un trouble de celui -ci. Le choix d'une technique d'ensemencement dépend de la nature des microorganismes recherchés, de celle de l'eau et des raisons qui ont conduit à l'analyse.

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par RODIER**(16)**.

Les micro-organismes que nous avons recherchés dans notre étude sont :

-Les germes totaux ; les Coliformes totaux ; les Streptocoques fécaux.

Tableau VIII : Micro-organismes recherchés avec les milieux de culture sélectifs de la température de croissance**.**

Type de bactérie	Milieu de culture	Température d'incubation
Les coliformes totaux	VRBL	T° = 37°C
flore aérobie mésophile	PCA	T° = 37°C
Les streptocoques fécaux	Rothe (présomptif)	T°=37°C

Les dénombrements bactériens sont réalisés sur une gamme de plusieurs dilutions successives pour un échantillon donné. Les cultures comprenant entre 30 et 300 colonies sont alors retenues pour l'expression finale des résultats.

a. Technique des dilutions :

Les dilutions décimales sont réalisées pour les milieux qui sont très riches en microorganismes. Pour faciliter le dénombrement, on utilise un diluant : l'eau physiologique 0,9 %.

les dilutions 10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} et 10^{-4}sont réalisées dans un volume de 9 ml de diluant en tubes à essais.

1 ml de la suspension mère est transféré aseptiquement dans le premier tube 10^{-1}, la pipette ne devant pas pénétrer dans le diluant.

à l'aide d'une deuxième pipette stérile de 1 ml, à partir du tube à la dilution 10^{-1} est prélevé puis transféré 1 ml dans un tube contenant 9 ml de diluant.

il est procédé de la même façon pour les deux derniers tubes, en utilisant à chaque prélèvement une pipette nouvelle.

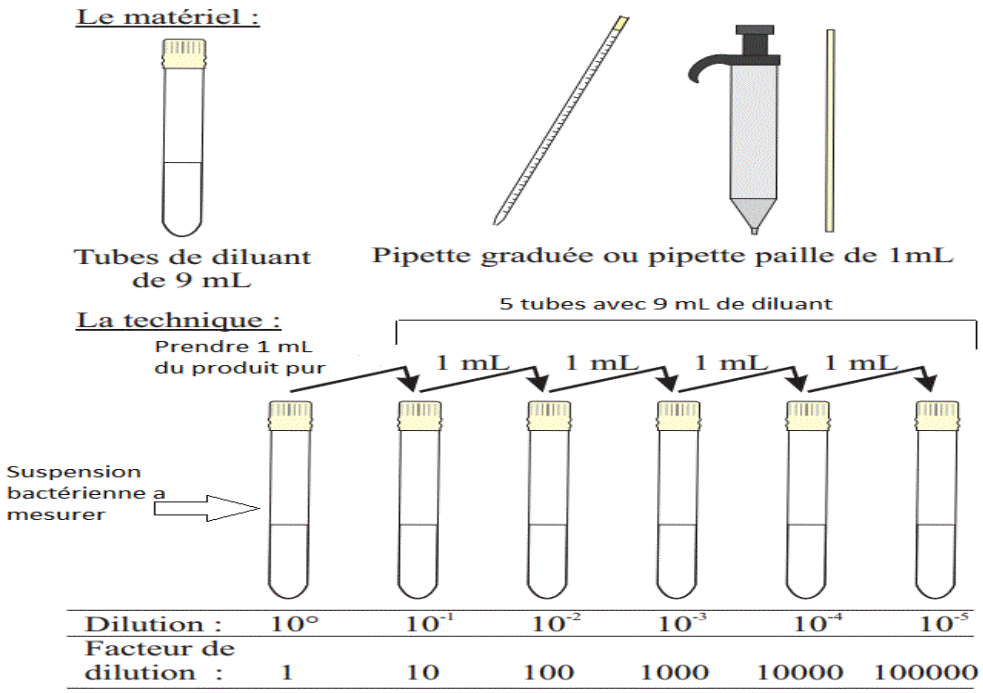


Figure15: Technique de dilution**(8).**

b.Les milieux de culture :

Les milieux de cultures et les réactifs utilisés figurent en **(Annexe I).**

c. Recherche et dénombrement bactérien :

c.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

La flore totale aérobie mésophile est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banals de contamination **(46)** capables de se multiplier en présence d'oxygène à une température située entre 25 et 40°C **(49)**

Les micro-organismes aérobies-anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif gélosé défini non sélectif incubé à 30°C pendant 72h, ils apparaissent sous forme de colonies de tailles et de formes **(48)**

Le milieu de culture PCA est préparé en le mettant dans un bain-marie, ensuite il est refroidi à 45°C devant un bec Bunsen et sur une paillasse bien stérile.

1ml de la dilution choisie (10^{-2}, 10^{-3}) est ajouté dans une boîte de Pétri vide stérile, ensuite 12 - 15 ml du milieu gélosé (PCA) est coulé et mélangé soigneusement en faisant des mouvements de huit pour réaliser un ensemencement homogène .
Les deux boîtes de Pétri sont ensemencées par dilution et laissées se solidifier. Les boîtes sont incubées à 30°C pendant 24 à72h.

Après l'incubation, toutes les colonies sont dénombrées sur les boîtes qui contiennent de 30 à 300 colonies et les résultats par dilution dénombrée sont reportés.

La formule suivante permet le calcul des microorganismes par ml **(47)**

$$N = \frac{\sum \mathbf{c}}{(\mathbf{n1} + \mathbf{0.1} \times \mathbf{n2})\mathbf{dv}}$$

$\sum c$ = nombre total de colonies dénombrées arrondi à 2 chiffres significatifs.

n_1= nombre de boîtes utilisées à la première dilution retenue.

n_2= nombre de boîtes utilisées à la deuxième dilution retenue.

d = dilution à partir de laquelle les premiers comptages ont été réalisés (dilution la plus faible).
v = volume ensemencé en ml.

c.2.Recherche et dénombrement des coliformes : la méthode utilisée est celle préconisée par la norme expérimentale française (AFNOR, 1974). Cette méthode effectuée sur milieu au Cristal Violet, Rouge Neutre, Bileet Lactose (milieu VR B L).

Tableau IX : Méthode de recherche des coliformes.

Ensemencement	**Milieux Utilisés**	**Température et durée d'incubation**	**Interprétation**	**Matériel à Utiliser**
Primaire Culture	V R B L	37°C+ou-1°C24 heures	les colonies caractéristiques des coliformes se présentent sous l'aspect de colonies violacées ayant au moins 0,5mm de diamètre	Boites de Pétri

La technique d'ensemencement et de dénombrement est la même que pour la flore totale aérobie mésophile.

c.3.Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux « Interprétation statistique: méthode du NPP (table de Mac Grady) » :

Les colonies bactériennes ne pouvant être individualisées, on postule que le développement d'une culture est provoqué par la présence d'au moins un germe apporté par l'inoculum. Cette méthode consiste à effectue une série de dilutions de l'eau à analyser (de 10-1 à 10-6 généralement) et d'ensemencer 1 ml de chaque dilution dans des tubes à essais contenant 9 ml de milieu de ROTHE (05 tubes pour chaque dilution).

Incuber les tubes dans une étuve à T=37°C (la lecture après 48 h). Si la lecture est (+) (une trouble présente sur les tubes).

On prend alors en compte la dilution la plus grande pour laquelle une culture cellulaire est apparente pour faire un regroupent des résultats positives (Nombre caractéristique).

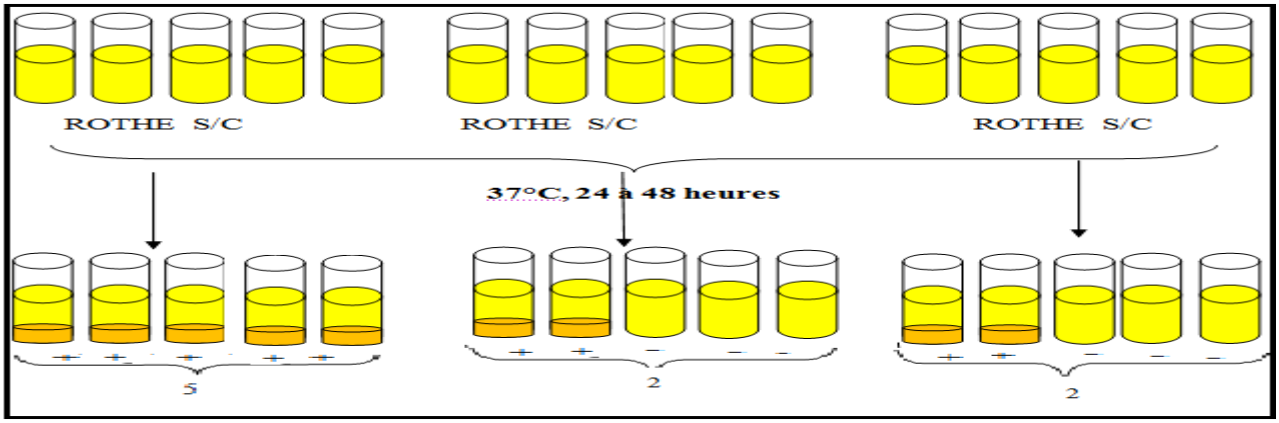


Figure 16 : Exemple de regroupement des résultats positifs (Nombre caractéristique = 522).**(8)**

Reporter au table de Mac Grady pour 5 tubes de dilution afin de trouver le NPP correspondant au nombre caractéristique

Tableau X: Table de Mac Grady **(9)**

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules (NPP)	Nombre caractéristique	Nombre de cellules (NPP)	Nombre caractéristique	Nombre de cellules (NPP)	Nombre caractéristique	Nombre de cellules (NPP)
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

En déduire la concentration en micro-organismes par mL de produit pur N :

$$N = \frac{NPP}{V_{ensemencé}} \times Fd$$

NPP : nombre le plus probable obtenu par lecture de la table de Mac Grady.

V ensemencé : volume ensemencé = 1 ml.

Fd : facteur de la dilution correspondant au chiffre des centaines du nombre caractéristique.

d. Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait des micros algues par la méthode de diffusion sur disque :

La méthode de diffusion sur disque, appelée aussi méthode de Vincent ou technique de l'aromatogramme mise au point par Schr oeder et Messing en 1949.

Dans cette méthode, les disques de papier filtrant stérilisés de 6 mm sont saturés avec un extrait des micros algues stérilisé filtré de la concentration souhaitée. Les disques imprégnés sont ensuite placés sur la surface d'un milieu d'agar solide approprié. Les médias ont été pré inoculés avec des organismes d'essai. La taille standard de l'inoculum est de 1 x10^8 UFC / ml de bactéries pour les plaques de diffusion d'inoculation qui est égale à la norme de turbidité Mc Farland 0,5.

.Les plaques sont ensuite incubées pendant 24 h à 37 ° C .

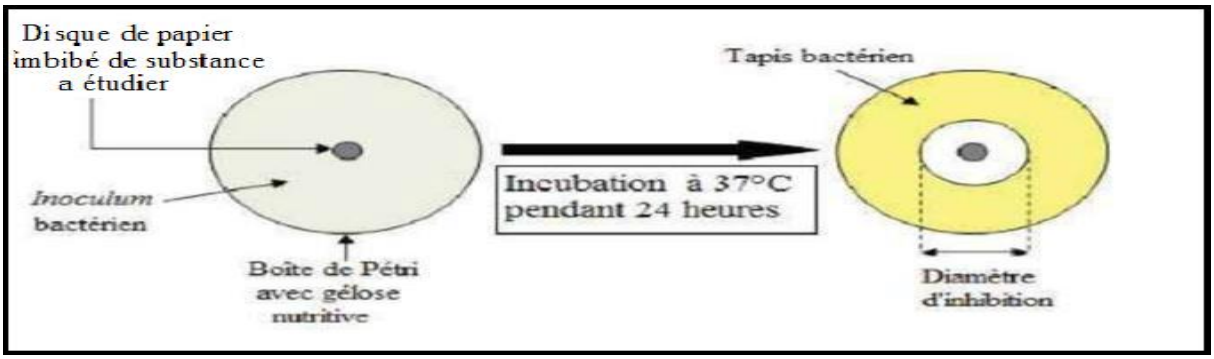


Figure 17: méthode de diffusion sur disque **(52).**

La lecture consiste à mesurer les diamètres des zones d'inhibition à l'aide d'une règle graduée, la formation d'un halo clair autour des disques est considérée comme indicateur de l'activité d'inhibition de la croissance bactérienne. L'indice de d'inhibition (Ii) est déterminé en utilisant la formule suivante :

$$Ii\% = \frac{Diamètre\ halo\ (mm) - Diamètre\ disque (mm)}{Diamètre\ disque\ (mm)} X100$$

d. La méthode de macro dilution en bouillon (Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI des quatre coagulants contre les streptocoques fécaux) :

La Concentration Minimale Inhibitrice (CMI), correspond à la plus faible concentration D'antimicrobiens qui inhibera la croissance visible des microorganismes après une incubatio Durant la 18-24 **(Andrews, 2001)**. Cette valeur permet de classer une souche bactérienne dans les catégories: "sensible" ; "résistante" ; "intermédiaire"**(Genné and Siegrist Hans, 2003).**

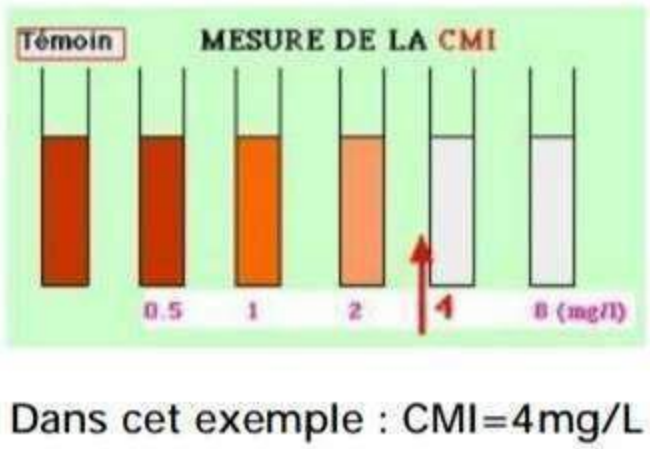


Figure 18: méthode de détermination de la CMI **(54)**

La méthode de macro-dilution en bouillon était parmi les premières à être développée et sert toujours de méthode de référence. Le test est effectué dans des tubes à essai contenant des concentrations différentes de l'agent antimicrobien avec le même volume. Les tubes sont Inoculés avec des microorganismes d'essai à des concentrations standard (Densité optiques=0,5). Tous les tubes de dosage doivent être incubés pendant 18-24 h dans un incubateur d'air ambiant à 35-37 ° C.

Après l'incubation, les tubes sont examinés pour détecter les changements de turbidité commeIndicateur de croissance. La CMI de l'extrait de plante peut être déterminée par la Concentration la plus faible de l'agent antimicrobien qui inhibera la croissance visible du microorganisme testé **(51).**

Les doses des coagulants utilisés sont classées dans le tableau suivant.

Tableau XI : Doses des coagulants utilisés

Numéro de tube	**01**	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**
Doses de coagulant à tester (mg/litre)	10	20	40	80	160	320	640	1280

III. Traitement statistique des données : Les données relatives aux paramètres estimés ont fait l'objet d'une analyse statistique en utilisant le test de l'analyse de Student à une probabilité ($p<0.05$).

Résultat
Et
Discussion

C. Résultats et discussion :

C1- Evaluation de l'effet des différents traitements sur la qualité d'eau :

C1.1.Caractères organoleptiques: Les paramètres organoleptiques constituent les seuls moyens pour les populations de juger la qualité de l'eau boisson utilisée, ainsi seront traitée concernant ces paramètres, la couleur de l'eau (son aspect), sa saveur ou son gout et son odeur.

C.1.1.1. La couleur :

- **Traitement chimique :** L'observation de ces résultats (TableauXII) a montré que le traitement chimique par sulfate d'alumine peut donner des meilleurs résultats sur l'eau brute après filtration par rapport au traitement par charbon actif dans tous les échantillons d'eau étudiés, sa veut dire que les matières en suspension dans l'eau brute s'abaissent avec ce traitement.

Tableau XII : Estimation de la couleur de l'eau traitée par substances chimiques.

	Echantillon d'eau	Avant traitement	Après traitement	
			Décantation	**Filtration**
Traitement par sulfate	Eau brute	Eau peu claire avec débris visibles	Eau peu claire	**Eau Claire**
Traitement par charbon	Eau brute	Eau peu claire avec débris visibles	Eau peu Claire	Eau peu Claire

Traitement biologique: Pour tous les traitements effectués sur les échantillons traités ; 100% des eaux ont été amélioré, la bonne qualité de couleur a été obtenus avec le traitement par l'extrait d'algue sur l'eau prélevée (eau brute) (Tableau XIII).

Tableau XIII : Estimation de la couleur de l'eau traitée biologiquement.

	Echantillon de l'eau	**Avant traitement**	**Après traitement**	
			Décantation	Filtration
Traitement par cellules algales	Eau brute	Eau peu claire avec débris visibles	Eau peu claire	Eau Claire
Traitement par l'extrait d'algue	Eau brute	Eau peu claire avec débris visibles	Eau peu claire	**Eau très Claire**

C.1.1.2.Odeur de l'eau: L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui renferme une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matière organique en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs.

- **Traitement chimique:** Tous les traitements chimiques ont permet d'éliminer l'odeur de l'eau après décantation que après filtration à sable (Tableau XIV).

Tableau XIV : Estimation de l'odeur de l'eau traitée par des substances chimiques

Echantillon de l'eau		Avant traitement	Après traitement	
			Décantation	**Filtration**
Traitement par sulfast	Eau brute	Odeur du sol	Ayant peu d'odeur	Sans odeur
Traitement par charbon actif	Eau brute	Odeur du sol	Ayant peu d'odeur	Sans odeur

- **Traitement biologique :** Selon les résultats mentionnés dans le tableau XV**,** Seul le traitement par l'extrait d'algue qui donne une eau traitée sans odeur même avec des concentrations croissantes des matières en suspension, le traitement « cellules algales » améliore l'odeur de l'eau.

Tableau XV : Estimation de l'odeur de l'eau traitée biologiquement.

Echantillon de l'eau		Avant traitement	Après traitement	
			Décantation	**Filtration**
Traitement par cellules algales	Eau brute	Odeur du sol	Ayant peu d'odeur	Sans odeur
Traitement par l'extrait d'algue	Eau brute	Odeur du sol	Ayant peu d'odeur	Sans odeur

C.1.1.3.Saveur de l'eau:

- **Traitement chimique:** Tous les échantillons d'eau ne changent pas après traitement soit par sulfate d'alumine ou par charbon actif, qui affirme que le traitement chimique est inefficace pour éliminer le goût métallique de l'eau (Tableau XVI).

Tableau XVI: Estimation de la saveur de l'eau traitée par des substances chimiques.

Echantillon de l'eau		Avant traitement	Après traitement	
			Décantation	Filtration
Traitement par sulfate d'alumine	Eau brute	Gout métallique	Peu douce	Peu douce
Traitement par charbon actif	Eau brute	Gout métallique	Peu douce	Peu douce

- **Traitement biologique:** Les résultats de l'évaluation de la saveur d'eau après le traitement biologique ont montrés que l'application de la dose optimale de l'extrait d'algue sur l'eau brute a donné une bonne réaction coagulation-floculation qui maintient le bon goût d'eau (Tableau XVII). .

Tableau XVII : Estimation de la saveur de l'eau traitée biologiquement

Echantillon de l'eau		Avant traitement	Après traitement	
			Décantation	Filtration
Traitement par cellules algales	Eau brute	Gout métallique	Peu douce	Peu douce
Traitement par l'extrait d'algue	Eau brute	Gout métallique	Douce	Douce

C1.2.Caractères physico-chimiques:

C.1.2.1 : Paramètres physiques :

a. Là température :

L'influence des différents traitements sur l'augmentation de la température dès la température initiale de l'eau brute 16,23 C° s'explique en grande partie par la les processus de

coagulation de la matière en suspension (réaction d'adsorption des cations) par les différents coagulants utilisés dans le traitement, notamment avec le traitement par charbon actif après filtration où la température a été T°=24,13C° qui favorise la prolifération des coliformes dans l'eau.

Les valeurs de la température produit par chaque traitement sont présentées dans le graphe suivant.

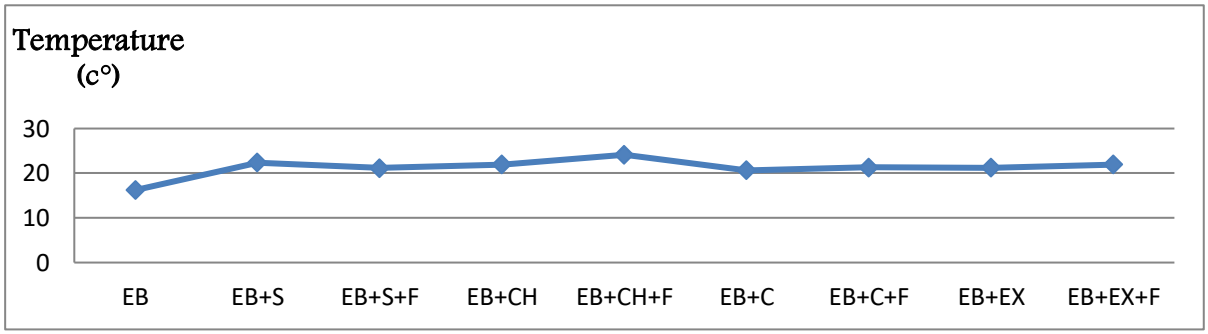


Figure 19: Résultats de l'effet des différents traitements sur la température de l'eau.

b. Potentiel d'hydrogène pH :

Dans la présente expérience, toutes les valeurs obtenus sont < pH : 7.52 d'eau brute sans traitement, le potentiel d'hydrogène de l'eau brute traitée par l'extrait d'algue avec filtration a été de l'ordre de 7 ,15 « pH neutre » (la valeur minimale) qui est une valeur répondent en normes algériennes **[6.5 , 9]** et en normes d'OMS **[6.5 , 9]** donc c'est le traitement le plus efficace qui peut diminuer l'alkanité de l'eau.

Les résultats obtenus sont présentés dans les graphes suivants.

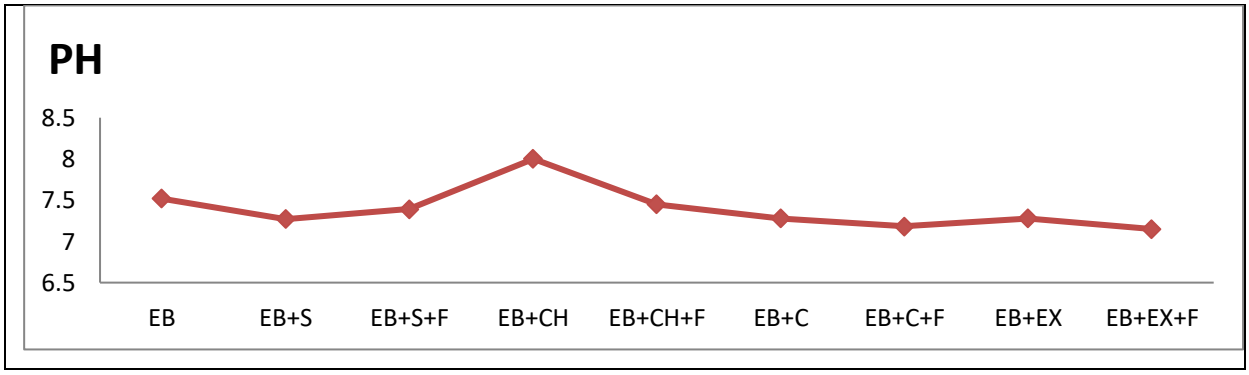


Figure 20 : Résultats de l'effet des différents traitements sur le pH de l'eau.

c. La conductivité :

Rodier et *al.* (2009), signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca2+), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-). Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. La valeur de conductivité initiale de l'eau brute est de **145.33 µs /cm,** d'après les résultats obtenus nous constatons que le traitement d'eau brute par les cellules de micro-algues donne une valeur de **140.23 µs /cm (**conservation de la concentration initiale en sels minéraux) qui est conforme aux normes d'OMS et aux normes algériennes **(≤ 2800 µs /cm**). Par comparaison avec la valeur initiale de l'eau cette valeur a été augmentée avec le traitement de sulfate 201,67 **µs /cm.**

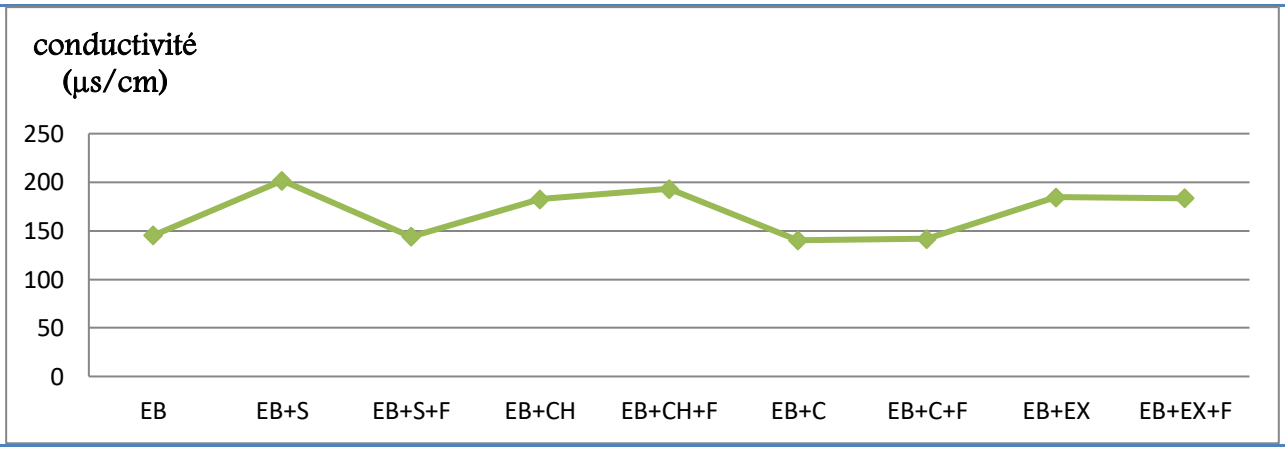


Figure 21 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la conductivité de l'eau.

d. La turbidité :

L'algue a présenté un effet beaucoup plus favorable vis à vis a la diminution de la turbidité initiale. Selon **Ofer et *al.* (2003),** les capacités d'absorption de cations métalliques de quelques algues brunes étaient beaucoup plus élevées que celles d'autres types de biomasse. Des études expérimentales ont montré que les algues marines, *Sargassum vulgaris* et *Padina pavonia* peuvent être utilisées pour développer un biosorbant efficace pour la diminution de la turbidité et l'élimination des métaux lourds à partir de solutions aqueuses.

Cependant, l'extrait de l'algue Semble être plus actif que les cellules d´*Enteromorpha* sp, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le traitement par l'extrait : **1.6 FNU**, cette valeur est conforme aux normes d'OMS et aux normes algériennes **[0 ; 5 FNU]**. (Fig 22).

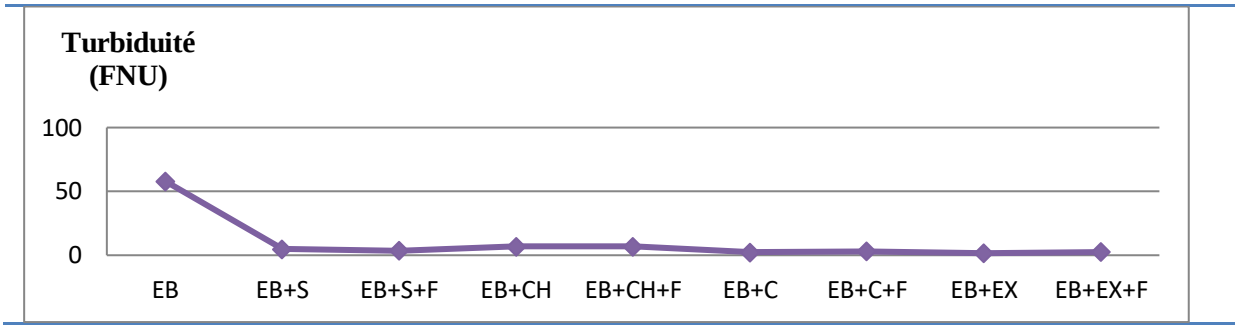


Figure 22: Résultats de l'effet des différents traitements sur la turbidité de l'eau.

C.1.2.2.Paramètres chimiques :

Chlorure :

La valeur de chlore initiale de l'eau pour les échantillons testés était de **0 g/l (pré-chloration),** après les différents traitements effectués nous remarquons une diminution du taux de chlorure dans l'eau brute traitée par le charbon actif avec filtration, la valeur enregistrée s'était de l'ordre de **0.9 g/l,** sachant que la dose de chloration durant le traitement **= 1g/l** donc la demande en chlorure est de +**10%.**

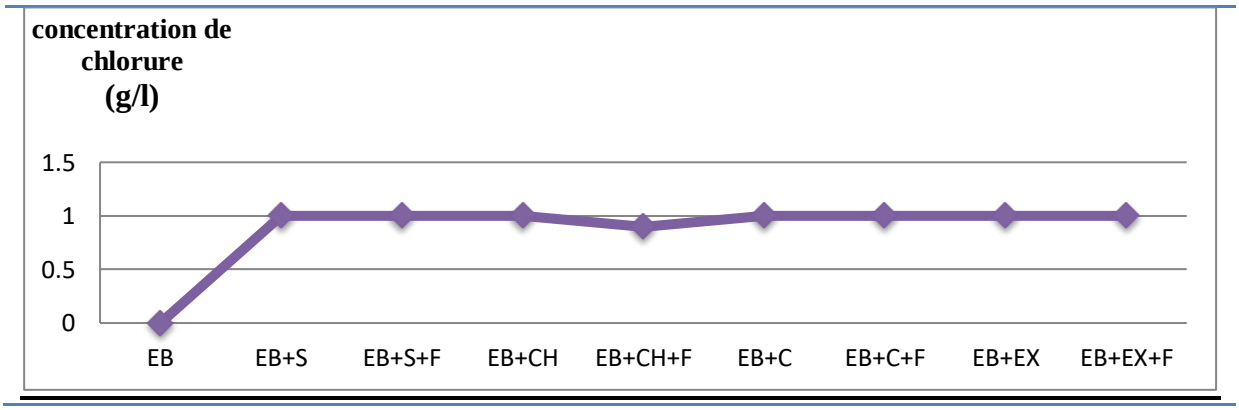


Figure 23: Résultats de l'effet des différents traitements sur la concentration en chlorure de l'eau.

C.1.3. Paramètres microbiologiques :

C.1.3.1. Dénombrement des coliformes totaux sur gélose VRBL:

a. Eau brute : Le test de dénombrement des coliformes totaux ont pour but de rechercher la charge initiale de l'eau en coliformes dans l'étape prétraitement, pour déterminer l'efficacité de différents traitements sur la qualité bactériologique de l'eau traitée.

Le tableau XVIII et la figure 24 ci-dessous montre l'apparition des colonies bactériennes dans l'eau brute sur gélose VRBL dans des dilutions différentes de la solution mère.

Tableau de XVIII : Résultats dénombrement des coliformes totaux de l'eau brute sur gélose VRBL.

Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	96
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	112
N : nombre de microorganismes /ml			$1{,}04.10^4$

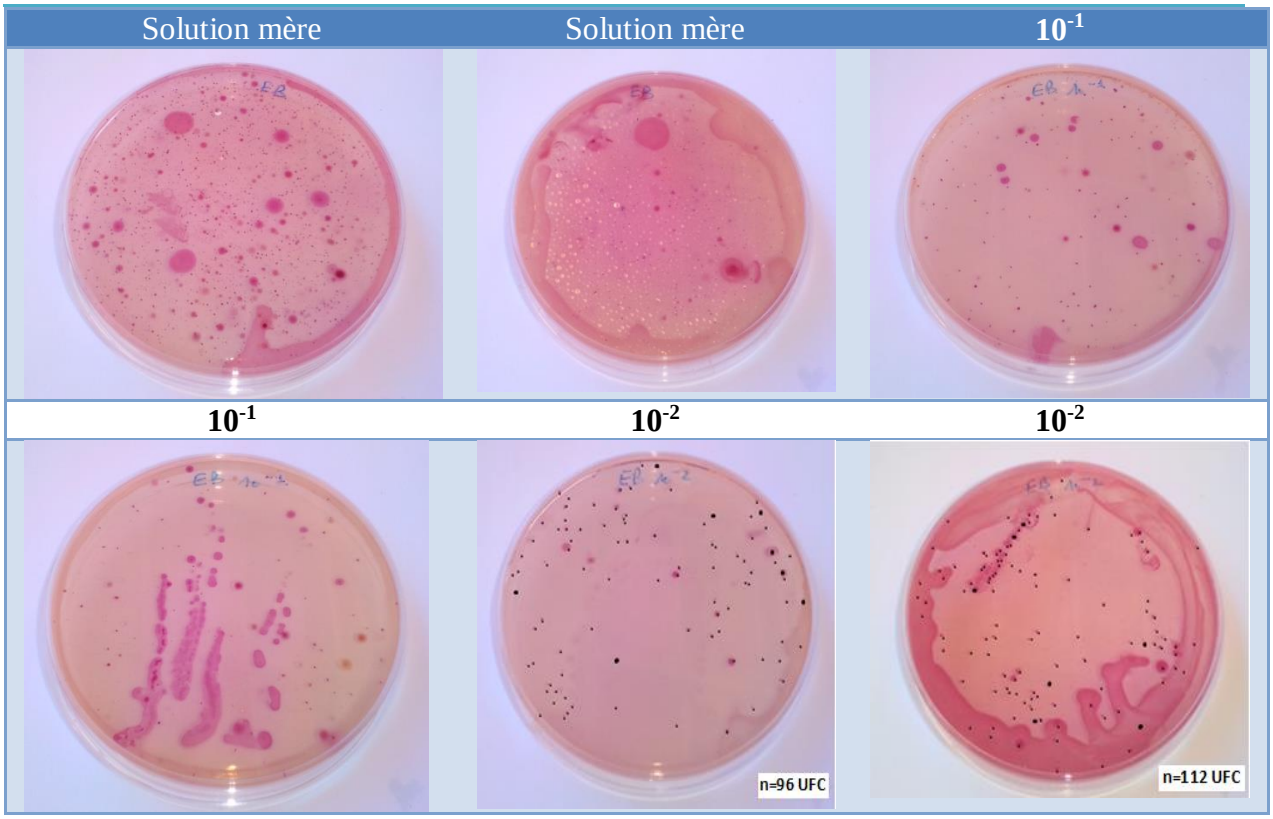


Figure 24 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute sur gélose VRBL

b .Après traitement par les coagulants chimiques(voire les figures de l' annex IV) :

b.1.Traitement par le sulfate d'alumine :

L'étude de l'effet du traitement par sulfate d'alumine a permis de montrer qu'il y a une baisse de la concentration bactérienne de $1{,}04.10^4$ dans l'eau brute à 40,5 cellules/ml dans l'eau traitée après filtration à sable **(Tableau XIX)**.

Tableau XIX: Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par sulfate d'alumine a sur gélose VRBL.

• **Après décantation :**			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	207	09
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	67	61
N : nombre de Microorganismes/ml		**$3{,}52.10^2$**	
• **Après filtration à sable :**			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	39	06	/
Nombre de colonies (Boite 2)	42	02	/
N : nombre de microorganismes/ml		**40,5**	

b.2.Traitement par le charbon actif : Les résultats obtenus dans le **Tableau XX** montrent que l'activité bactérienne dans les deux étapes (Décantation et après filtration) avec le traitement charbon actif, est toujours plus faible que celle de la concentration initiale, mais les valeurs restent sans signification statistique.

Tableau XX : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par charbon actif sur gélose VRBL

• **Après décantation :**			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	34
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	104	21
N : nombre de microorganismes/ml		**$1{,}25.10^3$**	
Après filtration :			
	Solution mère	10^{-1}	10^{-2}
Dilutions			
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	31	/
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	33	/
N : nombre de microorganismes /ml		**$3{,}2.\ 10^2$**	

c. Après le Traitement par les coagulants biologiques(voir les figures de l'annex IV) :

c.1. Traitement par les cellules algales :

Selon les valeurs représentées dans le **Tableau XXI**, on observe une diminution hautement significative de concentration bactérienne **N**, dans l'eau après traitement biologique par des cellules algales.

Tableau XXI : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par cellules algales sur gélose VRBL.

Après décantation :			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	53	33
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	73	19
N : nombre de microorganismes/ml		**5,13. 10^2**	
Après filtration :			
	Solution mère	10^{-1}	10^{-2}
Dilutions			
Nombre de colonies (Boite 1)	15	00	/
Nombre de colonies (Boite 2)	19	03	/
N : nombre de microorganismes /ml		**17**	

c.2. Traitement par l'extrait des micro-algues :

Les tests comparatifs du traitement biologique par l'utilisation de l'extrait d'algue a permet de constater que ce traitement est fortement efficace avant et après filtration à sable à la concentration optimale (C) de l'extrait**.**

Tableau XXII : Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau traitée par l'extrait des micros algues sur gélose VRBL.

Après décantation :			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	48	03	00
Nombre de colonies (Boite 2)	16	00	01
N : nombre de microorganismes/ml		**32**	
Après filtration :			
Dilutions	**Solution mère**	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	15	01	00
Nombre de colonies (Boite 2)	04	00	00
N : nombre de microorganismes /ml		**9,5**	

Chevalier (2003), a montré que les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la décroissance bactérienne après traitement.

La présence de coliformes, résulte de leur abondance dans matières fécales des animaux à sang chaud et constituent des indicateurs fécaux de première importance.
Le test de dénombrement des coliformes totaux du lac d'Oued mezghid révèle une forte concentration brute de **$1{,}04.10^4$ bactérie/ml** par rapport au concentration trouvée par Mokdadi en 2014 sur plusieurs lacs **(0 à 100 bactéries/ml)**, ces résultats montrent que l'eau du lac d'Oued mezghid est fortement contaminée et qui ne serre même pas a l'irrigation selon les normes citées par la même étude **(<100bact/ml).**Cette contamination est due a des effets anthropiques (utilisée comme exutoire pour évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les déchets urbaines et domestiques).
Le traitement de cette eau réduit fortement le nombre des coliformes : une réduction maximale (réduction de **99,7%** des coliformes) est obtenue pour l'extrait des micros-algues ; une réduction de **97%** pour le sulfate d'alumine ; une réduction de **95%** pour les cellules algales et une réduction de **88%** des coliformes pour le charbon actif.
Le traitement par les quatre coagulants donne des eaux à très haut risque pour les consommateurs selon (WHO, 1997) (nombre>1000 coliformes/100ml)
Selon les normes de l'OMS e l'UE pour l'eau potable (00 coliformes/100ml) ces eaux sont impropres a la consommation. Un traitement de désinfection est nécessaire.
Les résultats des tests comparatifs des différents traitements sont répertoriées dans le tableau XXIII et la figure 25.

Tableau XXIII : Résumé de résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute et l'eau traitée.

Traitement	**Eau brute**	**Sulfate d'aluminium**		**Charbon actif**		**Cellules algales**		**Extrait d'algue**	
Echantillons		Après décant-ation	Après filtrat-ion	Après décant-ation	Après filtrat-ion	Après décanat-ion	Après filtrat-Ion	Après décant-ation	Après filtrat-ion
Nombre de bactéries par millilitre	**$1{,}04.10^4$**	**$3{,}52.10^2$**	**40,5**	**$1{,}25.10^3$**	**$3{,}2.\ 10^2$**	**$5{,}13.\ 10^2$**	**17**	**32**	**9,5**

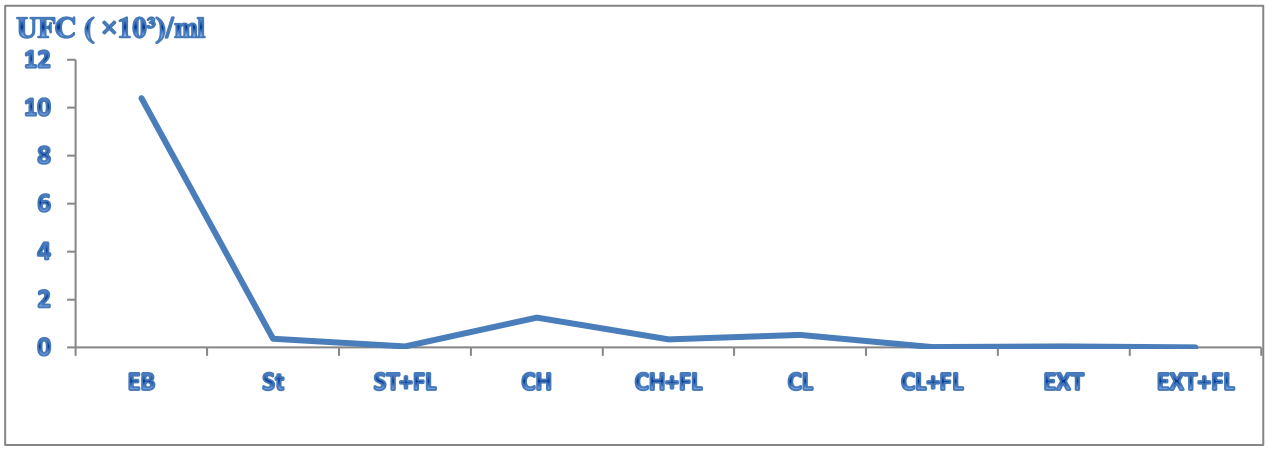


Figure 25: résultats de dénombrement des coliformes totaux dans l'eau brute et l'eau traitée

C.1.3.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles :

a. Eau brute : Le tableau XXIV et la figure 26, ci-dessous montre l'apparition d'une culture dense (culture trop chargée en colonies des germes aérobies mésophiles) dans l'eau brute sur milieu PCA même dans fortes dilutions.

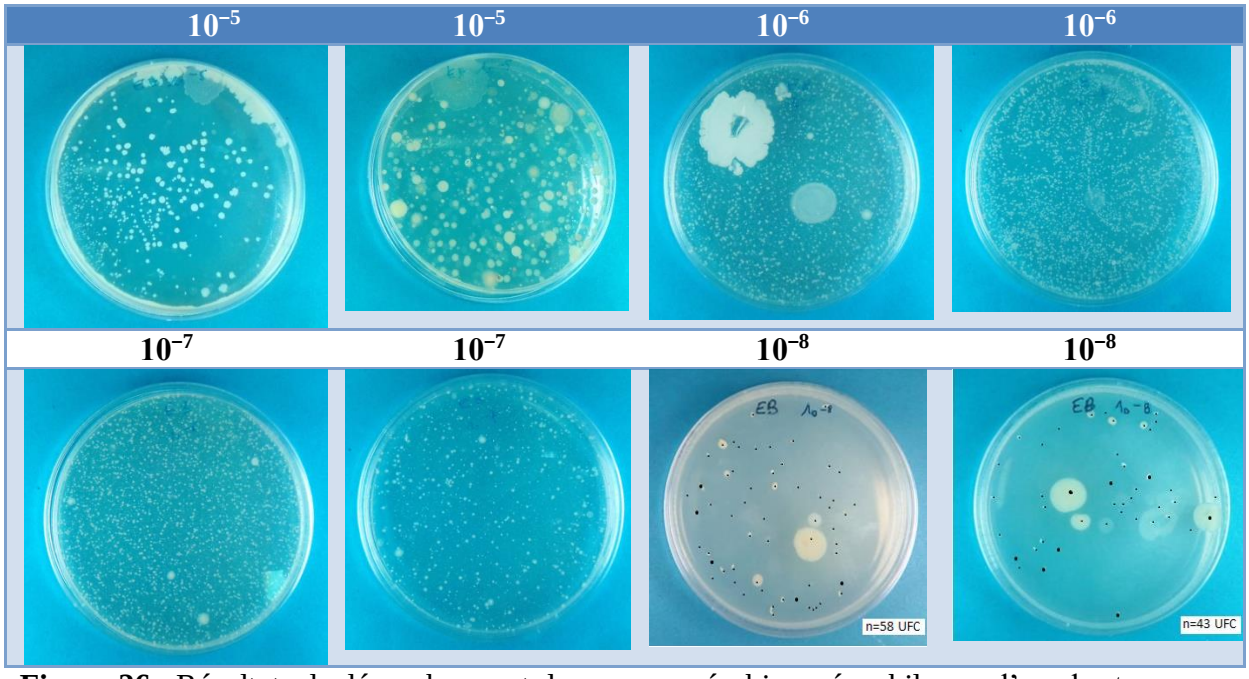


Figure 26 : Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles se l'eau brute sur PCA.

Tableau de **XXIV :** Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles de l'eau brute sur PCA.

Dilutions	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	58
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	43
N : nombre de microorganismes/ml			**$5{,}05.10^{9}$**

b .Après le Traitement par les coagulants chimiques (voire les figure de l'annex V):

b.1.Traitement par le sulfate d'alumine :

L'étude de l'effet du traitement par sulfate d'alumine a permis de montrer qu'il y a une légère diminution de la concentration microbienne de **$5{,}05.10^{9}$** dans l'eau brute à **$2{,}49.10^{6}$** cellules/ml dans l'eau traitée après décantation et **$2{,}72.10^{5}$** cellules/ml après filtration à sable **(Tableau XXV)**.

Tableau XXV: Résultats de dénombrement des germes aérobies mésophiles dans l'eau traitée par sulfate d'alumine a sur gélose PCA.

Après décantation :			
Dilutions	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	207
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	291
N : nombre de microorganismes /ml		**$2{,}49.10^{6}$**	
Après filtration :			
Dilutions	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	257
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	287
N : nombre de microorganismes / ml		**$2{,}72.10^{5}$**	

b.2. Traitement par le charbon actif:

Les résultats obtenus dans le **Tableau XXVI** montrent que le nombre de bactéries dans les étapes (Décantation et après filtration) avec le traitement charbon actif, est toujours fort par rapport à la concentration initiale, cela signifie un faible effet du traitement sur la diminution de la concentration bactérienne.

Tableau : XXVI Résultats de dénombrement des germes mésophiles après traitement par charbon actif.

Après décantation :			
Dilutions	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	183
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	172
N : nombre de microorganismes/ml		**$1{,}77.10^{6}$**	
Après filtration :			
Dilutions	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	43
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	33
N : nombre de microorganismes/ml		**$3{,}8.10^{4}$**	

c. Après le Traitement par les coagulants biologiques (voire les figures de l'annex V) :

c.1. Traitement par les cellules algales :

Selon les valeurs représentées dans le **Tableau XXVII**, on observe une diminution statistiquement non significative de la concentration des germes mésophiles, dans l'eau après traitement biologique par des cellules algales.

Tableau XXVII : Résultats de dénombrement des germes mésophiles dans l'eau traitée par cellules algales sur gélose PCA.

Après décantation :			
Dilutions	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	177
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	147
N : nombre de microorganismes par ml		**$1{,}62.10^{5}$**	
Après filtration :			
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	65
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	171
N : nombre de microorganismes par ml		**$1{,}18.10^{4}$**	

c.2. Traitement par l'extrait des micro-algues :

Les tests comparatifs du traitement biologique par l'utilisation de l'extrait d'algue a permet de remarquer que ce traitement est plus efficace après filtration à sable à la concentration optimale de l'extrait d'algue**.**

Tableau XXVIII : Résultats de dénombrement des germes mésophiles dans l'eau traitée par l'extrait des micros algues sur gélose PCA.

Après décantation :			
Dilutions	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	Indénombrable	89
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	Indénombrable	107
N : nombre de microorganismes/ml		**$9.8.10^4$**	
Après filtration :			
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}
Nombre de colonies (Boite 1)	Indénombrable	68	/
Nombre de colonies (Boite 2)	Indénombrable	84	/
N : nombre de microorganismes/ml		**$7,6.10^2$**	

La comparaison du nombre des germes mésophiles totaux du lac d'Oued mezghid : **$5,05.10^9$ bact/ml** avec les résultats de l'étude qui été faite par Mokdadi en 2014 sur plusieurs points de prélèvements (**04 a 100 bact/ml**) a révélé une forte pollution par des bactéries mésophiles ,selon les recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau d'irrigation : ([c]<50000bact/ml).

La première courbe (a grand échelle) montre que tous les traitements éliminent presque la totalité des germes totaux (+99.99%).

La deuxième courbe (a petit échelle) montre que le traitement biologique (notamment l'extrait d'algue) a été plus efficace que le traitement chimique.

Notons aussi que la filtration à sable réduit aussi de manière efficace le nombre des germes totaux (Tableau XXIX et figures 27, 28).

Selon les normes de l'OMS pour l'eau potables (<100 germes/ml) cette eau même après le traitement de clarification est impropre a la consommation humaine. Un traitement de désinfection est nécessaire

Tableau XXIX : Résumé des résultats de dénombrement des germes mésophiles

Traitement		**Sulfate d'aluminium**		**Charbon actif**		**Cellules algales**		**Extrait d'algue**	
Echantillons	**Eau brute**	**Après décant ation**	**Après filtrat-ion**	**Après décant-ation**	**Après filtrat-ion**	**Après décanat-ion**	**Après filtrat-Ion**	**Après décant-Ation**	**Après filtrat-Ion**
Nombre de bactéries par millilitre	**$5,05.10^9$**	**$2,49.10^6$**	**$2,72.10^5$**	**$1,77.10^6$**	**$3,8.10^4$**	**$1,62.10^5$**	**$1,18.10^4$**	**$9.8.210^4$**	**$7,6.10^2$**

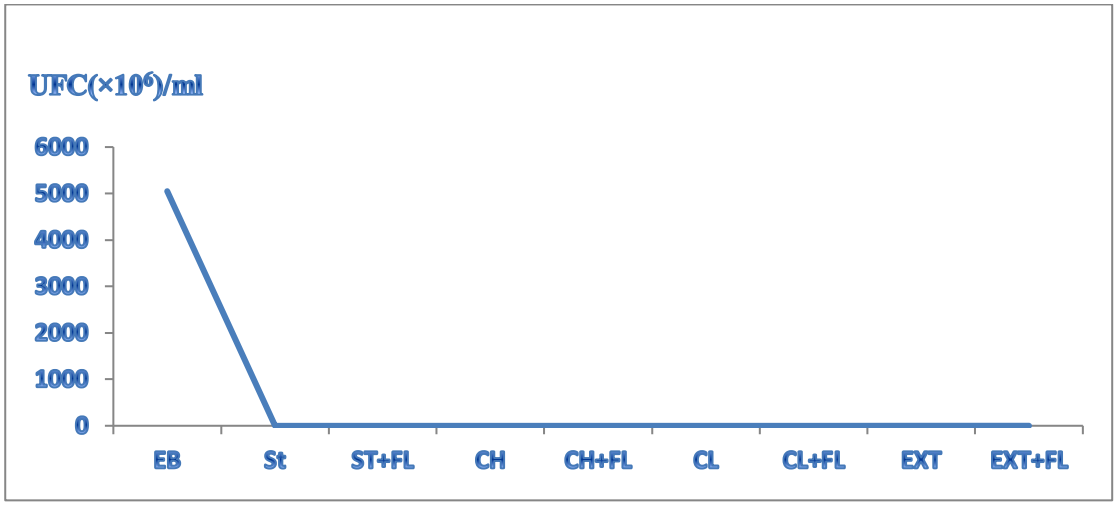


Figure 27 : Résultats de dénombrement des germes mésophiles (eau brute+eau traité).

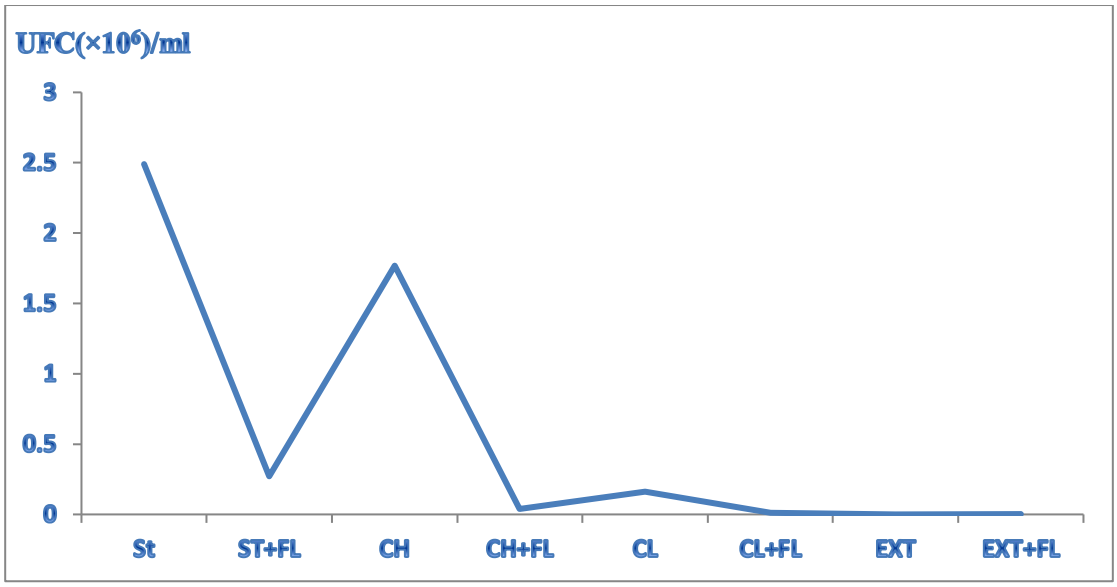


Figure 28 : Résultats de dénombrement des germes mésophiles (eau traité).

C.1.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE (voire les figures de l'annex VI):

a. Eau brute :

Le tableau XXX, ci-dessous montre l'apparition d'une culture moyennement dense (culture peu chargée en colonies des streptocoques fécaux) dans l'eau brute sur bouillon de ROTHE où la concentration a été de 3,5. 10^2 germes /ml.

Tableau XXX: Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE .

Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ - - - -	- - - - -
Nombre de tubes positifs	**05**	**05**	**05**	**01**	**00**
Regroupement	510				
NPP (table de Mac Grady)	3,5				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**3,5. 10^2**				

b. Après le Traitement par les coagulants chimiques:

b.1.Traitement par le sulfate d'alumine :

L'étude de l'effet du traitement par sulfate d'alumine a permis de montrer qu'il y a une baisse très significatif de la concentration bactérienne de $3,5.10^2$ à 0 cellules/ml dans l'eau brute après traitement et filtration à sable filtration. **(Tableau XXXI)**.

Tableau XXXI: Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux de l'eau traité par sulfate sur bouillon de ROTHE**.**

Après décantation :					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	+ + + - -	+ - - - -	- - - - -	- - - - -	/
Nombre de tubes positifs	03	01	00	00	/
Regroupement	310				
NPP (table de Mac Grady)	1,1				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**$1,1.10^0 = 1.1$**				
Après la filtration à sable :					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	/
Nombre de tubes positifs	00	00	00	00	/
Regroupement	00				
NPP (table de Mac Grady)	00				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**00**				

b.2. Traitement par le charbon actif :

Les valeurs obtenus dans le **Tableau XXXII,** montrent que le nombre de bactéries dans les étapes (Décantation et après filtration) avec le traitement charbon actif, a été diminué notamment après la filtration.

Tableau XXXII: Résultats de dénombrement streptocoques fécaux de l'eau traité par charbon sur bouillon de ROTHE **.**

Après décantation :					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	+ + + + +	+ + + + +	+ - - - -	- - - - -	- - - - -
Nombre de tubes positifs	05	05	01	00	00
Regroupement	510				
NPP (table de Mac Grady)	3,5				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**35**				
Après filtration à sable :					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	- - - - -	- - - - -	- - - - -	/	/
Nombre de tubes positifs	00	00	00	/	/
Regroupement	00				
NPP (table de Mac Grady)	00				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**00**				

c. Traitement biologique :

C.1.Traitement par les cellules algales :

Selon les valeurs représentées dans le **Tableau XXXIX**, on observe une diminution très significative de concentration bactérienne **N**, dans l'eau après traitement biologique par des cellules algales.

Tableau XXXIX: Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux de l'eau traité par les cellules algales sur bouillon de ROTHE

Après décantation :					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	+ + + + +	+ - - - -	- - - - -	- - - - -	/
Nombre de tubes positifs	05	01	00	00	/
Regroupement	510				
NPP (table de Mac Grady)	3,5				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**3,5**				
Après filtration					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}

Résultats	+ + + - -	+ + - - -	- - - - -	/	/
Nombre de tubes positifs	03	02	00	/	/
Regroupement	320				
NPP (table de Mac Grady)	**1,4**				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**1,4**				

c.2.Traitement par l'extrait des micro-algues :

Les tests comparatifs du traitement biologique par l'utilisation de l'extrait d'algue a permet de remarquer que ce traitement est plus efficace après filtration à sable à la concentration optimale de l'extrait d'algue**.**

Tableau XXXIII : Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux de l'eau traité par l'extrait sur bouillon de ROTHE

Après décantation					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	+ + + - -	+ - - - -	- - - - -	- - - - -	/
Nombre de tubes positifs	03	01	00	00	/
Regroupement	310				
NPP (table de Mac Grady)	1,1				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**1.1**				
Après filtration					
Dilutions	10^{-0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
Résultats	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	/
Nombre de tubes positifs	00	00	00	00	/
Regroupement	00				
NPP (table de Mac Grady)	00				
N (nombre de bactéries par millilitres)	**00**				

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (Chevalier, 2002; Ladjel, 2009). Selon Rodier et *al.* (2005), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Après le dénombrement des streptocoques fécaux du lac d'Oued mezghid (**3,5. 10^2 bact/ml**) l'étude comparative de ces bilans celles qui trouvés par Mokdadi en 2014 sur plusieurs lacs

(00 a 40 bact/ml) montre une forte contamination de l'échantillon étudié par les streptocoques fécaux.

Dans notre expérimentation le traitement de cette eau réduit fortement le nombre des coliformes : une réduction maximale est obtenue avec le sulfate d'alumine et l'extrait d'algue (Réduction de 99.7% des streptocoques) ; Les cellules algales refuient le nombre des streptocoques de 99% ; Le charbon réduit le nombre de 90%. La filtration par le sable réduit aussi le nombre des streptocoques fécaux.

Cette eau répond dans ¾ des traitements aux normes de l'OMS pour l'eau potables (00 streptocoque fécale/100ml), mais malgré ça un traitement de désinfection est nécessaire pour garantir l'absence des streptocoques fécaux.

Tableau XXXXI: Résumé des résultats de dénombrement des streptocoques fécaux.

Traitement		**Sulfate d'aluminium**		**Charbon actif**		**Cellules algales**		**Extrait d'algue**	
Echantillon	**Eau brute**	**Après décantation**	**Après filtration**	**Après décantation**	**Après filtration**	**Après décantation**	**Après filtration**	**Après décantation**	**Après filtration**
Nombre de bactéries par millilitre	**3,5. 10^2**	**1,1**	**00**	**35**	**00**	**3,5**	**1,4**	**1,1**	**00**

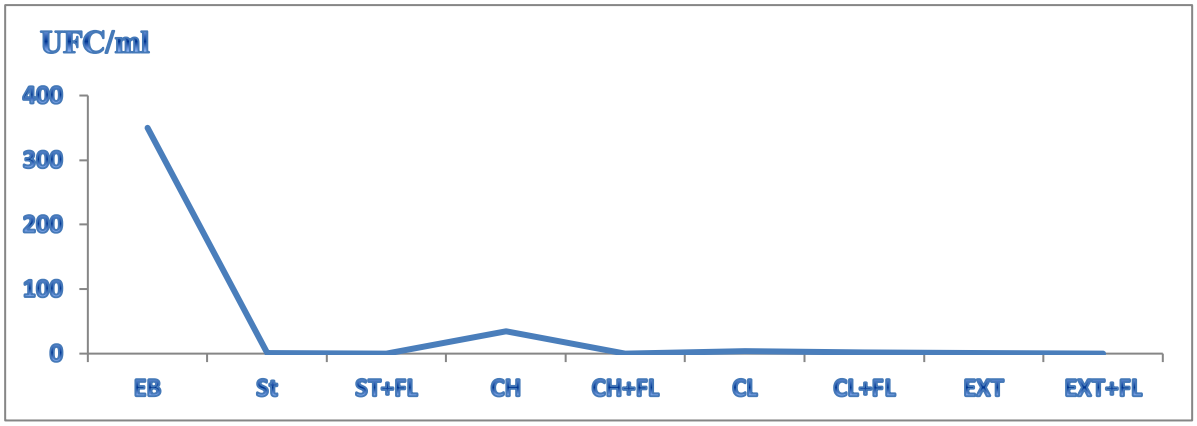


Figure 29: Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux.

C.1.3.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne des quatre coagulants contre les bactéries étudiées : Avant la mise en œuvre d'une stratégie de lutte contre les micro-organismes et les bactéries dans l'eau à l'aide des substances chimiques et biologiques, il est nécessaire de connaître le comportement des agents antagonistes et leurs interactions avec ces germes. C'est pourquoi un test d'activité antagoniste entre ces substances et les trois groupes

des bactéries pour la détermination de l'effet antibactérien. La méthode que nous avons utilisée est celle de diffusion par la mesure de l'indice d'inhibition de la zone de croissance microbienne.

a. Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux :

Les résultats obtenus pour les différentes substances sur les coliformes fécaux sont présentés sur la **figure 30** et le **Tableau XXXXXII.** Au bout de 2 jours d'incubation sur un milieu solide VRBL une action inhibitrice exercée par l'extrait d'algue vis-à-vis de la croissance bactérienne.

Le taux d'inhibition (Ii) enregistré a été de 61 % (9,33 ± 0.4) , en présence de la même concentration (Ii) pour le charbon a été 28% et pour le sulfate 36%.

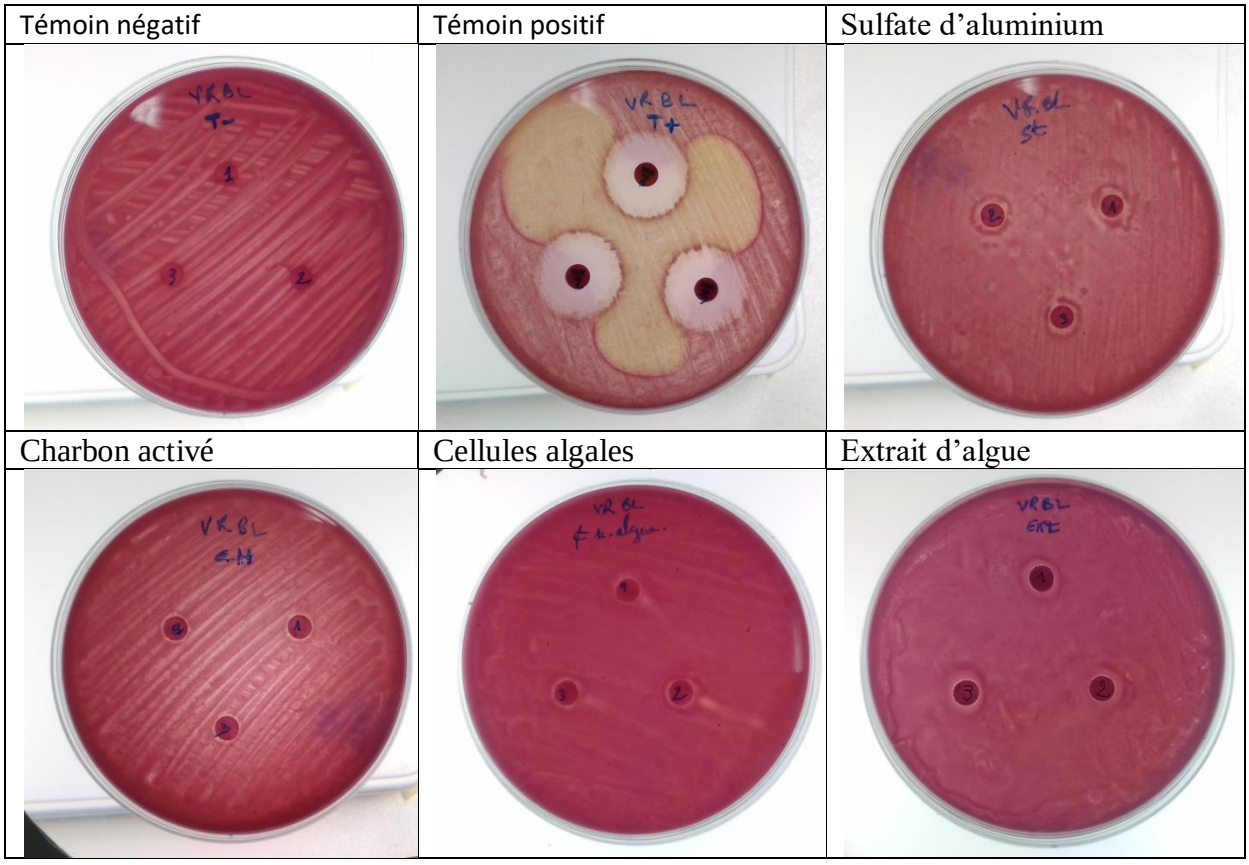


Figure 30 : Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux

TableauXXXXII: Activité antibactérienne contre les coliformes fécaux

Produits	Témoin négatif	Témoin positif	Sulfate d'aluminium	Charbon actif	Cellules algales	Extrait d'algue
Diamètres des halos en millimètres	00	21.33± 0.4	8.16± 0.1	7.66± 0.7	7.66± 0.6	9.33± 0.4
Ii % (Indice d'inhibition)	**00**	**255**	**36**	**28**	**28**	**61**

b. Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles :

D'après les résultats obtenus, il apparaît que le charbon actif a un effet antimicrobien sur les les germes aérobies mésophiles testées, avec un taux d'inhibition de 22%.

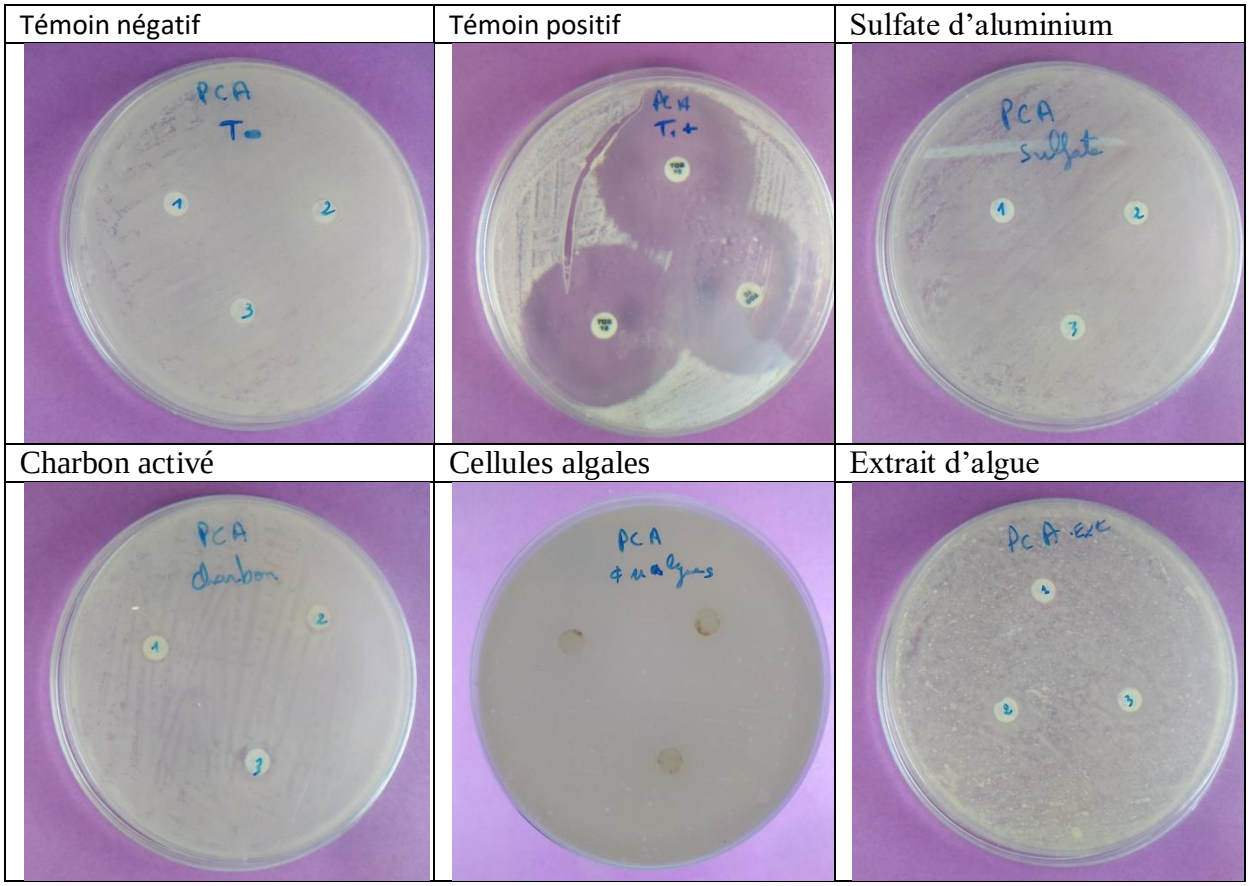


Figure 31 : Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles**.**

Tableau XXXXIII : Activité antibactérienne contre les germes aérobies mésophiles

Produits	Témoin négatif	Témoin positif	Sulfate d'aluminium	Charbon activé	Cellules algales	Extrait d'algue
Diamètres des halos en millimètres	00	40.66±0.4	00	07.33±0.3	00	00
Ii % (Indice d'inhibition)	**00**	**578**	**00**	**22**	**00**	**00**

c. Activité antibactérienne contre les streptocoques fécaux :

La Figure 32 et le tableau ci-dessous montre l'absence de l'effet positif d'inhibition sur la croissance des bactéries quelque soit la concentration et le produit appliqué**.**

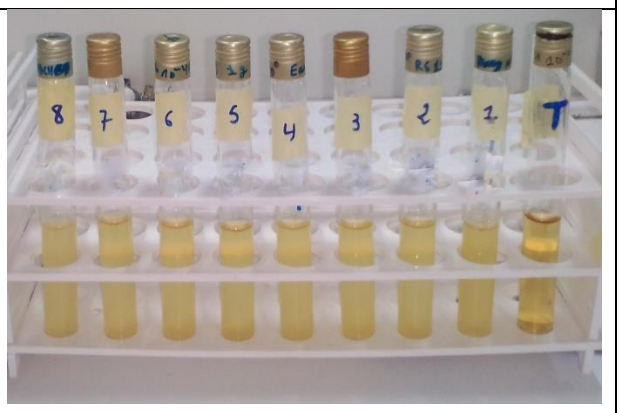
Sulfate d'aluminium	**Charbon actif**
	
Cellules algales	**Extrait d'algue**
	

Figure 32 : Activité antibactérienne des quatre produits testés vis-à-vis aux streptocoques fécaux.

Tableau XXXXIV : Résultats de l'activité antibactérienne des quatre coagulants contre les streptocoques fécaux**.**

Numéro de tube		**01**	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**
Doses de produit à tester (mg/litre)		10	20	40	80	160	320	640	1280
Résultats	sulfate d'aluminium	+	+	+	+	+	+	+	+
	charbon actif	+	+	+	+	+	+	+	+
	cellules algales	+	+	+	+	+	+	+	+
	l'extrait d'algue	+	+	+	+	+	+	+	+

Conclusion

Conclusion et Perspectives :

L'O.M.S. indique dans les normes internationales pour l'eau de boisson : "**elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. La fraîcheur, l'absence de turbidité, de coloration parasite et de goûts ou odeurs désagréables sont autant de qualités exigées d'une eau d'approvisionnement public**".

L'eau distribuée ne correspond malheureusement pas toujours à ces critères et les responsables de la distribution d'eau enregistrent périodiquement des plaintes de consommateurs concernant le goût de terre, de moisi, de "pharmacie" ou d'eau de Javel pour l'eau prise au robinet.

On associe facilement le mauvais goût de l'eau à sa mauvaise qualité, mais l'analyse montre que dans la plupart des cas une eau sapide se révèle conforme aux normes de potabilité et qu'elle n'est pas dangereuse pour la santé. Or. Doit aussi signalé qu'une eau sans goût est ... insipide et peu agréable à consommer.

Les origines des goûts et odeurs de l'eau sont diverses :

- présence de certains sels qui donnent une saveur à l'eau (salée ou amère)

- sécrétions dans l'eau de micro-organismes, qui communiquent des odeurs et goûts divers à l'eau

- pollution de l'eau par des produits organiques très volatils en dose très faible mais qui provoquent des odeurs et goûts parfois exacerbés ou générés par le traitement de l'eau et en particulier la chloration:

Le traitement chimique classique de l'eau potable élimine une partie de ces inconvénients mais certains goûts sont tenaces et il faut un traitement particulier pour les éliminer, ce qui conduit à un surcoût de l'eau.

Le problème est donc socio-économique : doit-on investir pour améliorer les qualités gustatives d'une eau dont une quantité très importante n'est pas destinée à la boisson ? Mais la satisfaction du consommateur n'est-elle pas primordiale pour le distributeur d'eau ?

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètre. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres :

- **Qualité organoleptique** : Odeur, saveur, couleur ;
- **Qualité physique :** matière en suspension, turbidité, température, conductivité et salinité ;

- **Qualité chimique :** pH, sels minéraux, matière organique, carbone organique dissous, oxygène dissous, substances indésirables (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice), pesticides, etc. Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion.
- **Qualité bactériologique :** la charge en germes totaux, la présence des coliformes totaux et fécaux ; la présence des germes mésophiles et les streptocoques fécaux ;

L´utilisation des algues (cellules algales et des extraits d´algue) comme bio-coagulants constitue une alternative biologique prometteuse pouvant influencer d'une manière positive le qualité physico-chimique et organoleptique de l'eau. Les résultats présentés dans ce travail ont permis d'en apprendre davantage sur les traitements microbiologiques, les algues et les mécanismes impliqués dans l'assimilation des nutriments, l'adsorption des molécules et des particules colloïdales. Notre travail a visé l'étude de l'effet de deux traitements chimiques et de deux fractions de l'algue ***Enteromorpha* sp.** des eaux douces sur l'amélioration de la qualité des eaux de surface. L´étude de quelques paramètres après traitement a montré l'aptitude de ces deux parties de l'algue à améliorer la qualité organoleptique de l'échantillon étudié. L'algue et notamment l'extrait algal largement amélioré la plupart des paramètres physico-chimiques testés et diminue la concentration bactériennes des germes dénombrés.

Dans le domaine de traitement d'eau, l'utilisation des algues n'est actuellement pas industrialisée pour nombreux raisons, mais elle représente toujours une solution intéressante qu'on doit la prendre en considération au futur grâce a leur capacité d'assimiler de nombreux nutriments (CO_2, N, P…) nécessaires a leur croissance et d'absorber l'azote et le phosphore et donc les éliminer et aussi leur capacité de produire la biomasse.

Références Bibliographique

Les références bibliographiques

[1] :BERRANE F,BOUCHLAGHEM S, 2017 : Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de la BSA d'El Kseur, Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira Bejaia.

[2] : MOULAI HADJ H, 2015 : Etude de l'influence des particules argileuses sur le Traitement des eaux, Mémoire de Master,Université Abou bekr belkaid, Tlemcen.

[3] : MOKDADI H, MESSAI AHMED N, **2015 :** Contribution à l'étude de la qualité Physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa), Mémoire de Master, Université echahid hamma lakhdar d'el-oued.

[4] : SARI H, 2014 : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen), Mémoire de Master, Université Abou-bekr belkaid Tlemcen.

[5] : RODIER J, 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

[6] : SELKA M H ,2013 : infeulence des particules argileuses sur coagulation-floculation, Mémoire de Master,Université abou-bekr belkaid Tlemcen.

[7] : OMS (Organisation mondiale de santé), 1994. Protection et amélioration de la qualité de l'eau.2eme édition. Volume 1.Genève:18**.**

[8] : RODIER J, 1996. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition: Dunod, Paris.

[9] : HABCHI S., HIDJA N. Conception d'un photobioréacteur pour la culture de microalgues .Université Abderrahmane Mira – Béjaïa.(2013)

[10]:BEN ABDALLAH S, BOURENANE A, 2013: Analyses physico-chimiques De l'eau de Générale Emballage en vue de son utilisation pour l'élaboration d'une colle, Mémoire de Master, Université A. MIRA, Béjaia.

[11]: WHO (World Health Organization), 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.

[12]:HADEF DJ, HASNI M ,2017 : Etude de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla, Mémoire de Master, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana.

[13] : REDOUANE A, AOUALI A, 2012 : Caractérisation physico-chimique des eaux Superficielles de l'Oued Agrioun de la région de Bejaia,Mémoire de fin de cycle En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement,Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.

[14]:HAMED M, GUETTACHE A, BOUAMER L, 2012: Etude des propriétés physico-Cimiques et bactériologiques de l'eau du barrage djorf- Torba Bechar,Mémoire De Fin D'Etude Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état en Biologie,Université de Bechar.

[15] : MOUSSA NOMAO I, 2017 : Évaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux des forages a usage particulier et semi-industriels a ouagadougou (burkina faso), Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur 2ie avec le grade de master Dans la spécialité eau et assainissement,

[16] : RODIER J, 2009. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.

[17] : HAJIB S, 2013 : Essais de Coagulation-Floculation Jar-Test, Mémoire de Licence,

Université sidi Mohamed ben Abdallah.

[18] : HALMAOUI L ,2015 :les etapes de traitement des eaux au sein de l'onee/be coagulation-floculation, Mémoire de Licence,Universite sidi mohamed ben abdellah.

[19] : KEZZOULA CH, 2018, suivi de la qualité des eaux de la zone-est du complexe siderurgique d'el-hadjar, Mémoire de Master,Université badji mokhtar, Annaba.

[20] : AYAD W, 2017 : évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des Eaux souterraines : cas des puits de la region d'el-harrouch (wilaya de skikda),Thèse de Doctorat,Université Badji Mokhtar de Annaba.

[21] : HIHAT L, TOUATI M, 2017 : Suivi des paramètres physico-chimiques et Microbiologiques de potabilisation des eaux de l'oued Agrioun (Bejaia), Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.

[22] : ABADLI M, HARKATI G, 2015 : Contribution à l'inventaire des quelques

microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade, STEP Kouinine) .

[23] : HABCHI S, HIDJA N, 2013 : Conception d'un photobioréacteurpour la culture de micro-algues.

[24] : BARSANTI and GUALTIERI, 2014IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :** Contribution à l'inventaire des quelquesmicro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade, STEP Kouinine)

[25] :SIALVE B, STEYER J, 2013 : Les micro-algues, promesses et défis .Inovation Agronomiques.

[26] :DRAGONE et *al.* 2010 : IN Conception d'un photobioréacteurpour la culture de micro-algue.

[27] :GUEZZEN 2014 IN**ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine) .

[28] :BOUAMRA et HAJD A, 2004, THOMAZEAU, 2006 IN**ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine) .

[29]. REVIERS, 2003 IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine.

[30]. (BARSANTI et GUALTIERI, 2014).). IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :** Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de lawilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine).

[31]. AMIROUCHE et *al.* 2009IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP

Kouinine

[32]. REVIERS, 2003, NOT ,2004 et LAVOIE et *al*,2008 IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine.

[33]. LAVOIE et *al*, 2008IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventairedes quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine

[34]. BELLINGER et SIGEE, 2010 IN**ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventairedes quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine.

[35]. PAULMIER 1992,CARMELO R 1996, CARMELO R 1997 et REVIERS,2003IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventairedes quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata, Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine.

[36]. DORE D, 2009IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine.

[37]. BOURRELLY, 1990, BELANGER, 2007 et DELAUX P 2011 IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l'inventairedes quelques micro-algues vertes

D′intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d′El Oued (Lac Ayata, Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine).

[38]. BARSANTI et GUALTIERI, 2006IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**

Contribution à l′inventairedes quelques micro-algues vertes d′intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d′El Oued (Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine).

[39]. DELGADO et *al* 2007 , EDWARD L2008 et COSTICA 2009IN **ABADLI M, HARKATI G, 2015 :**Contribution à l′inventairedes quelques micro-algues vertes d′intérêtnutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d′El Oued (Lac Ayata, Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine).

[40]. HABCHI S et HIDJA N 2013 : Conception d'un photobioréacteurpour la culture de micro-algues.

[41]. Lecurieux Belfond Laura : Dimensionnement d'une raffinerie de biodiesel, Production àpartir de Dunaliella salina sur le site des salins de Giraud, Rapport technique (03/11/2009).

[42]. El Hifnawy *C2016* : Identifier des micro-algues pour le traitement des eauxusées et la production de biocarburant

[43]. Cadoret, 2008IN **El Hifnawy *C2016* :**Identifier des micro-algues pour le traitement des eauxusées et la production debiocarburant.

[44].Melle. Dekhil S., Zaibet M., 2012. Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.Université Mohamed El Bachir Elibrahimi - Master de chimie et microbiologie de l'eau.

[45].BENZAID M., et MADANI F., 2014. Appréciation de la qualité bactériologique et recherche de résidus d'antibiotiques dans le lait cru pasteurisé produit par la laiterie Numidia de Constantine.

[46].GUIRAUD J-P. et ROSEC J-P., 2004 . Pratique des normes en microbiologie alimentaire. p 96, 136, 183,199, 200, 238. AFNOR. France

[47].BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAL G. et BOURDAIS E-V., 2002
Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire. In : Science des aliments.

[48].PETRANSXIENE D. et LAPIEDE L., 1981. La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : Analyses et tests. p 41, 50, 51, 68,79. 2éme Ed. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris

[49]. BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAL G. et BOURDAIS E-V., 2002
Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire. In : Science des aliments.

[50].Robert P., 1975. *Techniques de numération des microorganismes testsde la salubrit8 de l'eau de mer* .INSTI1UT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUEDES PECHES MARITIMES, NANTES

[51]. Das, K., Tiwari, R., Shrivastava, D., 2010. Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agents: current methods and future trends. Journal of medicinal plants research .

[52]. Ganou, L., 1993. Contribution à l'étude des mécanismes fondamentaux de l'hydrodistillationdes huiles essentielles.

[53].Genné, D., Siegrist Hans, H., 2003. De l'antibiogramme à la prescription d'un antibiotique.Forum Med Suisse.

[54]. Jorgensen, J.H., Turnidge, J.D., 2015. Susceptibility test methods: dilution and disk diffusionmethods. Manual of Clinical Microbiology, Eleventh Edition. American Society of Microbiology.

[55]. Anagnostidis, K. & Komàrek, J., 1988. Modern approach to the classification systemof cyanophytes 3Oscillatorialles. Algol. Stud. 5053: 327472.

[56]Chretiennot Dinet MJ., 1990. Atlas du phytoplancton marin, V. III, eds.CNRS Pari

[57].Bourrelly P., 1985.Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. III. Les algues bkeues et rouges, les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. 2e éd., Soc. Nouv. Ed. Boudée, Paris.

[58].Fritsch F. E. & Rich F., 1929.Contribution to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 7. Freshwater algae (exclusive diatoms) from Griqualand West. Transaction of the Royal Society of South Africa .

[59].Frémy P., 1930. Les Myxophycées de l'Afrique-Equatoriale française. Archs. Bot., Caen.

[60].Compère P., 1974.Algues de la région du lac Tchad. 2. Cyanophycées. Cah. O. R.S. T.O. M., sér. Hydrobiol.

[61].Compère P., 1991.Contribution à l'étude des algues du Sénégal. 1. Algues du lac de Guiers et du Bas-Sénégal. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.

[62]. Cering J. 1994. Polysaccharides exocellulaires produits par les bactéries lactiques.pages 309-
32V9dans I.H.Roissart,Luquet,F.M.ed.Bactéries Lactiques ,Grenoble,France.

Les sites internet:

1. Algaebase.org(22/04/2019—22h :00)
2. *http://www.lefigaro.fr/medias/ (*06/04/2019—21h :30)
3. www.e-sante.be (23/05/2019—23h :00)
4. eau.tourdumonde.free.fr(20/05/2019—14h :300à
5. membres.lycos.fr(15/06/219—20h :00)
6. fr.wikipedia.org(15/06/219—21h :00)
7. www.bact.wisc.edu(15/06/219—22h :00)
8. http://www.technobio.fr (22/06/2019—22h :00)
9. http://www2.ac-lyon.fr/ (23/06/2019---22h :30)

ANNEXES

Annexe I :

1.1. Milieu pca

a. Composition :

-Tryptone……..5g

-Extrait de levure……5g

-Glucose……..1g

-Eau distillé……1000ml

-PH : 7,0±0,2

b.préparation

1. Mélanger les ingrédients de milieu
2. ajouter l'eau distillée
3. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.
4. autoclaves à une T° de 125°c durant 30 min
5. mélanger puis laissé solidifier

1.2. Milieu VRBL :

a. Composition :

-Peptone…….…….7g

-Extrait de levure…….3g

-Lactose…….10g

-Chlorure de sodium……5g

-Mélange sel biliaire…….1.5g

-Cristal violet……0.002g

-Rouge neutre…….0.03g

-Agar-agar…….15g

-Eau distillée ……....1000mL

-pH = 7.4

b. Préparation :

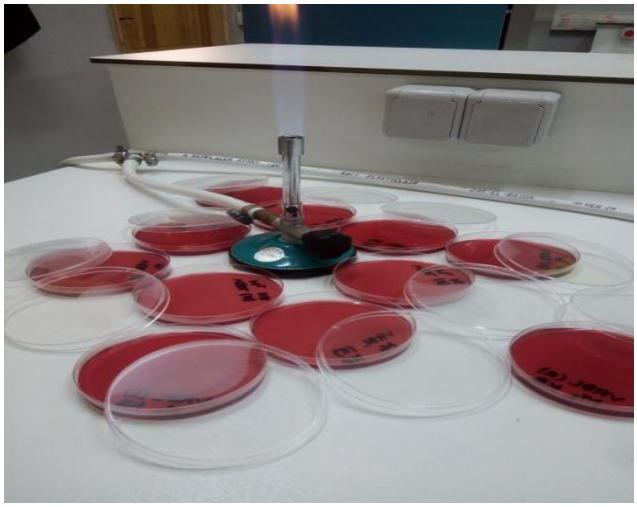
1. Mélanger les ingrédients.

2. Verser la poudre dans un litre d'eau distillée.

3. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Ne pas autoclaver. Bien mélanger et répartir.

4. Couler les boites de Pétri.



Milieu VRBL

2. Réactifs :

-Violet de gentiane

-Lugol :

a. Composition :

-Iode…...……....10g

-Iodure de potassium (IK)…...……...…20g

-Eau distillée…….....100mL

b. Préparation :

Préparez 20 g de iodure de potassium (KI)

Dissout dans 100 mL d'eau distillée en agitant.

Préparez 10 g de l'iode (I_2)

Versez dans la solution aqueuse de KI

-Alcool Ethanol (C_2H_6O)

-Rose de fuschine

-Eau oxygénée (H_2O_2) à 10 volumes

-Eau distillée

-Eosine

-Eau physiologique stérile :

a. Composition :

-Na Cl...…….…….…….2.5g

-Eau distillée…….…...500mL

b. Préparation :

1. Peser 2.5g de Na Cl
2. Ajouter le sel à 500ml d'eau
3. Agitation
4. Autoclavage (121°c pendant 30min)

-Hypochlorite de calcium.

-Les huiles essentielles de pelle de grenade

-Les antibiotiques

Streptomycine ($C_{21}H_{39}N_7O_{12}$)

Pénicilline ($C_{10}H_{13}N_2O_4S$ - R,)

Tétracycline ($C_{22}H_{24}N_2O_8$)

Sulfamide ($H_2NSO_2NH_2$)

1.3. milieu de ROTH

Bouillon de ROTHE (AZIDE DEXTROSE BROTH): est utilisé pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux.

Composition:

- peptone : 20,0 g

-glucose : 5,0 g

-azide de sodium : 0,2 g

-NaCl : 5,0 g

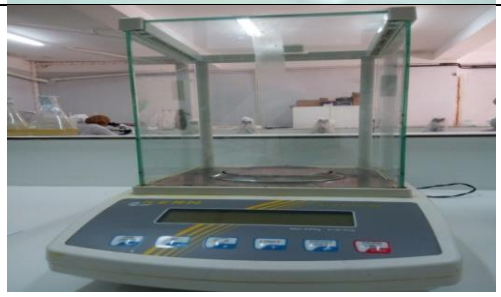
-hydrogénophosphate de potassium : 2,7 g

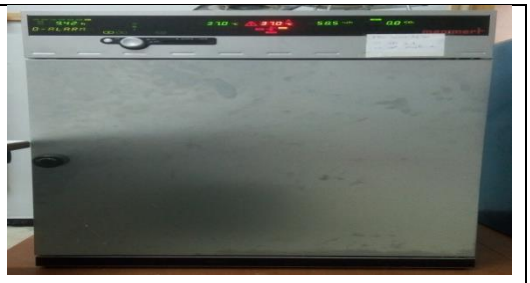
-dihydrogénophosphate de potassium : 2,7 g

-pH = 6

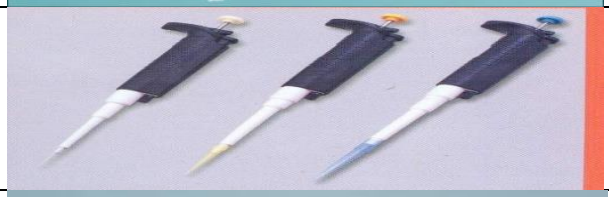
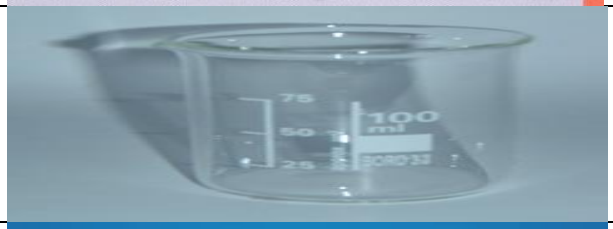
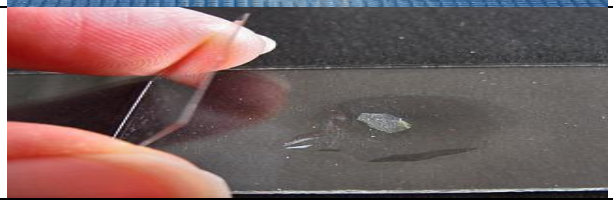
3-Liste du matériel utilisé durant les étapes du traitement:

Instruments	Utilisation	Type d'appareillage
1- Bec bensène	Pour assurer une stérilisation instantanée.	

2- Bain marie	pour la transfusion des milieux de culture	
3-Autoclave	stérilisation á la vapeur	
4-Réfrigérateur	conservation des souches et des réactifs	
5-Microscope optique	Observation des micro-organismes	
6-Balance de précision	Pèse les produit et les composantes des milieux	
7-Agitateur magnétique de type vortex	Agitation et homogénéisation des solutions	

8-Incubateur	Incubation des cultures de micro-organismes	
9-Centrifugeuse	Séparation des fractions des solutions	

4-Verrerie :

1-Pipettes Pasteur et en plastique	-pour l'inoculation et l'ensemencement -coloration de Gram	
2-Micropipette	pour une prise très précise	
3-Becher á différents volumes	Contenir les solutions, les suspensions	
4-Verre á pied (200cc, 60cc)	Utilisation pendant la filtration	
5-Lames et lamelles	Faciliter l'observation microscopique	

6-Tubes à essai	Préparation des dillutions des suspensions bactériennes	
7-Boites de Pétri	Mise en culture dans des milieux nutritifs	
8-Anse de platine	Ensemencement des colonie bactériennes	
9-Portoirs	Porte les tubes à essai	
10-Poires	Aspirer les solutions	

Annexe II

Table statistique de t

La table donne la probabilité **P** pour que **t** égale ou dépasse, en valeur absolue, une valeur donnée, en fonction du nombre de degrés de liberté (**d.d.l**.).

P / ddl	0.90	0.50	0.30	0.20	0.10	***0.05*** ↓	0.02	0.01	0.001
1	0.158	1.000	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.816	1.386	1.886	2.920	**4.303**	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.765	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.134	0.741	1.190	1.533	2.132	**2.776**	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.727	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.131	0.718	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.711	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.130	0.706	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.703	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.700	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.697	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.695	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.694	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.692	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.691	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.690	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.689	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.688	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.688	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.687	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.686	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.836	3.819
22	0.127	0.686	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.685	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.685	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.684	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.684	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.684	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.683	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.683	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.683	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
∞	0.126	0.674	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Annexe III

Tableau1 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la température de l'eau

traitement	EB	EB+S	EB+S+F	EB+CH	EB+CH+F	EB+C	EB+C+F	EB+EX	EB+EX+F
La température c°	16,23	22,4	21,2	22	24,2	20,2	20,7	21,3	21,2

Tableau2 : Résultats de l'effet des différents traitements sur le pH de l'eau.

traitement	EB	EB+S	EB+S+F	EB+CH	EB+CH+F	EB+C	EB+C+F	EB+EX	EB+EX+F
PH	7,57	7,28	7,40	7,94	7,41	7,25	7,21	7,34	7.18

Tableau 3 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la conductivité de l'eau

Traitement	EB	EB+S	EB+S+F	EB+CH	EB+CH+S	EB+C	EB+C+F	EB+EX	EB+EX+F
Conductivité µs/cm	147	200	145,5	175	198	139,2	139,9	185.4	181,5

Tableau4 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la turbidité de l'eau

traitement	EB	EB+S	EB+S+F	EB+CH	EB+CH+F	EB+C	EB+C+F	EB+EX	EB+EX+F
la turbidité	60	4,95	3,83	6,80	6,72	2,25	2,99	1,68	255

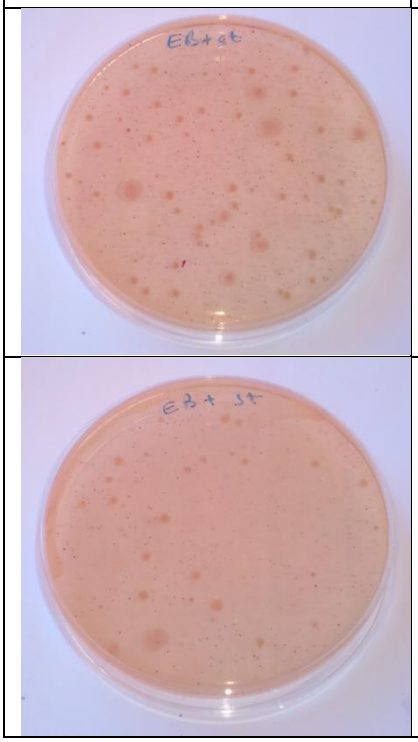
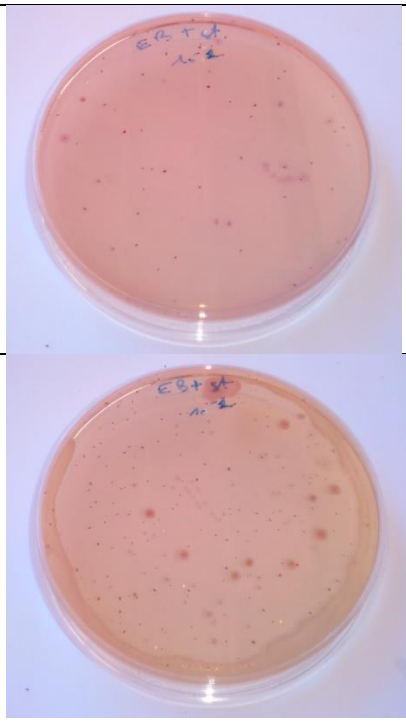
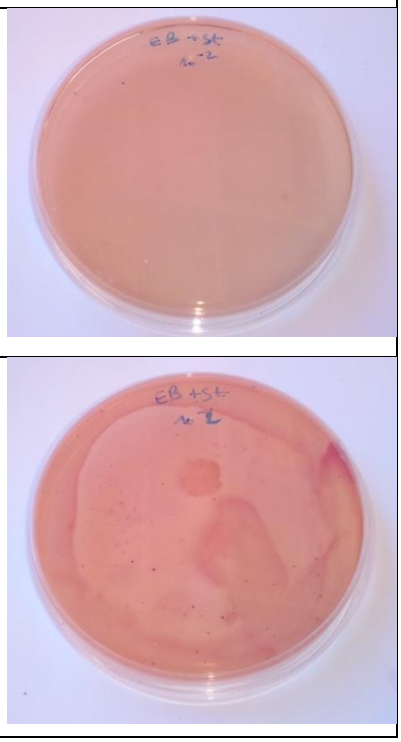
Tableau5 : Résultats de l'effet des différents traitements sur la concentration en chlorure de l'eau.

traitement	EB	EB+S	EB+S+F	EB+CH	EB+CH+F	EB+C	EB+C+F	EB+EX	EB+EX+F
chlorure	0	1	1	1	0,9	1	1	1	1

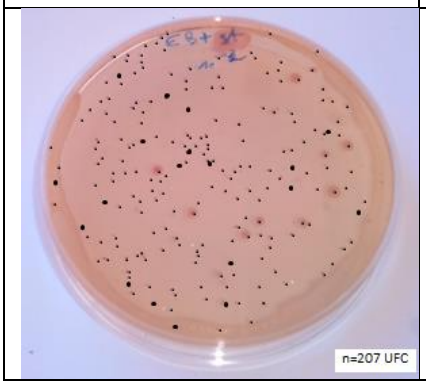
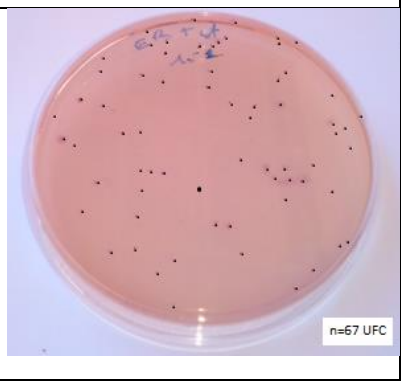
Annexe IV :

Dénombrement des coliformes fécaux après le Traitement par les coagulants :

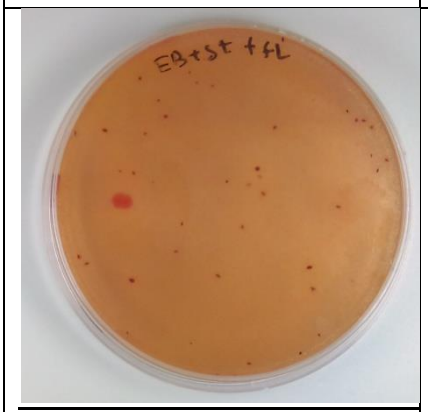
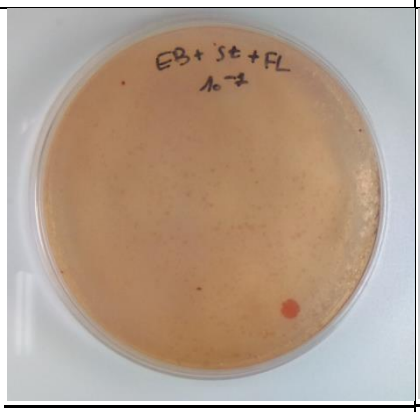
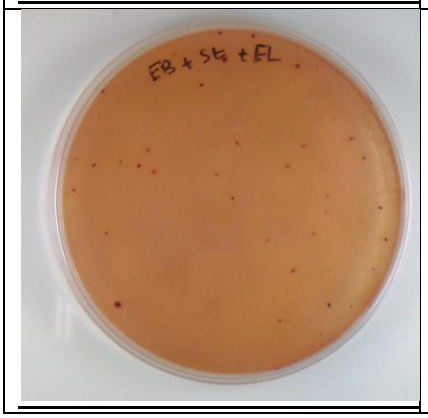
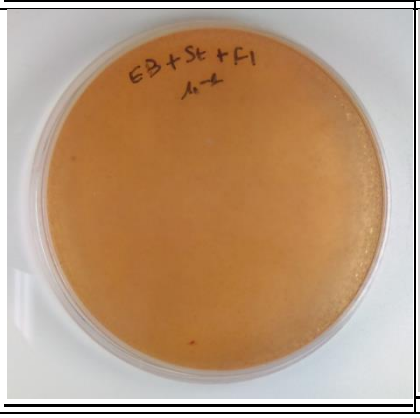
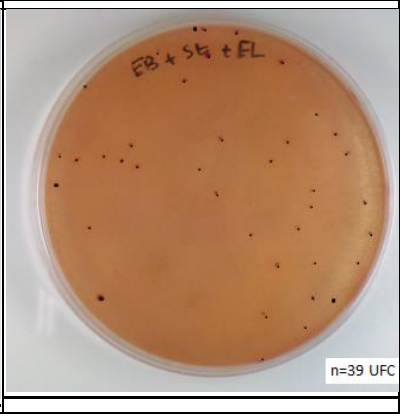
1) Traitement par le sulfate d'aluminium :
   a) Apres la décantation :

Solution mère	10^{-1}	10^{-2}
		

***Boites retenues :**

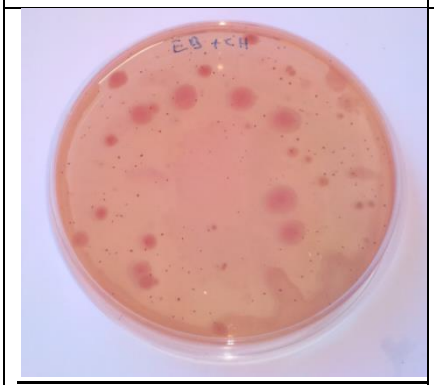
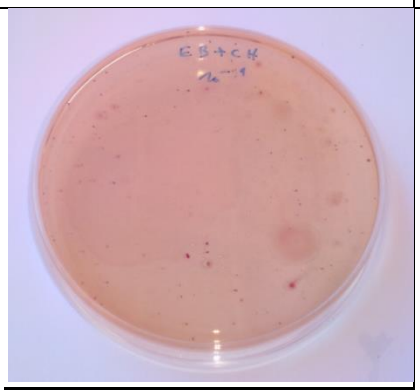
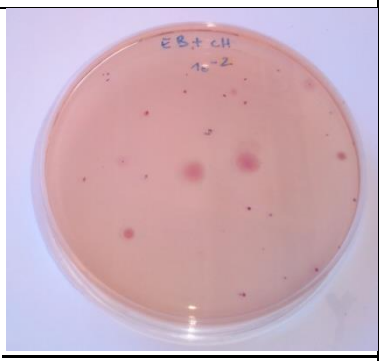
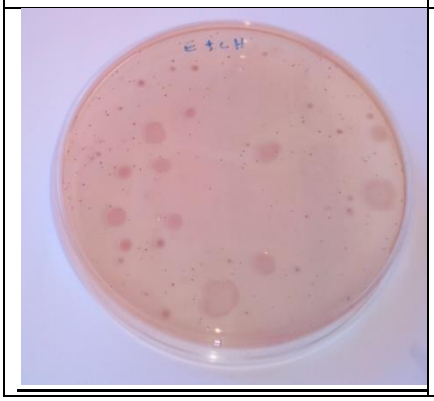
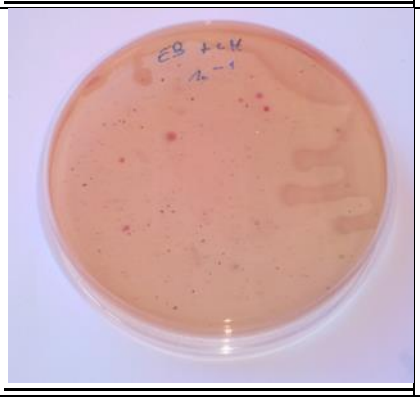
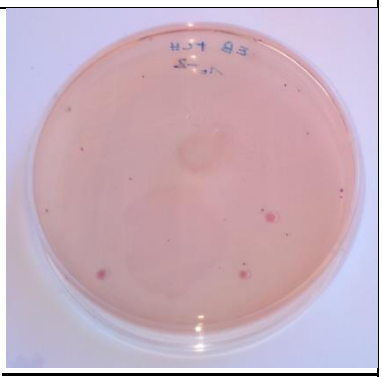
10^{-1}	10^{-2}	10^{-2}
		

B) Apres la filtration par le sable :

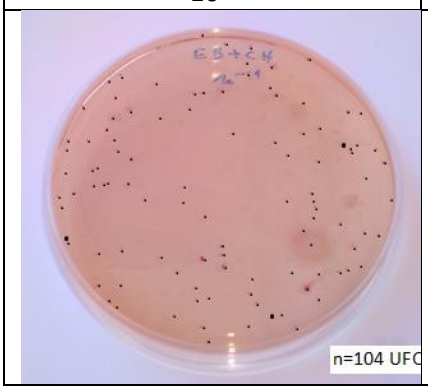
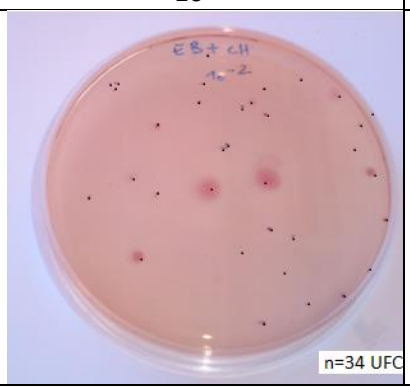
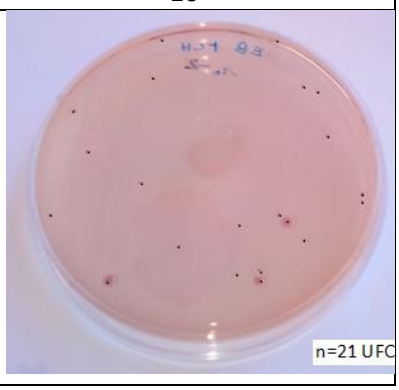
Solution mère	10^{-1}	**Boites retenues :** (Solution mère)
		
		

2) Traitement par le charbon activé :

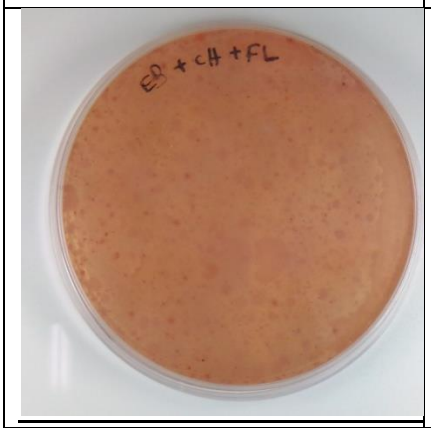
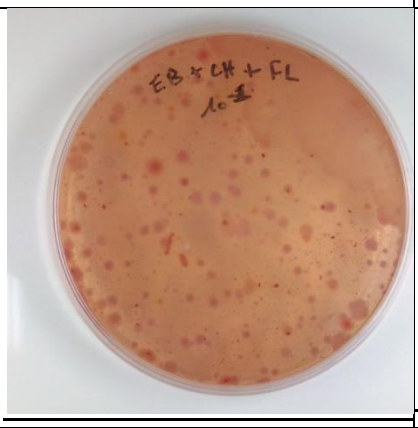
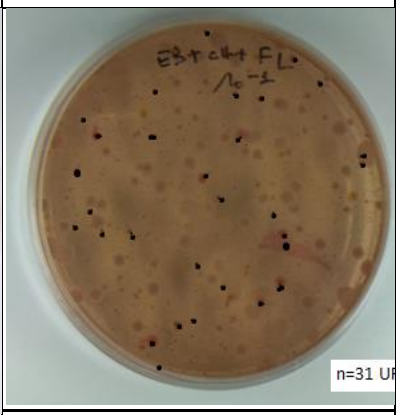
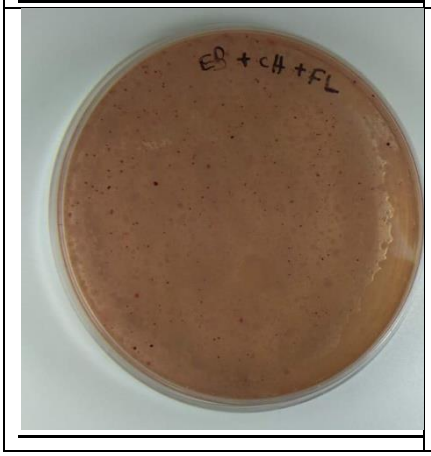
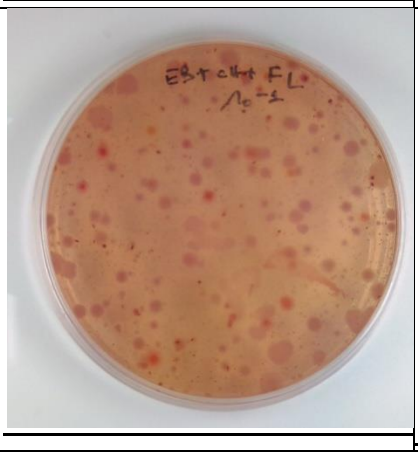
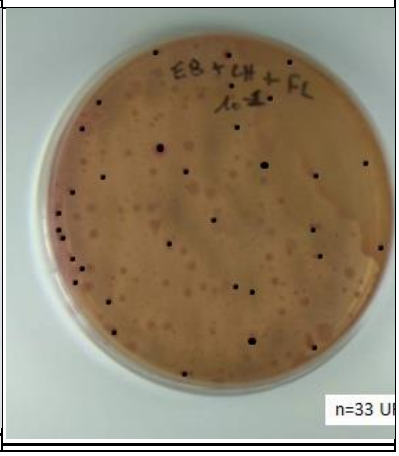
a) Apres la décantation :

Solution mère	10^{-1}	10^{-2}
		
		

***Boites retenues :**

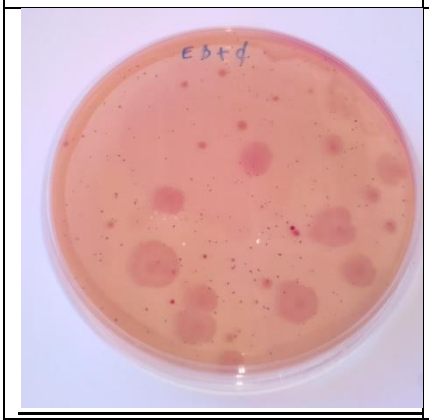
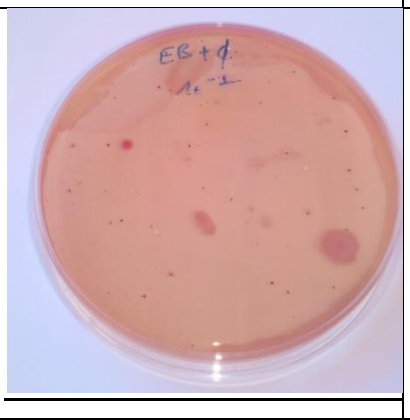
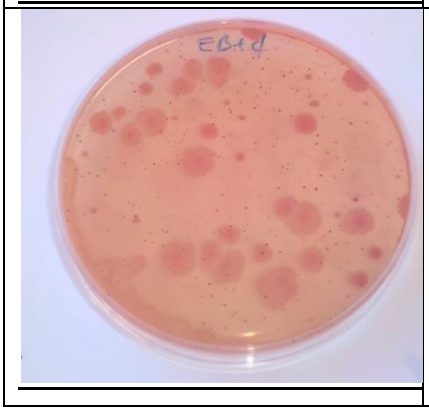
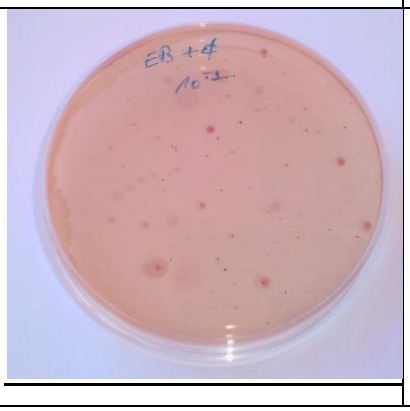
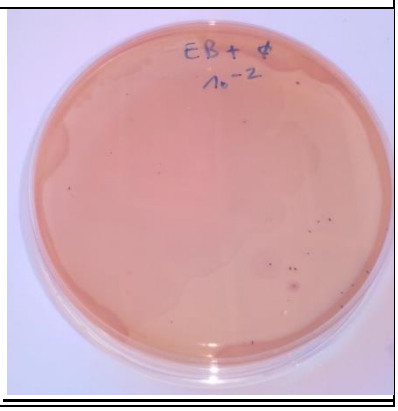
10^{-1}	10^{-2}	10^{-2}
		

B) Apres la filtration par le sable :

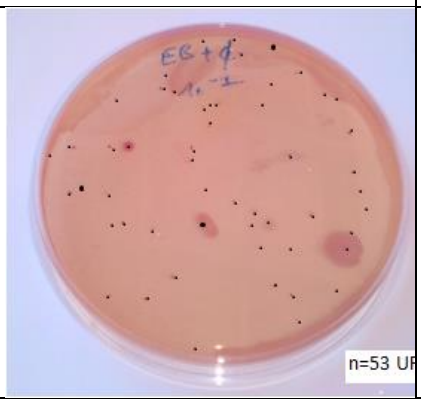
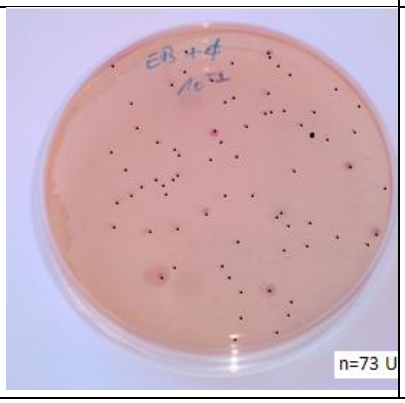
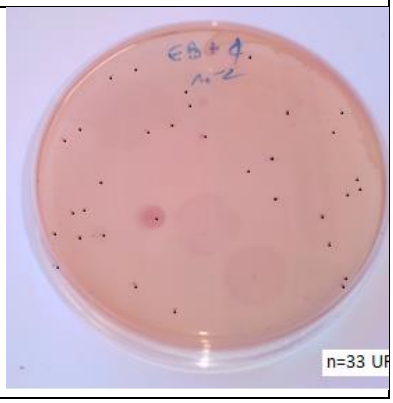
Solution mère	10^{-1}	**Boites retenues :** 10^{-1}
		
		

3) Traitement par les cellules algales :

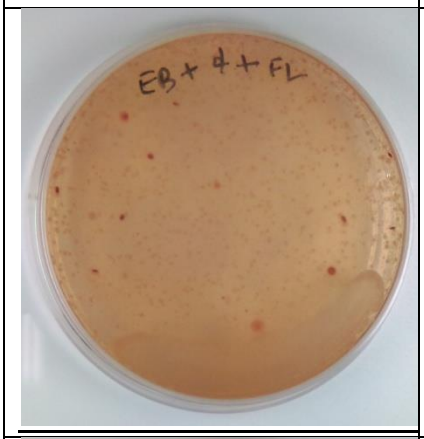
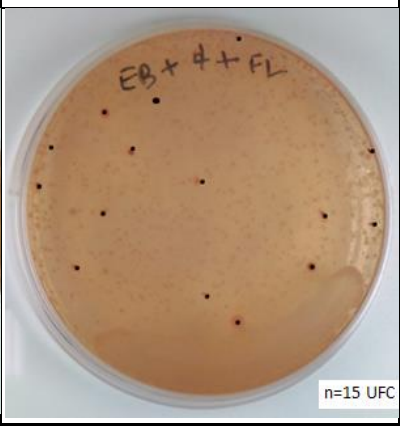
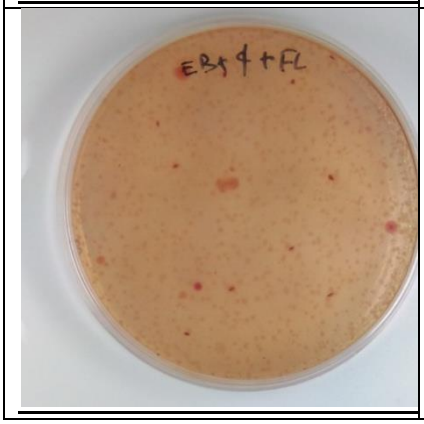
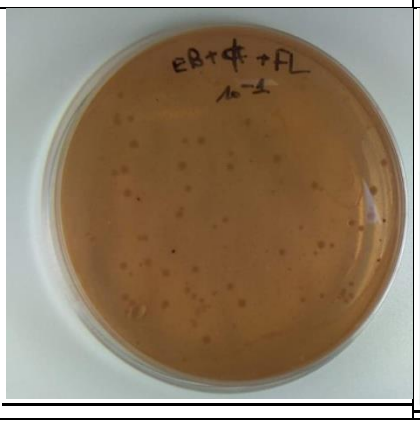
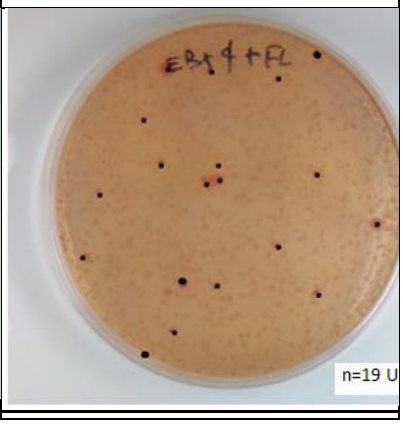
a) Apres la décantation :

Solution mère	10^{-1}	10^{-2}
		
		

***Boites retenues :**

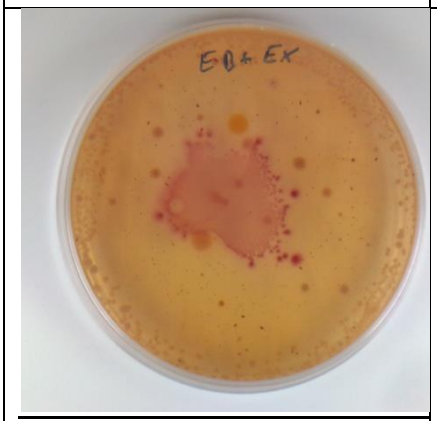
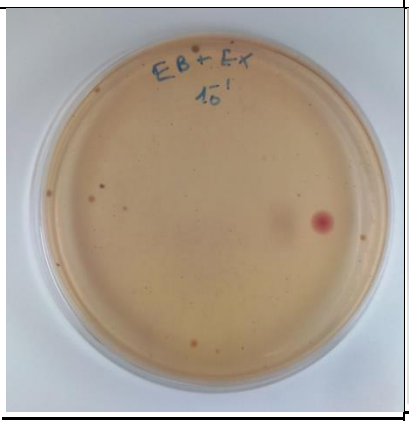
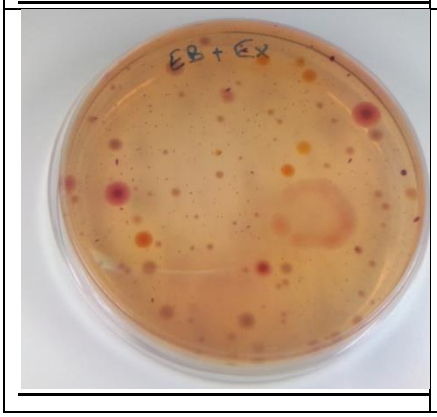
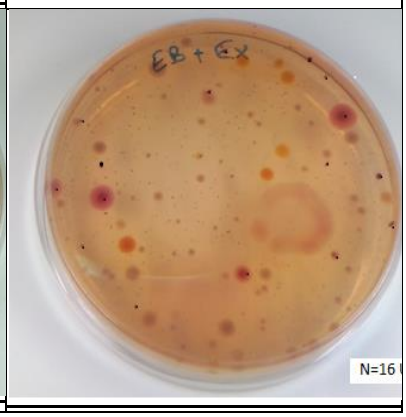
10^{-1}	10^{-2}	10^{-2}
		

a) Apres la filtration par le sable :

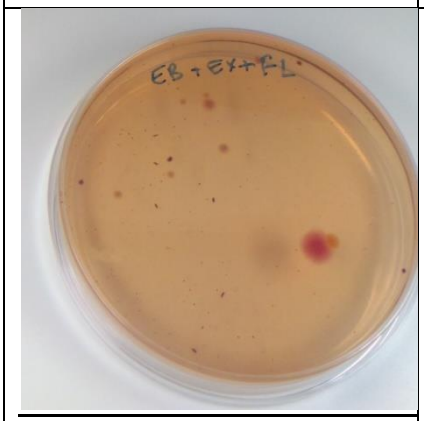
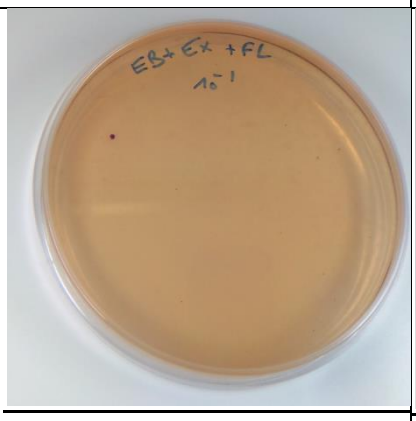
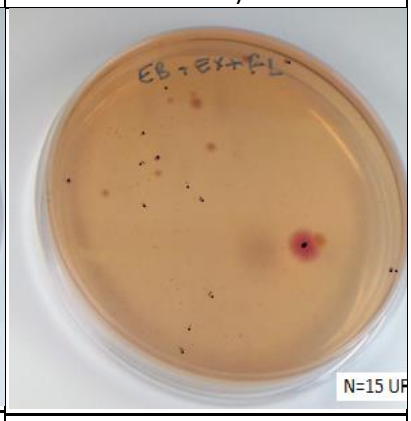
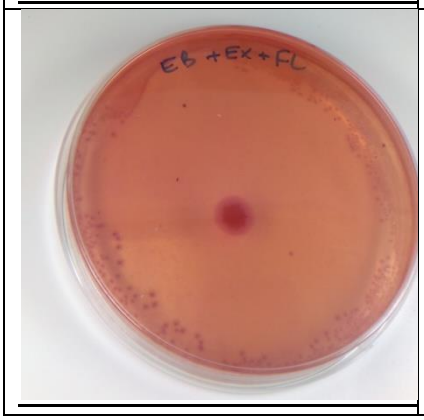
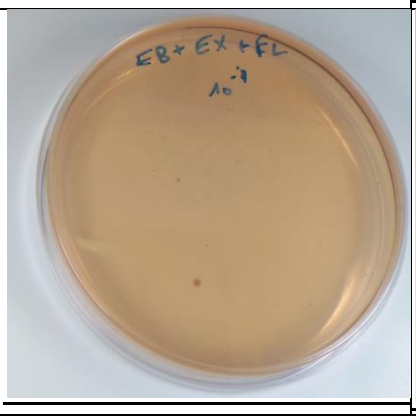
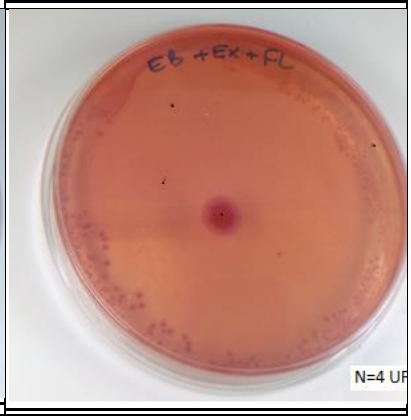
Solution mère	10^{-1}	**Boites retenues :** 10^{-1}
		
		

4) Traitement par l'extrait des micros algues :

a) Apres la décantation :

Solution mère	10^{-1}	**Boites retenues :** (Solution mère)
		
		

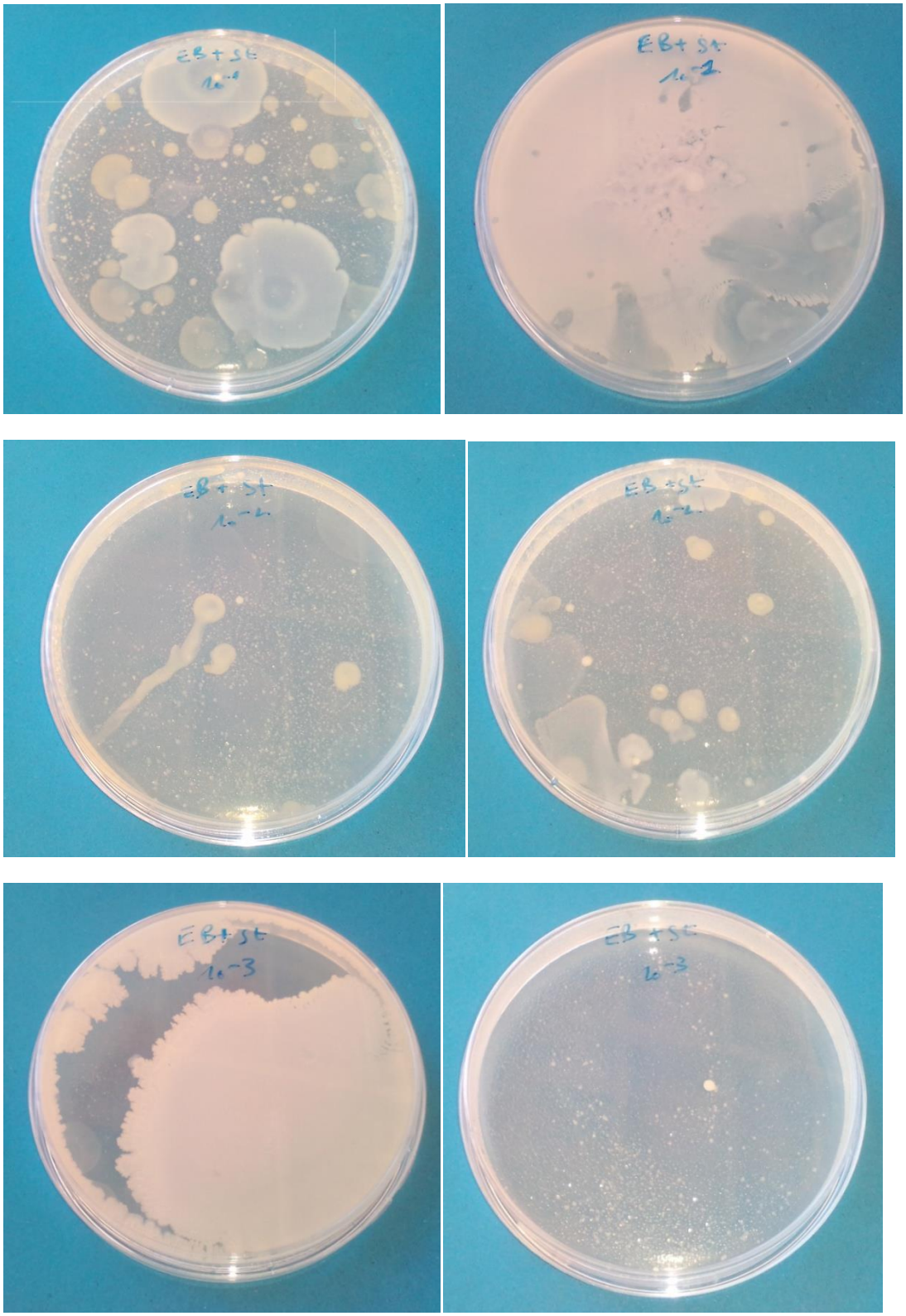
b) Apres la filtration par le sable :

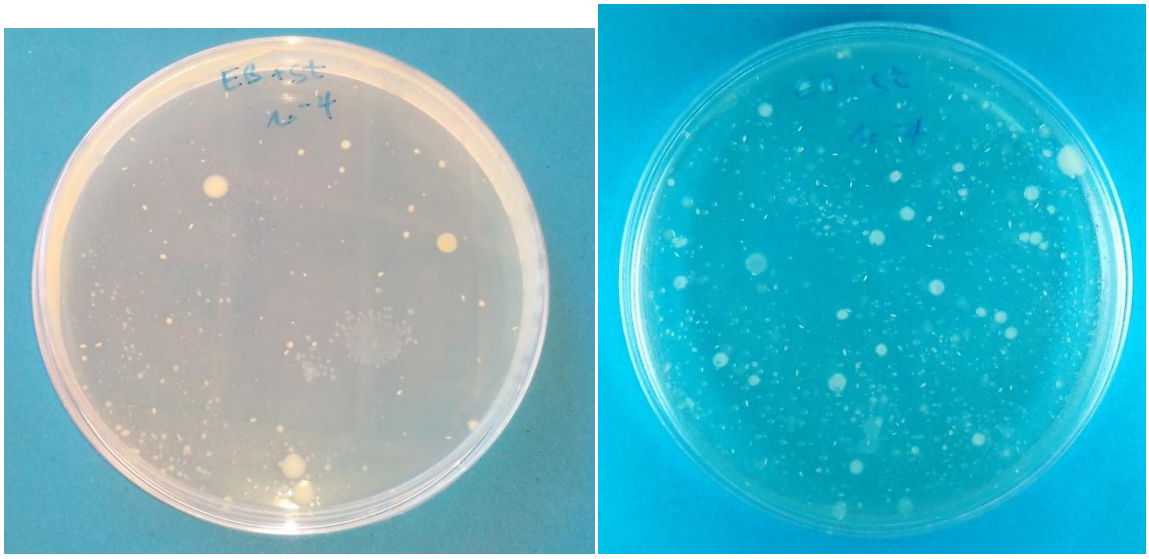
Solution mère	10^{-1}	**Boites retenues :** (Solution mère)
		
		

Annexe V :

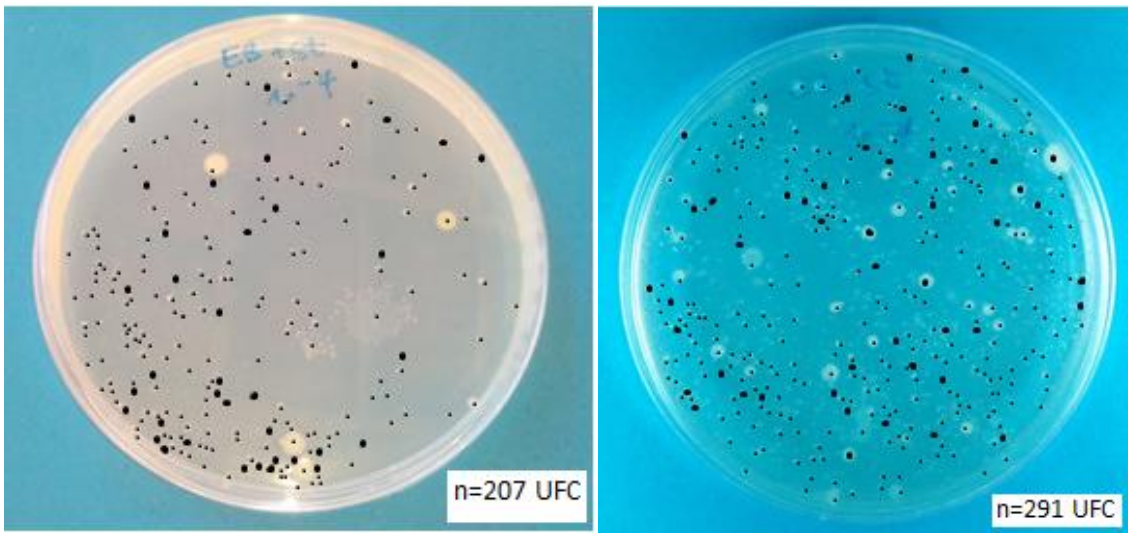
Dénombrement des germes aérobies mésophiles Apres le Traitement par les coagulants :

1) Traitement par le sulfate d'aluminium :
   a) Apres la décantation :

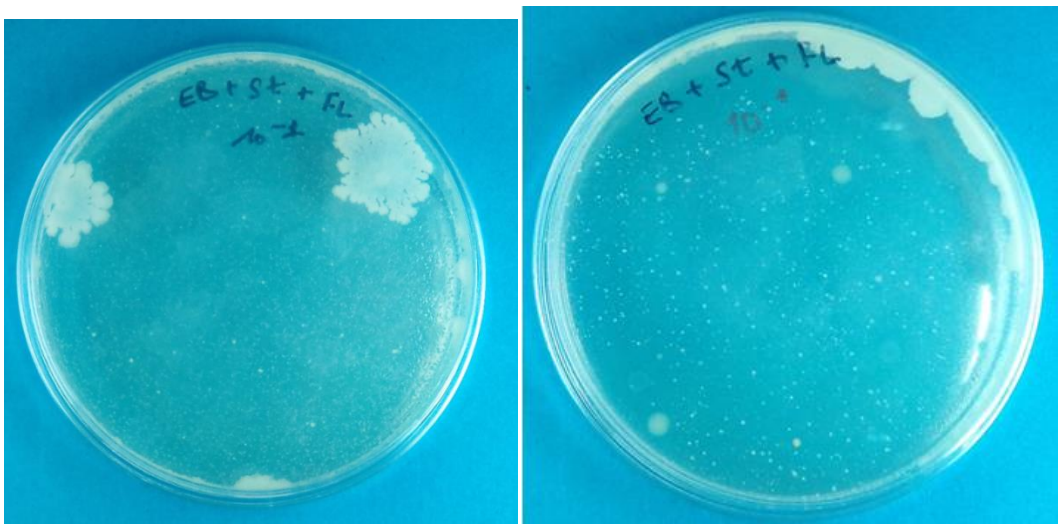




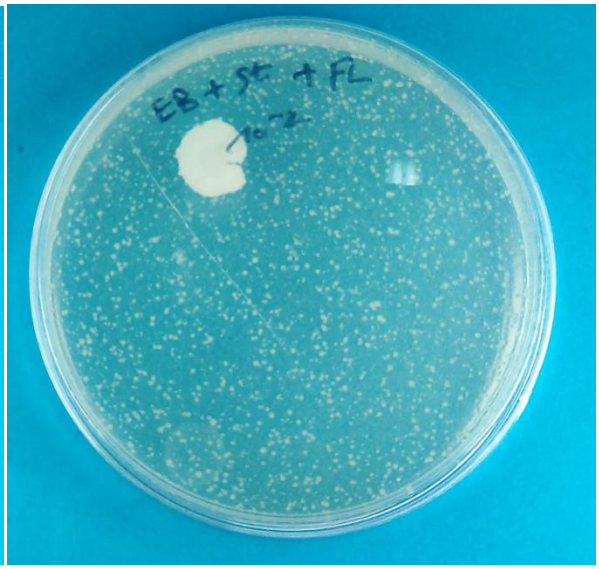
*Boites retenues :

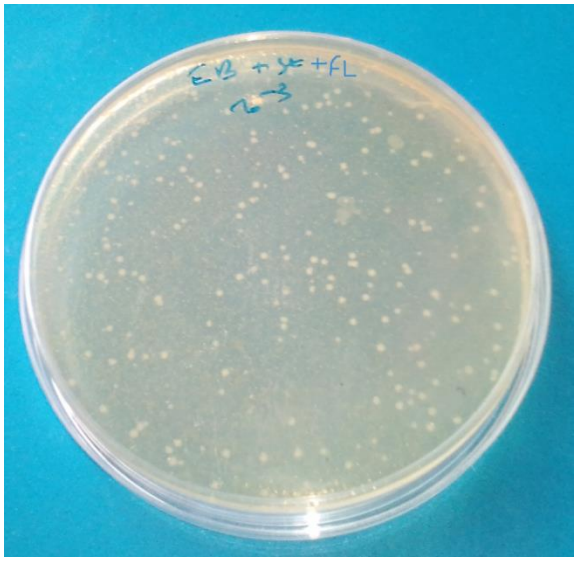


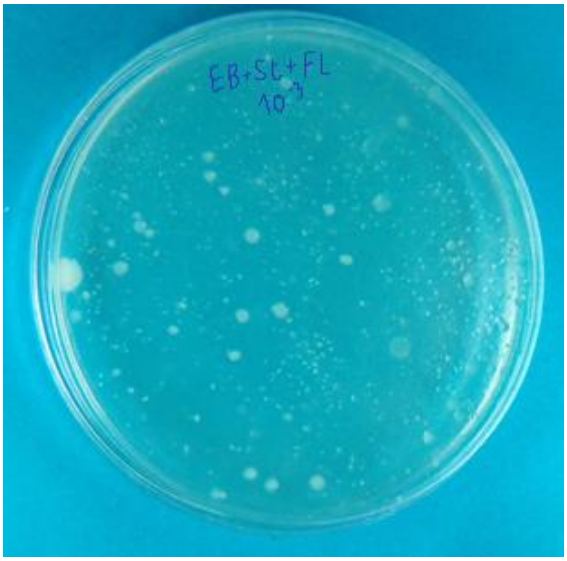
b) Apres la filtration par le sable :



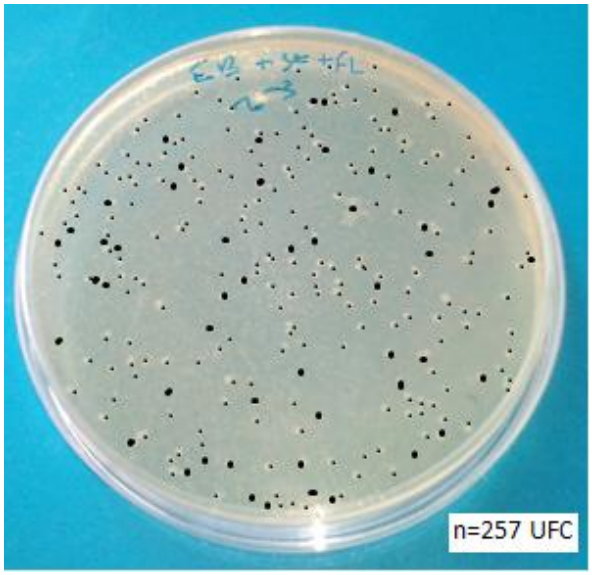


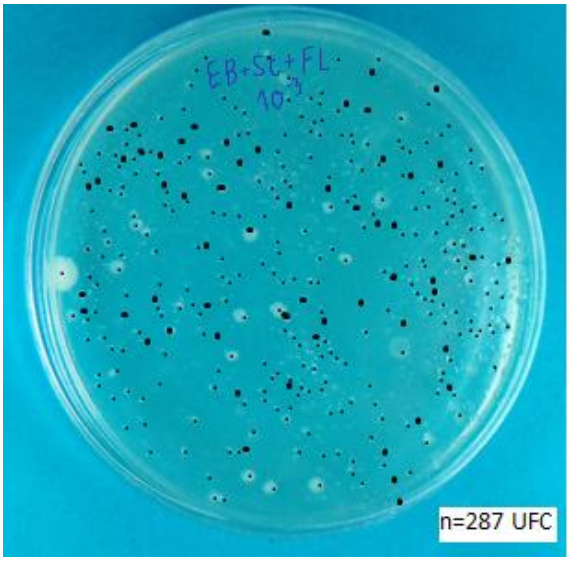






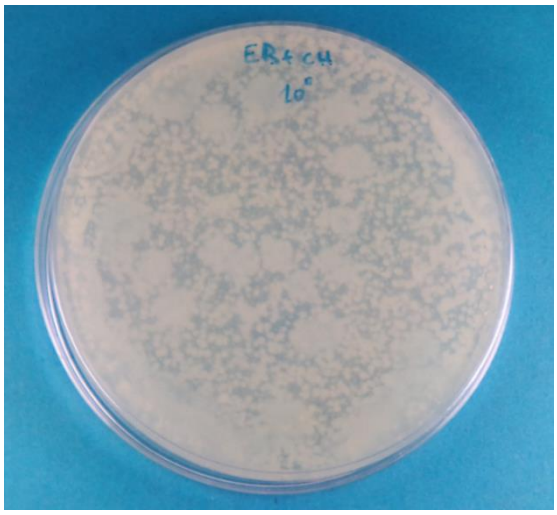
Boites retenues :

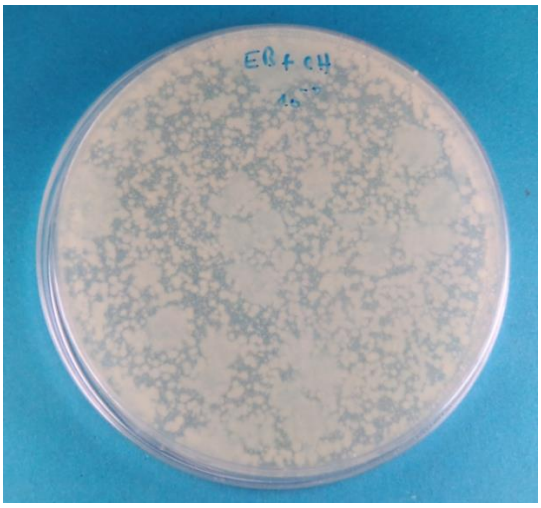


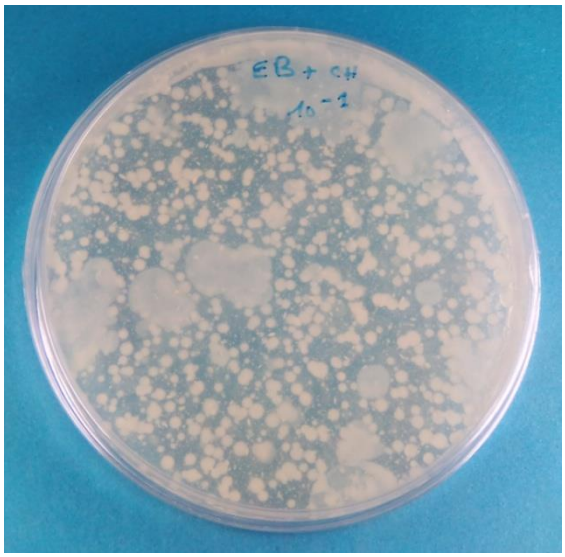


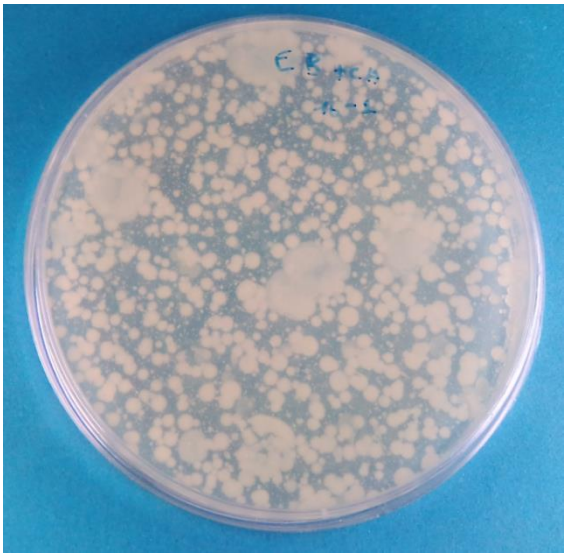
2) Traitement par le charbon activé :

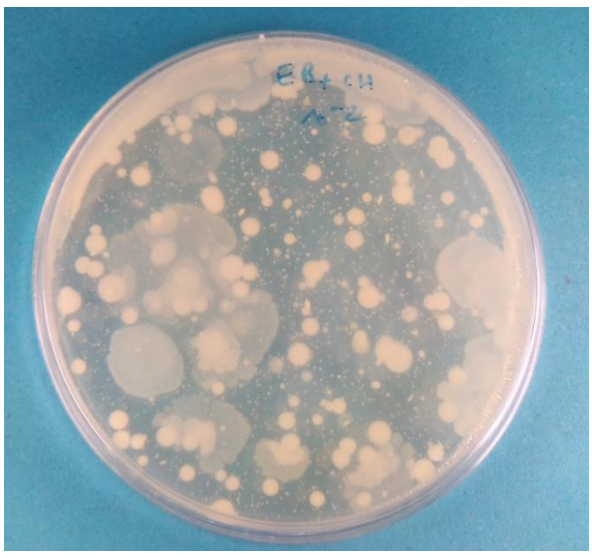
a) Apres la décantation :



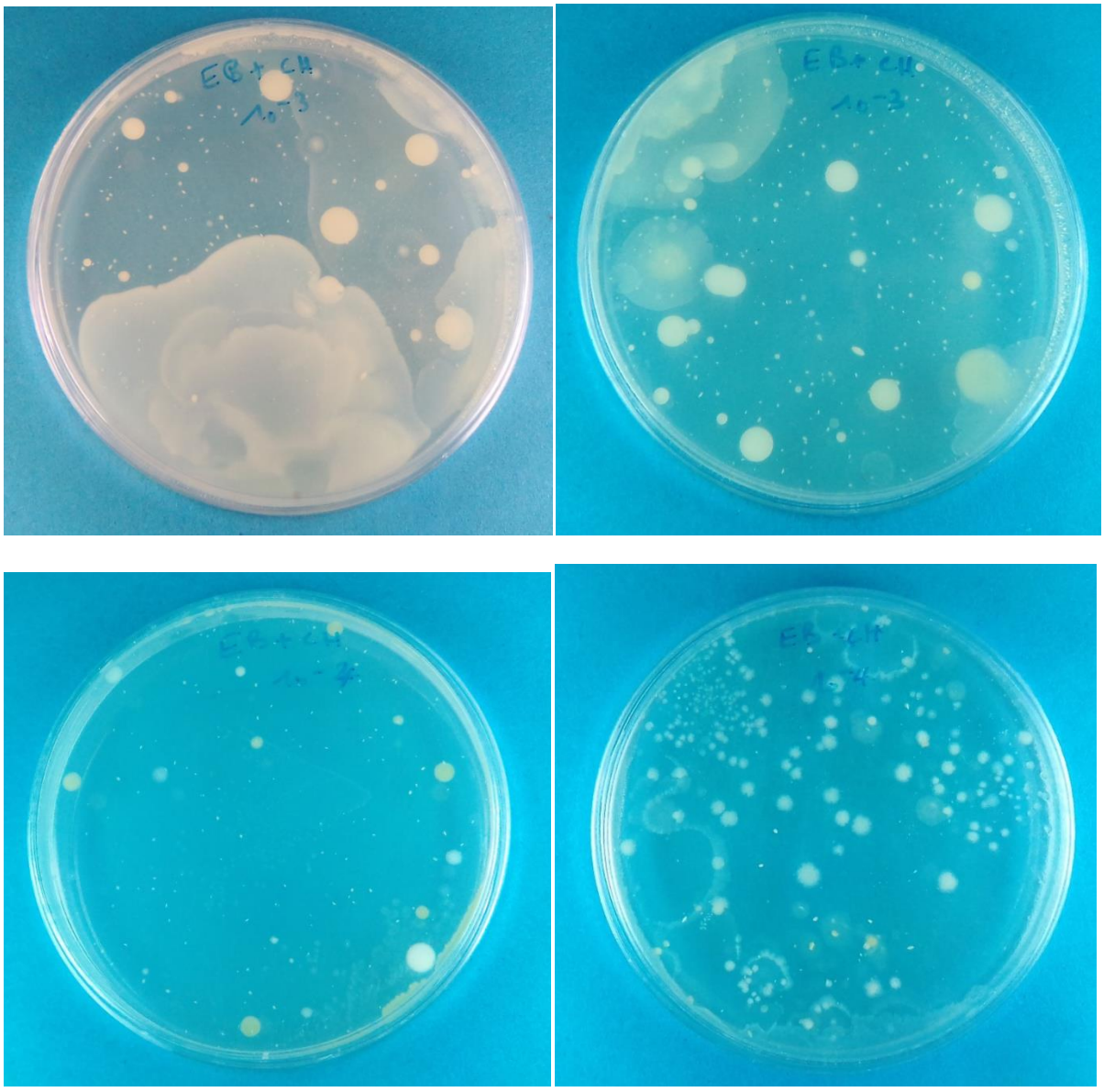




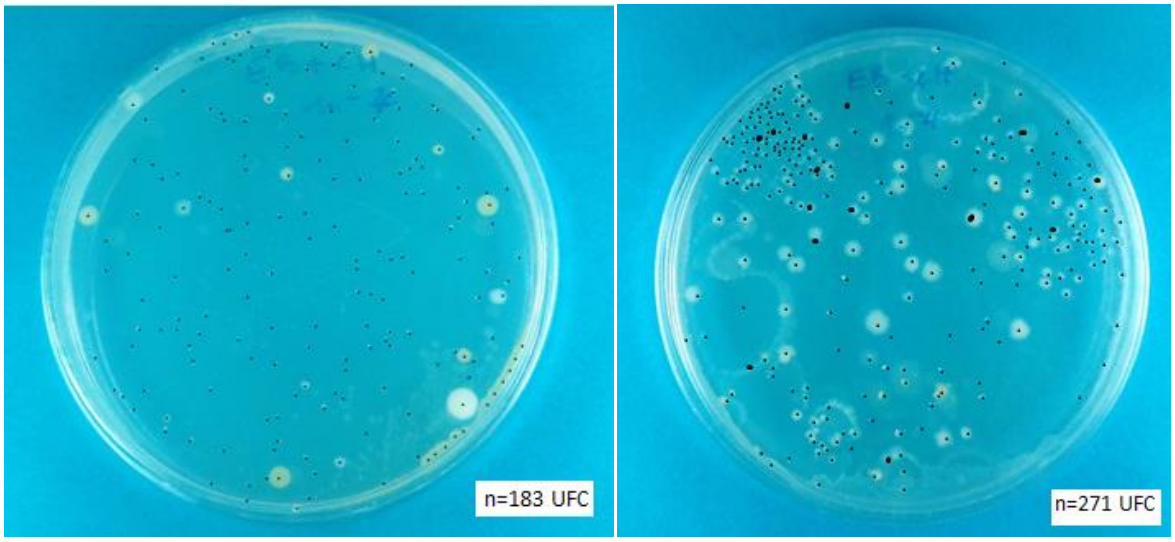








Boites retenues :

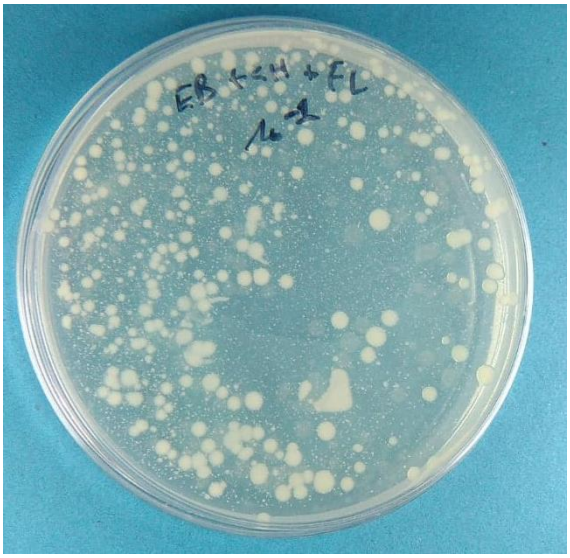


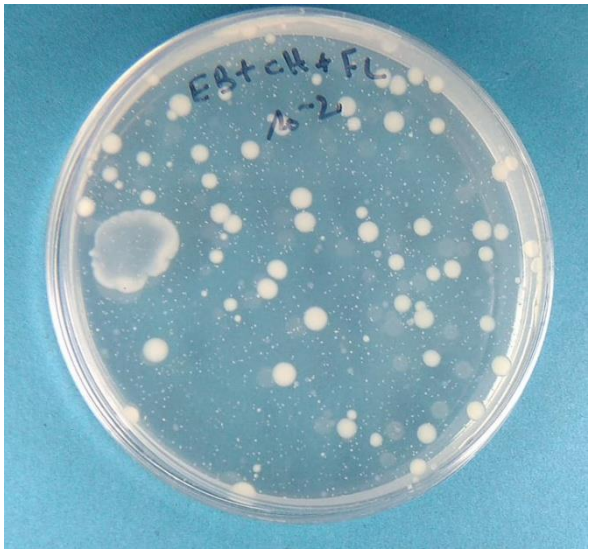
b) Apres la filtration par le sable :



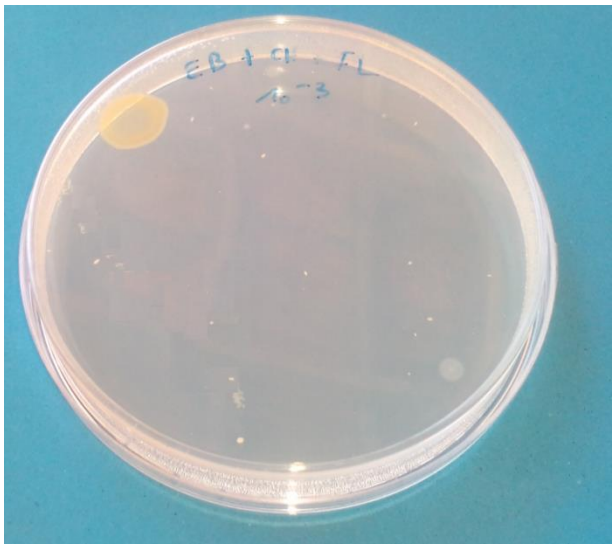


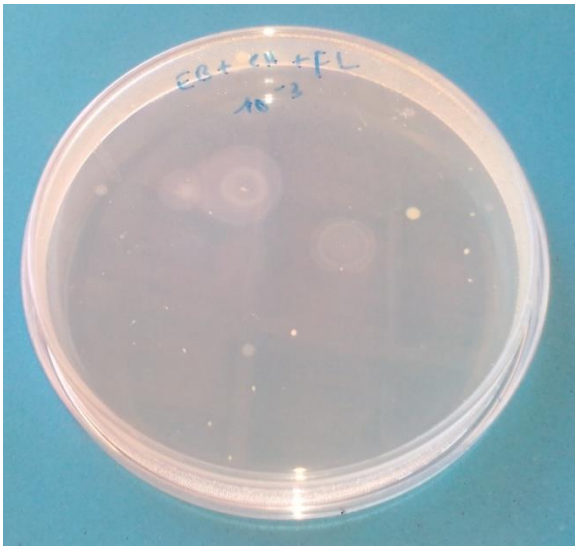




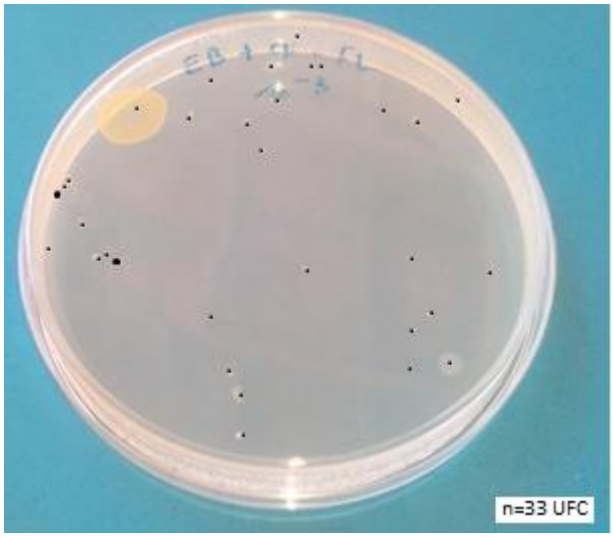


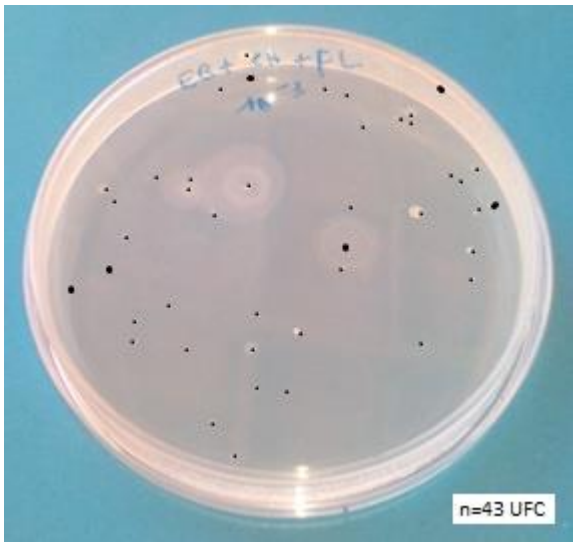






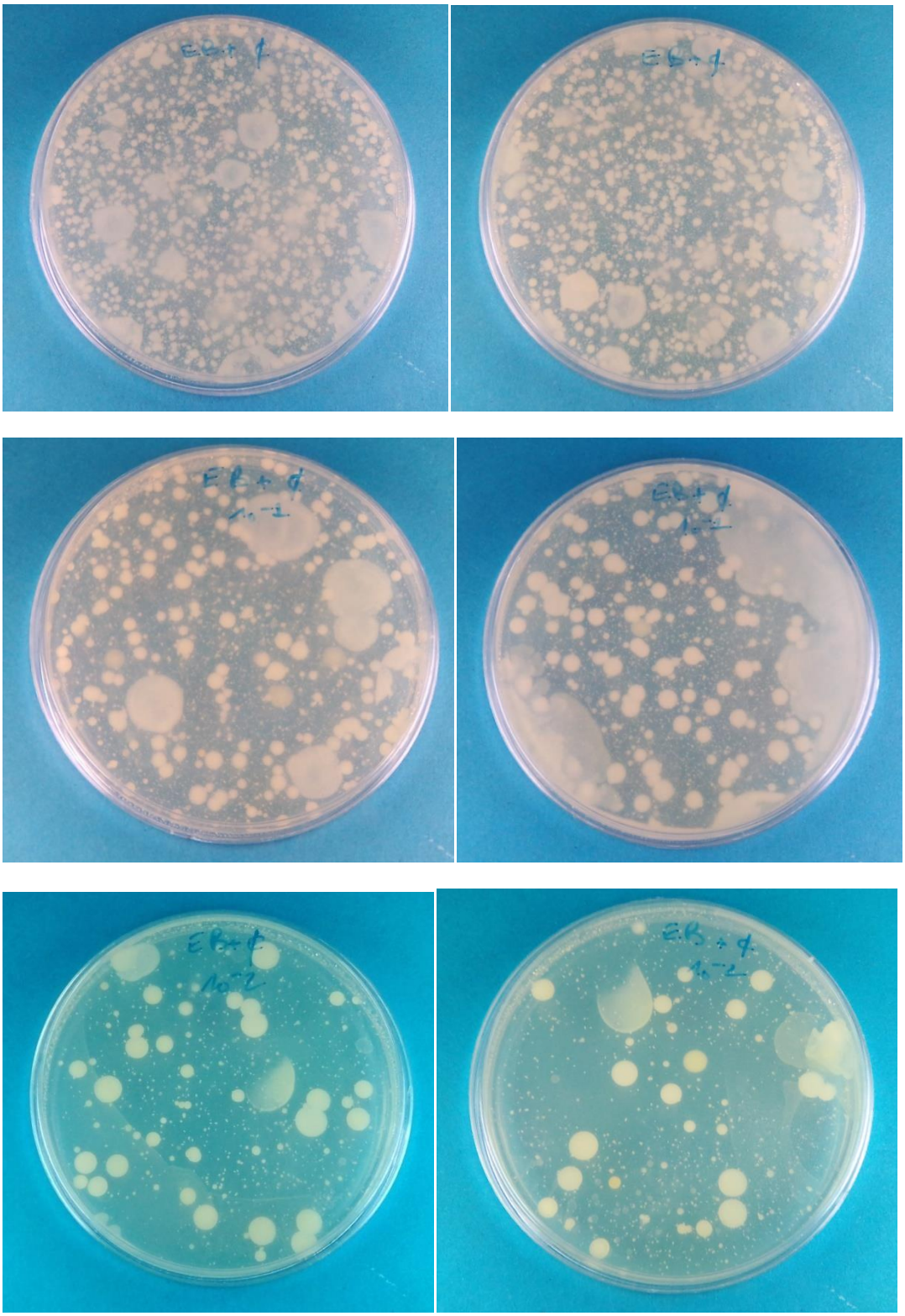
Boites retenues :

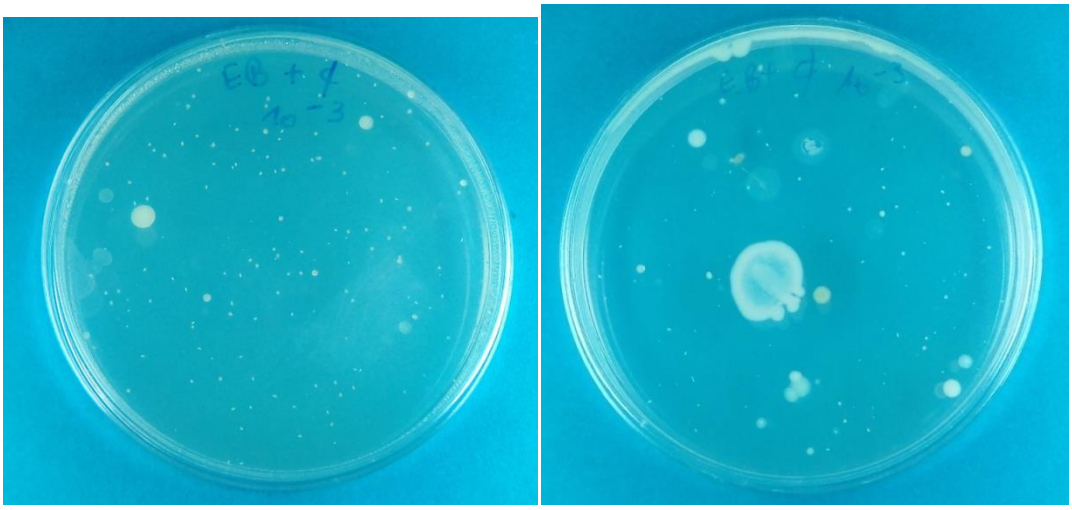




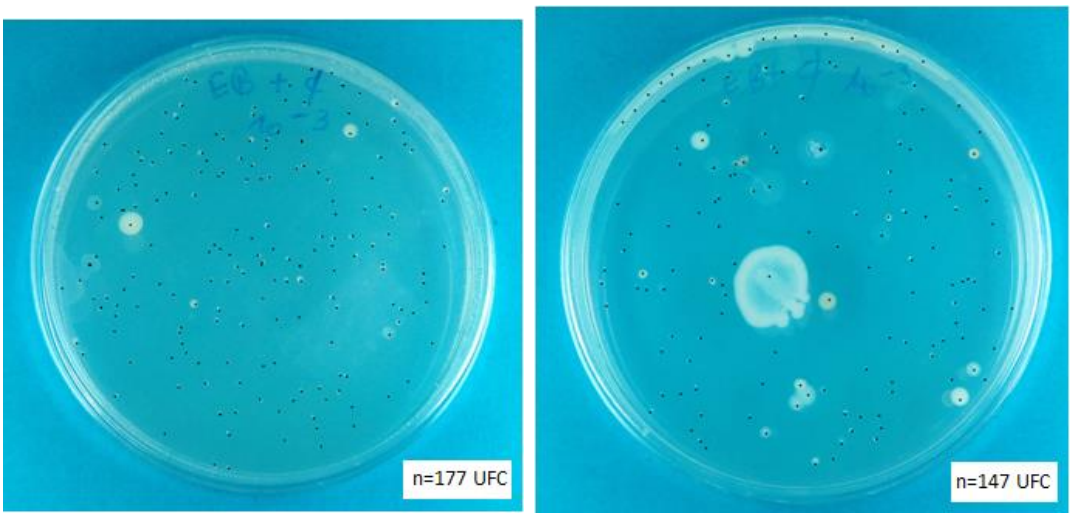
3) Traitement par les cellules algales :

a) Apres la décantation :

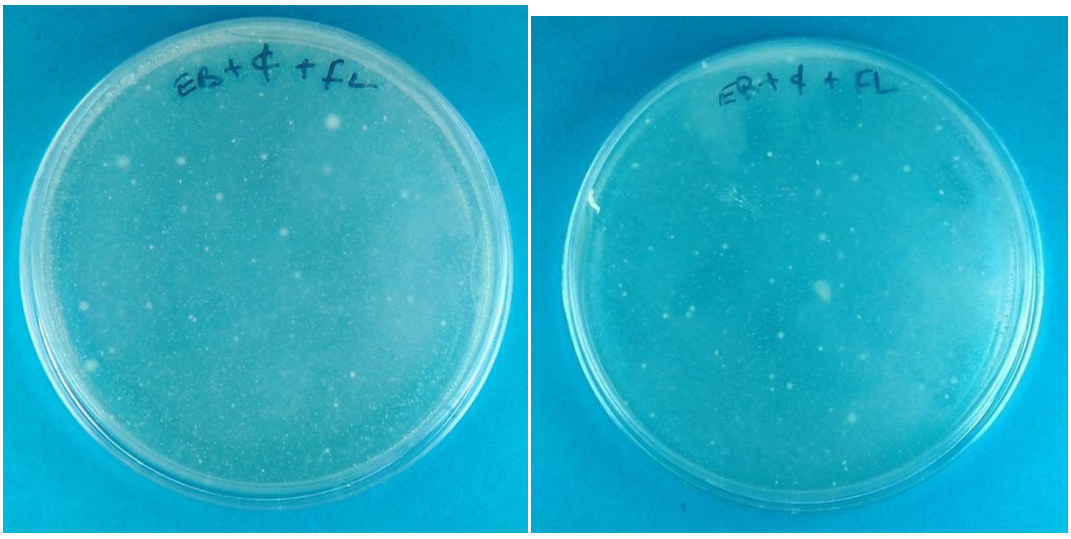


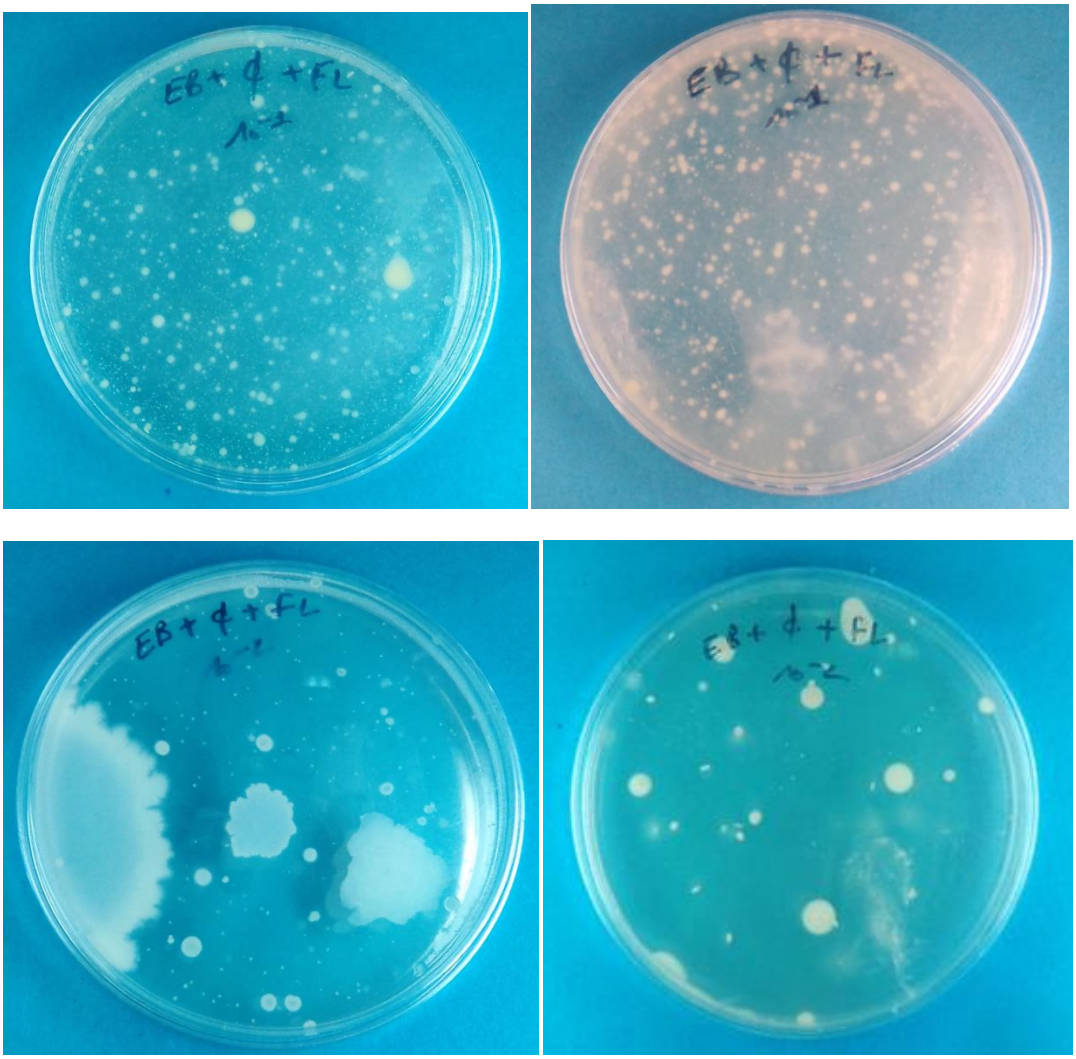


Boites retenues :

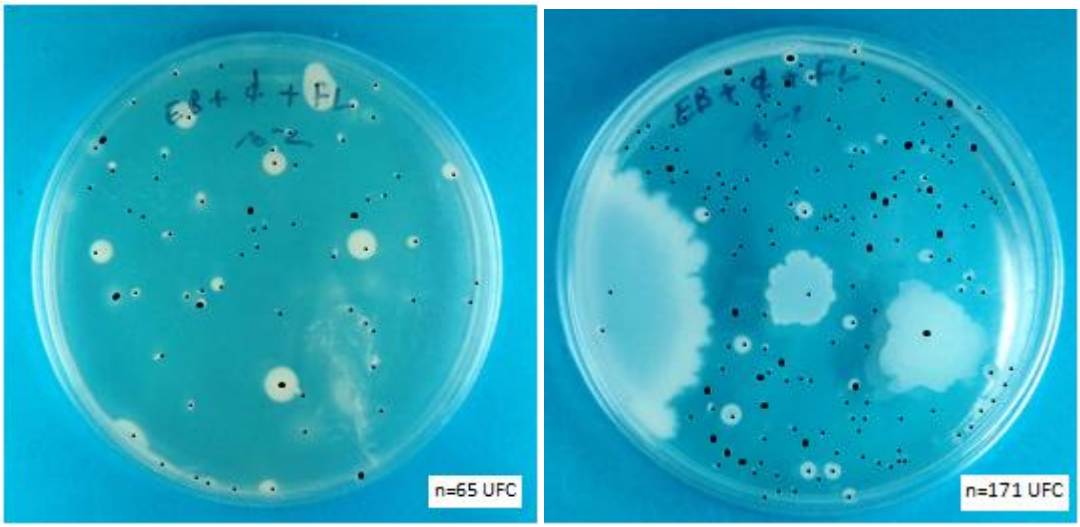


b) Apres la filtration par le sable :



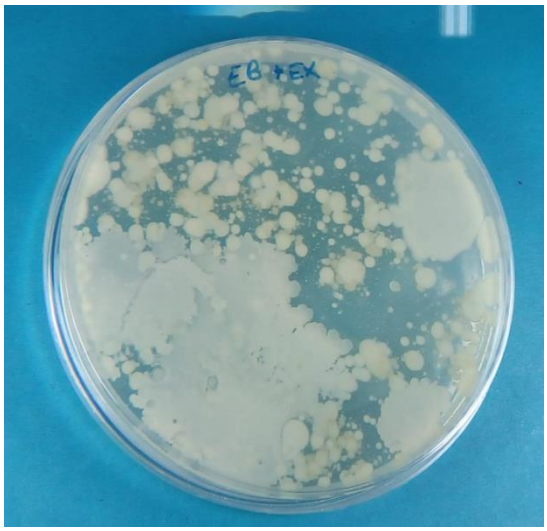


*Boites retenues :

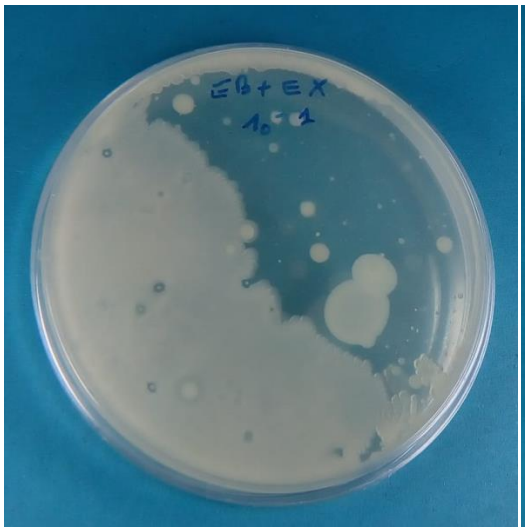


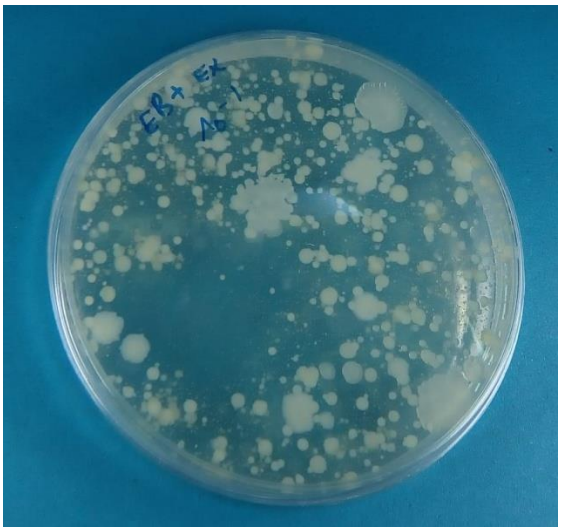
4) Traitement par l'extrait d'algue :

a) Apres la décantation :

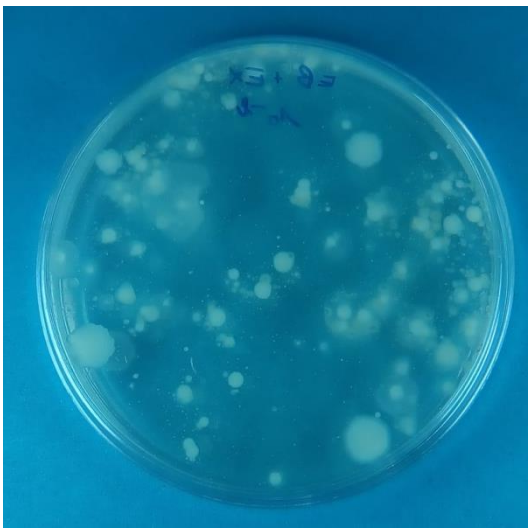


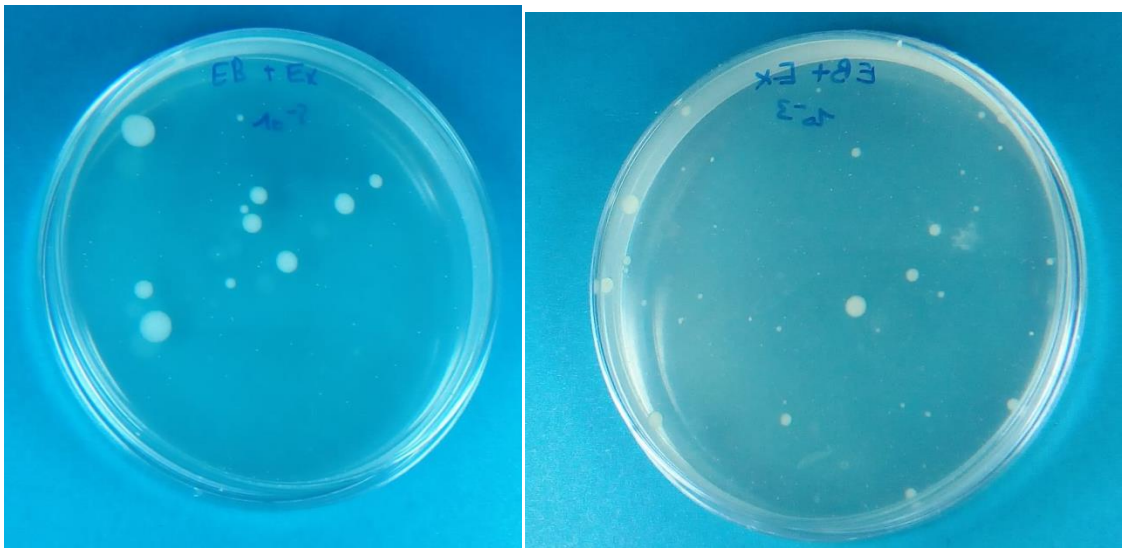




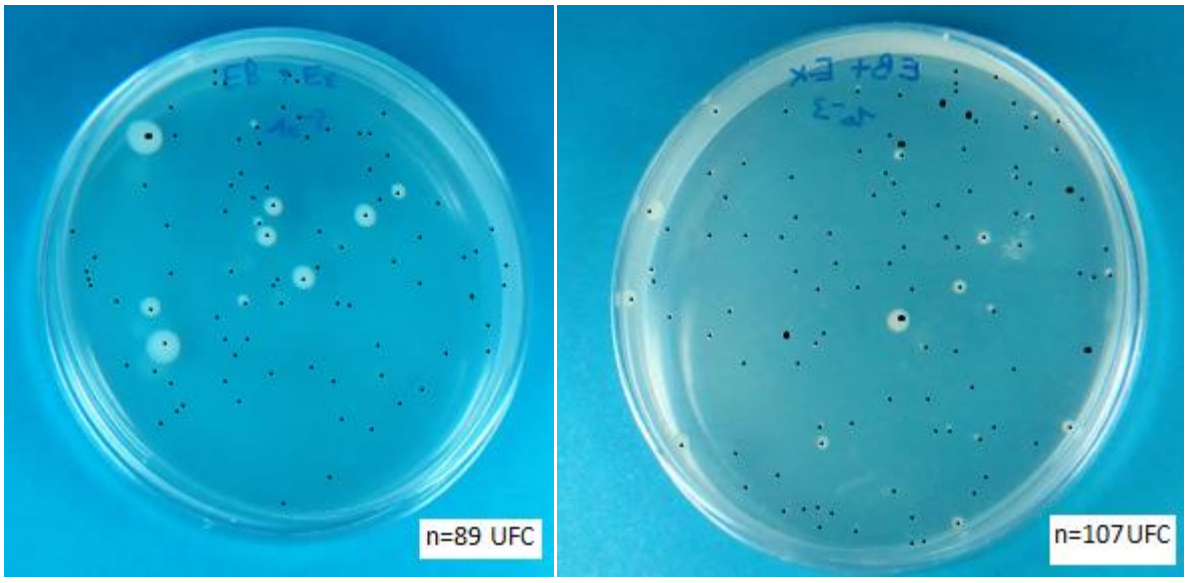




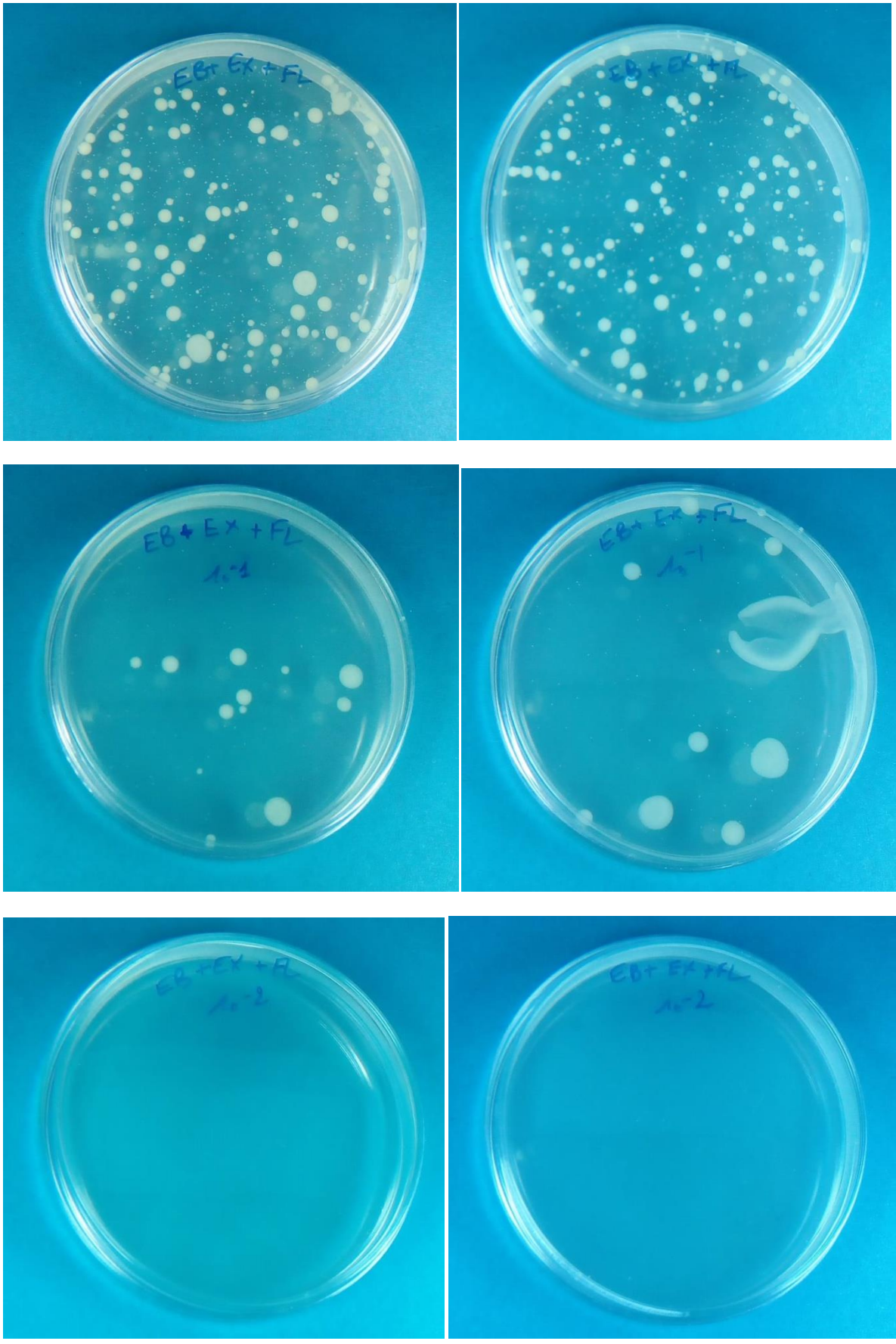


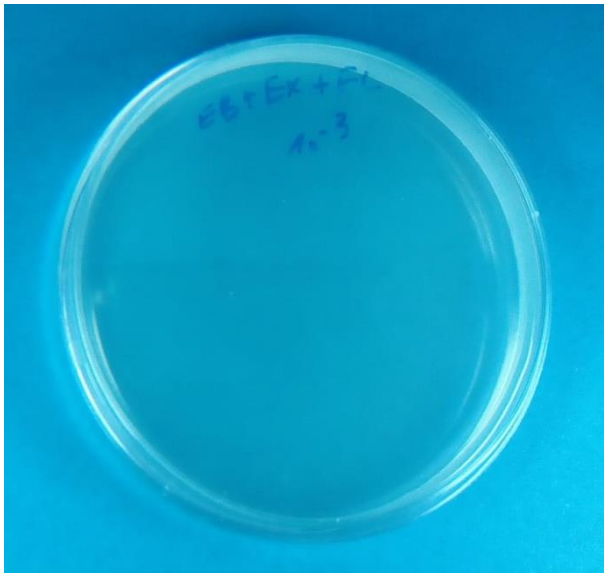


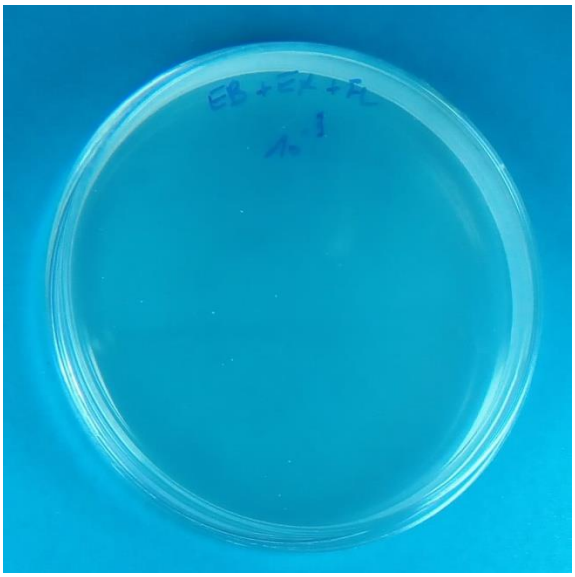
*Boites retenues :



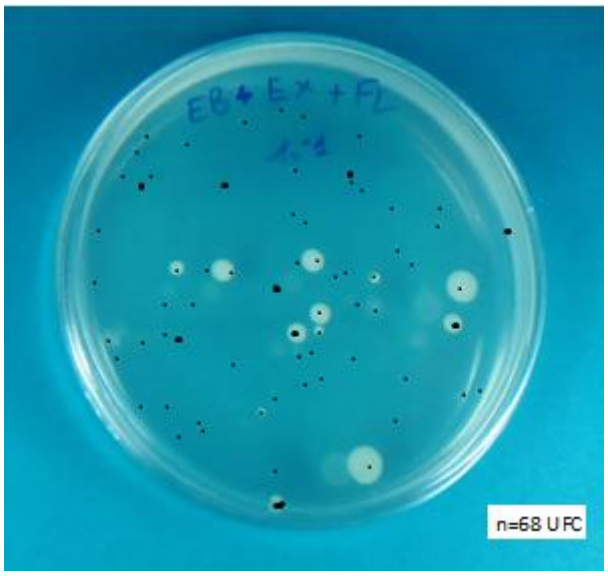
b) Apres la filtration par le sable :

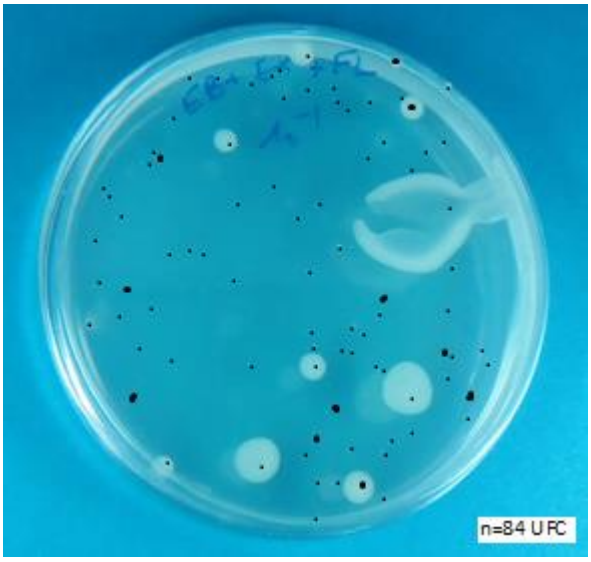






*Boites retenues :

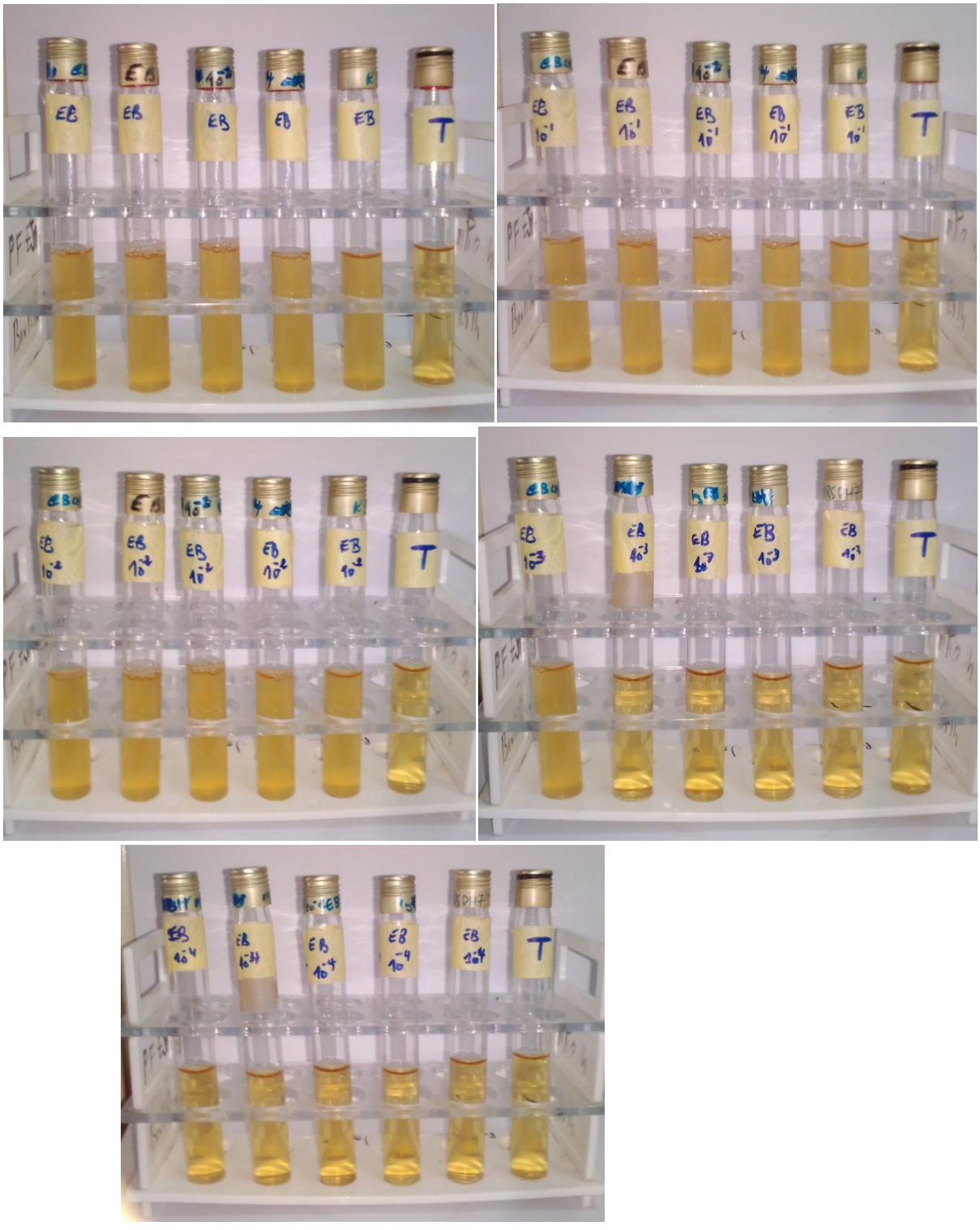




ANNEX VI :

Dénombrement des streptocoques fécaux sur bouillon de ROTHE :

I) Eau brute :



II) après le traitement par les coagulants :

1)Traitement par le sulfate d'aluminium :

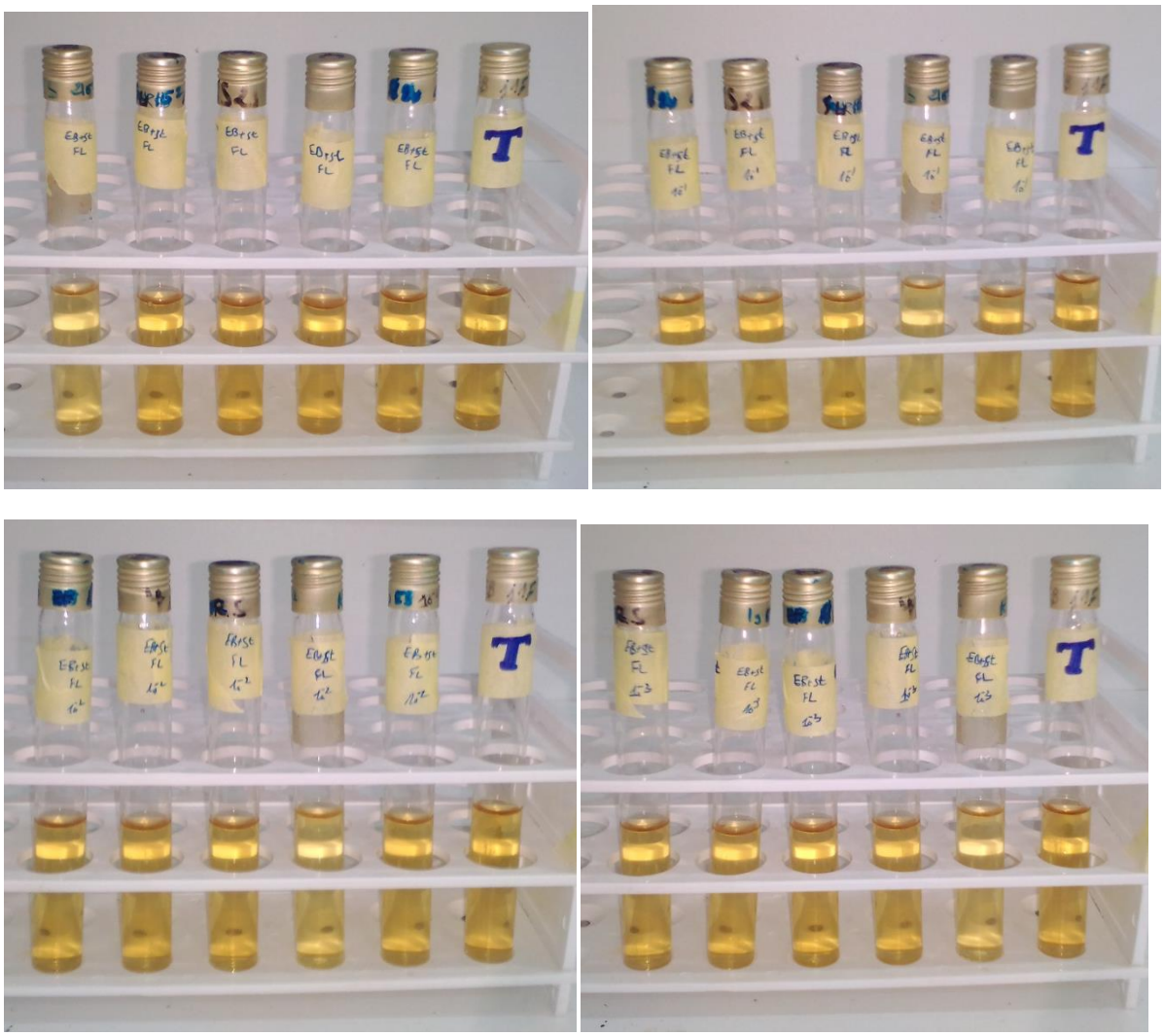
a) Apres la décantation :







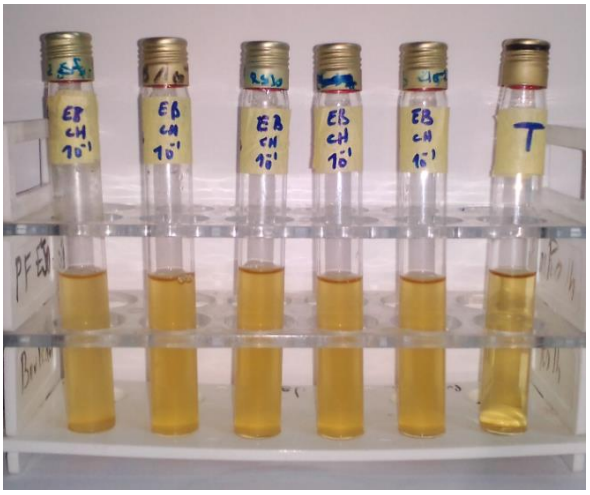
b) <u>Apres la filtration par le sable (st+fl):</u>

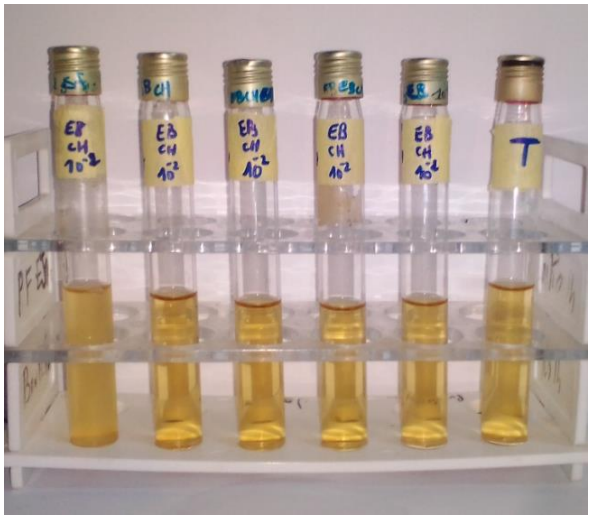


2) Traitement par le charbon activé :

a) Apres la décantation :



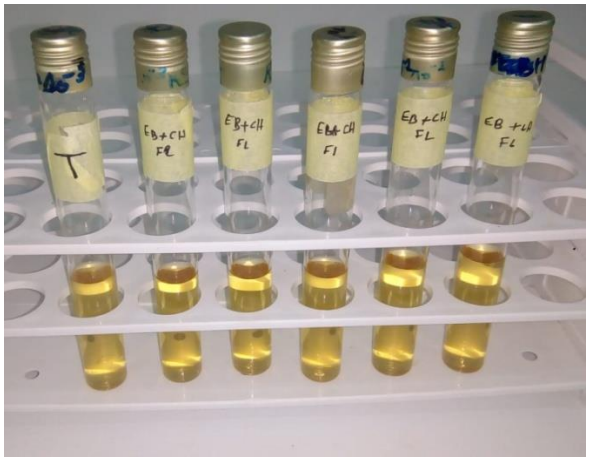




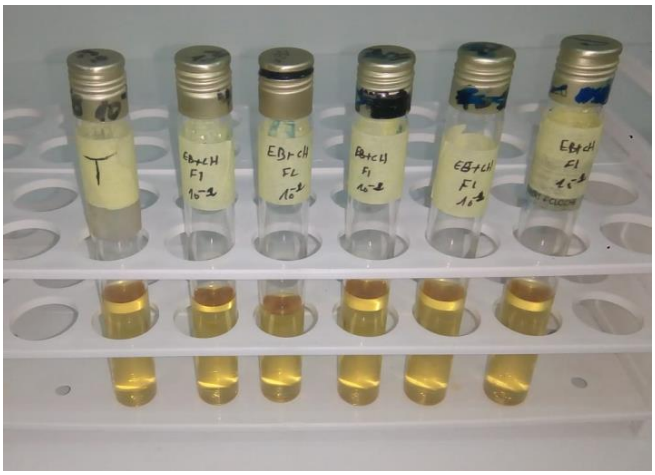




b) Apres la filtration par le sable (ch+fl) :



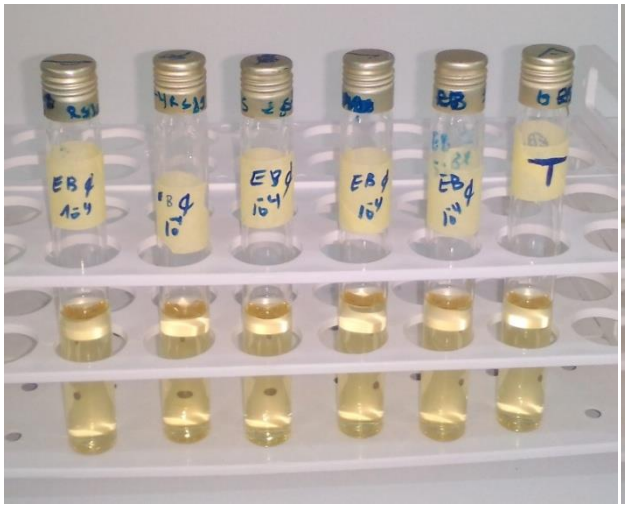




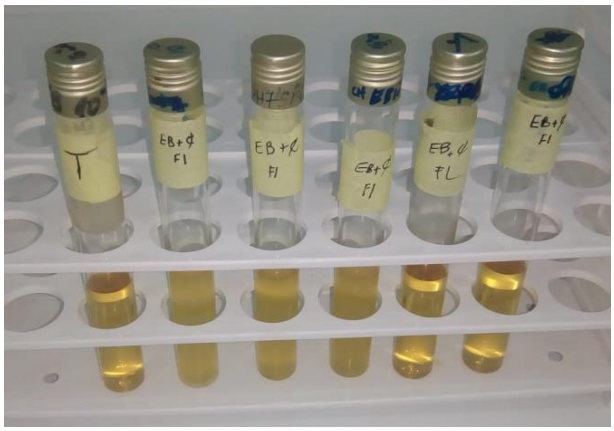
3) Traitement par les cellules algales :

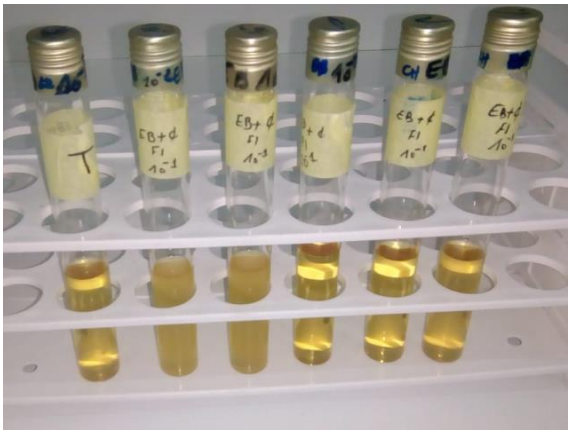
a) Apres la décantation :

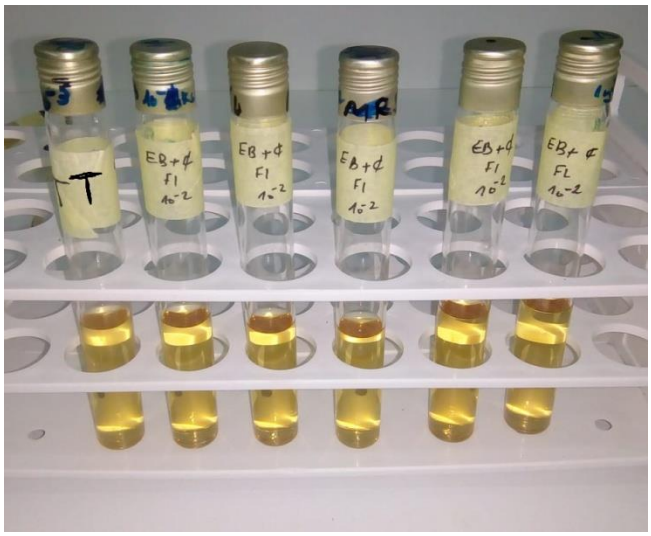





b) Apres la filtration par le sable(cl+fl) :







4)Traitement par l'extrait des micros algues :

a) Apres la décantation :









b) Apres la filtration par le sable(ext+fl) :



